

CONFORTO TÉRMICO: UMA AVALIAÇÃO EM TRATORES AGRÍCOLAS SEM CABINES

João Eduardo Guarnetti dos Santos (UNESP) guarnetti@feb.unesp.br

Abílio Garcia dos Santos Filho (UNESP) abilio@feb.unesp.br

Mariana Falcão Bórmio (FAAC-UNESP)

Resumo

O tratorista está submetido a ambientes de trabalho que apresentam condições térmicas bastante diversas. Expostos ao calor ou ao frio em determinadas condições que podem comprometer seriamente a saúde, caso não sejam adotadas medidas eficazes de controle de temperatura, deixando o posto em condições compatíveis com a natureza humana. O calor, um risco físico freqüentemente presente nas atividades desenvolvidas pelo tratorista, cujo controle apresenta características próprias, distintas das que são encontradas em um processo industrial, visto que a fonte principal de liberação de energia térmica, o sol, não mantém a mesma temperatura durante todo o dia e em todas as estações do ano. Existe uma dificuldade em se encontrar pesquisas realizadas no Brasil, o que dificulta a apresentação de sugestões técnicas sobre o assunto. Entretanto, isso não impede que se possa tirar algumas conclusões relativas ao calor a que se expõe o trabalhador em seu dia a dia, que ocorre com maior freqüência com operadores de maquinário sem cabine, expostos ao calor.

Palavras chave: Conforto ambiental, Segurança do trabalho, Tratores.

1. Introdução

Este trabalho teve por objetivo realizar um estudo sobre o conforto térmico em operadores de tratores agrícolas sem cabine, avaliando sua exposição à temperaturas extremas de trabalho, através da avaliação as variáveis influentes na determinação do conforto térmico de um operador de máquinas agrícolas, tais como: temperatura de trabalho, velocidade relativa do ar, umidade do ar, entre outras, sem contar ainda com as diferenças geográficas, que são outros fatores agravantes no conforto térmico. Foram também propostas sugestões para auxiliar nos casos em que o conforto térmico não for atingido, além de algumas conseqüências atribuídas a esta exposição nociva, tais como doenças e possíveis perturbações psicológicas.

2. Revisão Bibliográfica e metodologia

Segundo PADILHA (1998), FUNDACENTRO (1973), ASHRAE (1981) e FANGER (1972) existem alguns tipos de avaliações do conforto térmico, em ambientes de trabalho sendo que para cada tipo de estudo são consideradas diferentes variáveis e métodos para a determinação de um índice comum como a sobrecarga térmica sofrida pelos trabalhadores em seus ambientes de trabalho e em suas mais variadas atividades. Segundo GIAMPAOLI (1985), uma série de atividades profissionais submete os trabalhadores a ambientes de trabalho que apresentam condições térmicas bastante diferentes daquelas a que o organismo humano está habitualmente submetido. Estes profissionais ficam expostos ao calor ou frios intensos, que podem comprometer seriamente sua saúde. No entanto, um minucioso estudo do problema permite, não só criar critérios adequados à quantificação dos riscos envolvidos, mas também definir condição de trabalho compatível com a natureza humano. O mesmo autor afirma que o calor é um risco físico freqüentemente presente em uma série de atividades profissionais

desenvolvidas na indústria siderúrgica, indústria do vidro, indústria têxtil e em outros segmentos industriais que apresentam processos com liberação de grandes quantidades de energia térmica. Estas estão igualmente presentes em atividades executadas ao ar livre, tais como a construção civil e o trabalho no campo. Enfatiza ainda, que o homem que trabalha em ambientes de altas temperaturas sofre fadiga, seu rendimento diminui, ocorrem erros de percepção e raciocínio e aparecem sérias perturbações psicológicas que podem conduzir a esgotamentos e prostrações. Há, portanto, a necessidade de conhecer como se processa a interação térmica entre o organismo humano e o meio ambiente; conhecer seus efeitos e determinar como quantificar e controlar esta interação. O método utilizado para a avaliação do conforto térmico nos tratores sem cabine expostos à atividades normais e cotidianas foi o cálculo do Índice de Bulbo Úmido - Termômetro de Globo ou IBUTG conforme Norma Regulamentadora NR15. Nas medições do IBUTG foram utilizadas umas árvores de termômetros contendo os seguintes aparelhos conforme ilustra a Figura 1.



