



Cenários de mudanças climáticas e efeitos na entalpia como índice biometeorológico

Valéria Cristina Rodrigues SARNIGHAUSEN ^{*1}, Francisco José NORIS ¹, José Rafael FRANCO ¹,
Firmo Sousa CAMPOS ¹, Geraldo NARDI JÚNIOR ², Kelly Botigeli SEVEGNANI ³,
Diogo de Lucca SARTORI ⁴

¹ Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, SP, Brasil.

² Faculdade de Tecnologia, Botucatu, SP, Brasil.

³ Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Registro, SP, Brasil.

⁴ Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Tupã, SP, Brasil.

*E-mail: valeria.sarnighausen@unesp.br

Submetido em: 30/08/2023; Aceito em: 30/08/2024; Publicado em: 23/09/2024.

RESUMO: O presente artigo teve como objetivo estimar valores de entalpia (kJ/kg de ar seco) utilizando os aumentos de temperatura dos cenários preconizados pelo International Painel of Climate Change (IPCC), conforme informações do Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6). A temperatura global em 2081-2100 é estimada em 1°C a 1,8°C mais alta do que entre 1850 e 1900 no melhor cenário de emissões e de 3,3°C a 5,7°C mais alta no pior cenário. Os aumentos de temperatura foram feitos sobre as temperaturas médias e máximas do período. Foram utilizadas séries históricas de 5 anos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para os cálculos da entalpia média (h_{med}) e média máxima ($h_{mmáx}$) mensais de 5 cidades brasileiras, destaque na produção de origem animal no Brasil (aves poedeiras, frango de corte, suínos, bovino de corte e de leite). Os resultados apontam aumento progressivo da carga térmica do ambiente ao longo dos anos, e picos de entalpia do ar fora das faixas de conforto térmico para todos os sistemas de produção, com alerta para aves poedeiras e frango de corte com situações alarmantes de estresse térmico por calor na maior parte do ano.

Palavras-chave: aquecimento global; ambiência animal; bem-estar animal; produção animal.

Climate change scenarios and effects on the enthalpy as a biometeorological index

ABSTRACT: This article aimed to estimate enthalpy values (kJ/kg dry air) using the temperature increases of the scenarios recommended by the International Panel on Climate Change (IPCC), according to information from the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6). The global temperature in 2081-2100 is estimated to be 1°C to 1.8°C higher than between 1850 and 1900 in the best emissions scenario and 3.3°C to 5.7°C higher in the worst scenario. The temperature increases were made based on the average and maximum temperatures of the period. A historical series of 5 years from the Meteorological Database for Teaching and Research (BDMEP) of the National Institute of Meteorology (INMET) was used to calculate the monthly average (h_{med}) and maximum average ($h_{mmáx}$) enthalpy of 5 Brazilian cities, highlights in animal production in Brazil (laying hens, broilers, pigs, beef cattle and dairy cattle). The results indicate a progressive increase in the thermal load of the environment over the years and peaks of air enthalpy outside the thermal comfort ranges for all production systems, with alerts for laying hens and broilers with alarming situations of thermal stress due to heat for most of the year.

Keywords: animal ambiance; animal welfare; animal production; global warming.

1. INTRODUÇÃO

Em setembro de 2022 a população mundial atingiu o número de um pouco mais que 8 bilhões, sendo a Índia o país mais populoso (WORLD POPULATION REVIEW, 2023). Estima-se que a população mundial será de 9,6 bilhões de pessoas em 2050, crescimento este acompanhado pela demanda de alimentos, principalmente em relação à proteína animal (MIKOVITS et al., 2019; GOMEZ-ZAVAGLIA et al., 2022).

Os setores de produção agropecuária estão diante de desafios relacionados às mudanças climáticas, visto que os possíveis cenários de aumento de temperatura média da

superfície do planeta podem alterar a atividade econômica de uma região, devido às mudanças do zoneamento agrometeorológico (PAROLINI, 2022; THORNTON et al., 2022). Tais mudanças implicam alterações do microclima local que podem influenciar diretamente, de diversas formas, os sistemas produtivos vegetais e animais, sendo na quantidade e qualidade dos produtos oriundos destes sistemas, na necessidade de maiores investimentos quanto a infraestrutura e insumos, na condição de bem-estar e sanidade de animais, ou até impossibilitando o cultivo de algumas espécies assim como a criação de animais de produção em determinadas regiões.

Além dos já citados impactos diretos nos sistemas produtivos agropecuários, as possíveis mudanças nos cenários climáticos provocarão modificações no microclima da região e em suas atividades econômicas, gerando problemas sociais como o desemprego, migrações e até mesmo mortes por falta de alimentos (FAO, 2015; ZUREK et al., 2022).

O Brasil possui grande participação na produção de produtos de origem animal no mundo, sendo o segundo maior produtor de carne de frango com 14,5 mil toneladas em 2022, perdendo apenas para os Estados Unidos da América (ABPA, 2023). No mesmo ano, em relação à carne suína, o país ocupou o quarto lugar em produção, atrás de China, União Europeia e EUA, com 5 mil toneladas. O Brasil exportou mais de 9 mil toneladas de ovos in natura e industrializados em 2022 para a África, Ásia e demais países da América, tendo, portanto, uma posição de destaque como um importante produtor e exportador de proteína animal para diversas regiões do mundo.

Além disso, o setor de produção animal vem passando por grandes discussões que implicam na mudança e consolidação referentes aos conceitos de qualidade do produto, bem-estar animal, segurança alimentar e certificação de sustentabilidade (VELARDE et al., 2015; HOTZEL; VANDREZEN, 2022). Os desafios em se produzir proteína animal estão intrinsecamente relacionados aos conceitos de bem-estar aliados às mudanças climáticas e a sustentabilidade do meio ambiente.

Em relação às projeções de mudanças no clima, o Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas, em seu quinto relatório (IPCC, 2013), já destacava os possíveis aumentos de temperatura global da superfície do planeta de 0,9 a 1,7°C para cenários otimistas, e de 2,6 a 4,8°C para cenários pessimistas. No relatório de 2023 consta que esse aumento será ainda maior, com valores de temperatura global, entre os anos 2081-2100, de 1°C a 1,8°C mais alta do que entre os anos de 1850 e 1900 no melhor cenário de emissões e de 3,3°C a 5,7°C mais alta no pior cenário. (IPCC, 2023), o que causa alerta e urgência em identificar regiões que não mais são propícias para determinadas culturas vegetais e sistemas de criação animal. Tais informações permitem estudos de previsão e caracterização do ambiente térmico para tomada de decisões e providências visando a minimização de riscos frente ao ambiente térmico de produção animal.

Será de grande relevância que os estudos de ambiência animal considerem os possíveis cenários futuros para adoção

Tabela 1. Localização e descrição das cidades brasileiras analisadas e produção animal.

