

ANÁLISE BIOCLIMÁTICA E INVESTIGAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE EXTERNO NA REGIÃO CENTRAL DO RS

ZANANDRA BOFF DE OLIVEIRA¹, ALBERTO EDUARDO KNIES²

¹ Professora adjunta, Coordenadoria Acadêmica, Universidade Federal de Santa Maria Campus em Cachoeira do Sul, Rua Ernesto Barros, nº 1345, Bairro Santo Antônio, cep: 96506-322, Cachoeira do Sul – RS, Brasil. E-mail: zanandraboff@gmail.com

² Professor adjunto, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul Unidade em Cachoeira do Sul, Rua Sete de Setembro, nº 1040, Bairro Santo Centro, cep: 96508-010, Cachoeira do Sul – RS, Brasil. E-mail: albertoek@gmail.com

RESUMO: o presente trabalho teve como objetivo realizar a análise bioclimática e a investigação do conforto térmico em ambiente externo na região central do RS. Para isso, utilizaram-se os seguintes índices de conforto térmico: índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de desconforto humano (IDH). Os dados meteorológicos de temperatura do ar máxima (Tmax) e mínima (Tmin) e umidade relativa do ar máxima (URmax) e mínima (URmin) foram obtidos de uma série de 10 anos (2005-2015) de dados de uma estação meteorológica automática instalada em Santa Maria (RS). A temperatura do ponto de orvalho foi estimada a partir da Tmax e Tmin e da URmin e URmax, respectivamente. Os índices de conforto térmico foram calculados a partir das médias diárias do período (10 anos) para a situação de máximo desconforto térmico que ocorre nos extremos: 1) quando a temperatura do ar é máxima e a umidade relativa do ar é mínima - denominados de ITUmax e IDHmax; 2) quando a temperatura do ar é mínima e a umidade relativa do ar é máxima - denominados de ITUmin e IDHmin. Em função da elevada amplitude térmica mensal (>10°C<18°C) e diária (>5°C<10°C), os valores dos índices de conforto térmico (ITU e IDH) variam entre 51,5 e 80,4, indicando que a situação de conforto térmico do ambiente externo na região central do RS vai nos extremos de estresse térmico devido ao frio (julho) a estresse térmico devido ao calor (janeiro). No período de maio a outubro o conforto térmico ocorre na Tmax, mas na Tmin a situação é de desconforto a estresse por frio. No período de novembro a fevereiro, o conforto térmico ocorre na Tmin, mas na Tmax ocorre desconforto a estresse térmico por calor. Nos meses de março e abril, o desconforto ocorre tanto por frio quanto por calor. Dessa forma, para a produção zootécnica e para o conforto térmico humano na região central do RS, são necessárias práticas de condicionamento ambiental que visem a minimização do estresse térmico.

Palavra-chaves: índices de conforto térmico; análise bioclimática; amplitude térmica.

BIOCLIMATIC ANALYSIS AND RESEARCH OF THERMAL COMFORT IN EXTERNAL ENVIRONMENT IN THE CENTRAL REGION OF RS

ABSTRACT: The present work had the aim of performing the bioclimatic analysis and the investigation of the thermal comfort in an external environment in the Central region of RS. For this, the following thermal comfort indexes were used: temperature and humidity index (THI) and human discomfort index (HDI). The maximum air temperature (Tmax) and minimum air temperature (Tmin) and maximum relative humidity (URmax) and minimum air humidity (URmin) were obtained from a series of 10 years (2005 to 2015) of data of an automatic meteorological station installed in Santa Maria - RS. The temperature of the dew point was estimated from the Tmax and Tmin and the URmin and URmax, respectively. The thermal comfort indexes were calculated from the daily average of the period (10 years) for the situation of maximum thermal discomfort that occurs in the extremes: (i) when the air temperature is maximum and the relative humidity of the air is minimal - denominated of THI_{max} and HDI_{max}; (ii) when the air temperature is minimal and the relative humidity of the air is maximum - denominated THI_{min} and HDI_{min}. In function to the high temperature amplitude, monthly (> 10°C <18°C) and daily (> 5°C <10°C), the values of thermal comfort indexes (THI and HDI) vary

from 51.5 to 80.4, indicating that thermal comfort of the external environment in the Central region of RS goes in the extremes of thermal stress due to the cold (July) to the heat stress due to the heat (January). In the period from May to October the thermal comfort occurs in T_{max} , but in T_{min} the situation is of cold stress discomfort. In the period from November to February, thermal comfort occurs in T_{min} , but in T_{max} , heat stress discomfort occurs. In the months of March and April the discomfort occurs as much by cold as by heat. Thus, for a zootechnical production and human thermal comfort in the central region of RS, it is necessary to practice environmental conditioning to minimize thermal stress.

Keywords: thermal comfort index; bioclimatic analysis; thermal amplitude.

1 INTRODUÇÃO

O clima é um dos principais fatores que influenciam a produção animal, sendo de fundamental importância o seu conhecimento para o projeto de instalações e para o manejo dos animais (OLIVEIRA et al., 2017). Nos humanos, interfere principalmente na alimentação, na vestimenta e no tipo e intensidade das atividades (BURIOL et al., 2015).