Figura 1- Árvore de Termômetros onde: 1- Termômetro de Globo; 2- Termômetro de Bulbo Seco e 3- Termômetro de Bulbo Úmido.

Foram utilizados também aparelhos cedidos pela Dângio da Dangió Eletrotermometria. O aparelho utilizado foi um controlador de temperatura em processos térmicos e também pode ser utilizado como aferidor para termômetros manuais com as seguintes especificações técnicas:

Modelo: HM 101, Precisão do indicador de temperatura: 0,5 °C., Precisão do Aferidor: 1%, Alimentação Automática: 110/220 Volts, 60 Hz; Escala de Temperatura Controlada: Ambiente até 150 °C, Velocidade de Aquecimento: 1°C por minuto, Peso: 2 kg, Dimensões: 10 cm x 12cm x 15 cm, Certificação de Calibração RBC Inmetro Interface RS232 para PC. Para a realização das medições foram utilizadas também três sondas especiais de temperatura do tipo PT 100 Ω (Sondas de Platina) conforme mostra a Figura 2.



Figura 2- Controlador de Temperatura HM 101 - Cortesia Dangió Eletrotermometria

As medições de temperatura foram efetuadas junto ao Laboratório de Máquinas Agrícolas pertencente ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia de Bauru - FEB/UNESP - Campus de Bauru. Determinou-se junto às medidas efetuadas, o IBUTG, segundo determinação da legislação Brasileira do Ministério do Trabalho. O modelo do procedimento de cálculo do Índice de Bulbo Úmido - Termômetro de Globo a ser seguido consta nas Normas Regulamentadora NRS, mais exatamente na NR - 15 Anexo III, que traz em destaque a equação utilizada para o cálculo do mesmo. Para os relativos cálculos do IBUTG foi necessário medir as temperaturas com os aparelhos próprios junto ao posto de operação do tratorista bem como em alguns outros pontos de grande influência calorífica junto ao posto de trabalho, como base dos rodados e topo da cobertura da cabine, entre outros. Com o auxílio do controlador de temperatura HM 101 foi possível a instalação de três sondas de platina utilizadas para coleta de temperatura, afixadas nos tratores em pontos diferentes que são de maior influência para o conforto térmico do operador como mostra a Figura 3.



Figura 3 - Vista interna do posto de operação de um trator com os três sensores.

2.1. Avaliações da temperatura.

Nas Tabelas 1 e 2 e nas Figuras 4 e 5 são apresentados os dados relativos aos períodos em que foram analisados os dados em campo nos dois tratores citados e suas devidas condições de trabalho.

Tabela 1 - Valores de temperatura efetiva mensurada com auxílio do controlador de temperatura, para o trator Massey-Fergusson 290 no dia 03/05/01 com umidade relativa do ar entre 40% e 50%.

Horário	Sensor Banco (° C)	Sensor Volante (° C)	Sensor Pedal (° C)
8:30	34,70	29,00	30,20
9:00	37,30	30,50	32,80
10:30	39,70	32,40	32,40
11:00	36,80	33,10	36,00
11:30	37,00	33,00	34,10
12:00	37,10	33,50	34,90
12:30	36,40	33,60	35,20
13:00	43,50	34,00	35,20
13:30	42,10	35,10	35,10
14:00	44,80	37,30	36,40
14:30	44,80	35,50	38,50
15:00	44,50	36,60	37,50
15:30	41,00	35,70	33,10
16:00	40,70	35,80	36,90
16:30	40,00	32,00	36,00
17:00	36,10	30,50	32,00