Table 1. Location and description of the Brazilian cities analyzed and animal production.

Localização/ Cidade/Estado	Clima*	Criação Animal	Período série histórica
23°30'00"S 47°27'00"W Sorocaba/São Paulo	Cfa - Subtropical úmido, clima oceânico, com inverno seco	Aves de postura	2013-2017
25°28'00"S 50°38'00"W Iratí/ Paraná	Cfb - Subtropical úmido, clima	Frango de corte	2014-2018

de estratégias que minimizem os impactos do clima. Índices de conforto térmico, como a entalpia (Rodrigues et al., 2011; Sarnighausen, 2019; Castro Júnior; Silva, 2021; Silva et al., 2020), podem ser utilizados a fim de identificar e caracterizar as condições térmicas do ambiente num dado local, auxiliando na tomada de decisões quanto às modificações ambientais necessárias para a implementação adequada dos sistemas intensivos de produção animal.

A entalpia, variável física que retrata a carga térmica do ambiente por meio do uso de temperatura do ar, umidade relativa do ar e pressão barométrica local, é utilizada como índice de conforto térmico para animais de produção (Sarnighausen, 2019) e para humanos (Chu; Jong, 2008), visto que retrata as condições psicrométricas de trocas de calor no ambiente. As variáveis temperatura e a umidade relativa do ar, utilizadas nos cálculos de entalpia, são decisivas para caracterizar o ambiente térmico em estudos de ambiência (Baêta; Souza, 2010), pois estão relacionadas às trocas de calor sensível e latente com o meio, responsáveis pela manutenção de homeotermia dos animais.

Em vista do exposto, considerando a necessidade de projeções futuras quanto às condições de ambiência térmica para a produção animal, o presente artigo tem por objetivo fazer estimar o perfil de entalpia mensal (kJ/kg de ar seco) para os cenários preconizados pelo IPCC. Foram analisadas as condições de entalpia do ambiente de produção para animais das espécies suínos, aves e bovinos, considerando suas respectivas faixas de entalpia de conforto, com base em valores de temperatura e umidade relativa do ar estabelecidos, para possibilitar análises sobre as condições de estresse térmico às quais os animais de produção serão submetidos nos cenários.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas séries históricas de 5 anos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para os cálculos da entalpia média (h_{med}) e entalpia máxima média (h_{mmmed}) mensais de 5 cidades brasileiras, cada qual localizada em um estado do país, condizente com áreas específicas de produção animal, sendo, portanto, cada cidade uma referência em um determinado setor de produção animal (Tabela 1).

Na Figura 1 consta a distribuição das cidades, focos de estudo, a fim de ilustrar localização e variabilidade dos climas presente em território brasileiro.

oceânico, com verão temperado			
16°43'30.1"S 43°51'49.3"W Montes Claros/ Minas Gerais	As - Tropical com verão seco	Gado de leite	2013-2017
15°36'11.5"S 56°05'57.7"W Cuiabá/Mato Grosso	Aw - Tropical com inverno seco	Gado de corte	2013-2017
27°49'03.0"S 50°19'31.9"W Lages/ Santa Catarina	Cfb - Subtropical úmido, clima oceânico, com verão temperado	Suíno	2013-2017

*Koppen (ALVARES et al., 2013).

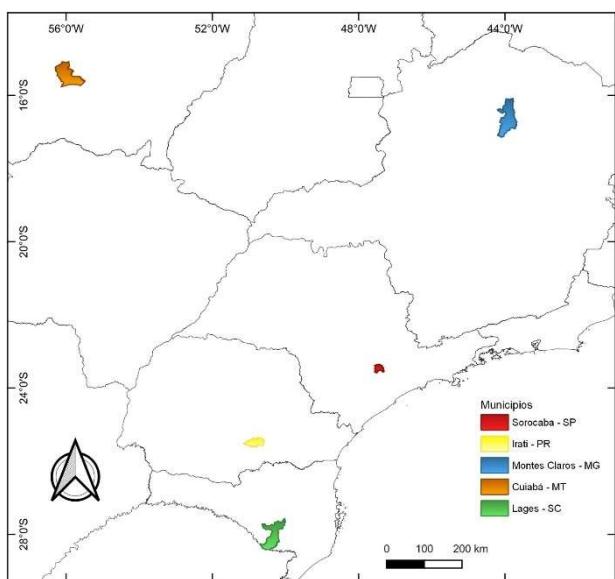


Figura 1. Distribuição das cidades analisadas no território brasileiro
Figure 1. Distribution of cities analyzed in Brazilian territory

As séries históricas foram compostas pelas médias mensais das variáveis de temperatura máxima (T_{\max} , °C), temperatura mínima (T_{\min} , °C), temperatura média (T_{med} , °C), umidade relativa média (UR, %) e pressão barométrica local (PB, mmHg). Foram calculadas as médias mensais das variáveis T_{\max} , T_{\min} , T_{med} , UR e PB, referentes aos 5 anos de série histórica, para o cálculo da entalpia média e de entalpia máxima média (h , kJ/kg) (RODRIGUES et al., 2011), para cada localidade citada (Equação 1).

$$h = 1,006 \cdot T + \frac{UR}{PB} \cdot 10^{\left(\frac{7,5 \cdot T}{237,3+T}\right)} \cdot (71,28 + 0,052 \cdot T) \quad (01)$$

Para o cálculo das entalpias médias (h_{med}) foram utilizadas as variáveis T_{med} , UR e PB. As entalpias máximas médias ($h_{\text{mmáx}}$) foram calculadas (Equação 1) a fim de identificar as situações de estresses térmicos extremos em relação ao calor, mais presente em um país com clima predominantemente tropical como o Brasil. Para tanto, foram utilizadas as variáveis T_{\max} , UR e PB, considerando as médias mensais das séries históricas.

A umidade relativa mensal média (UR, %), referente às condições de temperatura máxima, foi calculada (Equação 2) por meio da relação entre pressão de vapor (e_v , mmHg) e pressão de saturação (e_s , mmHg), utilizando a equação de Tétens (MURRAY, 1967) (Equação 3);

$$UR = \left(\frac{e_v}{e_s} \right) \quad (02)$$

$$e_s = 0,6018 \times 10^{\left(\frac{17,27 \times T_d}{T_d + 237,3}\right)} \quad (03)$$

Tabela 3. Perfil dos animais de produção e faixas de condições de termoneutralidade
Table 3. Profile of production animals and ranges of thermoneutral conditions

Sistema de produção	Idade/Fase	Faixa de T_{conforto} (°C)	Faixa de UR_{conforto} (%)
Aves de postura*	Postura	20 – 23	60 – 70
Frango de corte**	Quinta semana	20	50 – 60
Bovino de leite***	Lactação	04 – 24	60 – 70
Bovino de corte****	Adultos	10 – 27	60 – 70
Suínos*****	Matriz	07 – 23	60 – 70

* Abreu; Abreu, 2011; ** Nazareno et al., 2009; *** Martello et al., 2004; **** Navarini et al., 2009; ***** Pandorfi et al., 2008.

