

Vitamina C na ração de frangos de corte em estresse por calor cíclico

Vitamin C in diets of broiler in cyclic heat stress

Vitamina C en la ración de pollos de engorde bajo estrés de calor cíclico

Recebido: 26/06/2023 | Revisado: 10/07/2023 | Aceitado: 11/07/2023 | Publicado: 15/07/2023

Maurício de Paula Ferreira Teixeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9869-9256>
Universidade Federal do Piauí, Brasil
E-mail: mauricio.teixeira@ufpi.edu.br

Márvio Lobão Teixeira de Abreu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5272-3233>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: marvio@ufla.br

Snaylla Natyelle de Oliveira Almendra

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7010-8638>
Instituto Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: snaylla.almendra@ifma.edu.br

João Batista Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0133-4366>
Universidade Federal do Piauí, Brasil
E-mail: lopesjb@uol.com.br

Sandra Regina Gomes da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4724-2635>
Universidade Federal do Piauí, Brasil
E-mail: sandravel2006@hotmail.com

Thiago Pajeú Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3480-6734>
Universidade Federal do Piauí, Brasil
E-mail: thiago_pajeu@hotmail.com

Tiago de Oliveira Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7855-348X>
Universidade Federal do Piauí, Brasil
E-mail: tiagoklista0803@gmail.com

Resumo

O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação de vitamina C, sobre o desempenho, biometria do coração, dos órgãos digestivos e linfóides, histomorfometria da bolsa cloacal e rendimento de carcaça e cortes nobres de frangos de corte de 1 a 45 dias de idade, naturalmente submetidos a estresse por calor cíclico. Foram utilizados 400 frangos de corte da linhagem Cobb, em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos: 0; 100; 200; 300; 400 ppm de vitamina C na ração. No período de 1 a 21 dias de idade os tratamentos influenciaram o ganho de peso, entretanto, não se observou efeito dos tratamentos sobre o consumo de ração e a conversão alimentar das aves. Na fase de 1 a 45 dias de idade, verificou-se que os tratamentos influenciaram de forma quadrática a conversão alimentar, que melhorou até o nível estimado de 206,19 ppm de vitamina C na ração. Os níveis de vitamina C suplementados influenciaram os rendimentos de carcaça e sobrecoxa. Porém, não se observou efeito dos tratamentos sobre os biometria dos órgãos digestivos e linfóides, além de não ter sido verificado influência sobre os parâmetros histomorfometria da bolsa cloacal de frangos de corte estressados por calor. A suplementação das rações com vitamina C melhora o desempenho zootécnico e o rendimento de carcaça em frangos de corte estressados por calor.

Palavras-chave: Avicultura; Estresse térmico; Ácido ascórbico; Bolsa cloacal; Órgãos linfóides.

Abstract

The experiment was carried out with the objective of evaluating the effect of vitamin C supplementation on performance, biometry of the heart, digestive and lymphoid organs, histomorfometry of the cloacal pouch and carcass yield and prime cuts of broiler chickens from 1 to 45 days old, naturally subjected to cyclic heat stress. Four hundred Cobb broiler chickens were used in a completely randomized experimental design, with five treatments: 0; 100; 200; 300; 400 ppm of vitamin C in the feed. In the period from 1 to 21 days of age, treatments influenced weight gain, however, there was no effect of treatments on feed intake and feed conversion of birds. In the phase from 1 to 45 days of age, it was verified that the treatments had a quadratic influence on the feed conversion, which improved up to the estimated level of 206.19 ppm of vitamin C in the diet. Supplemented vitamin C levels influenced carcass and

drumstick yields. However, there was no effect of the treatments on the biometry of the digestive and lymphoid organs, in addition to the fact that there was no influence on the histomorphometry parameters of the cloacal pouch of heat-stressed broilers. Diet supplementation with vitamin C improves zootechnical performance and carcass yield in heat-stressed broiler chickens.

Keywords: Poultry; Thermal stress; Ascorbic acid; Cloacal bursa; Lymphoid organs.

Resumen

El experimento se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación con vitamina C sobre el rendimiento, biometría del corazón, órganos digestivos y linfoides, histomorfometría de la bolsa cloacal y rendimiento de la canal y cortes principales de pollos de engorde de 1 a 45 días de edad, naturalmente sometidos a estrés térmico cíclico. Se utilizaron 400 pollos de engorde Cobb en un diseño experimental completamente al azar, con cinco tratamientos: 0; 100; 200; 300; 400 ppm de vitamina C en el pienso. En el período de 1 a 21 días de edad, los tratamientos influyeron en la ganancia de peso, sin embargo, no hubo efecto de los tratamientos sobre el consumo de alimento y la conversión alimenticia de las aves. En la fase de 1 a 45 días de edad se verificó que los tratamientos tuvieron una influencia cuadrática en la conversión alimenticia, la cual mejoró hasta el nivel estimado de 206.19 ppm de vitamina C en la dieta. Los niveles de vitamina C suplementados influyeron en los rendimientos de la canal y muslos. Sin embargo, no hubo efecto de los tratamientos sobre la biometría de los órganos digestivos y linfoides, además de que no hubo influencia sobre los parámetros de histomorfometría de la bolsa cloacal de pollos de engorde estresados por calor. La suplementación de la dieta con vitamina C mejora el rendimiento zootécnico y el rendimiento de la canal en pollos de engorde sometidos a estrés por calor.

Palabras clave: Avicultura; Estrés termal; Ácido ascórbico; Bolsa cloacal; Órganos linfoides.

1. Introdução

O estresse térmico é um dos maiores obstáculos para a produção de frangos de corte (Soares et al., 2020; Attia et al., 2020). Em situações de estresse por calor, para manter a temperatura corporal constante, as aves irão reduzir o consumo de ração e a eficiência digestiva, conseqüentemente, ocorre redução do ganho de peso e piora na conversão alimentar. Além disso, nesta situação acontecem mudanças nos sistemas respiratório e cardiovascular e a função imunológica fica comprometida, aumentando a taxa de mortalidade (Lara & Rostagno, 2013; Attia et al., 2018; Gouda et al., 2020, Kim et al., 2021). Segundo Deeb e Cahaner (2002), as linhagens modernas de aves, devido à sua maior atividade metabólica, produzem mais calor corporal e, portanto, são mais suscetíveis às conseqüências do estresse térmico.

Aves quando criadas sob temperaturas elevadas, tem suas funções metabólicas alteradas, podendo ocasionar redução do peso de órgãos, na tentativa de reduzir a produção de calor corporal (Oliveira Neto et al., 2000; Hassan & Assim, 2020). Ao mesmo tempo, quando em estresse as aves têm seu sistema imunológico suprimido, em conseqüência da depleção de linfócitos imaturos, principalmente da bolsa cloacal, devido à intensificação da apoptose (Cifone et al., 1999; Kim et al., 2021). Isso é justificado pelos elevados níveis de corticosterona no plasma sanguíneo, decorrentes do estresse, ocasionando involução do tecido linfóide e, conseqüentemente, supressão imunológica (Rosales et al., 1989; Lara & Rostagno, 2013). Além disso, o estresse térmico diminui a qualidade da carne de frangos de corte devido ao aumento do estresse oxidativo e da produção de corticosteróides (Dalólio et al., 2018; Zaboli et al., 2019). Os corticosteróides podem exercer uma importante função no controle do turnover protéico, elevando a taxa de degradação da proteína muscular (Yunianto et al., 1997).