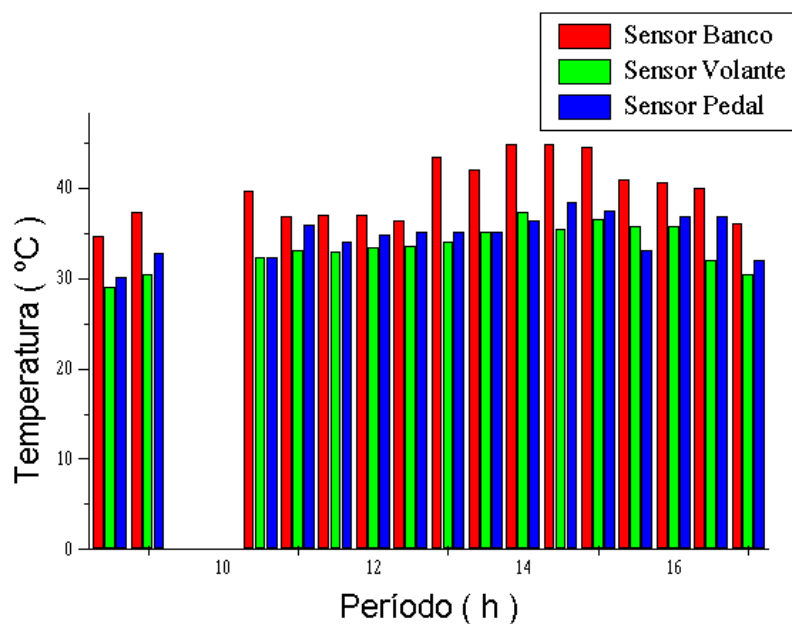


Figura 4 - Valores de Temperatura Efetiva captado pelos sensores com auxílio de controlador de temperatura.

Tabela 2 - Valores de temperatura efetiva mensurados com auxílio do controlador de temperatura, para o trator Ford no dia 04/05/01 com umidade relativa do ar $\pm 55\%$.

Horário	Sensor Banco (° C)	Sensor Volante (° C)	Sensor Pedal (° C)
8:30	35,20	29,20	30,50
9:00	37,30	30,50	31,60
10:30	38,20	34,10	32,10
11:00	40,80	36,20	33,10
11:30	37,80	33,10	31,60
12:00	38,40	33,50	32,60
12:30	38,60	33,80	33,10
13:00	40,60	35,60	34,60
13:30	41,20	37,20	34,50
14:00	41,50	36,90	35,40
14:30	42,60	36,10	36,10
15:00	43,10	36,00	36,80
15:30	39,80	35,80	35,90
16:00	39,50	35,50	35,20
16:30	38,80	33,20	34,30
17:00	36,20	31,70	32,20