O ambiente térmico engloba os efeitos da radiação solar, da temperatura do ar, da umidade relativa do ar e da velocidade do vento (SOUZA, 2010; BUFFINGTON; COLLIER; CANTON, 1982). A combinação desses elementos e os mecanismos fisiológicos fazem com que o principal condicionante para conforto térmico seja a combinação temperatura e umidade do ar (HONJO, 2009; VAREJÃO-SILVA, 2005).

Para a análise do conforto térmico, diversos índices empíricos estão disponíveis na literatura. No que tange à análise do conforto térmico em ambiente externo, destaca-se o índice de temperatura e umidade do globo (ITGU) (BUFFINGTON et al., 1981), que integra os efeitos combinados da temperatura de bulbo seco (Tbs), da umidade relativa do ar (UR), da radiação solar (Rs) e da movimentação do ar. Todavia, para a utilização desse índice necessita-se de valores medidos de temperatura do globo negro (Tgn), que necessita instrumentação específica para a sua determinação; de forma geral, essa determinação não é contemplada por estações meteorológicas automáticas, razão pelo qual se utiliza o índice de temperatura e umidade (ITU), que considera a integração entre UR e Tbs (THOM, 1959; BUFFINGTON;

COLLIER; CANTON, 1982, 1982). Embora amplamente utilizados, os limites indicativos de conforto e desconforto térmico do ITU estão disponíveis na literatura apenas para condições de estresse calórico, dificultando a sua utilização para a análise bioclimática nos meses de inverno. Para essas condições, está disponível na literatura o índice de desconforto humano (IDH), que também leva em consideração os efeitos combinados de Tbs e UR e possui na literatura limites pré-definidos para o conforto e desconforto térmico, tanto para calor, quanto para frio (ONO; KAWAMURA, 1991).

A depressão central do RS caracteriza-se por terrenos de baixa altitude ligados de leste a oeste, beirados por terras baixas, não passando de 400 metros de altitude, onde se encontram importantes cidades como Santa Maria, Cachoeira do Sul e São Gabriel. Essa região é tradicional produtora de grãos (soja, arroz e trigo) no estado e destaca-se no cenário gaúcho pela produção pecuária, além de ser produtora, em menor escala, de aves e suínos. Oliveira et al. (2018) trabalharam com a espacialização do ITU nas diferentes regiões do RS e verificou que o ITU apresenta dependência espacial com correlação significativa negativa entre os valores de altitude, sendo este um indicativo da necessidade de uma análise bioclimática mais detalhada nessa região.

Buriol et al. (2015) realizaram uma análise do conforto térmico humano para Santa Maria (RS) e verificaram elevada amplitude térmica diária; no mesmo dia podem ocorrer momentos com condições térmicas de conforto, passando a condições de desconforto e, novamente, a condições de conforto ou vice-versa. Oliveira et al. (2017) realizaram o

zoneamento bioclimático para o conforto térmico de animais e do trabalhador rural nos meses de verão, observando por meio do ITU, condições ambientais muito quentes a extremamente quentes no estado do RS.

Conforme o exposto, são importantes estudos que avaliem as condições de conforto térmico para seres humanos e para animais de produção zootécnica na condição de ambiente externo, pensando nas condições de ambiente rural, em especial, no período de inverno no sul do Brasil. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo realizar a análise bioclimática e a investigação do conforto térmico em ambiente externo na região central do RS.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A primeira etapa deste estudo constitui-se no cálculo dos índices de conforto térmico: ITU e IDH. Para isso, os dados meteorológicos médios de Tmax e Tmin, e URmax e URmin foram obtidos de uma série de 10 anos (1/jan/2005 a 1/jan/2015) de uma estação meteorológica automática instalada em Santa Maria, localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil (-29,74 S e -53,72 O e altitude de 95 m).

A temperatura do ponto de orvalho (To) (Equação 1) foi estimada a partir da Tmax e URmin e da Tmin e UR max. Para isso, a pressão de vapor (es) em Tmax e Tmin diárias foi calculada a partir da equação 2 e pressão parcial de vapor (ea) foi calculada a partir das equações 3 e 4.

$$T_{po} = \frac{247,3 \log \frac{e_a}{0,6108}}{17,3 - \log \frac{e_a}{0,6108}} \quad (01)$$

Em que:

Tpo = temperatura de ponto de orvalho (°C);
ea = pressão parcial de vapor de saturação na Tmax e Tmin do ar.

$$e_s(T_{max} \text{ ou } T_{min}) = 6,11 \exp \left(\frac{17,67 T_{max} \text{ ou } T_{min}}{T_{max} \text{ ou } T_{min} + 243,5} \right) \quad (02)$$

Em que:

es = pressão de vapor de saturação na Tmax e na Tmin;

Tmax = temperatura máxima do ar (°C);

Tmin = temperatura mínima do ar (°C).

$$e_a T_{min} = \frac{e_s T_{min} UR_{max}}{100} \quad (03)$$

Em que:

ea Tmin = pressão parcial de vapor de saturação na Tmin do ar;

Tmin = temperatura mínima do ar (°C);

URmax = umidade relativa máxima do ar (%).

$$e_a T_{max} = \frac{e_s T_{max} UR_{min}}{100} \quad (04)$$

Em que:

ea Tmax = pressão parcial de vapor de saturação na Tmax do ar;

Tmax = temperatura máxima do ar (°C);

URmin = umidade relativa mínima do ar (%).