Diante dessa situação, fica evidente a necessidade de se avaliar alternativas que minimizem o impacto do calor na criação de frangos de corte. Entre as alternativas disponíveis, destaca-se o manejo nutricional. Uma abordagem é a suplementação de nutrientes funcionais que desempenham um papel específico na mitigação dos distúrbios fisiológicos e metabólicos causados pelo estresse térmico (Kim et al., 2021). Entre os vários suplementos dietéticos, Hassan & Assim, (2020) relatam que utilização da vitamina C (360 mg /L) apresentam efeitos positivos no desempenho produtivo e imunológico em frangos de corte criados sob estresse térmico (Hassan & Assim, 2020).

Com relação à vitamina C, tem sido relatado que a sua síntese é insuficiente sob condições de estresse (Ghazi et al. 2015; Gouda et al., 2020). Considerando ainda que essa vitamina pode promover a degradação de corticosteróides, pode-se deduzir que a inclusão da vitamina C nas rações de aves sob estresse de calor é uma alternativa nutricional para melhorar o

desempenho das aves nestas condições (Sahin et. al., 2003; Gouda et al., 2020; Hassan & Asim, 2020).

Nesse contexto, esse trabalho foi realizado para avaliar os efeitos da suplementação de vitamina C na ração sobre o desempenho, rendimento de carcaça, cortes nobres (peito, coxa e sobrecoxa) e a biometria do coração e de órgãos digestivos e linfóides, além da histomorfometria da bolsa cloacal de frangos de corte sob estresse por calor.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido em condições de campo no aviário experimental do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí (CCA/UFPI). Foram utilizados 400 frangos de corte machos, da linhagem Cobb, no período de 1 a 45 dias de idade, vacinados contra as doenças de Marek e Bouba aviária. Este experimento foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Federal do Piauí, número do cadastro, CCA-012/2008.

Para execução do trabalho, os autores realizaram uma revisão de literatura para obterem um maior suporte metodológico na elaboração da pesquisa. Os principais trabalhos utilizados como base, foram: Souza et al., (2011), Gomes et al., (2013), Fernandes et al., (2013), Silva et al., (2014), Lopes et al., (2015).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, quatro repetições e 20 aves por repetição. As aves receberam uma ração de inicial até os 21 dias de idade e, posteriormente, uma ração de crescimento dos 22 aos 45 dias de idade, as rações foram compostas de milho, farelo de soja, DL-metionina, minerais e vitaminas, formuladas para atender as exigências das aves, conforme apresentado na Tabela 1. As rações experimentais foram suplementadas com 0; 100; 200; 300; 400 ppm de ácido ascórbico, em substituição ao caulim. Os animais receberam água e ração à vontade.

Tabela 1 - Composição das dietas experimentais.

Item	Inicial (1 a 21 dias)	Crescimento (22 a 45 dias)
Ingredientes	Composição (%)	
Milho	59,649	63,658
Farelo de soja (45% PB)	34,139	29,646
Óleo de soja	1,820	2,529
Fosfato bicálcico	1,823	1,614
Calcário	0,991	0,937
Sal	0,455	0,385
DL-Metionina (98%)	0,081	0,138
L-Lisina-HCl (78%)	0,204	0,214
Caulim	0,200	0,200
Cloreto de Colina	0,100	0,125
Suplemento vitamínico-mineral ^{1,2}	0,500	0,500
Vitamina C ³	0,000	0,000
Salinomicina ⁴	0,037	0,044
BHT	0,010	0,010
Composição Nutricional		
Proteína bruta (%)	21,000	19,300
EM (kcal/kg)	3,000	3,100
Lisina total (%)	1,258	1,151
Lisina digestível (%)	1,143	1,045
Metionina + cistina digestível (%)	0,807	0,741
Treonina digestível (%)	0,700	0,640
Triptofano digestível (%)	0,232	0,208

Cálcio (%)	0,960	0,874
Fósforo disponível (%)	0,450	0,406
Fósforo total (%)	0,682	0,627
Sódio (%)	0,222	0,192

¹ Níveis de garantia do produto: ácido fólico – 100 mg; antioxidante – 125 mg; Cu – 15.000 mg; coccidiostático – 25.000 mg; colina – 50.000 mg; Fe – 10.000 mg; I – 250 mg, Mn – 24.000 mg; metionina – 307.000mg; niacina – 20.000 mg; pantotenato de cálcio – 2.000 mg; Se – 50 mg; veículo O. S. P. – 1.000 mg; vit. A – 300.000 UI/Kg; vit. B1 – 400 mg; vit. B12 – 4.000 mcg; vit. B2 – 1.320 mg; vit. D3 – 100 UI/Kg; vit. E – 4.000 UI/Kg; vit. K – 98 mg; Zn – 20.000 mg; promotor de crescimento – 10.000 mg. ² Níveis de garantia do produto: ácido fólico – 100 mg; antioxidante – 125 mg; Cu – 15.000 mg; coccidiostático – 12.000 mg; Fe – 10.000 mg; I – 250 mg, Mn – 24.000 mg; metionina – 135.000 mg; niacina – 20.000 mg; pantotenato de cálcio – 2.000 mg; Se – 50 mg; veículo Q. S. P. – 1.000 mg; vit. A – 300.000 UI/Kg; vit. B1 – 400 mg; vit. B12 – 4.000 mcg; vit. B2 – 720 mg; vit. D3 – 100.000 UI/Kg; vit. E – 400 UI/Kg; vit. K – 98 mg; Zn – 20.000 mg; promotor de crescimento – 10.000 mg. ³ Ácido Ascórbico. ⁴ Coxistac 12%. Fonte: Elaborado pelos autores.

O consumo de ração aos 21 e 45 dias de idade foi calculado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida e as sobras das rações experimentais. Para determinar o ganho de peso, as aves foram pesadas no início e no final de cada fase de crescimento. A partir dos dados de consumo de ração e de ganho de peso, foi calculado a conversão alimentar dos animais nas duas fases.

As aves foram alojadas em boxes de 3 m², dotados de comedouros tubulares e bebedouros pendulares, localizados em galpão de alvenaria coberto de telhas de cerâmica e piso cimentado. As divisórias entre os boxes eram constituídas de tela de arame liso. Para o controle da temperatura e correntes de ar utilizou-se ventiladores e cortinas.

O monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar do galpão foi realizado por meio de termômetros de máxima e mínima, bulbo seco e bulbo úmido e de globo negro, mantidos no centro do galpão. As leituras dos termômetros foram realizadas diariamente, três vezes ao dia (07, 12 e 17 horas), durante todo o período experimental. Esses dados foram, posteriormente, convertidos em Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington et al. (1981), em que $ITGU = 0,72 (T_{bu} + T_{gn}) + 40,6$ (onde: T_{bu} = Temperatura de bulbo úmido em °C; T_{gn} = Temperatura de globo negro em °C). O programa de luz adotado foi o contínuo (24 horas de luz natural+artificial) utilizando lâmpadas incandescentes de 75 W.

No 21º dia, todas as aves foram pesadas e o experimento ficou com 300 aves, cinco tratamentos, quatro repetições e quinze aves por repetição. Das cinco aves descartadas, as duas mais próximas da média de peso das aves foram abatidas, evisceradas e pesadas com penas, após um jejum de 24 horas.

Durante o abate os órgãos linfóides (baço, bolsa cloacal e timo) foram coletados, secos em papel toalha e pesados em balança analítica de precisão, para a determinação do peso absoluto e relativo, sendo que este último foi calculado em função do peso vivo da ave em jejum (Pope, 1991).

Posteriormente, as bolsas cloacais foram destinadas ao Laboratório de Patologia animal da Universidade Federal do Piauí, sendo fixadas em formol a 10% neutro tamponado, desidratadas em passagens sucessivas no álcool etílico em concentrações crescentes, diafanizadas em xilol, infiltradas e incluídas em parafina. Em seguida, foram submetidas à microtomia, obtendo-se cortes histológicos com espessura de 5 µm, que foram corados pela hematoxilina-eosina (Luna, 1968).

A porcentagem do córtex do folículo linfóide bursal foi determinada através de um analisador de imagem computadorizado (Leica Qwin D-1000, versão 4.1, Cambridge, UK) sob aumento de 100x. Para isso foram utilizados 10 folículos bursais completos, de modo que o corte passava pela região central (Muniz et al., 2006). Os folículos selecionados foram circundados por uma linha obtendo-se a área folicular total. Em seguida foi delimitada a porção medular do mesmo folículo, passando uma linha sobre a membrana basal que dividia as duas áreas foliculares. Dessa forma, foi possível calcular a porcentagem de córtex folicular e a relação entre a área cortical e medular, subtraindo-se a área medular da área total de cada folículo.

No 45º dia, todos os animais foram pesados e os três mais próximos da média de peso das aves do boxe, foram colocados em jejum alimentar de 24 horas. Em seguida, foram abatidos para avaliar o rendimento de carcaça e de cortes nobres (peito, coxa e sobrecoxa), dos três animais dois foram utilizados para avaliar o rendimento absoluto (g) e relativo (%) dos órgãos linfóides, digestivos e do coração, bem como para avaliar o parênquima cortical e medular da bolsa cloacal, conforme descrito anteriormente para os animais de 21 dias.

As análises estatísticas das variáveis estudadas foram realizadas utilizando-se o programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa – UFV (2003). A estimativa do melhor nível de adição de vitamina C foi estabelecida por meio de modelos de regressão polinomial.

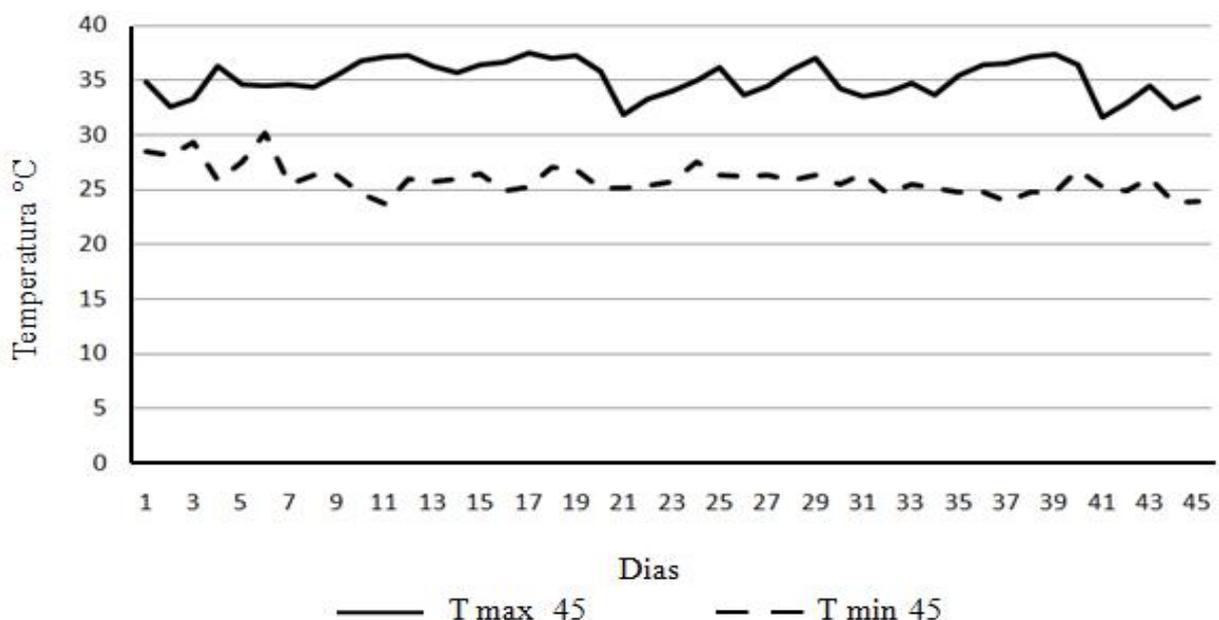
3. Resultados e Discussão

As médias de temperaturas registradas no interior do galpão apresentaram variações ao longo do tempo. Durante o dia, observou-se uma temperatura máxima média de $35,4 \pm 2,1$ °C, enquanto durante o período noturno a temperatura mínima média foi de $26,3 \pm 2,3$ °C. A umidade relativa média no galpão foi de $55,8 \pm 7,1\%$. Para avaliar as condições de conforto térmico, utilizou-se o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), que registrou uma média de 80,6 para o período de 1 a 21 dias.

Ao ampliar o período de análise para 1 a 45 dias, constatou-se que a temperatura máxima média durante o dia foi de $35,1 \pm 2,1$ °C, enquanto a temperatura mínima média durante a noite foi de $25,9 \pm 1,9$ °C. A umidade relativa média apresentou uma média de $57,4 \pm 8,0\%$. O ITGU para esse período foi de 80,2.

Dessa forma, as aves foram expostas a um ambiente de estresse térmico cíclico, evidenciado pela variação de temperatura ao longo do tempo, conforme descrito por Marchini et al. (2007) e Bueno et al. (2020). Durante esse período, as aves atravessaram a zona termoneutra e enfrentaram condições naturais de estresse térmico. Essa variação de temperatura pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1 - Representação gráfica da variação de temperatura no interior do galpão de criação de frangos de corte de 1 a 45 dias recebendo ração com diferentes níveis de vitamina C.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo Cândido et al. (2016) a temperatura de conforto térmico recomendada para frango de corte na primeira, segunda e terceira semanas de vida, são de 30, 27 e 24°C respectivamente, com umidade relativa entre 55% e 65%. Conforme Paulino et., al (2019) a temperatura de conforto indicada para aves a partir da terceira semana de vida é de 21 a 25 °C, com a umidade relativa do ar variando entre 60 a 70% (Souza et al., 2018).