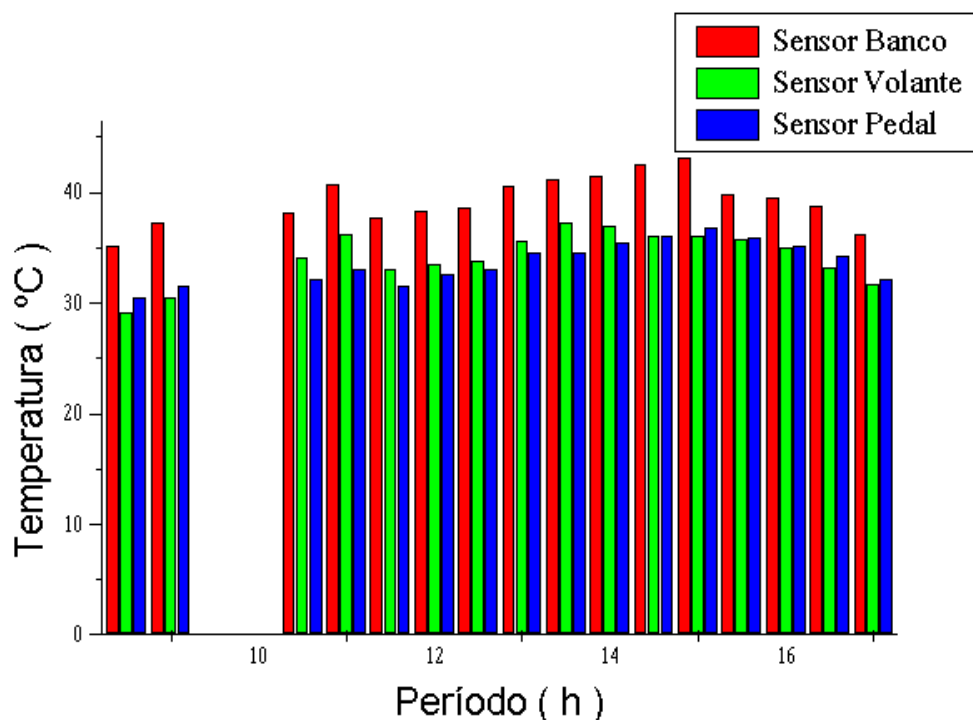


Figura 5 - Valores da temperatura efetiva captada por sensores com auxílio de controlador de temperatura.

Analisando os resultados contidos nas Tabelas 1 e 2 e nas Figuras 4 e 5, pode-se observar que os valores de temperatura efetiva medida com a utilização dos sensores de platina 100Ω e o controlador de temperatura digital, encontram-se acima dos valores de conforto térmico considerado ótimos para as operações em tratores agrícolas, que conforme limites de

tolerância deveriam ser em torno de 25°C. Estas medições tem como principal função indicar a real temperatura a que o operador é exposto em seu posto de trabalho. Foram instalados sensores levando em consideração os pontos mais utilizados pelo operador no posto de operação, tais como pedais, volante e banco. Escolheu-se estes pontos pelo motivo de todo o corpo da pessoa estar disposto entre eles, cabeça, tronco e membros.

Tabela 3 - Valores de Temperaturas e IBUTG para o trator Massey-Ferguson 290 no dia 03/05/01 com umidade relativa do ar entre 40% e 50%.

Horário	TBS (° C)	TBU (° C)	TG (° C)	IBUTG (° C)
8:30	27,00	26,00	37,00	28,30
9:00	29,00	27,00	41,00	30,00
11:00	34,00	28,00	45,00	32,00
11:30	33,00	28,00	44,00	31,70
12:00	32,00	28,00	44,00	31,60
12:30	34,00	30,00	44,00	33,20
13:00	35,00	30,00	47,00	33,90
13:30	35,00	30,00	46,00	33,70
14:00	34,00	30,00	46,00	33,60
14:30	36,00	30,00	45,00	33,60
15:00	36,00	29,00	46,00	33,10
15:30	36,00	28,00	44,00	32,00
16:00	34,00	28,00	44,00	31,80
16:30	34,00	28,00	40,00	30,60
17:00	30,00	27,00	38,00	29,50