Os índices de conforto térmico foram calculados a partir das médias diárias do período (10 anos) para a situação de máximo desconforto térmico que ocorre nos extremos: 1) quando a temperatura do ar é máxima e a umidade relativa do ar é mínima - denominados de ITUmax e IDHmax; 2) quando a temperatura do ar é mínima e a umidade relativa do ar é máxima - denominados de ITUmin e IDHmin. A temperatura e a umidade relativa do ar apresentam um curso inverso, devido ao fato de que o ar mais quente tem maior capacidade de reter umidade.

O ITU foi calculado pela equação proposta por Thom (1959):

$$ITU = Tbs + 0,36 Tpo + 0,42 \quad (05)$$

Em que:

ITU: índice de temperatura e umidade;

Tbs = temperatura do bulbo seco (°C) – utilizou Tmax e Tmin para o cálculo do ITUmax e ITUmin, respectivamente;

Tpo = temperatura do ponto de orvalho (°C) – utilizou-se a Tpo calculada com a ea na Tmax e na Tmin para o cálculo do ITUmax e ITUmin, respectivamente.

O IDH foi calculado pela equação proposta por Ono; Kawamura (1991):

$$IDH = 0,99 Ta + 0,36 Tpo + 41,5 \quad (06)$$

Em que:

IDH = índice de desconforto humano;

Ta = temperatura do ar - temperatura do bulbo seco (°C) – utilizou T max e T min para o cálculo do ITU max e ITU min, respectivamente;

Tpo = temperatura do ponto de orvalho (°C) – utilizou-se a T po calculada com a e_a na T max

e na T min para o cálculo do ITU max e ITU min, respectivamente.

A segunda etapa deste estudo constituiu-se na análise bioclimática desses índices. Para isso, os valores obtidos de ITU_{max} e IDH_{max}, e de ITU_{min} e IDH_{min}, foram confrontados com os valores de referência para o conforto térmico obtidos na literatura, conforme demonstram as tabelas 1 e 2 para o ITU e o IDH, respectivamente.

Tabela 1. Intervalos de ITU e seus indicativos de conforto e desconforto térmico para trabalhadores rurais e animais de produção.

Intervalo do ITU	Efeito no conforto térmico
ITU < 74	Conforto térmico adequado.
74 a 79	Ambiente quente, no qual se inicia o desconforto térmico.
79 a 84	Condições ambientais muito quentes, indicando perigo e podendo trazer consequências graves à saúde do trabalhador rural, implica em condição de perigo para os animais, indicando aos produtores a necessidade de tomarem precauções para evitar perdas na produção.
ITU ≥ 84	Indica condição extremamente quente, com risco muito grave à saúde do trabalhador rural, indica situação de emergência, sendo necessário que providências urgentes sejam tomadas para evitar a perda do plantel.

Fonte: Adaptado de Souza et al. (2010).

Tabela 2. Intervalos de IDH e seus indicativos de conforto e desconforto térmico para trabalhadores rurais.

Intervalo do IDH	Efeito no conforto térmico
IDH > 80	Estresse devido ao calor
75 a 80	Desconfortável devido ao calor
60 a 75	Confortável
55 a 60	Desconfortável devido ao frio
IDH < 55	Estresse devido ao frio