Outra forma de se avaliar o conforto térmico dos animais é através do ITGU. Este índice é amplamente considerado pelos pesquisadores como a medida mais adequada para avaliar o conforto térmico dos animais, uma vez que leva em conta não apenas a temperatura do ar, mas também a umidade relativa, a velocidade do ar e a radiação solar (Sampaio et al., 2004; Siqueira et al., 2022; do Vale et al., 2022). No presente estudo, os valores médios de ITGU registrados foram de 80,6 durante o período de 1 a 21 dias e de 80,2 para o período total de 1 a 45 dias, indicando um ambiente caracterizado por estresse térmico. É importante ressaltar que os valores ideais de ITGU para frangos de corte em condições de conforto térmico geralmente variam entre 65 e 77 (Medeiros et al., 2005; Staub et al., 2016). Esses resultados destacam que, durante os períodos analisados, as aves foram expostas a níveis de estresse térmico.

No período de 1 a 21 dias de idade o consumo de ração e a conversão alimentar não foram influenciados pelo nível de vitamina C da ração em frangos de corte criados em estresse cíclico por calor. Porém, pode-se observar que o ganho de peso ($P<0,05$) aumentou de forma linear com a suplementação dos níveis vitamina C da ração ($y = 0,691 + 0,827x \cdot 10^{-4}x$, $R^2 = 0,70$;) (Tabela 2).

No período total, 1 a 45 dias de idade, verificou-se que os tratamentos não influenciaram o ganho de peso e o consumo de ração das aves. Mas, o aumento dos níveis de vitamina C na ração influenciaram de forma quadrática ($P<0,07$) a conversão alimentar ($y = 2,013 - 0,0012x + 0,291x \cdot 10^{-5}x^2$, $R^2 = 0,86$), que melhorou até o nível estimado de 206,19 ppm de vitamina C na ração (Tabela 2).

Tabela 2 - Desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de vitamina C nas rações.

Variáveis	Níveis de Vitamina C (ppm)					CV%
	0	100	200	300	400	
1 a 21 dias de idade						
Consumo de ração (kg)	1,11	1,19	1,17	1,11	1,20	6,90
Ganho de peso ¹ (kg)	0,68	0,70	0,71	0,72	0,71	2,90
Conversão alimentar	1,63	1,71	1,64	1,54	1,69	8,30
1 a 45 dias de idade						
Consumo de ração (kg)	4,61	4,45	4,46	4,37	4,53	4,90
Ganho de peso (kg)	2,30	2,30	2,33	2,32	2,25	5,70
Conversão alimentar ²	2,00	1,93	1,91	1,88	2,01	5,03

¹ Efeito linear ($P<0,05$); ($P<0,01$), respectivamente. ² Efeito quadrático ($P<0,07$). Fonte: Elaborado pelos autores.

Esses resultados demonstram que o uso de vitamina C pode ser uma alternativa viável na suplementação de rações para frangos de corte estressados por calor, proporcionando melhorias no desempenho produtivo. Em concordância, Sahin et al. (2003), também observaram uma melhora no desempenho zootécnico das aves, esses pesquisadores encontraram aumento significativa no ganho de peso dos frangos de corte, mantidos sob estresse crônico por calor, no período de 1 a 21 dias de idade, ao fornecerem 250 ppm de vitamina C na ração. A elevação no ganho de peso dos frangos de corte, também, foi verificado por Lohakare et al., (2005), quando adicionaram 200 ppm de vitamina C na ração das aves até a terceira semana de vida.

Resultados semelhantes foram observados por Sahin e Küçük (2003), esses pesquisadores trabalhando com frangos de corte até os 42 dias e codornas japonesas, ambos desafiados por calor, observaram melhora na conversão alimentar das aves

em função da suplementação de vitamina C nas rações. Amer et al. (2021), relataram uma melhora no peso final, ganho de peso e no consumo de ração em frangos de corte com 35 dias de idade suplementados com vitamina C (400mg/kg de ração). Bahrapour et al. (2021), verificaram que a suplementação de nanopartículas de vitamina C e óxido de zinco, em rações de frangos de corte sob estresse por calor, teve efeito positivo no desempenho zootécnico de frangos de corte, melhorando o ganho de peso e a taxa de conversão alimentar.

Segundo Imik et al., (2013) a administração de vitamina C possui característica antiestresse, reduzindo e capturando radicais livres, a fim de proteger a célula contra danos causados pelo processo de oxidação, e assim prevenindo os impactos negativos causados pelo estresse metabólico, conseqüentemente, favorecendo o ganho de peso e a conversão alimentar. Diante disso, a suplementação de vitamina C em rações para frangos de corte se torna uma excelente alternativa em regiões onde há predominância de altas temperaturas, como é o caso da região onde foi realizado o presente estudo. Conforme Ain Baziz et al., (1996) parte da redução do ganho de peso corporal das aves expostas ao calor ocorre em razão do desvio de parte da energia metabolizável ingerida para a dissipação de calor corporal por evaporação, prejudicando a conversão alimentar. Dessa forma o resultado encontrado para CA evidencia a atividade anti-estresse da vitamina C.

Os níveis de vitamina C suplementados influenciaram os rendimentos de carcaça e de sobrecoxa, que aumentaram de forma linear ($P < 0,01$), segundo as equações: $\hat{y} = 80,28 + 0,50 \times 10^{-2}x$ ($r^2 = 0,96$) e $\hat{y} = 12,45 + 0,45 \times 10^{-2}x$ ($r^2 = 0,93$), respectivamente. Porém, os tratamentos não afetaram o rendimento de peito e coxa dos frangos de corte submetidos a altas temperaturas (Tabela 3). Contudo, Leskovec et al. (2019), relataram que a suplementação dietética com vitaminas E, C e selênio, ou suas combinações, não causou diferenças no rendimento e características de carcaça em frangos de corte. Pečjak et al. (2022), avaliando os efeitos da suplementação dietética com vitamina E, vitamina C e selênio, isoladamente ou em combinações, sobre as características de carcaça e cortes nobre de frangos de corte submetidos a estresse cíclico por calor, não observaram diferenças entre os grupos avaliados sobre os rendimentos de carcaça, peito, asas e coxa.

Tabela 3 - Rendimento de carcaça e de cortes nobres de frangos de corte aos 45 dias de idade, mantidos em ambiente de alta temperatura e recebendo ração suplementada com diferentes níveis de vitamina C.

