

Como parâmetros que definem um Ambiente Térmico potenciam riscos: estudo de casos

Mário Talaia

Univ. de Aveiro, CIDTFF – Centro de Investigação Didática e Tecnologia na Formação de Formadores
Departamento de Física (Portugal)
ORCID: 0000-0003-4311-6209 mart@ua.pt

Resumo

As alterações climáticas e o aquecimento global estão a afetar ecossistemas. As variáveis termohigrométricas determinam o ambiente térmico de um local, indicando conforto térmico, quente ou frio. Uma atividade desportiva e produção de leite são estudados para o bem-estar de um ambiente térmico. Índices térmicos são usados e uma nova visão para detetar stress térmico de animais leiteiros face a sensação térmica de um ser humano é apresentada. Os resultados obtidos estão em concordância com o esperado.

Palavras-chave: Índices térmicos, sensação térmica, stress térmico, atividade desportiva, produção de leite.

Abstract

As parameters that define a Thermal Environment can create risks: study cases. Climate change and global warming are affecting ecosystems. The thermohygro-metric variables determine the thermal environment of a location, indicating thermal, hot or cold comfort. A sports activity and milk production are studied for well-being for thermal environments. Thermal indices are used and a new vision to detect thermal stress of dairy animals in the against the thermal sensation of a human being is presented. The results obtained are in the agreement with the expected.

Keywords: Thermal indices, thermal sensation, thermal stress, sports activity, milk production.

Introdução

Os desastres naturais são uma das maiores preocupações ambientais (IPCC, 2020) pois a população tem coabitado de forma assustadora face a fenómenos extremos.

Os ecossistemas estão a alterar devido às alterações climáticas e ao aquecimento global. O ser humano, quer direta ou indiretamente, alterou ecossistemas que o rodeia o que propicia uma alteração dos patamares térmicos de tolerância.

É sabido que as condições atmosféricas, que envolvem os seres vivos, condicionam o conforto/desconforto térmico para o mesmo local. Num ambiente térmico é determinante conhecer parâmetros meteorológicos (temperatura do ar, humidade relativa do ar e velocidade do ar, por exemplo), aspetos físicos (vestuário, atividade) e aspetos subjetivos (estado de espírito do ser humano). A mesma estratégia é aplicada ao local onde se encontra gado bovino para a produção de leite e/ou carne.

O ser humano é um ser vivo homeotérmico. Como tal, é natural que a existência de conforto térmico seja um dos fatores fundamentais do seu dia a dia. Contudo, talvez nunca em uma outra fase de existência humana tal fator tivesse sido colocado em tanto risco e preocupação como atualmente, devido em grande parte às alterações climáticas e consequente aquecimento global. O tipo de ambiente térmico influencia o estado fisiológico do ser humano.

Os bovinos são animais homeotérmicos, mantendo a sua temperatura corporal constante, em que a taxa de energia sob a forma de calor é determinada por processos que dependem da temperatura e da humidade relativa do ambiente. Na Biometeorologia animal são consideradas áreas de intervenção para a saúde e produtividade animal, nomeadamente o conforto térmico que é determinado a partir do registo da temperatura, ventilação, humidade relativa do ar e pressão parcial do vapor de água (Osteras e Leslie, 1997). O ambiente térmico tem uma forte importância económica e pode condicionar níveis de produção para melhorar o “*cash-flow*” da exploração. Por exemplo, o investimento em vacaria para a produção de leite é elevado pelo que as condições termohigrométricas são consideradas como alicerce para a viabilidade económica e financeira do projeto.

Este artigo mostra a interação entre o balanço energético do corpo humano e do meio ambiente que o rodeia, através da sensação térmica de que o mesmo fica sujeito numa atividade de ginásio – AeroStep onde se regista uma alteração do metabolismo. Também mostra como um ambiente térmico afeta a produção de leite e o bem-estar de gado bovino. É objetivo desta investigação detetar situações de *stress* térmico para gado bovino através da leitura de um índice de sensação térmica do ser humano. Esta abordagem

parece ser inovadora pois a partir do conhecimento da sensação térmica do ser humano é possível prever o comportamento do animal face à caracterização do ambiente térmico.

Na secção seguinte são apresentados fundamentos teóricos básicos para melhor se interpretar os resultados obtidos.