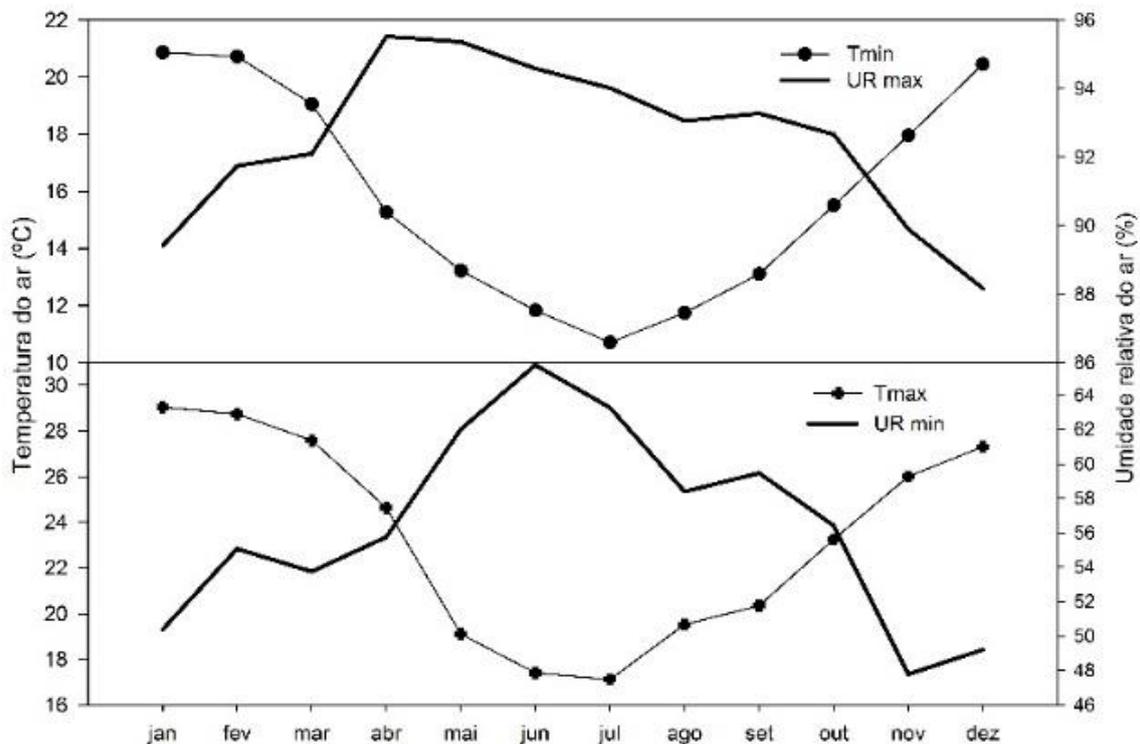
Fonte: Ono; Kawamura (1991):

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 estão apresentados os

valores médios de T_{max}, T_{min}, UR_{max} e UR_{min} observados para o período de análise.

Figura 1. Valores médios de temperatura do ar máxima e mínima e de umidade relativa do ar máxima e mínima, verificados na região central do RS.



Nos meses de junho, julho e agosto, os valores médios de Tmin ficam abaixo de 12°C (Figura 1). O mês mais frio é julho, com Tmin de 7,2 °C e com Tmax não ultrapassando 20°C (Tabela 3). Nos meses de verão, a Tmax média varia entre 27 e 29°C, chegando em até 31,4°C no mês de janeiro (Tabela 3). Na tabela 3, é possível também observar a elevada amplitude térmica mensal (>10°C<18°C) e diária (>5°C<10°C), em especial, nos meses de março e abril, em que a amplitude térmica é superior a dos demais meses.

De acordo com a literatura, os valores

de Tmax observados excedem os valores críticos para a maioria dos animais de produção zootécnica. Para vacas de leite em lactação, os limites ideais de temperatura ficam em torno de 4 a 24°C (MARTELLO, 2004), nesse caso, para a criação de vacas leiteiras seriam necessárias práticas de acondicionamento térmico ambiental para a redução da temperatura do ar. Segundo Pastal et al. (2015), o fornecimento de sombra (natural ou artificial) é considerado um método muito eficaz para garantir conforto térmico das vacas leiteiras criadas a pasto.

Tabela 3. Temperaturas máxima e mínima e amplitude térmica para os diferentes meses do ano na região central do RS.

Meses do ano	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Amplitude térmica mensal (°C)	Amplitude térmica média diária (°C)
Janeiro	31,4	18,5	12,9	8,2
Fevereiro	30,7	18,8	11,9	8,0
Março	30,4	12,7	17,7	8,5
Abril	28,2	11,6	16,6	9,4
Mai	22,0	10,3	11,7	5,9
Junho	20,4	9,2	11,2	5,6
Julho	19,6	7,1	12,4	6,4
Agosto	23,5	8,2	15,3	7,8
Setembro	22,5	10,0	12,5	7,2
Outubro	26,1	13,6	12,5	7,7
Novembro	28,5	15,4	13,1	8,0
Dezembro	30,6	17,2	13,4	6,9

Medidas para a redução da temperatura do ar também são necessárias para a criação de suínos na fase de crescimento e terminação, tendo em vista que as temperaturas críticas são de 5 e 27°C (BAÊTA; SILVA, 2010). Oliveira et al. (2017) destacam algumas medidas construtivas para a redução da temperatura do ar no interior de instalações, tais como: utilização de materiais isolantes para a cobertura, instalações mais abertas, orientação correta e pé-direito elevado.

Para frangos de corte, a faixa de conforto térmico em diferentes idades varia de 20 a 35° C (SILVA, 2007; ABREU; ABREU, 2011), no caso, para a criação desses animais na região central do RS são necessárias medidas de condicionamento térmico ambiental tanto para aquecimento quanto para resfriamento do ar, corroborando os resultados obtidos por Oliveira et al. (2017), que observaram essa condição para vários municípios do estado do RS.

Assim como os valores de Tmax, os valores e Tmin (>10°C) observados nos meses de inverno (junho, julho e agosto) também são críticos para a maioria dos animais de

produção zootécnica recém-nascidos ou em fase inicial de crescimento. De acordo com Baêta e Silva (2010), os valores de temperatura crítica são: 10°C para bovinos, 6°C para ovinos, 34 °C para frangos e 20°C para suínos. Dessa forma, os produtores rurais da região central do RS devem adotar por práticas de manejo que evitem o nascimento desses animais nesses meses de inverno, a menos que sejam adotadas práticas de condicionamento térmico ambiental.