Como variáveis dependentes de e_v e e_s , foram utilizadas as médias mensais de T_{\min} e T_{\max} , respectivamente. O uso destas equações se faz necessário devido à necessidade de estimativa de UR referente às temperaturas máximas. As entalpias calculadas foram utilizadas para a análise de perfil de carga térmica do ambiente, como referências para efeito de comparação com os demais valores de entalpia referentes aos cenários preconizados pelo IPCC (2013), relacionados ao aumento da temperatura média global.

Segundo o quinto relatório do IPCC (2013), a temperatura média global sofrerá um aumento, até o ano de 2100 de 1°C a 1,8°C no cenário otimista e de 3,3°C a 5,7°C no pior cenário. Portanto, adotando os valores extremos dos dois cenários citados, estes foram acrescidos aos valores das médias mensais das séries históricas, às variáveis T_{\max} , T_{\min} e T_{med} para os cálculos de entalpias médias e máximas e de umidade relativa do ar. Dessa forma, foram realizadas 4 estimativas de entalpias (Equação 1) e de UR (Equações 2 e 3) para as condições de h_{med} e de $h_{\text{mmáx}}$, utilizando, assim, os novos valores das variáveis para as projeções dos cenários (Tabela 2).

Tabela 2. Cenários e entalpias referentes aos cenários preconizados pelo CMIP6 - IPCC (2023).

Table 2. Scenarios and enthalpies related to the scenarios recommended by CMIP6 - IPCC (2023).

Cenário	Enthalpia máxima (kJ/kg de ar seco)	Acréscimo de Temperatura (°C)
1 – Baixa emissão	h_1	1,0
2 – Baixa emissão	h_2	1,8
3 – Alta emissão	h_3	3,3
4 – Alta emissão	h_4	5,7

Para cada espécie animal de produção, há uma faixa de variação com as condições de termoneutralidade, relacionada às situações de conforto térmico (Tabela 3). Valores de temperatura e UR das referidas faixas foram utilizadas para o cálculo das entalpias da faixa de conforto, em termos de limite inferior e superior (h_{\min} , h_{\max}) (Equação 1). As faixas de idade dos animais para cada espécie foram determinadas a fim de retratar as situações finais de produção e condições de ambiência às quais estão submetidos nas diversas cidades de referência. Foram consideradas para cada espécie as fases de produção em que os animais mais sofrem os efeitos de estresse térmico, conforme a Tabela 3.

Os resultados são apresentados em gráficos de perfis de entalpia média e máxima estimadas por meio de acréscimos de temperatura conforme os cenários indicados, apresentando ainda os limites de entalpia de conforto térmico para cada espécie animal em sua cidade de produção, assim como valores médios de entalpia que ocorreram ao longo dos 5 anos utilizados para o estudo. O intuito é comparar a mudança de perfis de entalpia ao analisar a evolução dos cenários citados.

3. RESULTADOS

A Figura 2 mostra, para cada cidade, a Entalpia média mensal dos cinco anos analisados (h_{a1} , h_{a2} , h_{a3} , h_{a4} , h_{a5}). Para cada uma das cidades, considerando ainda as faixas de entalpia de conforto térmico mínimo e máximo para cada espécie (h_{cmin} , h_{cmax}), as curvas de entalpia possuem mesmas tendências ao longo dos anos, porém anos diferentes mostraram aumentos de entalpia para cada cidade.

O ano de maiores valores de entalpia nos meses quentes para Montes Claros – MG (Bovinos de leite) foi 2016, com pico fora das tendências dos demais anos, para o mês de setembro. O ano de 2015 foi o de maior valor de entalpia para Sorocaba – SP (Aves de poedeiras) para os meses de setembro e novembro, diferente das tendências dos demais anos. O mesmo pode ser observado para as cidades em que os meses de setembro a novembro observam-se valores de entalpia acima da tendência dos demais anos, nos anos de 2015 pra Lages-SC (Suínos), 2017 para Iratí-PR (Frango de corte) e 2014 para Cuiabá – MT. Essas oscilações abruptas de valores de entalpia estão relacionadas às variações de temperatura e umidade que possivelmente retratam sistemas climáticos instáveis e sujeito a múltiplos fatores.

As Figuras 3 e 4 mostram, respectivamente, mostram as curvas referentes às entalpias médias mensais (h_{med}) e entalpias máximas mensais ($h_{mmáx}$), em tracejado verde, das localidades e animais de produção, acompanhadas das curvas dos cenários (entalpias estimadas: h_c) que foram calculados com base nos valores médios de entalpia do período analisado (Figura 2) e de valores máximos de entalpias mensais (Figura 3). As faixas referentes às condições de conforto térmico para cada animal de produção (h_{cmin} , h_{cmax}) estão presentes.

Na Figura 3 constam os perfis de entalpia máxima média, calculadas de forma a identificar possíveis valores máximos que poderão ser atingidos nas regiões de estudo, por meio de médias das temperaturas e umidades relativas máximas no período, a fim de identificar os problemas por estresse térmico por calor em condições extremas para cada cenário preconizado pelo IPCC (2023).

Os valores de entalpias médias (Figura 3), para as aves poedeiras, ilustram o perfil de carga térmica média do ambiente de criação dos animais em questão. Percebe-se que com os acréscimos dos cenários à temperatura média, a permanência, ao longo dos meses, dos valores de entalpia na faixa de conforto é reduzida conforme aumento do incremento à temperatura média.

O cenário de aumento extremo de temperatura (5,7°C) mostra uma condição de perfil de entalpia média totalmente fora da faixa de valores condizentes às situações de conforto térmico. Com a evolução dos cenários, considerando a média como referência, há redução progressiva do período em que as aves estarão em condições contínuas de conforto, de seis meses (entalpia média do período) para aproximadamente 2,5 meses para o cenário de incremento de 3,3°C.