Fundamentos Teóricos Gerais

O máximo de vapor de água a uma dada temperatura pode ser determinado através da aplicação de conhecimentos da Termodinâmica (Eskinazi, 1975). A equação de estado pode ser aplicada ao vapor de água, com constante particular de $461,51\text{J}/(\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1})$ (Ahrens, 2012).

A equação de estado aplicada ao vapor de água permite escrever

$$e_s = \rho_w R_w T_{dp} \quad (1)$$

em que e_s representa a pressão parcial de saturação do vapor de água à temperatura do ponto de orvalho, ρ_w a massa volúmica do vapor de água, R_w a constante particular do vapor de água e T_{dp} a temperatura do ponto de orvalho.

A pressão parcial de saturação do vapor de água e a temperatura estão relacionadas através da equação de Clausius Clapeyron (Eskinazi, 1975). O calor de transformação ou variação de entalpia ou calor latente de vaporização depende da temperatura. No entanto, para as temperaturas registadas na Troposfera e à superfície da terra, o valor aceite para o calor de transformação é de $2,5 \times 10^6 \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Ahrens, 2012).

O ar húmido tem a particularidade de condicionar o ambiente térmico através das suas variáveis termohigrométricas. Um ambiente térmico pode ser considerado frio, confortável e quente. O ser vivo está sujeito à sensação térmica que as condições termohigrométricas suscitam e pode estar sujeito a um estado confortável, de hipotermia ou de hipertermia, num espetro entre uma sensação térmica de muito frio até uma sensação térmica de muito quente, numa escala sétima de acordo com a ASHRAE 55 (2004). De acordo com a norma ISO 7730 (2005), o desconforto térmico pode ser causado por um ambiente frio ou quente localizado numa parte específica do corpo. Este desconforto pode causar uma redução significativa do desempenho.

Num ambiente térmico quente, como o caso de atividade de desporto existem efeitos específicos que devem ser valorizados para a saúde pública do ser humano. O aumento da temperatura acima da zona de conforto térmico pode começar a provocar problemas físicos, de natureza subjetiva e de natureza fisiológica, até atingir o limite físico de tolerância do ser humano.

Segundo a ISO 8996 (2004), a taxa metabólica é um parâmetro importante para a determinação do conforto térmico, devido ao facto de o ser humano trocar o tipo de roupa em função da estação do ano e/ou da atividade que desenvolve num determinado ambiente térmico.

O isolamento térmico do vestuário é uma propriedade própria das peças de roupa que se usam e representa a resistência à transferência de energia sob a forma de calor entre a superfície da pele e da roupa. A ISO 7730 (2005) indica para algumas peças de roupa valores típicos aceites para o isolamento térmico do vestuário (ITV) em unidades de clo.

Para a análise das condições do ambiente térmico sugere-se a aplicação da escala de sensação térmica de cores (Talaia e Rodrigues, 2008), do índice térmico EsConTer (Talaia e Simões, 2009; Morgado, Talaia e Teixeira, 2015), do índice de isolamento térmico do vestuário (ITV) de acordo com (Talaia, 2018) e do índice de percentagem de insatisfeitos PPD (Talaia e Silva, 2015).

O índice térmico EsConTer valoriza o conhecimento da temperatura do ar e da temperatura do termómetro húmido e é calculado aplicando a expressão

$$\text{EsConTer} = -3,75 + 0,103(T + T_w) \quad (2)$$

em que T representa a temperatura do ar (°C) e T_w a temperatura do termómetro húmido (°C).

A percentagem de insatisfeitos que se prevê para um ambiente térmico é calculada pela aplicação do índice PPD que determina a percentagem de insatisfeitos de acordo com a norma ISO 7730 (2005) e em que na expressão original o índice PMV (voto médio de satisfação) é substituído pelo índice EsConTer, por este usar a mesma escala térmica ASHRAE 55 (2004), como se indica

$$\text{PPD} = 100 - 95e^{-[0,03353 \times (\text{EsConTer})^4 + 0,2179 \times (\text{EsConTer})^2]} \quad (3)$$