Variáveis (%)	Níveis de Vitamina C (ppm)					CV%
	0	100	200	300	400	
Rendimento de Carcaça ¹	80,35	80,47	81,51	81,97	82,08	0,73
Peito	31,43	31,73	32,38	29,98	30,73	4,07
Coxa	13,21	12,48	12,12	12,22	12,17	4,71
Sobrecoxa ¹	12,07	13,03	13,85	13,86	13,91	5,29

¹Efeito linear ($P < 0,01$). Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com Sahin et al., (2003) e Khan et al., (2012), a síntese de vitamina C é prejudicada em aves criadas sob altas temperaturas. E sendo uma vitamina com ação antioxidante, capaz de aliviar os efeitos adversos do calor sobre a produção avícola, promovendo o aumento dos níveis plasmáticos de triiodotironina e tiroxina (Sahin et al., 2002), importantes promotores de crescimento em frangos, a melhora obtida no desempenho e no rendimento de carcaça e de sobrecoxa nesse trabalho, indicam que a suplementação com vitamina C amenizou os efeitos negativos decorrentes do estresse por calor sobre as aves.

Não se observou efeito ($P > 0,05$) dos tratamentos sobre o peso absoluto e relativo do fígado, moela, intestino e coração de frangos de corte abatidos aos 45 dias de idade (Tabela 4). Estes resultados estão de acordo com Konca et al., (2009) que também não encontraram efeito ($P > 0,05$) da suplementação de vitamina C sobre fígado, coração, intestino e moela. Zeferino et

al., (2016), relataram que a suplementação dietética com uma combinação de vitaminas E e C não teve efeito sobre o peso relativo dos órgãos de frangos de corte estressados pelo calor. Pečjak et al., (2022) também não encontraram efeitos, sobre os pesos relativos do coração, fígado, pâncreas, proventrículo e intestino de frangos de corte estressados por calor e suplementados com vitamina E, C e selênio, isoladamente ou em combinações.

Tabela 4 - Pesos do coração e de órgãos digestivos de frangos de corte, aos 45 dias de idade, mantidos em estresse por calor, recebendo ração suplementada com vitamina.

Variável	Níveis de vitamina C (ppm)					CV (%)
	0	100	200	300	400	
Peso absoluto (g)						
Fígado	38,75	39,75	39,33	37,41	38,00	8,73
Moela	55,50	52,66	56,50	54,33	53,08	10,67
Coração	11,33	10,00	9,66	10,91	10,16	6,16
Intestino	81,83	83,33	76,91	74,91	73,25	12,84
Peso Relativo (%)						
Fígado	1,77	1,77	1,74	1,64	1,73	5,36
Moela	2,55	2,34	2,51	2,39	2,41	10,27
Coração	0,51	0,44	0,42	0,48	0,46	7,08
Intestino	3,74	3,71	3,40	3,28	3,33	9,58

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os diferentes níveis de vitamina C, também não influenciaram ($P>0,05$) os pesos absoluto e relativo da bursa, timo e baço, das aves, aos 21 e 45 dias de idade (Tabela 5). De forma semelhante, Jang et al. (2014) e Sheikh et al. (2020), também não encontraram efeito da suplementação de vitamina C na ração de frangos de corte sobre o peso relativo da bursa, do timo e do baço.

Tabela 5 – Pesos de órgãos linfóides de frangos de corte, mantidos em estresse por calor, recebendo ração suplementada com vitamina C.

Variável	Níveis de vitamina C (ppm)					CV (%)
	0	100	200	300	400	
21 dias de idade						
Peso absoluto (g)						
Bolsa cloacal	0,48	0,52	0,44	0,41	0,45	14,10
Timo	2,24	2,09	2,27	2,45	2,25	20,13
Baço	1,50	1,51	1,56	1,38	1,49	21,17
Peso Relativo (%)						
Bursa	0,21	0,22	0,22	0,20	0,22	13,82
Timo	0,31	0,31	0,33	0,35	0,33	19,81
Baço	0,77	0,77	0,64	0,59	0,67	20,32
45 dias de idade						
Peso absoluto (g)						
Bolsa cloacal	3,94	5,74	3,97	4,55	4,94	19,96
Timo	5,95	5,89	6,35	6,66	6,91	23,59
Baço	1,91	2,06	1,62	1,79	1,56	24,02
Peso Relativo (%)						
Bursa	0,17	0,25	0,17	0,20	0,22	17,22
Timo	0,26	0,26	0,27	0,29	0,31	22,63
Baço	0,86	0,92	0,71	0,79	0,70	24,09

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os parâmetros histomorfométricos da bolsa cloacal encontrados nesse estudo, demonstraram que a suplementação com vitamina C na ração de frangos de corte estressados por calor não altera a resposta aos desafios ambientais impostos ao sistema imune. Entretanto, apesar dos valores não apresentarem diferença estatisticamente significativa, houve uma tendência de melhora com a adição de vitamina C na ração de frangos estressados por calor cíclico, podendo ser verificado em aves com 21 dias ao nível de 200 ppm de vitamina C e nas aves com 45 dias que receberam 300 ppm de vitamina C, onde os frangos apresentaram uma maior área cortical (Tabela 6).

Tabela 6 - Histomorfometria de folículos linfóides da bolsa cloacal de frangos de corte, mantidos em estresse por calor, recebendo ração suplementada com vitamina C.

Variável	Níveis de vitamina C (ppm)					CV(%)
	0	100	200	300	400	
21 dias de idade						
Área total (μm^2)	2234039	2264421	2446433	2510764	2317689	18,46
Área medular (μm^2)	1158594	1140262	1140262	1274259	1175287	20,21
Área cortical (μm^2)	1075445	1124158	1237042	1236505	1142402	20,52
Cortical/medular	0,93	0,98	1,05	0,99	0,99	17,79
% Área cortical	47,84	49,62	50,88	49,37	49,31	8,69
45 dias de idade						
Área total (μm^2)	3226095	3348298	2707324	3406154	3362435	15,28
Área medular (μm^2)	1708283	1728677	1407850	1705552	1705430	14,52
Área cortical (μm^2)	1517812	1619621	1299474	1700602	1657005	17,22
Cortical/medular	0,88	0,94	0,91	1,00	0,98	8,84
% Área cortical	46,83	48,31	47,66	49,91	49,38	4,58

Fonte: Elaborado pelos autores.

O estresse por calor pode levar a diferentes graus de involução do sistema imune das aves, podendo ser observado atrofia do timo, da bolsa cloacal e do baço, decorrentes do aumento da concentração de corticosterona no sangue das aves (Rosales et al., 1989; Quinteiro-Filho et al., 2010; Yang et al., 2015; Sultana et al., 2020). Donker e Beuving (1989) comprovaram que a infusão de corticosterona em frangos diminui o peso relativo do timo em 71%, da bursa em 57% e do baço em 35%. Estes resultados são consistentes com a idéia de que os estressores e a corticosterona têm efeito catabólico sobre os órgãos linfóides e que a perda de peso, acompanhada da atrofia e da regressão dos órgãos linfóides, são bons indicativos de estresse pelas aves.

A bolsa cloacal é um órgão linfoide presente apenas em aves, responsável pela proliferação e maturação dos linfócitos B e, conseqüentemente, pela produção de anticorpos. A elevação dos níveis de corticosteróides no sangue acarreta lise de linfócitos imaturos da bolsa cloacal e do timo, ocasionando hipotrofia dos referidos órgãos e involução precoce do tecido linfóide (Compton et al., 1990). Esta depleção não só interfere na produção de imunoglobulinas como também reduz os níveis de anticorpos circulantes, tornando o animal mais vulnerável aos desafios sanitários (Sultana et al., 2020).

O processo de depleção linfocitária é mediado por intensificação da morte celular programada, também conhecida como apoptose, principalmente na bolsa cloacal, tanto que este órgão é frequentemente adotado para avaliar a resposta em casos de estresse (Revidatti et al., 2002; Leandro et al., 2017; Sobhi et al., 2020; Wang et al., 2023).

Estudos histomorfométricos da bolsa cloacal em aves submetidas a condições de estresse (calor e frio) e de conforto térmico, concluíram que o estresse térmico afeta o desenvolvimento e maturação das bolsas cloacais, elevando o índice de apoptose dos linfócitos e, conseqüentemente, reduzindo a área de parênquima e diminuindo a imunocompetência, uma vez que dispõe de menor quantidade de tecido linfóide na bolsa cloacal (Guimarães, 2001). Segundo este pesquisador, a causa principal

da diminuição da quantidade de parênquima em aves estressadas por frio e calor foi à evolução deficiente da área cortical durante o processo de maturação do órgão. O fato da ave em conforto térmico apresentar maior porcentagem de córtex dos folículos das bolsas cloacais nos permite dizer que estas aves também apresentam melhores condições de resposta frente a desafios infecciosos. Assim, a histomorfometria constitui-se em uma excelente ferramenta para mensurar os efeitos do ambiente sobre os tecidos vivos.

Guimarães et al., (2003) demonstraram, em condições de estresse crônico por frio ou calor, que a região cortical do folículo linfóide diminui significativamente mostrando que a bolsa cloacal da ave está sujeita ao efeito do ambiente. Porto e Fontenele-Neto (2020) avaliando os efeitos do estresse por calor em codornas japonesas, observaram que o estresse térmico por calor reduziu o peso da bolsa cloacal e a área dos folículos bursais, a partir do 20º dia de idade, sendo indicativo de depleção linfocitária e atrofia do mesmo.

Assim, a involução do sistema linforreticular, durante o estresse por calor é bem relatada, sendo atribuído a elevação da síntese de corticosterona quando as aves estão estressadas (Rosales et al., 1989; Revidatti et al., 2002; Quinteiro-Filho et al., 2010; Yang et al., 2015; Calefi et al., 2017). Os resultados encontrados no presente estudo não confirmam os possíveis efeitos positivos da suplementação de vitamina C sobre os pesos absoluto e relativos de órgãos linfóides e sobre a histomorfometria da bolsa cloacal em frangos de corte estressados por calor.

4. Conclusão

A suplementação das rações com vitamina C melhora o desempenho zootécnico e o rendimento de carcaça em frangos de corte sob estresse por calor. A suplementação de vitamina C aumenta o ganho de peso de frangos de corte machos da linhagem Cobb, estressados por calor cíclico, no período de 1 a 21 dias. A suplementação da ração com de vitamina C para frangos de corte, estressados por calor cíclico, melhora o rendimento de carcaça e sobrecoxa aos 45 dias.

Com os resultados apresentados, esperasse que a presente pesquisa sirva de base para o desenvolvimento de novos trabalhos para avançarmos no conhecimento dos benefícios do uso da vitamina C como aditivo em ração para frangos de corte criados principalmente em regiões de alta temperatura.

Referências

- Ain Baziz H., Geraert, P. A., Padilha, J. C. & Guillaumin S. (1996). Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. *Poultry Science*, 75(4), 505-513.
- Amer, S. A., Mohamed, W. A. M., Gharib, H. S. A., Al-Gabri, N. A., Gouda, A., Elabbasy, M. T., Abd El-Rahman, G. I. & Omar, A. E. (2021). Changes in the growth, ileal digestibility, intestinal histology, behavior, fatty acid composition of the breast muscles, and blood biochemical parameters of broiler chickens by dietary inclusion of safflower oil and vitamin C. *BMC Veterinary Research*, 17(1), 68.
- Attia, Y. A. , Abou-Shehema, B. M. , Abdellah, A. A. , Aly, O. M. & El-Naggar, A. Sh. (2020). Effect of ascorbic acid and/or alpha-tocopherol fortification on semen quality, metabolic profile, antioxidants status, and DNA of roosters exposed to heat stress. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 30(2), 325-335.
- Attia, Y. A., Al-Harathi, M. A. & Elnaggar, A. S. (2018) Productive, physiological and immunological responses of two broiler strains fed different dietary regimens and exposed to heat stress. *Italian Journal of Animal Science*, 17(3), 686-697.
- Bahrampour, K., Ziaei, N. & Esmaeilipour, O. A. (2021). Feeding nano particles of vitamin C and zinc oxide: Effect on growth performance, immune response, intestinal morphology and blood constituents in heat stressed broiler chickens. *Livestock Science*, 253, 104719.
- Bueno, J. P. R., Gotardo, L. R. M., Dos Santos, A. M., Litz, F. H., Olivieri, O. C. L., Alves, R. L. O. R., Moraes, C. A. & de Mattos Nascimento, M. R. B. (2020). Effect of cyclic heat stress on thyroidal hormones, thyroid histology, and performance of two broiler strains. *International Journal of Biometeorology*, 64(7), 1125-1132.
- Buffington, D. E., Colazzo-arocho, A., Canton, G.H., Pitt, D., Thatcher, W. W. & Collier, R. J. (1981). Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE*, 24(3), 711-714.
- Calefi, A. S., Quinteiro-Filho, W., Ferreira, A. J. P. & Palermo-Neto, J. (2017). Neuroimmunomodulation and heat stress in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 73(3), 493-504.

- Cândido, M. G. L., Tinôco, I. F. F., Pinto, F. A. C., Santos, N. T. & Roberti, R. P. (2016). Determination of thermal comfort zone for early-stage broilers. *Engenharia Agrícola*, 36(5), 760-767.
- Cifone, M. G., Migliorati, G., Parroni, R., Marchetti, C., Millimaggi, D., Santoni, A. & Riccardi, C. (1999). Dexamethasone-induced thymocyte apoptosis: apoptotic signal involves the sequential activation of phosphoinositide-specific phospholipase C, acidic sphingomyelinase, and caspases. *Blood*, 93(7), 2282-2296.
- Compton, M. M., Gibbs, P. S. & Swicegood, L. R. (1990). Glucocorticoid-mediated activation of DNA degradation in avian lymphocytes. *General and Comparative Endocrinology*, 80(1), 68-79.
- Dalólio, F., Albino, L., Silva, J., Campos, P., Lima, H., Moreira, J. & Ribeiro Junior, V. (2018). Dietary chromium supplementation for heat-stressed broilers. *World's Poultry Science Journal*, 74(1), 101-116.
- Deeb, N. & Cahaner, A. (2002). Genotype-by-Environment Interaction with Broiler Genotypes Differing in Growth Rate 3: Growth Rate and Water Consumption of Broiler Progeny from Weight-Selected Versus Nonselected Parents under Normal and High Ambient Temperatures. *Poultry Science*, 81(3), 293-301.
- do Vale, P. de A. C. B., do Vale, W. G., Barreto, L. M. G., Ribeiro Junior, V., Cabral, A. M. D., Brêtas, A. D. A., dos Santos, E. J. & Cardoso, V. dos S. (2022). Caracterização do ambiente térmico de criação de vacas em lactação no alto sertão sergipano: Characterization of the thermal environment for breeding lactating cows in alto sertão sergipano. *Brazilian Journal of Development*, 8(9), 61011-61025.
- Donker, R. A. & Beuving, G. (1989). Effect of corticosterone infusion on plasma corticosterone concentration, antibody production, circulating leukocytes and growth in chicken lines selected for humoral immune responsiveness. *British Poultry Science*, 30(2), 361-369.
- Fernandes, J. I. M., Sakamoto, M. I., Peiter, D. C., Gottardo, E. T. & Tellini, C. (2013). Relação vitamina E: vitamina C sobre a qualidade da carne de frangos submetidos ao estresse pré-abate. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(1), 294-300.
- Ghazi, S., Amjadian, T. & Norouzi, S. (2015). Single and combined effects of vitamin C and oregano essential oil in diet, on growth performance, and blood parameters of broiler chicks reared under heat stress condition. *International Journal of Biometeorology*, 59 (8), 1019-1024.
- Gomes, A. R. A., Litz, F. H., Morais, H. R., Oliveira, R. P. & Nascimento, M. R. B. M. (2013). Estresse por calor na produção de frangos de corte. *PUBVET*, 6(34), Ed. 221, Art. 1469.
- Gouda, A., Amer, S. A., Gabr, S. & Tolba, S. A. (2020). Effect of dietary supplemental ascorbic acid and folic acid on the growth performance, redox status, and immune status of broiler chickens under heat stress. *Tropical Animal Health and Production*, 52(6), 2987-2996.
- Guimarães, E. B. (2001). Histometria, índice apoptótico da bolsa cloacal e catabolismo de anticorpos em frangos de corte em ambiente de conforto e estresse térmico. Tese (Doutorado em Patologia e Clínica) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Guimarães, E. B., Vasconcelos, A. C., Martins, N. R. S., Oliveira, R. F. M., Moro, L., Nunes, J. E. S. & Santos, F. G. A. (2003). Porcentagem de parênquima e índice apoptótico da bolsa cloacal em frangos de corte em ambiente de conforto e estresse térmico. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 55(2), 178-186.
- Hassan, A. A. & Asim, R. A. (2020). Effect of vitamin C and acetylsalicylic acid supplementation on some hematological value, heat shock protein 70 concentration and growth hormone level in broiler exposed to heat stress. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 34(2), 357-363.
- Imk, H., Kaynar, O., Ozkanlar, S., Gumus, R., Polat, H. & Ozkanlar, Y. (2013). Effects of vitamin C and α -lipoid acid dietary supplementations on metabolic adaptation of broilers to heat stress. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 164(2), 52-59.
- Jang, I. S., Ko, Y. H., Moon, Y. S. & Sohn, S. H. (2014). Effects of Vitamin C or E on the Pro-inflammatory Cytokines, Heat Shock Protein 70 and Antioxidant Status in Broiler Chicks under Summer Conditions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(5), 749-756.
- Khan, R., Naz, S., Nikousefat, Z., Selvaggi, M., Laudadio, V. & Tufarelli, V. (2012). Effect of ascorbic acid in heat-stressed poultry. *World's Poultry Science Journal*, 68(3), 477-490.
- Kim, D. H., Lee, Y. K., Lee, S. D., Kim, S. H. & Lee, K. W. (2021). Physiological and behavioral responses of laying hens exposed to long-term high temperature. *Journal of Thermal Biology*, 99, 103017.
- Konca, Y., Kirkpinar, F., Mert, S. & Yurtseven, S. (2009). Effects of dietary ascorbic acid supplementation on growth performance, carcass, bone, quality and blood parameters in broilers during natural summer temperature. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 4(3), 139-147.
- Lara, L. J. & Rostagno, M. H. (2013). Impact of heat stress on poultry production. *Animals*, 3(1), 356-369.
- Leandro, N. S. M., Gomes, N. A., Café, M. B., Carvalho, F. B., Stringhini, J. H. & Laboissière, M. (2017). Histomorfometria de órgãos linfóides e desenvolvimento intestinal de pintos de corte originados de matrizes com diferentes idades e submetidos ao estresse por calor na incubação. *Ciência Animal Brasileira*, v. 18, 2017.
- Leskovec, J., Levart, A., Perić, L., Đukić Stojčić, M., Tomović, V., Pirman, T., Salobir, J. & Rezar, V. (2019). Antioxidative effects of supplementing linseed oil-enriched diets with α -tocopherol, ascorbic acid, selenium, or their combination on carcass and meat quality in broilers. *Poultry Science*, 98(12), 6733-6741.
- Lohakare, J. D., Ryu, M. H., Hahn, T. W., Lee, J. K. & Chae, B. J. (2005). Effects of Supplemental Ascorbic Acid on the Performance and Immunity of Commercial Broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 14(1), 10-19.
- Lopes, J. C. O., Figueirêdo, A. V., Lopes, J. B., Lima, D. C. P., Ribeiro, M. N. & Lima, V. B. S. (2015). *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 16(2), 350-364.
- Luna, L. G. (1968). *Manual of histologic staining methods of the Armed Forces Institute of Pathology* (3rd ed.). New York: MacGraw-will.