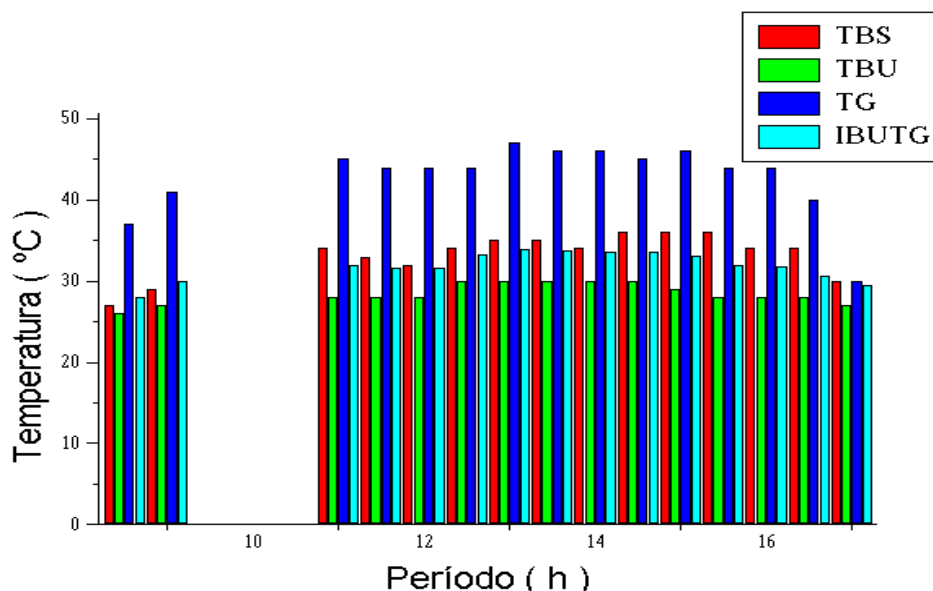


Figura 6 - Valores de Temperatura da Árvore de Termômetros e Índice de Conforto Térmico.

Tabela 4 - Valores de Temperaturas e IBUTG para o trator Ford no dia 04/05/01 com umidade relativa do ar de $\pm 55\%$.

Horário	TBS (°C)	TBU (°C)	TG (°C)	IBUTG (°C)
8:30	29,00	27,00	39,00	29,60
9:00	30,00	27,00	40,00	29,80
11:00	30,00	28,00	41,00	30,80
11:30	30,00	31,00	41,00	32,90
12:00	31,00	28,00	38,00	30,30
12:30	32,00	29,00	40,00	31,50
13:00	32,00	29,00	41,00	31,70
13:30	33,00	29,00	41,00	31,80
14:00	33,00	30,00	40,00	32,30
14:30	34,00	30,00	41,00	32,60
15:00	35,00	30,00	42,00	32,90
15:30	35,00	29,00	42,00	32,20
16:00	34,00	29,00	41,00	31,90
16:30	31,00	28,00	40,00	30,70
17:00	31,00	28,00	38,00	30,30

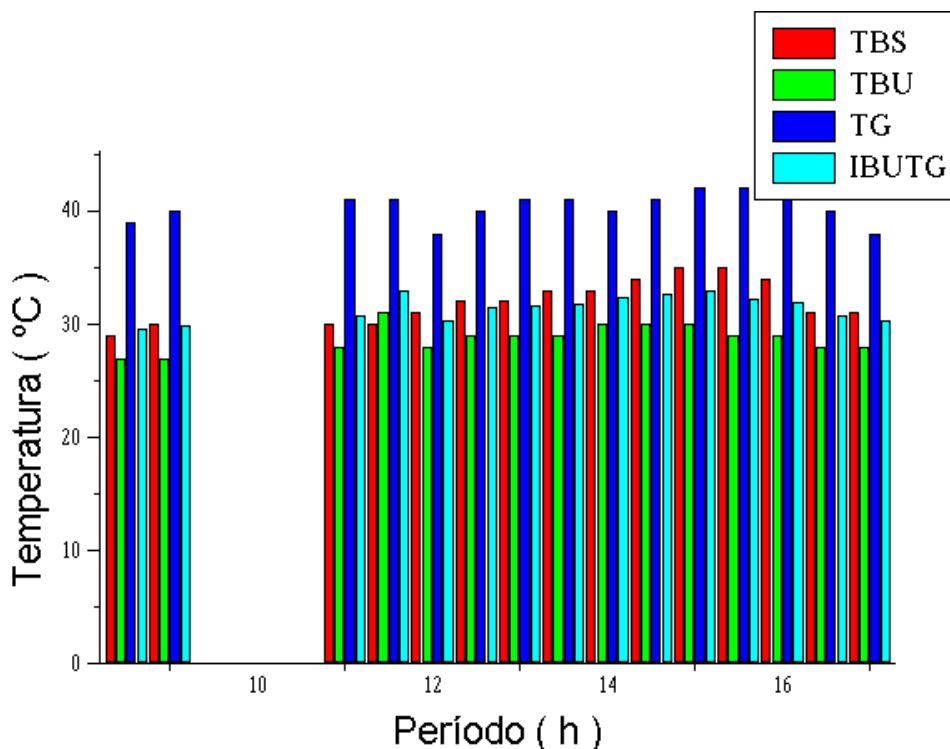


Figura 7 - Valores de Temperatura da Árvore de Termômetros e Índice de Conforto Térmico.