Para prever o Isolamento Térmico do Vestuário (ITV), em unidades de clo, e para uma atividade sedentária (escritório, moradia, escola, laboratório) com um metabolismo de 70W.m^{-2} ou 1,2met, aplica-se a expressão,

$$\text{ITV} = -0,7418\text{EsConTer} - 0,3250 + 0,0764T_w \quad (4)$$

Dado a sensação térmica do gado bovino ser avaliada através do índice ITH, temperatura e humidade do ar, adaptado para animais, é oportuno introduzir o índice ITH aplicado para o ser humano. De acordo com a expressão adaptada por Nieuwolt (1977), o índice ITH_{sh} permite conhecer a satisfação ou insatisfação do ser humano num ambiente térmico, quando se conhecem a temperatura do ar T e a humidade relativa do ar HR, sendo o seu valor determinado por,

$$\text{ITH}_{sh} = 0,7T + T(\text{HR}/500) \quad (5)$$

A relação entre o índice EsConTer e ITH_{sh} é dada por

$$EsConTer = 0,233ITH_{sh} - 3,97 \quad (5)$$

O índice ITH_{an} (para o animal) permite determinar o melhor ambiente térmico para os bovinos - vacas leiteiras (Johnson *et al.*, 1962). A expressão desenvolvida por Bosen (1959), permite escrever

$$ITH_{an} = T + 0,36T_{dp} + 41,2 \quad (7)$$

em que T representa a temperatura do ar (°C) e T_{dp} a temperatura do ponto de orvalho (°C).

Através de manipulações matemáticas, é ainda possível escrever

$$EsConTer = 0,141ITH_{an} - 9,34 \quad (8)$$

DuPreez (2000) mostrou que para a interpretação de ITH_{an} há valores de referência que dependem da raça, fase de lactação e idade do animal.

Voltemos ao ser humano. O corpo humano é maioritariamente constituído por água. A água funciona como um reservatório de calor, pois demora muito tempo a aumentar a temperatura, mas também demora muito tempo a arrefecer. Esta situação deve-se ao alto valor da capacidade térmica mássica da água cujo valor é $4185,5J.kg^{-1}.°C^{-1}$. A capacidade térmica mássica do diferencial do corpo humano aceite é cerca de $1400J.kg^{-1}.°C^{-1}$. Se for assumido que a percentagem de água é de 70% para um ser humano com 75kg de massa, facilmente se conhece a capacidade térmica mássica ponderada do corpo humano através da expressão $m_i c_i = m_{H_2O} c_{H_2O} + m_{tecidos} c_{tecidos}$ em que m_i representa a massa do elemento i (kg) e c_i a capacidade térmica do elemento i ($J.kg^{-1}.°C^{-1}$).

A energia por unidade de temperatura envolvida é determinada usando a expressão

$$Q/\Delta T = 251kJ.°C^{-1} \quad (9)$$

em que o significado físico deste valor, para uma pessoa adulta que tenha problemas de transpiração, é de que um aumento da temperatura interna do corpo humano de 1°C gera 251kJ de energia que deve ser dissipada.

Dado um ser humano ter, em média, uma superfície exposta típica de $1,7m^2$ (DuBois e DuBois, 1916) e considerando para o AeroStep um metabolismo de $140W.m^{-2}$, serão necessários cerca de 18min para se elevar a temperatura corporal de 1°C, ou seja, $\Delta t/\Delta T = 1054s.°C^{-1} \approx 18min.°C^{-1}$. A interpretação física permite concluir que em cada intervalo de tempo de cerca de 18min é registado um aumento da temperatura interior do corpo humano de 1°C.

As roupas devem ser confeccionadas com alguma “folga” de modo a permitirem a formação de correntes de convecção e estas acelerem a taxa de evaporação (devida à transpiração) e o conseqüente arrefecimento.

Na prática e para haver compensação ou equilíbrio térmico é necessário que a superfície corporal possa eliminar uma quantidade de líquido de suor através da transferência de energia sob a forma de calor por evaporação. Esta avaliação é realizada a partir do conceito físico de calor de transformação L ou variação de entalpia e dada através da expressão

$$Q = mL \quad (10)$$

em que m representa a massa da água que cobre a superfície da pele formando uma espessura média de água na superfície da pele molhada e L o calor de transformação.

Assim, a partir da aplicação de

$$m/\Delta t = (Q/\Delta t)/L \quad (11)$$

resulta uma necessidade de 0,34L de água por hora para equilibrar a perda de água através do processo de evaporação e por ser humano.

Conforme já referido os bovinos são animais homeotérmicos capazes de manter a temperatura corporal, independentemente das variações da temperatura ambiente. O ambiente térmico que envolve o animal condiciona o seu desempenho, pois aciona os mecanismos de transferência de energia. Por este motivo, o ambiente térmico é um fator de restrição para a eficiência máxima de produção de leite (Huber, 1990).

A temperatura corporal do animal bovino varia entre 37°C e 39°C. A temperatura ótima de produção de leite depende da espécie, raça e grau de tolerância do animal ao calor e ao frio (National Research Council, 1981)

A capacidade do animal de resistir às condições de *stress* térmico tem sido avaliada fisiologicamente por alterações na temperatura rectal e frequência respiratória. A temperatura rectal é uma medida que permite conhecer a adaptabilidade fisiológica do animal ao ambiente térmico. Cattelan e Martinez do Vale (2013) afirmam que deve ser valorizada a capacidade dos animais em se adaptarem aos diferentes ambientes de criação. Adicionalmente para se melhorar o desempenho do animal em ambientes térmicos quentes é importante que as raças sejam geneticamente adaptadas ao local ou em alternativa alterar o ambiente térmico do local a fim de diminuir o *stress* térmico. Neste contexto foram suscitadas melhores condições dos locais de produção. Na mesma linha de informação, St-Pierre *et al.* (2003) descrevem que podem ocorrer elevadas perdas económicas anuais na produção de leite e de corte devido ao *stress* térmico.

O processo de evaporação é o principal meio para a dissipação de energia sob a forma de calor para bovinos sob condições cuja temperatura alta suscite *stress* térmico quente (Blackshaw e Blackshaw, 1994). Os principais registos utilizados para avaliar se há condições para se estar em presença de *stress* térmico em bovinos é a frequência respiratória e a temperatura corporal (Hemsworth *et al.*, 1995). Segundo Robinson

(1999) a temperatura retal pode variar de 38,0°C a 39,3°C para animais de leite. Starling *et al.* (2002) mostraram que um animal ofegante aumenta sua taxa metabólica. Também Huber (1990) evidenciou que a principal influência do *stress* térmico na produção leiteira está na diminuição no consumo de alimentos que condiciona a taxa metabólica do animal.

Verificou-se patamares de tolerância ao *stress* térmico quente e estratégias de intervenção quando se consideram os valores do índice ITH_{an} , da categoria definida pelo índice LWSI (Livestock Weather Safety Index) do Livestock Conservation Institute (1970) e do índice EsConTer (TABELA I).

TABELA I - Categorias para bem-estar de gado bovino (neste trabalho).

ITH_{an}	Categoria LWSI	EsConTer para ser humano
≤ 70	normal	$\leq 0,5$ conforto térmico
71 – 78	alerta	0,7 – 1,7 ligeira quente a quente
79 - 83	perigo	1,8 – 2,4 quente a muito quente
≥ 83	emergência	$\geq 2,4$ muito quente

Conforme mostra a TABELA I o índice ITH_{an} deve ser interpretado de acordo com as categorias do LWSI. O índice EsConTer mostra valores da sensação térmica para o ser humano nas gamas que aconselham estratégias de intervenção, por exemplo, para o gado bovino Holstein-Friesian, conhecido como turina. Esta tem sido reportada com alterações genéticas para otimizar a produção de leite que depende do ambiente térmico e da alimentação.

Du Preez (2000) afirma que o índice ITH_{an} é o melhor indicador por ser de fácil aplicação. No entanto, a informação fica enriquecida com as categorias do LWSI e do índice EsConTer. A vantagem do índice EsConTer, sendo inovação do autor, permite ao ser humano a partir da sua sensação térmica ter uma noção do *stress* térmico do gado, evitando que haja cabeças do gado que entrem numa condição de ofegante.

De acordo com Algaisi *et al.* (2019) as vacas Holstein Friesian produzem em média, por dia, $(17,6 \pm 0,4)$ kg de leite/cabeça e registam valores mais altos durante meses considerados frios. Segundo os mesmos autores em ambiente nativo a produção pode registar aproximadamente de 21kg a 29kg por cabeça e por dia. Adiantam que as diferenças na produção podem ser influenciadas pela temperatura do ar, dos sistemas de alimentação e nos planos de melhoria genética.

Hartantoa *et al.* (2020) mostraram como a produção de leite de vacas Holstein Friesian varia função dos períodos de lactação. Os autores registaram que a produção de leite foi de $(14,43 \pm 4,43)$ litros por cabeça e por dia.