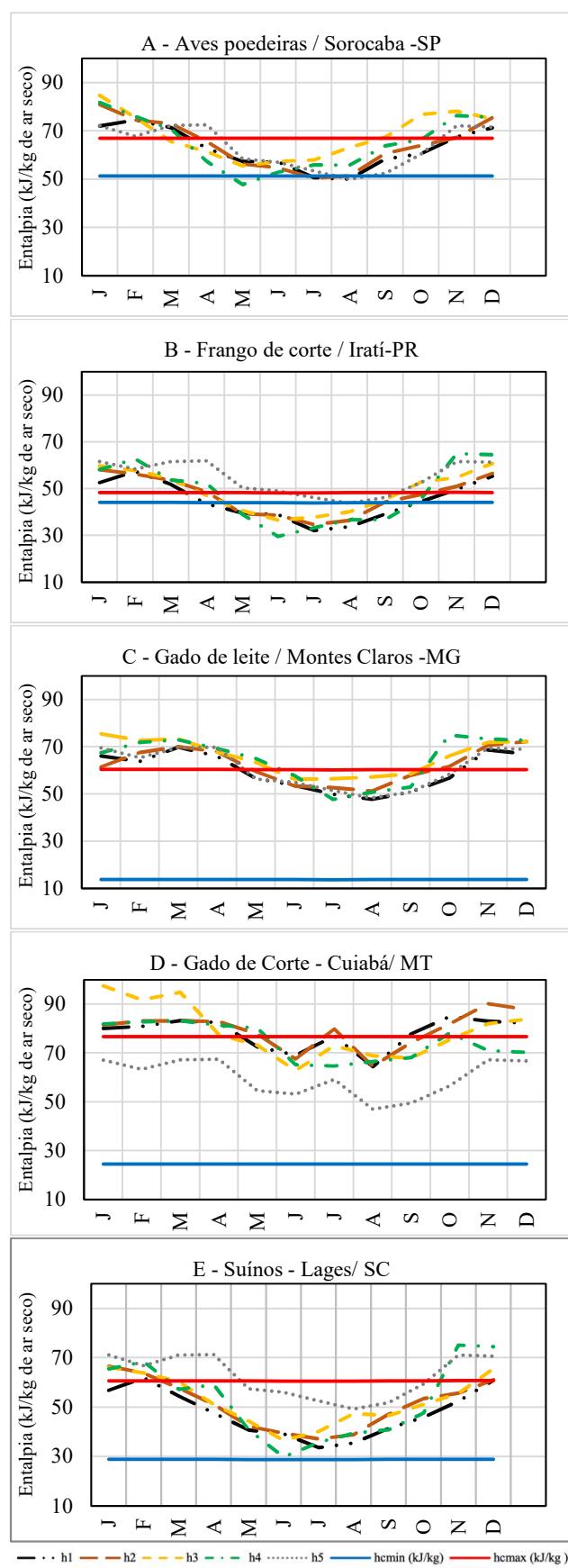


Figura 2. Entalpias médias mensais de cinco anos para as espécies e cidades indicadas e faixas de conforto térmico.

Figure 2. Five-year monthly average enthalpies for the indicated species and cities and thermal comfort ranges.

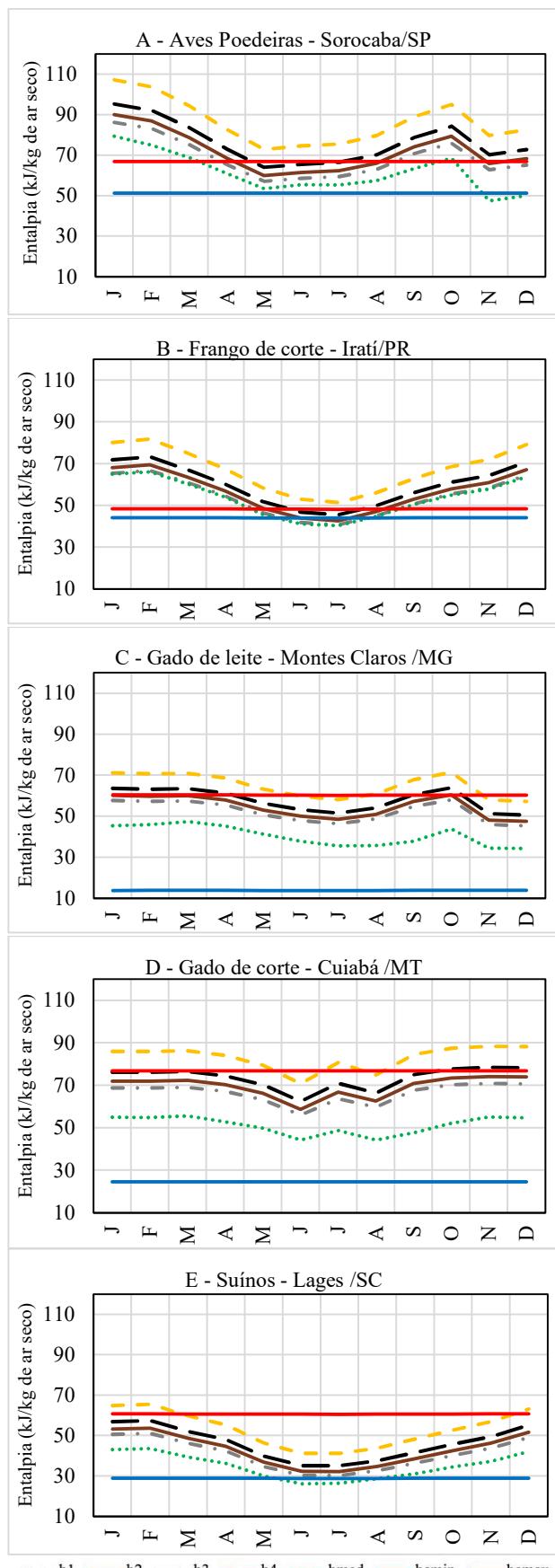


Figura 3. Cenários de valores de entalpias médias mensais (h_{med}) para as espécies de animais de produção estudadas

Figure 3. Scenarios of monthly average enthalpy values (h_{med}) for the studied production animal species