A partir dos valores apresentados, nas Tabelas e Figuras, pôde-se determinar o IBUTG. Pode-se observar que estes estão acima do conforto térmico considerado ideal para realização de atividades ao ar livre. O regime de trabalho real se considerado contínuo, de acordo com a

Tabela 1 da NR-15 Anexo III, foram ultrapassados, o que indica que o trabalhador se encontra fora da faixa ideal de conforto térmico na realização de suas atividades. Percebe-se, entretanto, que para os valores calculados do índice referido no período considerado nas medições, quase todo ele se encontra fora das faixas ideais de conforto apresentado nas Normas Regulamentadora, sendo que o trabalho deve apenas ser continuado mediante adoção de medidas adequadas de controle, de maneira que o operador poderá mais cedo ou mais tarde estar submetido a algum tipo de consequência mais grave, podendo até afetar sua própria saúde ou o mesmo pode até vir a falecer acometido de doenças crônicas como câncer de pele, entre outras.

3. Conclusões

As atividades realizadas pelos operadores de tratores agrícolas sem cabine é insalubre, em função do calor sofrido, de serem executadas a céu aberto. Constata-se ainda, um aumento da temperatura devido ao aquecimento proveniente do motor da máquina, não utilização de protetores solar, má ou nenhuma programação de horários de almoço e descanso, utilização de tipos errados de vestimenta.

Para minimizar os impactos à saúde do trabalhador pode-se sugerir a adoção de condições de contorno como, melhor programação de horários de almoço e descanso visando uma fuga aos horários de maior calor, mesmo que para evitar complicações de saúde se ultrapasse o tempo previsto, podendo estes serem compensados nos períodos mais amenos. A utilização de vestimenta adequada, protetores solares, protetores labiais, que não são utilizados com grande frequência por falta de costume ou conscientização dos operadores. A instalação de cabines climatizadas, para melhor conforto térmico, porém sem se esquecer de criar um sistema de exaustão para o gás carbônico proveniente da respiração, pois o excesso do mesmo também pode trazer problemas de saúde. Se algumas destas condições forem melhoradas, haverá uma minimização nos problemas causados pelo calor, podendo se aproveitar um operador saudável que apresente um melhor rendimento nas operações a que for submetido.

4. Referências

- ASHRAE. *Handbook of Fundamentals*. Capítulo 08, 1981.
- BRASIL, C. Manual de Legislação Segurança e Medicina do Trabalho. Vol. 16. 40ª Ed., Editora Atlas, 1998. São Paulo. 628 pág.
- CAMPOS, J.L.D. REVISTA PROTEÇÃO. Jurisprudência, (Editado em CD-ROM), 1997.
- CURSO DE ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO – FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. Ed. Gráfica Ltda., 1973. São Paulo. 279 pág. Volume 1.
- FANGER, P. O. *Thermal Comfort, analysis and applications in environmental engineering*. McGrall Hill Book, 1972
- GAGGE et al. *An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response*, 1971. vol. 77. pág 247.
- GIAMPAOLI, E., ASTETE, M.W., ZIDAN, L.N. Riscos Físicos. 1985, Editora Fundacentro. São Paulo. 112 pág.
- GIASANTE, G. Levantamento das condições de trabalho na área de levantamentos planaltimétricos e cadastrais da CESP. 1999, Faculdade de Engenharia – UNESP Bauru, 90 pág.
- PADILHA, A. Temperaturas Extremas – Apostila Curso de Engenharia e Segurança do Trabalho, 1998, Faculdade de Engenharia – UNESP Bauru, 25 pág.
- ROBIN, P. Segurança e ergonomia em maquinaria agrícola – Tratores agrícolas, 1987, Monografia 2, São Paulo.