Casos estudados

Ginásio para uma atividade de desporto – AeroStep

Método e Materiais

Uma vez que a atividade AeroStep está confinada num ambiente fechado, pavilhão ou sala polivalente de ginásio, foram registados parâmetros termohigrométricos (temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho, temperatura do termómetro húmido, humidade relativa do ar).

A sala apresentava em termos de dimensões 14m × 14m. Cada face da sala possuía uma janela, uma das faces uma porta de acesso, que no decorrer das aulas se encontrava aberta e, portanto, era um ponto de contacto com o exterior (ainda que não diretamente) e numa outra face possuía quatro portas envidraçadas que permitiam luminosidade exterior.

Antes da atividade os praticantes foram convidados, após prévia explicação, a registarem numa escala térmica de cor a sensação térmica sentida. No final da atividade registaram a nova sensação térmica sentida.

Na dimensão da sala foram seleccionados 24 pontos de observação e os praticantes foram identificados com um autocolante numerado de 1 a 14.

A atividade mantém os praticantes quase no mesmo espaço relativamente ao referencial escolhido e a aula de uma hora decorreu num horário diurno.

Para a recolha dos dados termohigrométricos usou-se o aparelho “CENTER 317 Temperature, Humidity, Meter”.

Desenvolveu-se um algoritmo em MATLAB para permitir traçar na área da sala linhas que definissem padrões de temperatura do ar, da humidade relativa do ar, do índice EsConTer e do índice PPD.

Foi avaliada a quantidade de água no estado de vapor que o ar absorveu, durante o tempo da aula.

Resultados obtidos

Os dados registados permitiram traçar diferentes padrões de interpretação física para as variáveis em estudo, como por exemplo para a humidade relativa do ar (fig. 1) e para o índice EsConTer (fig. 2). A observação das figuras mostra a alteração do padrão inicial para o padrão final da aula.

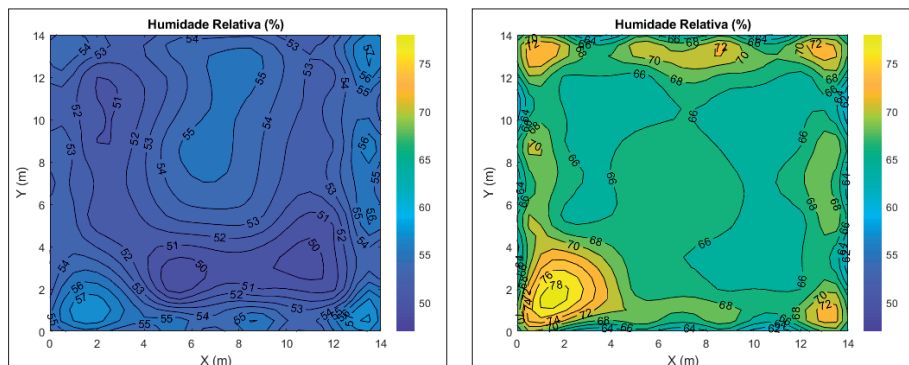


Fig. 1 - Padrão da humidade relativa do ar (gama de 50% a 75%).

Determinou-se a média dos valores registados e determinados antes e depois da aula (TABELA II).

TABELA II- dados registados na aula (neste trabalho).

	Temperatura	Humidade relativa	EsConTer	PPD
Antes	(25,3 ± 0,2) °C	(53,7 ± 1,9) %	0,84 ± 0,03	16,1 ± 1,7
Depois	(25,5 ± 0,3) °C	(66,5 ± 0,8) %	1,06 ± 0,05	30,6 ± 4,3

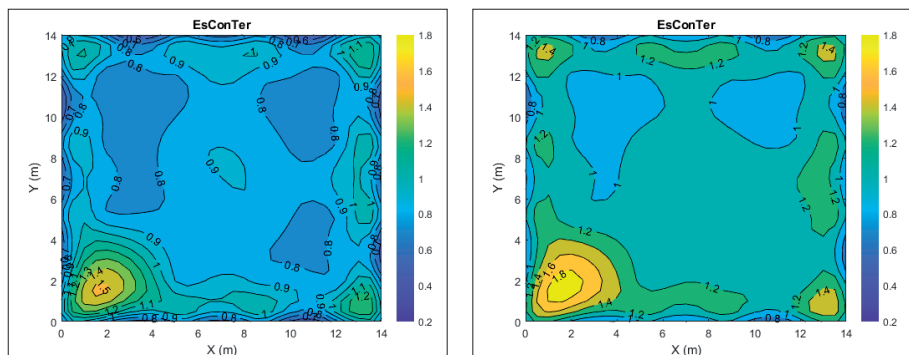


Fig. 2 - Padrão do índice EsConTer (gama de 0,2 a 1,8).