Além disso, no que tange ao conforto térmico, Varejão-Silva (2005) coloca que a umidade relativa do ar é o principal fator responsável pela sensação de desconforto. Observam-se, em Santa Maria (RS), valores elevados de umidade relativa do ar, sendo estes superiores a 50% em todos os meses do ano, com valores acima de 90% nos meses do inverno. Os efeitos integrados dessas variáveis nos índices de conforto térmico podem ser visualizados na Tabela 4, em que estão apresentados o ITU (max e min) e o IDH (max e min) e a situação de conforto térmico na região central do RS.

Tabela 4. Valores máximos e mínimos dos índices de conforto térmico (ITU e IDH) e situação de conforto térmico na região central do RS.

Meses do ano	ITUmin	IDHmin	ITUmax	IDHmax
Janeiro	65,0	64,9	80,4	80,1
Fevereiro	66,4	66,2	79,3	79,0
Março	59,2	59,0	78,7	78,4
Abril	57,6	57,5	76,5	76,3
Maio	54,9	54,8	68,9	68,7
Junho	53,8	53,8	66,6	66,4
Julho	51,6	51,5	64,9	64,7
Agosto	52,8	52,7	69,5	69,2
Setembro	54,7	54,6	68,7	68,5
Outubro	59,8	59,7	73,1	72,8
Novembro	60,8	60,6	76,6	76,3
Dezembro	64,1	63,9	78,9	78,6
Estresse devido ao calor				
Desconfortável devido ao calor				
Confortável				
Desconfortável devido ao frio				
Estresse devido ao frio				

Os valores de ITU e de IDH são praticamente os mesmos, visto que são as mesmas variáveis de entrada e os coeficientes das equações são similares (Equações 1 e 2). Desse modo, pode-se utilizar os intervalos de IDH propostos por Ono; Kawamura (1991), para realizar a análise bioclimática no período de inverno, já que não existem na literatura esses intervalos para o ITU.

Os valores dos índices de conforto térmico variam entre 51,5 e 80,4, ou seja, em função da elevada amplitude térmica demonstrada (Tabela 3), a situação de conforto térmico do ambiente externo na região central do RS vai dos extremos de estresse térmico devido ao frio (julho) a estresse devido ao calor (janeiro).

No período de março a outubro ocorre desconforto térmico por frio (março, abril e outubro) a estresse térmico por frio (maio a setembro), nos horários do dia em que a

temperatura do ar é baixa (primeiras horas da manhã). Nos meses de novembro a abril ocorre desconforto por calor nos horários de Tmax, sendo o mês de janeiro o que apresenta os maiores índices (ITU e IDH = 80), indicando condições ambientais muito quentes que podem trazer consequências graves à saúde do trabalhador rural e condição de perigo para os animais (SOUZA et al., 2010).

Os meses de março e abril, por possuírem amplitude térmica maior que os demais (Tabela 3), apresentam tanto desconforto térmico por frio, nas primeiras horas da manhã, quanto desconforto térmico por calor, quando a temperatura do ar é elevada (meio-dia e parte da tarde).

As figuras 2 e 3 demonstram os intervalos de conforto térmico e valores máximos e mínimos de ITU e IDH nos dois meses do ano em que o desconforto térmico é extremo: janeiro e julho.

Figura 2. Intervalos de conforto térmico e valores máximos e mínimos de ITU e IDH, verificados para região central do RS no mês de janeiro.