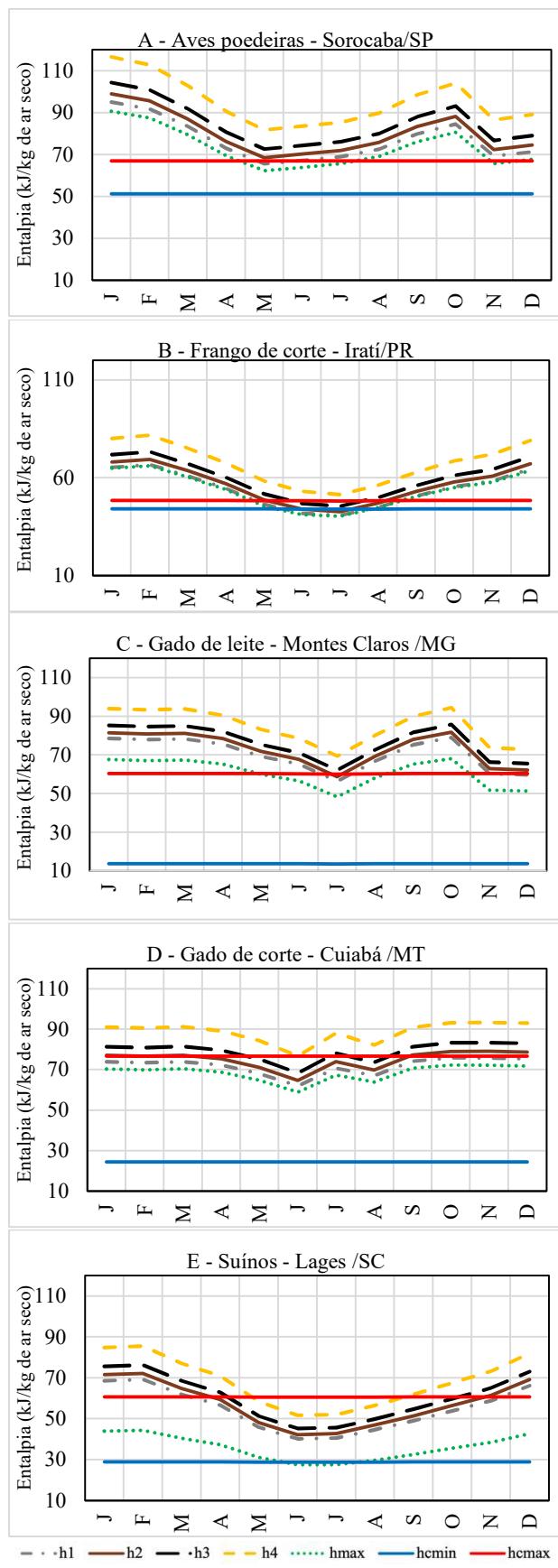


Figura 4. Cenários de valores de entalpias máximas mensais ($h_{mmáx}$) para as espécies de animais de produção estudadas

Figure 4. Scenarios of monthly maximum enthalpy values ($h_{mmáx}$) for the production animal species studied

Para frangos de corte, percebe-se que existem condições de estresse por frio, retratadas pelas curvas abaixo do limite inferior da condição de conforto térmico. Da mesma forma como ocorre com o perfil de entalpia para aves poedeiras, com o acréscimo de temperatura, os cenários mostram curvas que se deslocam para a faixa de estresse térmico e a maior parte do ano tem-se, para todos os cenários, condições de estresse térmico ainda maiores que a condição de entalpia média dos cinco anos analisados, porém vale ressaltar que se tratam de valores médios, os quais podem não retratar situações que ocorram em horários específicos do dia, como picos de temperatura e de umidade que dificultem o processo de termorregulação das aves. Dessa forma, justifica-se a análise da entalpia máxima média para identificação do máximo de carga térmica disponível no ambiente no referido período de estudo (Figura 4).

Quanto aos gráficos referentes aos perfis de entalpia dos cenários em relação aos incrementos às temperaturas médias para as espécies de bovinos de corte e de leite, os cenários indicam que durante quase que na totalidade do ano, a entalpia média encontra-se com valores condizentes às situações de conforto térmico, pois trata-se de valores médios, desconsiderando os picos de altas temperaturas e umidade relativa do ar na estação de verão. Porém, vale destacar que com a evolução dos cenários, cada vez mais os períodos considerados dentro da termoneutralidade são reduzidos, sendo que os dois últimos cenários, condizentes com situações de altas emissões, mostram condições de mais meses em estresse térmico para Montes Claros – MG (bovinos de leite) e mesma situação para o último cenário em Cuiabá – MT (bovinos de corte).

Para suínos, retratados pelas condições de conforto térmico para matrizes, os perfis de entalpia dos cenários indicam condições possíveis de estresse térmico por frio nos meses de inverno, para a entalpia média calculada dos últimos 5 anos em Lages – SC. Mas considerando os cenários, não há condições de estresse por frio e a termoneutralidade é característica dos perfis de todos os cenários, com exceção no verão de início de ano para o cenário extremo de incremento de 5,7 °C. Isso evidencia que na prática o frio é menos preocupante para suínos quando comparado com estresse por calor, visto que animais expostos a condições de estresse por calor apresentam mudanças bruscas de comportamento, alterações fisiológicas e metabólicas como efeito de valores de entalpia, em que foram consideradas as temperaturas máximas médias de cada mês, é possível que haja, em condições reais, picos de carga térmica no ambiente provocando condições de estresse térmico em todos os meses.

Dessa forma, as análises de entalpia média e entalpia máxima média dos períodos analisados complementam-se no sentido de identificar as situações de condições médias e condições extremas de carga térmica no ambiente frente aos possíveis novos cenários. A entalpia é uma forma direta de identificar situações que são, na realidade, consequência de variáveis combinadas.

Em relação à Figura 4, considerando o incremento de temperatura dos cenários para as temperaturas máximas observadas em cada cidade, e realizado o cálculo de entalpia, para aves poedeiras na quinta semana, a demanda condizente com as condições de conforto se fazem presente de meados de abril a meados de julho em termos de $h_{mmáx}$, do período estudado, na época de inverno. O cenário 1 mostra que a

entalpia máxima média tem valor próximo ao limite superior de conforto de maio a junho, indicando estresse térmico por calor em todos os outros meses. Os demais cenários mostram condições de estresse térmico por calor em todos os meses.

É perceptível que, com o acréscimo de temperatura, há redução do período em que as condições climáticas locais, na cidade de Sorocaba, estado de São Paulo, proporcionam condições de conforto ao sistema de produção para as aves de postura. Sendo assim, com o aumento da temperatura, haverá condições contínuas de estresse térmico.

Para frangos de corte, na quinta semana (Figura 4), a faixa de conforto é a mais estreita, em relação aos demais animais de produção considerados. As condições de $h_{mmáx}$ indicam conforto térmico de meados de abril a aproximadamente início de agosto. A curva referente à $h_{mmáx}$ apresenta valores muito próximos aos valores de entalpia do cenário 1 (h_1), apresentando condições de estresse por frio entre maio e agosto. O cenário 2 também apresenta breve período de estresse por frio (h_2), de junho a julho. Considerando a faixa de conforto térmico, percebe-se que, de abril a agosto, os cenários de 1 a 3 mostram condições de termoneutralidade, com duração específica para cada cenário. O cenário 4 (h_4) mostrou-se continuamente fora da faixa de conforto térmico para todos os meses.

Assim como visto para aves de postura, os cenários para frangos de corte mostram condições cada vez menos favoráveis à termorregulação com o aumento da temperatura, visto que se reduz o tempo de permanência em condições de conforto térmico.

Para bovinos leiteiros, a faixa de conforto ampla mostra a capacidade de termorregulação destes animais, porém em condições extremas, $h_{mmáx}$ mostra-se em faixa de conforto nos meses de maio a agosto e de meados de outubro a dezembro.