Determinou-se os valores registados de sensação térmica real (ST), numa escala térmica de cor, dos praticantes antes e depois da atividade desportiva, assim como dados do índice Isolamento Térmico do Vestuário (ITV) (TABELA III).

TABELA III - dados registados sensação térmica real e ITV (neste trabalho).

ST	ST	ITV (clo)	ITV (clo)
Sala interior- antes	Sala interior - depois	Sala interior	Sala exterior
1,25 ± 0,42	2,30 ± 0,35	0,52 ± 0,04	0,76 ± 0,05

A interpretação física dos dados da TABELA II e da TABELA III mostram inequivocamente que a sensação térmica real dos praticantes no final da aula não está em concordância com a sensação térmica prevista. Neste contexto é de reconhecer que a sensação térmica real no final da atividade é influenciada pela alteração do metabolismo durante a atividade desportiva.

Como seria esperado, a TABELA III mostra, ainda, que há diferença do índice ITV para o exterior e interior da sala.

A fig. 1 mostra o padrão para a humidade relativa do ar para o início e fim da atividade. O aumento da humidade relativa do ar é justificado pela transpiração e respiração dos praticantes, que humidificam o ar húmido que está confinado ao espaço da atividade. Nestas circunstâncias é possível determinar a quantidade de água no estado de vapor de água que alterou a humidade relativa do ar da sala.

A aplicação da expressão (1) determina que a variação da massa volúmica do vapor de água foi de $3,3\text{g}/\text{m}^3$. Para as dimensões da sala e para os 14 praticantes determinou-se cerca de 0,2L por praticante o que confirma a estimativa de cerca de 0,3L por praticante, nos fundamentos teóricos.

As sensações térmicas sentidas pelos praticantes antes e depois na sala registaram ($1,25 \pm 0,42$) e ($2,30 \pm 0,35$). Estes valores acima dos valores do índice EsConTer ($0,84 \pm 0,03$) e ($1,06 \pm 0,05$) justificam-se pela passagem dos praticantes de um ambiente térmico exterior a sala e depois pela alteração do metabolismo durante a atividade desportiva.

Produção de leite – ambiente térmico na ordenha e vacaria

Método e Materiais

Os parâmetros termohigrométricos foram registados usando o instrumento de medida CENTER 317.

Os trabalhadores indicaram a sensação térmica sentida numa escala de cores, em todos os momentos de registo, na vacaria e na ordenha.

Os dados foram registados durante quinze dias seguidos e os trabalhadores mantiveram o mesmo tipo de vestuário, ou seja, o mesmo ITV.

A sensação térmica foi prevista para dois ambientes térmicos: vacaria e ordenha através do EsConTer e alguns animais foram identificados para controlo. O processo da ordenha das vacas acontecia duas vezes ao dia, 9h00 e 20h45 e a produção de leite era registada para controlo.

Os dados fisiológicos monitorizados para os animais identificados incluíram a temperatura rectal (como indicador do aumento da temperatura corporal) e a observação visual da sensação térmica de ofegante.

Resultados obtidos

Os registos mostraram que para os dois ambientes térmicos a temperatura do ar foi sempre superior na ordenha do que na vacaria. Este resultado parece ser justificado pelo tipo de construção do edifício da ordenha que apresenta menos ventilação. No entanto, o tempo da presença do gado nesta zona é reduzido. Alguns valores registados para a vacaria e ordenha estão indicados (TABELA IV). Também, verificou-se dados registados para dois animais identificados pelas letras de A e B (TABELA V).

TABELA IV - Parâmetros registados na vacaria e ordenha (neste trabalho).

	vacaria	ordenha
Temperatura média	(19.0±2.5) °C	(19.2±2.4) °C
Humidade relativa média	(71.6±10.5) %	(76.5±9.0) %
ITH _{an} médio	(65.6±3.1)	(65.7±2.9)
ITH _{an} máximo	71,3	71,5
EsConTer máximo	0,72	0,74

TABELA V - parâmetros registados por animais identificados (neste trabalho).

	A	B
Temperatura retal	(38.4±0.4) °C	(38.3±0.3) °C
Temperatura retal - máxima	39,2 °C	38,9 °C
Temperatura retal - mínima	37,6 °C	37,0 °C
Produção leite - máximo	25 L	33 L
Produção leite - mínimo	20 L	28 L

A a sensação térmica sentida pelos animais durante quinze dias, na vacaria e na ordenha, e mostra inequivocamente (ver os losangos) que há situações que suscitaram condições de alerta para o animal ficar ofegante (fig. 3).

Conclusão

Os resultados obtidos para dois ambientes térmicos diferentes mostram inequivocamente que para uma atividade desportiva e/ou para a produção de leite há necessidade de serem criadas condições de conforto térmico.

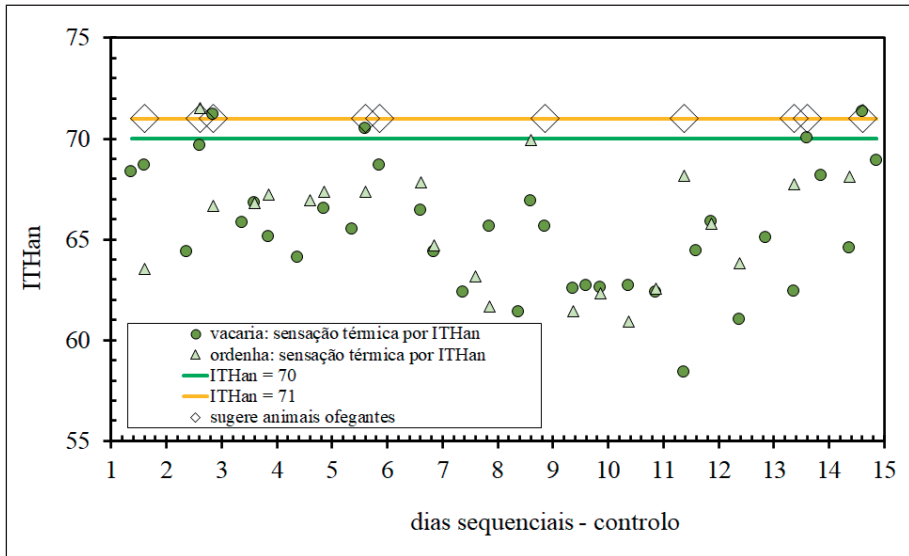


Fig. 3 - ITHan para a vacaria e ordenha e limite de tolerância.

A aplicabilidade dos fundamentos teóricos apresentados, neste artigo, mostra que é possível fazer a ligação para a avaliação de um ambiente térmico para locais de produção de leite através da sensação térmica sentida pelo ser humano.

São apresentados valores da sensação térmica do ser humano que permitem prever a sensação térmica para animal.

Concluindo, a contribuição deste estudo é apresentar uma visão da sensação térmica de animal a partir da sensação térmica do ser humano.

Agradecimentos

Ao João Nogueira e à Soraia Gonçalves pela partilha na recolha de dados.

Bibliografia

- Ahrens, C. D. (2012). *Essentials of Meteorology: An Invitation to the Atmosphere*. Sixth Edition Brooks/Cole, Cengage Learning, Belmont, USA.
- Alqaisi, O., Al-Abri, M., Al-Abri, A. and Al-Marzooqi, W. (2019). A comparison of milk production from Holstein Friesian and Jersey cattle breeds under hot climate of Oman. *Tropical Animal Health and Production, Springer Nature B. V.* 2019, Published online.
- ASHRAE 55 (2004). *Thermal environmental conditions for human occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers – ISBN/ISSN: 1041-2336, pp. 55.
- Blackshaw, J. K. e Blackshaw, A. W. (1994). Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 34, 285-295.
- Bosen, J. F. (1959). *Discomfort index. Reference Data Section, Air conditioning, heating and ventilation*. American Society of Heating and Ventilating Engineers, Atlanta.
- Cattelan, J. e Martinez do Vale, M. (2013). Estresse térmico em bovinos. *Revista RCPV*, 108 (587-588), 96-102.
- Du Preez, J. H. (2000). Parameters for the determination and evaluation of heat stress in dairy cattle in South Africa. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 67, 263-271.
- DuBois D. e DuBois E. F. (1916). A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch. Intern. Med.* 17, 862.
- Eskinazi, S. (1975). *Fluid Mechanics and Thermodynamics of our environment*. Academic Press Inc, New York.
- Hartantoro, R., Pamungkas, A. A., Prayitnoc, E. e Harjantid; D. W. (2020). Milk Production of Holstein Friesian Dairy Cows in Various Lactation Periods (Case Study at Capita Farm, Semarang, Central Java. *Jurnal Ternak. Animal Science Journal*, Vol. 11 (2), 44-49.
- Hemsworth, P. H., Barnett, J. L., Beveridge, L. e Matthews, L. R. (1995). The welfare of extensively managed dairy cattle: a review. *Applied Animal Behaviour Science*, 42, 161-182.
- Huber, J. T. (1990). Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. In: Peixoto AM, Moura JC, Faria VP. *Bovinocultura leiteira*. Piracicaba: FEALQ, 33-48.
- IPCC (2020). Summary for Policymakers. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, Skea, J., Calvo, E., Buendia, Masson-Delmotte, V., Pörtner, H.O., Roberts, D.C., Zhai, P., Slade, R., Connors, S., van Diemen, R., Ferrat, M., Haughey, E., Luz, S., Neogi, S., Pathak, M., Petzold, J., Portugal Pereira, J., Vyas, P, Huntley, E., Kissick, K., Belkacemi, M., Malley, J. (eds.)].
- ISO 7730 (2005). *Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of the thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- ISO 8996 (2004). *Ergonomics of the thermal environment – Determination of metabolic rate*. International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- Johnson, H. D., Ragsdale, A. C., Berry, I. L. e Shanklin, M. D. (1962). Effect of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle. *Misouri: Agricultural Experimental Station Research Bulletin*, 791.
- LIVESTOCK CONSERVATION INSTITUTE (1970). *Information release. Patterns of transit losses*. Omaha, Neb: Livestock Conservation, Inc.
- Morgado, M., Talaia, M. e Teixeira, L. (2015). A new simplified model for evaluating thermal environment and thermal sensation: An approach to avoid occupational disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1-11.
- Nieuwolt, S. (1977). *Tropical climatology*. London: Wiley.
- NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1981). *Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals*. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Osteras, O. e Leslie, K. (1997). Animal housing and management – prevention of bovine diseases. *Proceedings 9th International Congress in Animal Hygiene*. Editor: Saloniemi, H., Vol. 1., Helsinki, Finland.

- Perissinotto, M., Moura, D. J. e Cruz, V. F. (2007). Avaliação da produção de leite em bovinos utilizando diferentes sistemas de climatização. *Rev. De Ciências Agrárias*, 30(1): 135-142.
- Robinson, E. N. (1999). Termorregulação. In: Cunningham, J. G. *Tratado de fisiologia veterinária*. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, cap.51, 427-435.
- Starling, J. M. C., Silva, R. G. e Muñoz, M. C. (2002). Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 5, 2070-2077.
- St-Pierre N. R., Cobanov, B. e Schnitkey, G. (2003). Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science*, 86, 52-77.
- Talaia, M. (2018). Como prever o isolamento térmico do vestuário para um ambiente térmico. *Pluralidade na Diversidade de Riscos*. Estudos Cindínicos. Editor: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, Coords. Luciano Lourenço e Fátima Veles de Castro, 117-132.
DOI: https://doi.org/10.34037/978-989-54295-4-7_5_6
- Talaia, M. e Rodrigues, F. (2008). Conforto e stress térmico: uma avaliação em ambiente laboral. Em J.F.S. Gomes et al., *Proceedings CLME'2008 II CEM. 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e 2º Congresso de Engenharia de Moçambique: Maputo*. Porto: Edições INEGI.
- Talaia, M. e Silva, M. (2015). Risco da construção do conhecimento de alunos num ambiente térmico quente. *Territorium* 22, 229-238. DOI: DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_22_17
- Talaia, M. e Simões, H. (2009). EsConTer: um índice de avaliação de ambiente térmico. Em *V Congresso Cubano de Meteorologia*, Somet-Cuba, Sociedad de Meteorología de Cuba, 1612-1626.