

## QUANTIFICAÇÃO DO CALOR NO ABASTECIMENTO DE FORNALHA A LENHA DE UM SECADOR DE GRÃOS: UM ESTUDO DE CASO

SABRINA DALLA CORTE BELLOCHIO<sup>1</sup>, PAULO CARTERI CORADI<sup>2</sup>, LANES  
BEATRIZ ACOSTA JAQUES<sup>3</sup>, NAIRIANE DOS SANTOS BILHALVA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Agrônoma, Discente de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM/PPGEA-RS.

<sup>2</sup>Eng. Agrícola, Professor Associado, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul (UFSM-CS), paulo.coradi@ufsm.br

<sup>3</sup>Eng<sup>a</sup> Agrícola, Discente de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM/PPGEA-RS.

<sup>4</sup>Eng<sup>a</sup> Agrícola, Discente de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM/PPGEA-RS.

Apresentado no  
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021  
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

**RESUMO:** A exposição ao calor ou estresse térmico causa doenças ocupacionais. Na pós-colheita, o processo de secagem dos grãos, que emprega o uso de fôrnalha a lenha, gera a exposição ao risco físico de calor, na atividade de alimentação e manutenção do fogo. Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi quantificar o calor na atividade de abastecimento de fôrnalha a lenha em um secador de grãos e comparar ao limite de tolerância estabelecido pela Norma Regulamentadora NR 15. Foi calculado o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG) e a taxa metabólica de cada situação térmica, no desempenho das atividades, os quais foram ponderados nas atividades exercidas pelo trabalhador durante o ciclo de trabalho. De acordo com o anexo 3 da NR 15 (2019), Quadro 1, a atividade é considerada salubre, visto que, para a taxa metabólica definida para as atividades o trabalhador deve estar exposto a um IBUTG médio máximo de 30,3 °C, o que não excede o limite de tolerância.

**PALAVRAS-CHAVE:** segurança ocupacional, riscos, pós-colheita.

## HEAT QUANTIFICATION IN THE FIREWOOD FURNACE SUPPLY OF A GRAIN DRYER: A CASE STUDY

**ABSTRACT:** Exposure to heat or thermal stress causes occupational illnesses. In the post-harvest, the grain drying process, which employs the use of a wood-burning furnace, generates exposure to the physical risk of heat, in the activity of feeding and maintaining fire. Thus, the objective of this study was to quantify the heat in the activity of supplying a wood-burning furnace in a grain dryer and compare it to the tolerance limit established by Regulatory Standard NR 15. The Globe Thermometer Wet Bulb Index (IBUTG) and the metabolic rate of each thermal situation in the activities performance were calculated, which were weighted in the activities performed by the worker during the work cycle. According to annex 3 of NR 15 (2019), Table 1, the activity is considered healthy, since, for the metabolic rate defined for the activities, the worker must be exposed to a maximum average IBUTG of 30.3 °C, which does not exceed the tolerance limit.

**KEYWORDS:** occupational safety, hazards, postharvest.

**INTRODUÇÃO:** A exposição ao calor ou estresse térmico ocorre em inúmeros tipos de atividades. Na pós-colheita, o processo de secagem dos grãos, que emprega o uso de fornalha a lenha, gera a exposição ao risco físico de calor, na atividade de alimentação e manutenção do fogo (CARVALHO et al., 2008; GOUVEIA et al., 2016; SILVA et al., 2017; VASCONCELOS et al., 2015). Das doenças térmicas, destacam-se: a síncope pelo calor, o edema por desidratação, as câibras e a hipertermia (CAMARGO; FURLAN, 2011; MENDES, 2013). Assim, a avaliação do calor ocorre com a medição de fatores ambientais que se encontram diretamente ligados à temperatura do corpo e às reações fisiológicas ao calor, como a taxa metabólica (SALIBA, 2018b). A Norma de Higiene Ocupacional NHO 6, tem como objetivo a avaliação da exposição ocupacional ao calor que implique em sobrecarga térmica ao trabalhador, resultando em risco potencial de dano à sua saúde. O limite de exposição ocupacional ao calor é dado pela taxa metabólica por tipo de atividade e o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG), estabelecidos pela NR 15 (Anexo 3). Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi quantificar o calor em uma fornalha a lenha de um secador de grãos e comparar ao limite de tolerância estabelecido pela Norma Regulamentadora NR 15.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A avaliação quantitativa do calor ocupacional, gerado pela fornalha no processo de secagem dos grãos, foi realizada com um medidor de estresse térmico, marca Quest, modelo Questemp 34. Este equipamento é composto por termômetro de globo, termômetro de bulbo úmido natural e termômetro de bulbo seco (Figura 1 – A1).

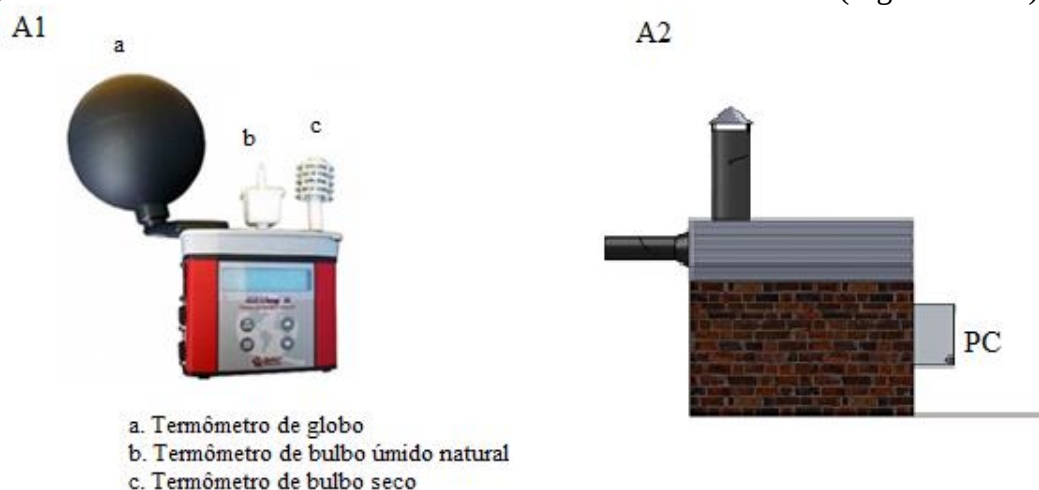


FIGURA 1. Medidor de estresse térmico (A1) e representação do ponto de coleta de dados de calor na fornalha (A2).

A metodologia aplicada para determinação do calor segue o procedimento técnico determinado pela NHO 06 (GIAMPAOLI et al., 2017). O medidor de estresse térmico foi previamente calibrado e instalado sobre um tripé telescópico, distando 0,7 m da frente da fornalha, na altura correspondente à sua abertura, de 1,2 m, sem a presença de obstáculos entre o equipamento e a fonte de calor (Figura 1 – A2). O reservatório do termômetro de bulbo úmido natural foi preenchido com água destilada e imerso o pavio de algodão. As leituras das temperaturas foram tomadas após a passagem de 20 minutos, considerada a instalação do aparelho no ambiente, para estabilização dos sensores. A porta da fornalha permaneceu fechada durante a queima e foi aberta somente para o seu abastecimento, permanecendo aberta por 20 minutos, de forma a permitir a estabilização do conjunto de medição e a coleta dos dados. Para isso, a barra de sensores foi removida do instrumento e posicionada no tripé, sendo o instrumento manuseado por meio de um cabo remoto a 3 m de

distância. Foi avaliado o período de 60 minutos contínuos, correspondentes à condição de sobrecarga térmica mais desfavorável durante a jornada de trabalho, cobrindo todo o ciclo de exposição. O tempo de duração de cada atividade física identificada foi determinado por cronometragens, obtidas pela observação do trabalhador na execução de suas atividades. Assim como em grande parte das unidades armazenadoras em que o processo de secagem utiliza uma fornalha, esta é abastecida manualmente à lenha e a atividade inclui a busca do material combustível em ambiente aberto. Assim, as atividades desempenhadas pelo trabalhador correspondem ao abastecimento da fornalha; seguido de um período de descanso e reidratação; à amostragem de grãos no processo de secagem, ambos no mesmo ambiente em que se localiza a fornalha; e, à busca pela lenha, que consiste em trazê-la com auxílio de um sistema manual de transporte de um ambiente externo, com carga solar, para o lado da fornalha. Os dados das leituras do equipamento e da cronometragem de tempo despendido pelo trabalhador nas diferentes situações térmicas e nas atividades físicas realizadas foram registrados. A coleta foi realizada no mês de janeiro, correspondendo a estação de verão. Foi calculado o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG) de cada situação térmica, sem a presença de carga solar e com a presença de carga solar, por meio das equações 1 e 2, respectivamente:

$$\text{IBUTG} = 0,7\text{tbn} + 0,3\text{tg} \quad (1)$$

$$\text{IBUTG} = 0,7\text{tbn} + 0,2\text{tg} + 0,1 \text{ tbs} \quad (2)$$

em que,

IBUTG = Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo;

tbn = temperatura de bulbo úmido natural, em °C;

tg = temperatura de globo, em °C;

tbs: temperatura de bulbo seco, em °C.

Por meio da média ponderada das situações térmicas identificadas no ciclo de exposição, foi calculado IBUTG médio. Em complemento, foram considerados os limites de exposição ao calor, estabelecidos pelo anexo n.º 3 da NR 15, os quais observam os valores referentes a taxa metabólica da atividade e o IBUTG calculado (BRASIL, 2019d).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os principais resultados apontaram um IBUTG com o valor de 43,64 e uma taxa metabólica (M) de 315 no abastecimento da fornalha. Dessa forma, o cálculo da taxa metabólica média ponderada, relativa às atividades físicas exercidas pelo trabalhador, demonstrou um valor de 197 W. O valor do IBUTG médio, ponderado em 60 minutos, considerados no cálculo da taxa metabólica, foi de 29,9 °C. Considerando os limites estabelecidos na NR 15, a exposição ocupacional não ultrapassou o limite de tolerância, que é de até 30,3 °C de IBUTG, para uma taxa metabólica de 197 W (TABELA 1).

TABELA 1. Resultado da avaliação da exposição ao calor na atividade de abastecimento da fornalha

| Atividade            | TBS<br>(°C) | TBN<br>(°C) | TG<br>(°C) | IBUTG<br>(°C) | M<br>(W) | TEMPO<br>(minutos) |
|----------------------|-------------|-------------|------------|---------------|----------|--------------------|
| Abastecer a fornalha | 44,5        | 26,2        | 50,6       | 43,64         | 1.733    | 5,5                |
| Descanso             | 28,4        | 22          | 29         | 29,9          | 3.100    | 31                 |
| Amostragem de grãos  | 28,4        | 22          | 29         | 29,9          | 3.038    | 12,5               |

|              |      |      |      |       |       |   |
|--------------|------|------|------|-------|-------|---|
| Buscar lenha | 25,8 | 22,3 | 25,2 | 23,23 | 3.141 | 9 |
| Trazer lenha | 25,8 | 22,3 | 25,2 | 23,23 | 782   | 2 |

A conformidade da atividade com o limite de tolerância difere do resultado encontrado por Vasconcelos et al. (2015) e Monteiro et al. (2018). Esses primeiros avaliaram a alimentação, com lenha, da fornalha de uma indústria de biscoitos, enquanto Monteiro et al. (2018) avaliaram o estresse térmico na alimentação, com lenha, da fornalha de uma caldeira, em que o operador acompanha o funcionamento do equipamento, sentado, em local próximo ao que executa a atividade. Tal fato pode ter sido o diferencial na sobrecarga térmica apresentada no desempenho das atividades.

**CONCLUSÕES:** De acordo com o anexo 3 da NR 15 (2019), Quadro 1, a atividade é considerada salubre, visto que, para a taxa metabólica definida para as atividades o trabalhador deve estar exposto a um IBUTG médio máximo de 30,3 °C, não excedendo o limite de tolerância.

**AGRADECIMENTOS:** CAPES, CNPq, FAPERGS-RS, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)-Laboratório de Pós-Colheita (LAPOS) pelo apoio financeiro e disponibilidade para realização dos experimentos.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Secretaria especial de previdência e trabalho do Ministério da Economia. **Portaria nº. 1359, de 09 de dezembro de 2019, NR15 – Atividades e operações insalubres**, 2019d.
- CAMARGO, M. G. de; FURLAN, M. M. D. P. Resposta Fisiológica do Corpo às Temperaturas Elevadas: Exercício, Extremos de Temperatura e Doenças Térmicas. **Revista Saúde e Pesquisa**, v.4 n.2, p. 278-288, 2011.
- CARVALHO, C. C. S., BORÉM, F.; RABELLO, G. F. Avaliação de máquinas e equipamentos que oferecem riscos à segurança do trabalhador nas etapas de pós-colheita do café. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.6, p.1991-1998, 2008.
- GOUVEIA, R. G. L. de; GALVANIN, E. A. dos S.; HENRIQUE JÚNIOR, M.; GOUVEIA, R. G. L. de. Avaliação das condições de segurança no trabalho em armazéns agrícolas na cidade de Tangará da Serra/MT-Brasil. **Espacios**, v.34, n.10, 2016.
- GIAMPAOLI, E.; SAAD, I. F. S. D.; CUNHA, I. A. da; SHIBUYA, E. K. **Norma de higiene ocupacional NHO 06. Procedimento técnico: Avaliação da exposição ocupacional ao calor**. 2. ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 2017. 48 p.
- MENDES, R (Organizador). Patologia do trabalho. 3. Ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2013.
- MONTEIRO E. N.; PEREIRA, C. M.; RIOS, E. N. Avaliação da exposição ocupacional ao calor experimentada por operadores de caldeiras a lenha: estudo de caso. **UNESC em Revista**, n.1, p.17-34, 2018.
- SALIBA, T. M. Manual prático de avaliação e controle de calor: PPRA, 8. Ed. São Paulo, LTr, 2018b.
- SILVA, A. A.; KESTER, L. V.; SOUZA, J. A. O.; CARVALHO, A. G.; MARTINEZ, G. L. F. Avaliação dos níveis de calor do forno de queima de produtos cerâmicos em uma empresa em Cacoal – RO. IN: Tópicos da gestão da produção v.4. Tristão, H. M. Ed. Poisson, 2017.
- VASCONCELOS, F. M. de; MAIA, L. R.; ALMEIDA NETO, J. R. de; RODRIGUES, L. B. Riscos no ambiente de trabalho no setor de panificação: um estudo de caso em duas indústrias de biscoitos. **Gestão & Produção**, n.22, v.3, p.565-589, 2015.