4. DISCUSSÃO

Em condições de entalpia superior ao condizente com as faixas de conforto térmico para aves poedeiras, a frequência respiratória normal das aves pode aumentar em até dez vezes, o que pode levar a necessidade do uso de técnicas de modificações ambientais mais complexas, como por exemplo a implementação de sistemas de resfriamento evaporativo (RIBEIRO et al., 2020), além de promover condições ambientais em que as aves possam desenvolver alterações fisiológicas como a alcalose respiratória, o que leva à perda do animal (RIBEIRO et al., 2020).

O estresse por calor é um dos fatores ambientais mais críticos por causar alterações fisiológicas nas aves, afetando seu desempenho produtivo e redução da saúde. Os índices produtivos de poedeiras são afetados negativamente, principalmente em relação a qualidade dos ovos e até mesmo sua quantidade, visto que há uma redução da ingestão de alimentos pelas aves (SOUZA et al., 2015), o que impacta negativamente no desempenho produtivo. Além disso, parâmetros fisiológicos de aves em geral, como parâmetros metabólicos, são afetados pelo estresse térmico por calor e as consequências variam de acordo com a duração e intensidade do período de estresse (HASSAN et al., 2023).

Países subdesenvolvidos apresentam custos cada vez maiores frente à demanda por produtos agropecuários e às mudanças climáticas (Collier; Gebremedhin, 2015; Thornton et al., 2022), sendo que a produtividade animal de bovinos está limitada pelo estresse térmico em regiões quentes e

úmidas e o aumento do incremento da temperatura média mostram a tendência de aumento do incremento de carga térmica no ambiente e portanto necessidade de investimentos em instalações e também em condições de campo mais salutares as necessidades e saúde destes animais.

As condições de estresse térmico e tentativa de perdas de calor, comprometem adversamente a produtividade animal, assim como redução de taxa de crescimento, reprodução e lactação, entre outros (MAYORGA et al., 2020). Apesar do estresse por calor ser referenciado como pior em relação ao estresse por frio, principalmente para suínos, este também deve ser considerado, mesmo que o confinamento favoreça a manutenção de temperatura, sendo a fase de berçário para a suinocultura a que mais pode ser prejudicada, necessitando de aquecimento (FREITAS et al., 2018). Porém há estudos que indicam que em condições de baixas temperaturas, em curto período, pode haver a redução de abundância de genes de resistência a antibiótico no intestino e fezes de suínos, sendo estes últimos considerados poluentes a serem descartados no meio ambiente (PRUDEN et al., 2006; YANG et al., 2021).

Sabe-se que temperatura de ar seco e umidade relativa do ar são as principais grandezas físicas do ambiente a serem utilizadas para análise de conforto térmico (RICCI et al., 2013; CASTRO JÚNIOR; SILVA, 2021). Porém, essas duas grandezas isoladas não retratam a dinâmica atmosférica local, o que a entalpia é capaz de fazer por admitir condições psicrométricas do ar. A entalpia específica de ar seco, utilizada nesta análise, é definida como a quantidade total de energia térmica em uma unidade de massa de ar seco (kJ/kg de ar seco) (RODRIGUES et al., 2011; SARNIGHAUSEN, 2019).

A equação de entalpia utilizada neste trabalho (Rodrigues et al., 2011) tem sido utilizada por diversos autores em diferentes sistemas de produção animal (Queróz et al., 2017; Camargo et al., 2015; Nazareno et al., 2013; Almeida Neto et al., 2014; Barnabé et al., 2015; Sevegnani et al., 2016; Nunes et al., 2014; Zotti et al., 2019; Sarnighausen, 2019), identificando correspondência com prejuízos produtivos e injúrias por estresse, assim como dados de produtividade e demais análises fisiológicas.

Os efeitos diretos dos incrementos de carga térmica no ambiente, devido às mudanças climáticas previstas, estarão relacionados ao aumento frequente das temperaturas e das ondas de calor, corroborando para ocorrência de prejuízos à saúde animal, assim como redução da qualidade do produto (LACETERERA, 2018). Tais efeitos serão responsáveis pela corrida por melhores condições de manutenção da vida animal em sistemas de criação e, portanto, maiores investimentos para suprir a demanda pela quantidade e qualidade de alimentos requerida pela população mundial, em crescimento, assim como necessidade de estratégias de uso racional da água potável, energia e gestão de resíduos agrícolas.

As pesquisas que visam a busca por promover a melhoria do ambiente no sentido da promoção do bem-estar animal, deverão ser cada vez mais guiadas por estratégias de caracterizar a carga térmica ambiental em conjunto com mecanismos de infraestrutura adequada. Porém com o aumento acelerado da temperatura global, quase em nível irreversível (IPCC, 2023), pode-se gerar mudanças em termos de zoneamento agrícola e modificações de culturais e sistemas de produção animal, que serão cada vez mais recorrentes devido à falta de condições climáticas para alojar

sistemas de produção economicamente viáveis (Paramesh et al., 2022; Yamba et al., 2023), o que torna urgente ações frente às mudanças climáticas e suas consequências.

No contexto da mudança climática global, métodos não invasivos de identificação de bem-estar animal, com ênfase às respostas fisiológicas e comportamentais frente ao ambiente térmico (SEJIAN et al., 2022). Os índices biometeorológicos, como a entalpia de ar seco, podem ser considerados na abordagem não invasiva de qualidade térmica do ambiente de criação. Ressalta-se que, diante das necessidades apontadas frente à demanda do clima local, os sistemas de produção necessitarão continuamente de intervenção humana, no sentido de análises e melhorias dos ambientes construídos para criações intensivas de animais de produção, com uso de alta tecnologia e custos financeiros e energéticos elevados, tornando minimamente viável economicamente e que atendam às exigências de bem-estar animal.

Em vista do exposto, é importante ressaltar que os valores de entalpia analisados são valores médios, por meio da aquisição de valores médios diárias de variáveis meteorológicas e calculadas as médias mensais, sendo os incrementos de temperatura dos cenários calculados sobre essas médias (valores médios mensais e valores máximos mensais). Apesar dessas análises serem importantes para definição de tendências de variáveis climáticas, não é possível identificar ou utilizar desses valores médios para construir estimativas de eventos extremos, os quais podem ocorrer em um período do dia, ou em um determinado horário com medidas extremas de velocidade do vento, temperatura, umidade entre outras variáveis, dados estes minimizados por meio da média. Sendo assim, valores médios mensais são úteis para análises de tendência e apontamento de situações de risco, e análises mais profundas, em partições menores de tempo, para identificação de eventos extremos deverão ser analisados, principalmente em regiões em que as mudanças climáticas se fazem mais contundentes. As cidades que possuem aptidão para criação de frangos de corte e de aves poedeiras apresentaram maiores riscos em relação aos cenários de entalpia. Sendo assim, uma análise de situações em partições diárias ou mesmo semanais podem indicar com mais propriedade situações de alerta para os produtores das regiões.