- Marchini, C. F. P., Silva, P. L., Nascimento, M. R. B. M. & Tavares, M. (2007). Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. *Archives of Veterinary Science*, 12(1), 41-46.
- Medeiros, C. M., Baêta, F. C., Oliveira, R. F. M., Tinôco, I. F. F., Albino, L. F. T. & Cecon, P. R. (2005). Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. *Engenharia na Agricultura*, 13(4), 277-286.
- Muniz, E. C. I., Fascina, V. B., Pires, P. P., Carrizo, A. S. & Guimarães, E. B. (2006). Histomorphology of bursa of Fabricius: effects of stock densities on commercial broilers. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 8(4), 217-220.
- Oliveira Neto, A. R., Oliveira, R. F. M., Donzele, J. L., Rostagno, H. S., Ferreira, R. A., Maximiano, H. C. & Gasparino, E. (2000). Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dieta controlada e dois níveis de energia metabolizável. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(1), 183-190.
- Paulino, M. T., Oliveira, E. M., Grieser, D. D. & Toledo, J. B. (2019). Criação de frangos de corte e acondicionamento térmico em suas instalações: Revisão. *Pubvet*, 13(2), 1-14.
- Pečjak, M., Leskovec, J., Levart, A., Salobir, J. & Rezar, V. (2022). Effects of Dietary Vitamin E, Vitamin C, Selenium and Their Combination on Carcass Characteristics, Oxidative Stability and Breast Meat Quality of Broiler Chickens Exposed to Cyclic Heat Stress. *Animals*, 12(4), 1-14.
- Pope, C. R. (1991). Pathology of lymphoid organs with emphasis on immunosuppression. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 30(1), 31-44.
- Porto, M. L. & Fontenele-Neto, J. D. (2020). Efeito da manipulação térmica durante a incubação sobre as variáveis hematológicas, bioquímica sérica e morfometria da bolsa cloacal de codornas japonesas submetidas ao estresse crônico por calor. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 72(2), 505-516.
- Quinteiro-Filho, W. M., Ribeiro, A., Ferraz-de-Paula, V., Pinheiro, M. L., Sakai, M., Sá, L. R., Ferreira, A. J. & Palermo-Neto, J. (2010). Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. *Poultry Science*, 89(9), 1905-1914.
- Revidatti, F. A., Fernandez, R. J., Terraes, J. C., Sandoval, G. L. & Luchi, P. E. (2002). Modificaciones del peso corporal y indicadores de estrés em pollos parrilleros sometidos a inmovilización y volteo. *Revista Veterinaria Argentina*, 12(1), 1-8.
- Rosales, A. G., Villegas, P., Lukert, P. D., Fletcher, O. J., Mohamed, M. A. & Brown, J. (1989). Isolation, identification, and pathogenicity of two field strains of infectious bursal disease virus. *Avian Diseases*, 33(1), 35-41.
- Sahin, K. & Küçük, O. (2003). Heat stress and dietary vitamin supplementation of poultry diets. *Nutrition Abstracts and Reviews. Series B: Livestock Feeds and Feeding*, 73(7), 41-50.
- Sahin, K., Küçük, O., Sahin, N. & Gursu, M. F. (2002). Optimal dietary concentration of vitamin E for alleviating the effect of heat stress on performance, Thyroid status, ACTH and some serum metabolite and mineral concentrations in broilers. *Veterinarni Medicina*, 47(4), 110-116.
- Sahin, K., Sahin, N. & Küçük, O. (2003). Effects of chromium and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites, and antioxidant status of broiler chickens reared at a high environmental temperature (32°C). *Nutrition Research*, 23(2), 225-238.
- Sampaio, C. A. P., Cristani, J., Dubiela, J. A., Boff, C. E. & Oliveira, M. A. D. (2004). Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. *Ciência Rural*, 34(3), 785-790.
- Sheikh, I. S., Bajwa, M. A., Rashid, N., Mustafa, M. Z., Tariq, M. M., Rafeeq, M., Samad, A., Asmat, T. M. & Ullah, A. (2020). Effects of immune modulators on the immune status of broiler chickens. *Pakistan Journal of Zoology*, 52(3), 1095-1100.
- Silva, S. R. G., Abreu, M. L. T., Lopes, J. B., Leal, D. I. B., Almendra, S. N. O., Silva, S. M. M. S. & Costa, E. M. S. (2014). Desempenho e resposta imune de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com cromo na forma orgânica. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 21(3), 199-203.
- Siqueira, I. H. S., do Vale, P. de A. C. B., do Vale, W. G., Barreto, L. M. G., Meneses, M. D., dos Santos, E. J., Junior, V. R. & Brêtas, A. de A. (2022). Caracterização da variabilidade espacial dos índices de conforto térmico para vacas leiteiras criadas em compost barn / Characterization of the spatial variability of thermal comfort indices for dairy cows breeding in compost barn. *Brazilian Journal of Development*, 8(5), 38001-38014.
- Soares, K. R., Lara, L. J. C., Martins, N. R. S., Silva, R. R., Pereira, L. F. P., Cardeal, P. C. & Teixeira, M. P. F. (2020). Protein diets for growing broilers created under a thermoneutral environment or heat stress. *Animal Feed Science and Technology*, 259:114332.
- Sobhi, B. M., Ismael, E. Y., Elleithy, E., Elsabagh, M. & Fahmy, K. N. E. (2020). Influence of combined yeast-derived zinc, selenium and chromium on performance, carcass traits, immune response and histomorphological changes in broiler chickens. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 10(4), 233-240.
- Souza, I. J., Oliveira, Z. B., Saretta, E., Rodrigues, L. R., Silva, C. M. & Link, T. T. (2018). Análise do conforto térmico em modelos reduzidos de galpões agrícola. *Ciência e Natura*, 40(2), 140-147.
- Souza, M. G., Oliveira, R. F. M., Donzele, J. L., Maia, A. P. A. & Balbino, E. M. (2011). Utilização das vitaminas C e E em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(10), 2192-2198.
- Staub, L., Gouveia de Moraes, M. D., Santos, M. G., Komiyama, C. M., Gonçalves, N. S., Fernandes Junior, R. B., Ton, A. P. S. & Roque, F. A. (2016). Ambiente interno e externo em galpão de frangos de corte nas diferentes épocas do ano e fases de criação. *Nativa*, 4(3), 128-133.
- Sultana, N., Amin, T., Afrose, M., Aqter-Rony, S. & Rafiq, K. (2020). Efectos de la dexametasona en la morfometría y biometría de los órganos inmunes del pollo de engorde. *International Journal of Morphology*, 38(4), 1032-1038.
- Universidade Federal De Viçosa - UFV. (2003). Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG. Manual do usuário. Versão 8.1, Viçosa.

Wang, X., Liu, X., Liu, S., Qu, J., Ye, M., Wang, J., Li, X., Yuan, Z., Wu, J., Yi, J., Wen, L. & Li, R. (2023). Effects of anti-stress agents on the growth performance and immune function in broiler chickens with vaccination-induced stress. *Avian Pathology*, 52(1), 12-24.

Yang, J., Liu, L., Sheikahmadi, A., Wang, Y., Li, C., Jiao, H., Lin, H. & Song, Z. (2015). Effects of corticosterone and dietary energy on immune function of broiler chickens. *PLoS One*, 10(3), e0119750.

Yunianto, V. D., Hayashi, K., Kaneda, S., Ohtsuka, A. & Tomita, Y. (1997). Effect of environmental temperature on muscle protein turnover and heat production in tube-fed broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, 77(6), 897-909.

Zaboli, G., Huang, X., Feng, X. & Ahn, D. U. (2019). How can heat stress affect chicken meat quality? – a review. *Poultry Science*, 98(3), 1551-1556.

Zeferino, C. P., Komiyama, C. M., Pelícia, V. C., Fascina, V. B., Aoyagi, M. M., Coutinho, L. L., Sartori, J. R. & Moura, A. S. (2016). Carcass and meat quality traits of chickens fed diets concurrently supplemented with vitamins C and E under constant heat stress. *Animal*, 10(1), 163-71.