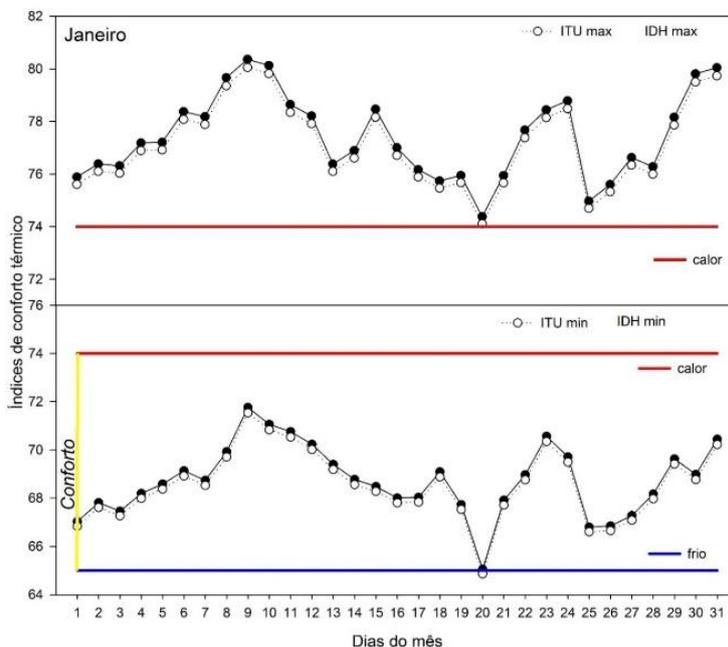
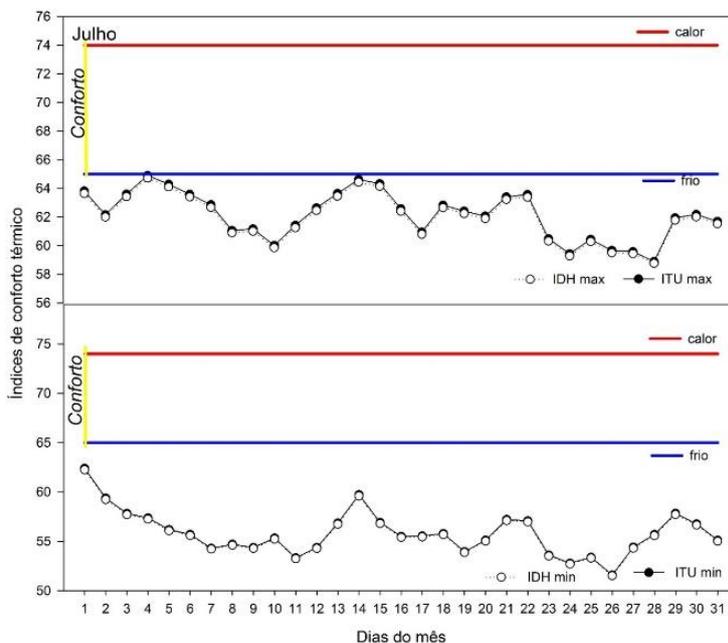


Figura 3. Intervalos de conforto térmico e valores máximos e mínimos de ITU e IDH, verificados para a região central do RS no mês de julho.



Esses valores de $ITU > 74$ são indicativos de estresse calórico para a maioria dos animais de exploração zootécnica produzidos na região sul do Brasil. Nessas condições, só é possível a criação de frangos de corte da 2ª à 6ª semana de vida, mediante a adoção de técnicas de acondicionamento térmico para a melhoria da renovação do ar e redução da temperatura (ABREU; ABREU, 2011). Para vacas leiteiras, $ITU > 72$, é

considerado como alerta e $ITU > 82$ é considerado como emergência (SILVA JUNIOR, 2001).

De acordo com Rocha et al. (2012), além de causar infertilidade nos animais, o estresse térmico representa a maior fonte de perdas econômicas em um sistema de produção de leite. Para bovinos de corte, a condição térmica de ITU entre 72 e 78 é branda e entre 79 e 88 é moderada (HAHN; MADER,

1997). Marques et al. (2005), observando o comportamento de touros em condições de confinamento e alojados individualmente ou em grupos, verificaram que valores de ITU superiores a 81 observados na parte da tarde indicaram condição de perigo, podendo ocasionar até a morte dos animais. No caso da criação de suínos, de acordo com Silva (1999), para locais com ITU superior a 70, somente é possível com a utilização de modificações do ambiente térmico. Ovinos da raça Dorper, em ambientes com ITU acima de 72,8 apresentam movimentos respiratórios acima da média obtida para a raça e em condições ambientais com ITU acima de 79,5 entram em hipertermia (MENDES, 2014).

Além disso, os valores de ITU observados na maioria dos dias do mês janeiro estão no intervalo entre 79 e 84 que, de acordo com Souza et al. (2010), indicam condições ambientais muito quentes, podendo trazer consequências graves à saúde do trabalhador rural. De acordo com Camargo; Furlan (2011), as reações do corpo à exposição a altas ou baixas temperaturas começam com desconforto, irritabilidade e baixa concentração na atividade realizada. Em condições de estresse calórico, quando a transpiração já não é mais suficiente para regular a temperatura corporal, podem ocorrer uma série de distúrbios, como: exaustão térmica, câimbras por calor, insolação ou síncope por calor (CAMARGO; FURLAN, 2011; ALMEIDA; VEIGA, 2010).

Nessas condições, medidas que mitigam o estresse térmico dos trabalhadores rurais devem ser adotadas, como por exemplo, concentrar o trabalho em horário com temperaturas mais amenas, optar por tratores, mesmo que de baixa potência, com cabine climatizada (OLIVEIRA et al., 2017).

No mês de julho (Figura 3), os índices ITU e IDH são indicativos de desconforto a estresse devido ao frio. De acordo com Cassuce (2011), em situação de estresse por frio, frangos de corte em crescimento ou adulto, mantêm o consumo de alimento, gerando incremento calórico, porém a energia que serviria para deposição tecidual, em grande parte é utilizada para a manutenção, diminuindo assim o desempenho.

Do mesmo modo, Miller (2012) relata

que os suínos submetidos à condição em que a temperatura fica abaixo do limite crítico inferior, precisam aumentar a produção de calor, que pode ser aumentando o consumo de energia ou transferindo para manutenção a energia que seria usada para crescimento. Para esses animais, o ajuste da temperatura na fase de creche é de extrema importância para que os leitões expressem o máximo potencial produtivo, impedindo que a energia consumida seja revertida para manutenção da temperatura corporal, mas sim para crescimento e ganho de peso (BORTOLANZA et al., 2017).

Para pintainhos, algumas práticas de acondicionamento térmico devem ser adotadas para minimizar a ocorrência de hipotermia, como o uso de cortinas e aquecedores elétricos (SOBRINHO; FONSECA, 2007; ABREU; ABREU, 2011). De acordo com Ribeiro et al. (2006), bezerras nascidas em dias frios exigem ainda mais atenção por apresentarem maior dificuldade de adaptação e de regulação da temperatura corpórea.

No caso de seres humanos, Buriol et al. (2015) destacam que, em ambiente aberto, o desconforto por frio é mais fácil de ser contornado com o uso de vestimentas apropriadas do que no desconforto por calor.

Os resultados apresentados demonstram, para a região central do RS que, em função da elevada amplitude térmica diária e mensal, associada à elevada umidade relativa do ar, ocorre o desconforto térmico tanto por calor quanto por frio nos meses característicos de verão e inverno e, por vezes, no mesmo dia.

Dessa forma, no caso de planejamento de edificações para o confinamento animal (aves, suínos e vacas leiteiras) nessa região, deve-se optar por estruturas semi-abertas, dotadas de cortinas nas laterais da edificação, de forma a propiciar o isolamento da mesma nos horários de T_{min}, quando fechadas e, quando abertas, permitindo a renovação do ar, nos horários de T_{max}. Além disso, práticas artificiais de modificações ambientais, tais como: ventilação, exaustão e nebulização, podem auxiliar na redução do desconforto ou estresse calórico no interior das edificações.

No caso da criação de animais em ambiente aberto (a campo), deve-se prever o sombreamento para amenizar o estresse calórico no período da tarde e a disponibilidade

de forragens (em abundância) ou a suplementação da alimentação (silagem, ração, etc.) para que o incremento de energia auxilie na termorregulação quando o desconforto ou estresse térmico é por frio. No caso dos produtores rurais, as atividades laborais na condição de ambiente externo, devem ser realizadas nos horários do dia intermediários aos extremos de T_{min} e T_{max}, visando um maior conforto térmico. Além disso, utilizar vestimenta apropriada (BURIOL et al., 2015).

4 CONCLUSÕES

Na região central do RS, a amplitude térmica mensal (>10°C<18°C) e diária (>5°C<10°C) e a umidade relativa do ar (>50%) são elevadas.

Os valores dos índices de conforto térmico (ITU e IDH) variam entre 51,5 e 80,4, indicando que a situação de conforto térmico

do ambiente externo na região central do RS vai nos extremos de estresse térmico devido ao frio (julho) a estresse térmico devido ao calor (janeiro).

No período de maio a outubro, o conforto térmico ocorre à tarde, quando a temperatura do ar é máxima, mas nas primeiras horas da manhã, quando a temperatura do ar é mínima, a situação é de desconforto a estresse por frio. Já no período de novembro a fevereiro, a situação é inversa: conforto térmico quando a temperatura do ar é mínima e desconforto a estresse por calor quando a temperatura do ar é máxima. Nos meses de março e abril, o desconforto térmico ocorre tanto por frio quanto por calor.

Para produção zootécnica e para o conforto térmico humano na região central do RS, são necessárias práticas de acondicionamento ambiental que minimizem o estresse térmico.

5 REFERÊNCIAS

- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, p.1-14, 2011. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/901939/1/osdesafiosdaambienciasobreossistemas.pdf>>. Acesso em: 10 mar 2017.
- ALMEIDA, R. A. C.S DE; VEIGA, M. M. Processo de trabalho rural e EPI'S: discussão sobre termorregulação corporal. **Revista P&D em Engenharia de Produção**, Itajubá, v. 08, n. 02, p. 29-39, 2010 Disponível em: <http://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V08N02/v8n2_artigo_02.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2018.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. 2. ed. Viçosa: EDUFV, 269p, 2010.
- BORTOLANZA, P.J.; MICHELIN, G.P.; ENDO, T.S.; SUELEN, E.; ORTIZ, Q. E.; MARIANA, A.; ALEXANDRA, B. SEBASTIÃO JUNIOR, G. Importância do ambiente térmico em produção de suínos na fase de creche. **Revista Eletrônica de Veterinária**. v.18, n. 2, febrero, p. 1-11, 2017. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020217/021704.pdf>. Acesso em: 30 maio. 2018.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black-Globe-Humidity Index (BGHI) as comfort equations for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-14, 1981.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shede management systems to reduce heat stress for dairy cows. St. Joseph: **American Society of Agricultural engineers**, p. 16 (PAPER 82-4061), 1982.
- BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; RIGHI, E.Z.; BRESSAN, V.C. Conforto térmico para os seres humanos nas condições de ambiente natural em Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Santa

Maria, v.45, n.2, p.223-230, fev, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782015000200223&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 29 abr. 2018.

CAMARGO, M. G; FURLAN, M. M. D. P. Resposta fisiológica do corpo às temperaturas elevadas: exercício, extremos de temperatura e doenças térmicas. **Revista Saúde e Pesquisa**, Maringá, v. 4, n. 2, p. 278-288, maio/ago. 2011. Disponível em: <http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/saudpesq/article/view/1723>. Acesso em: 28 abr. 2018.

CASSUCE, D. C. Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil. Viçosa: UFV, 2011. 91p. **Tese (doutorado)**. Universidade Federal de Viçosa, 2011.

HAHN G. L.; MADER T. L. Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. **Proceedings 5th International Livestock Environmental**, 1997.

HONJO, T. Thermal Comfort in Outdoor Environment. **Global Environmental Research**, v. 13, p. 43-47, 2009.

MARQUES, J.A.; MAGGIONI, D.; ABRAHAO, J.J.S.; GUILHERME, E.; BEZERRA, G.A.; LUGAO, S.M.B. Comportamento de touros jovens em confinamento alojados isoladamente ou em grupo. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Maracaibo, v.13, n.3, p. 97-102, 2005.

MARTELLO, L.S.; SAVASTANO JUNIOR, H.; LUZ, S.; et al. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.181-191, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v33n1/a22v33n1.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2018.

MENDES, A.M.P. Índice de conforto térmico e zoneamento bioclimático para ovinos da raça Dorper no Estado de Pernambuco. 2014. 161p. **Tese (Doutorado)** – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

MILLER, T. G. **Swine Feed Efficiency: Influence of Temperature**. Iowa Pork Industry Center Fact Sheets, Iowa State University: 11: 1-2.2012.

OLIVEIRA, Z. B.; BOTTEGA, E. L. ; SILVA, C. M. ; RODRIGUES, L. R. ; KNIES, A. E. . Zoneamento bioclimático do estado do Rio Grande do Sul para o conforto térmico de animais e do trabalhador rural. **Ambiência**, Guarapuava, v. 13, p. 423-438, 2017. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/4688/0>. Acesso em: 30 maio. 2018.

OLIVEIRA, Z. B.; BOTTEGA, E. L.; SILVA, C. M. ; SOUZA, I. J. ; LINK, T. T. **Variabilidade especial do índice de temperatura e umidade em cenários de mudança climática no RS**. In: Livro digital trabalhos completos do IV Congresso Sul Americano de agricultura de precisão e máquinas precisas. 1ª Edição. 1ed.Santa Maria: CESPOL, p. 178-188.2018. Disponível em: <http://apsulamerica.com.br/wp-content/uploads/sites/10/2018/03/Livro-com-ISBN.pdf>. Acesso em: 30 maio. 2018.

ONO, H. S. P.; KAWAMURA T. Sensible Climates in Monsoon Asia. **International Journal Biometeorology**. vol. 35, nº XX, pp. 39-47, 1991.

RIBEIRO, A.R.B.; ALENCAR, M.M.; NEGRÃO, J.A.; PARANHOS DA COSTA, M.J.R.;

STARLING, J.M.C. Avaliação das respostas fisiológicas de bezerros zebuínos puros e cruzados nascidos em clima subtropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n.3, p.1146- 1153, 2006.

Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982006000400028&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 28 abr. 2018.

ROCHA, D.R.; SALLES, M.G.F.; MOURA, A.A.A.A.N.; ARAÚJO, A.A. Impacto do estresse térmico na reprodução da fêmea bovina. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.36, n.1, p.18-24, jan./mar. 2012.

SILVA JÚNIOR, J. L. C. **Zoneamento da região sudeste do Brasil, utilizando o índice de temperatura e umidade, para o gado leiteiro**. Universidade Federal de Viçosa. Tese (Doutorado). Programa de Pós – Graduação Meteorologia Agrícola. 73p. 2001.

SILVA, E. T. Índice de temperatura e umidade (ITU) na produção de aves para a Mesoregião do Nordeste e Norte pioneiro Paranaense. **Revista Acadêmica**, Paraná, v.5, n.4, p.385,390, 2007.
Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/10190>. Acesso em: 25 abr. 2018.

SILVA, I.J.O. Qualidade do ambiente e instalações na produção industrial de suínos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 4., 1999, São Paulo. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, p.108-3251999.

SOBRINHO, J.K.; FONSECA, R.A. Análise econômica da produção de ovos de galinhas poedeiras no município de Toledo – PR. **Revista Eletrônica Lato Sensu**, Toledo, ano. 02, n. 1, p. 1-20, jul, 2007.

SOUZA, A.; PAVÃO, G.H.; LASTORIA, G.; GABAS, S.G.; CAVAZZANA, G.H.; PARANHOS FILHO, C.. Modelo de Thom para o zoneamento bioclimático de Mato Grosso do Sul. **Revista de Geografia Norte Grande**, Santiago-Chile, v.46, p.137-147, 2010. Disponível em: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022010000200008. Acesso em: 25 abr. 2018.

THOM, E.C. **The discomfort index**. *Weatherwise*, Boston, v.12, n.1, p.57-60, 1959.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital. Recife. PE. Brasil. 2005.