5. CONCLUSÕES

Em vista dos cenários preconizados pelo IPCC, o aumento da carga térmica do ambiente propiciará condições de estresse térmico por calor ao longo dos anos, com picos de entalpia específica do ar fora das faixas de conforto térmico animal.

O aumento da temperatura média global em países como o Brasil acarretará necessidade de esforços para que a produção animal esteja assegurada em ambiente que propicie as trocas de calor para que condições de conforto térmico sejam garantidos aos sistemas de produção. Modificações de ambiente serão necessárias, porém a tecnologia poderá ser de fato o que facilitará tomadas de decisão em situações de alerta. Sistemas de previsão, gerenciamento de dados, sensoriamento e demais análises de precisão serão úteis, porém, em vista das mudanças climáticas já presentes, serão necessários maiores esforços em termos de diagnósticos de cenários futuros para tomadas de decisão em tempo hábil para evitar prejuízos e condições que contradizem as regras de bem-estar animal.

Os esforços dos produtores deverão ser direcionados para modificações do ambiente, a fim de promover conforto térmico aos animais e ainda facilitar medidas de urgência. Tais modificações envolvem avaliação do ambiente térmico dos sistemas de produção, assim como monitoramento meteorológico constante para melhor acompanhamento de possíveis situações extremas.

Conhecer o ambiente de produção é saber sobre as condições de trocas térmicas entre as instalações e o ambiente, assim como as possibilidades de adequação frente às situações estresse térmico por frio ou calor, além de observar comportamento dos animais, como densidade de animais por instalação, adaptação da alimentação conforme carga térmica ambiente, gerenciamento de horários de alimentação, adequação de ventiladores, exaustores, aquecedores, modificação de pisos ou mesmo plantio de árvores frondosas para maior umidificação e sombreamento local, além de uso de tecnologias de monitoramento e tomadas de decisão para acionamento de sistemas de refrigeração entre outros. O investimento no setor de produção animal é crucial para se estabelecer condições de conforto térmico animal e bem-estar em geral.

6. REFERÊNCIAS

- ABREU, V. M. N. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1-14, 2011.
- ALMEIDA NETO, L. A.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L.; GUISELINI, C. Climatização na pré-ordenha de vacas Girolando no inverno do semiárido. **Rev Bras Eng Agric Ambient-Agriambi**, v. 18, p. 1072-1078, 2014. <https://doi.org/10.1590/1807-929/agriambi.v18n10p1072-1078>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVÍK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Estatística do Setor**. Disponível em: <<https://abpa-br.org/area-exclusiva/mercados/#:~:text=A%20Associa%C3%A7%C3%A3o%20Brasileira%20de%20Prote%C3%ADna,%com%2074%2C6%20mil%20toneladas>> Acesso em: 20 abr 2023.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 269p.
- BARNABÉ, J.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L.; GUISELINI, C.; JACOB, A. L. Conforto térmico e desempenho de bezerras Girolando alojadas em abrigos individuais com diferentes coberturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 5, p. 481-488, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p481-488>
- CAMARGO, J. R.; SILVA, I. J. O.; NAZARENO, A. C.; VIEIRA, F.; CASTRO, A. C.; DIAS, R. A. Qualidade de pintos em função do microclima, tempo de espera e idade de matrizes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 11, p. 1079-1085, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n11p1079-1085>
- CASTRO JÚNIOR, S. J.; SILVA, I. J. O. The specific enthalpy of air as an indicator of heat stress in livestock animals. **International Journal of Biometeorology**, v. 65, p. 149-161, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-02022-8>
- CHU, C. M.; JONG, T. L.; HUANG, Y. W. A study of thermal comfort control using least enthalpy estimator on HVAC system. In: **24th American control conference**, p. 3665-3670, 2008.
- COLLIER, R. J.; GEBREMEDHIN, K. G. Thermal biology of domestic animals. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 3, p. 513-532, 2015. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-110659>
- FREITAS, L. C.; CAMPOS, A. T.; JUNIOR, T. Y.; SCHIASSI, L.; ANDRADE, R. R. Air quality, sound pressure level, and thermal environment of two swine nursery styles. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, p. 211-220, 2018.
- FAO_FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **World Agriculture: towards 2015/2030. An FAO perspective**. Rome: FAO; 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/y4252e/y4252e00.htm#TopOfPage>>. Acesso em 20 abr 2022.
- GOMEZ-ZAVAGLIA, A.; MEJUTO, J. C.; SIMAL-GANDARA, J. Mitigation of emerging implications of climate change on food production systems. **Food Research International**, v. 134, e109256, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109256>
- HASSAN, S.; HABASHY, W.; GHONAME, M.; ELGANNAR, A. Blood hematologic and biochemical of four laying hen strains exposed to acute heat stress. **International Journal of Biometeorology**, v. 67, p. 675-686, 2023. <https://doi.org/10.1007/s00484-023-02445-z>
- HOTZEL, M. J.; VANDRESEN, B. Brazilians' attitudes to meat consumption and production: Present and future challenges to the sustainability of the meat industry. **Meat Science**, v. 192, e108893, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108893>
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em: 04 set. 2017.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **The Physical Science Basis**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf>. Acesso em 12 mai 2021.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]**. IPCC, Geneva, Switzerland. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>>. Acesso em 22 mai 2023.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **AR6. Summary for Policymakers**. In: MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI,

- S. L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M. I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T. K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇİ, R. YU AND B. ZHOU (Eds). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021. 41p.
- LACETERA, N. Impact of climate change on animal health and welfare, **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 26-31, 2019. <https://doi.org/10.1093/af/vfy030>
- MARTELLO, L. S.; SAVASTANO, H. Jr.; TITTO, E. A. L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 14, p. 406-412, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402013000300016>
- MAYORGA, E. J.; ROSS, J. W.; KEATING, A. F.; RHOADS, R. P.; BAUMGARD, L. H. Biology of heat stress; the nexus between intestinal hyperpermeability and swine reproduction. **Theriogenology**, v. 154, p. 73-83, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.023>
- MIKOVITS, C.; ZOLLITSCH, W.; HORTENHUBER, S. J.; BAUMGARTNER, J.; NIEBUHR, K.; PIRINGER, M.; ANDERS, I.; ANDRE, K.; HENNIG-PAULA, I.; SCHONHART, M.; SCHEUBERGER, G. Impacts of global warming on confined livestock systems for growing-fattening pigs: simulation of heat stress for 1981 to 2017 in Central Europe. **International Journal of Biometeorology**, v. 63, p. 221-230, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-01655-0>
- MURRAY, F.W. On the computation of saturation vapor pressure. **J. Appl. Meteorology**, v. 6, p. 203-204, 1967.
- NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; TEIXEIRA, R. A.; ALMEIDA, C. P. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.508-517, 2009.
- NAZARENO, A. C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L.; GIONGO, P. R.; PEDROSA, E. M.; GUISELINI, C. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, p. 802-808, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000600020>
- NAZARENO, A. C.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F.; CAMARGO, J. R.; MEDEIROS, S. R. Caracterização do microclima dos diferentes layouts de caixas no transporte de ovos férteis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 327-332, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000300012>
- NUNES, M. L.; MIRANDA, K. O. D. S.; FARIA, J. M.; VIEIRA, F.; ARCARO JUNIOR, I. Physiological evaluation of heat stress in gestating sows under different housing systems in bedding and concrete floor. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 1-7, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000100001>
- PARAMESH, V.; KUMAR, P.; SHAMIM, M.; RAVISANKAR, N.; ARUNACHALAM, V.; NATH, A. J.; MAYEKAR, T.; SINGH, R.; PRUSTY, A. K.; RAJKUMAR, R. S. Integrated farming systems as an adaptation strategy to climate change: case studies from diverse agro-climatic zones of India. **Sustainability**, v. 14, p. 11629, 2022. <https://doi.org/10.3390/su141811629>
- PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S. Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestação, alojadas em baias individuais e coletivas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 326-332, 2008.
- PAROLINI, G. Weather, climate, and agriculture: historical contributions and perspectives from agricultural meteorology. **WIREs Climate Change**, v. 13, n. 3, e766, 2022. <https://doi.org/10.1002/wcc.766>
- PRUDEN, R.; PEI, R.; STORTEBOOM, H.; CARLSON, K. H. Antibiotic resistance genes as emerging contaminants: studies in Northern Colorado. **Environmental Science & Technology**, v. 40, n. 23, p. 7445-7450, 2006.
- QUEIROZ, M. L. V.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; LIMA SALES, F. A.; LIMA, L. R.; DUARTE, L. M. Variabilidade espacial do ambiente em galpões de frango de corte com sistema de nebulização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 586-595, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170068>
- RIBEIRO, B. P. V. B.; YANAGI JÚNIOR, T.; OLIVEIRA, D. D.; LIMA, R. R.; ZANGERONIMO, M. G. Thermoneutral zone for laying hens based on environmental conditions, enthalpy and thermal comfort indexes. **Journal of Thermal Biology**, v. 93, e102678, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102678>
- RICCI, G. D.; ORSI, A. M.; DOMINGUES, P. F. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite: revisão. **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, p. 9-18, 2013.
- RODRIGUES, V. C.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C.; NASCIMENTO, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal of Biometeorology**, v. 55, p. 455-459, 2011. <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0344-y>
- SARNIGHAUSEN, V. C. R. Estimation of thermal comfort indexes for production animals using multiple linear regression models. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 7, n. 2, p. 73-77, 2019. <https://doi.org/10.31893/2318-1265jab.v7n2p73-77>
- SEJIAN, V.; SHASHANK, C. G.; SILPA, M. V.; MADHUSOONDAN, A. P.; DEVARAJ, C.; KOENIG, S. Non-Invasive Methods of Quantifying Heat Stress Response in Farm Animals with Special Reference to Dairy Cattle. **Atmosphere**, v. 13, e1642, 2022. <https://doi.org/10.3390/atmos13091642>
- SEVEGNANI, K. B.; FERNANDES, D. P.; SILVA, S. H. Evaluation of thermoregulatory capacity of dairy buffaloes using infrared thermography. **Engenharia Agrícola**, v. 36, p. 1-12, 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n1p1-12/2016>
- SILVA, N. C.; SANTOS, R. C.; ZUCCA, R.; GEISENHOF, L. O.; CESCA, R. C.; LOVATTO, J. Enthalpy thematic map interpolated with spline method for management of broiler chicken production. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 7, p. 431-436, 2020. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n7p431-436>
- SOUZA, B. B. de, SILVA, R. C., RODRIGUES, L. R., RODRIGUES, V. P., & ARRUDA, A. de S. Análises do efeito do estresse térmico sobre produção, fisiologia e

- dieta de aves. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 2, p. 22-26, 2015. <https://doi.org/10.30969/acsa.v11i2.644>
- THORNTON, P.; NELSON, G.; MAYBERRY, D.; HERRERO, M. Impacts of heat stress on global cattle production during the 21st century: a modelling study. **Lancet Planet Health**, v. 6, p. 192-e201, 2022.
- VELARDE, A.; FABREGA, E.; BLANCO-PENEDO, I.; DALMAU, A. Animal welfare towards sustainability in pork meat production. **Meat Science**, v. 109, p. 13-17, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.010>
- WORLD POPULATION REVIEW (2023). Disponível em:< <https://worldpopulationreview.com>>. Acesso em 12 maio 2023.
- YANG, Y.; CHEN, N.; SUN, L.; ZHANG, Y.; WU, Y.; WANG, Y.; LIAO, X.; MI, J. Short-term cold stress can reduce the abundance of antibiotic resistance genes in the cecum and feces in a pig model. **Journal of Hazardous Materials**, v. 416, e125868, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125868>
- YAMBA, E. I.; ARYEE, J. N. A.; QUANSAH, E.; DAVIES, P.; WEMEGAH, C. S.; OSEI, M. A. Revisiting the agro-climatic zones of Ghana: A re-classification in conformity with climate change and variability. **Plos Climate**, v. 2, n. 1, e0000023, 2023. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000023>
- ZOTTI, M. L.; MIRANDA, K. O. D. S.; VIEIRA, A.; DEMSK, J. B.; ROMANO, G. G. Reproductive efficiency and behavior of pregnant sows housed in cages and collective pens with or without bedding. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 2, p. 166-175, 2019. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n2p166-175/2019>

Agradecimentos: Os autores agradecem Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – 001), pelas bolsas concedidas aos estudantes de pós-graduação que participaram da elaboração deste artigo.

Contribuição dos autores: V.C.R.S: metodologia, análise estatística, discussão e escrita do artigo; F.J.N: revisão e discussões; 3 - J.R.F: coleta de dados, confecção de gráficos e discussão; F.S.C: confecção de gráficos, discussões e formatação; G.N.J: discussão e revisão; K.B.S: discussões e revisão; D.L.S: metodologia, discussões e revisão. Todos os autores concordam com a distribuição de atividades mencionadas.

Financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – 001), através de bolsa de estudos para o segundo e terceiro autores.

Disponibilidade de dados: Os dados desta pesquisa poderão ser obtidos mediante solicitação ao autor correspondente via e-mail.

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses.