

MABELL NERY RIBEIRO

**VITAMINA C E SELÊNIO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NO PERÍODO  
DE 1 A 21 DIAS DE IDADE**

TERESINA, 2018

MABELL NERY RIBEIRO

**VITAMINA C E SELÊNIO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NO PERÍODO  
DE 1 A 21 DIAS DE IDADE**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação  
em Ciência Animal da Universidade Federal do  
Piauí, como requisito para a obtenção do título de  
Doutora em Ciência Animal.

Área de Concentração: Produção Animal

TERESINA, 2018

## FICHA CATALOGRÁFICA

Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco

R484v Ribeiro, Mabell Nery.  
Vitamina C e Selênio em dietas para frangos de corte no período 1 a 21 dias de idade / Mabell Nery Ribeiro. – 2018.  
76 f.

Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018.  
“Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes”.

1. Frango de corte. 2. Carcaça. 3. Antioxidante.  
4. Imunidade. 4. Metabolizabilidade. I. Título.

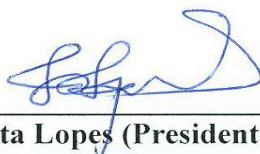
CDD 636.5

VITAMINA C E SELÊNIO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NO  
PERÍODO DE 1 A 21 DIAS DE IDADE

MABELL NERY RIBEIRO

Tese aprovada em: 16/02/2018

Banca Examinadora:



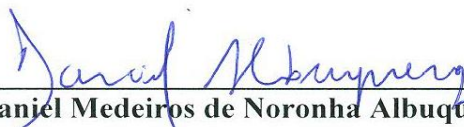
Prof. Dr. João Batista Lopes (Presidente) / DZO/CCA/UFPI



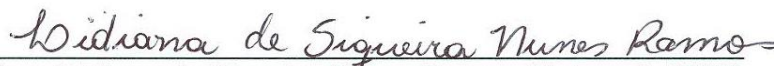
Profa. Dra. Maria de Nazaré Bona de Alencar Araripe (Interna) / DZO/CCA/UFPI



Prof. Dr. Domingos Urquiza de Carvalho Filho (Externo) / IESM



Prof. Dr. Daniel Medeiros de Noronha Albuquerque (Externo) / IFPI



Profa. Dra. Lidiana de Siqueira Nunes Ramos (Externa) / IFPI

*Aos meus pais, **Ângela e Heleomar**, pelo amor incondicional, apoio e por  
fazerem de meus sonhos os seus;*

*Aos meus irmãos, **Joacy Neto e Danyelle**, amigos e grandes incentivadores;*

*Aos meus sobrinhos, **Gabriel e Valentina**, por encherem meu coração de  
alegria e paz.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente.

A Universidade Federal do Piauí (UFPI) por viabilizar esta pesquisa e por contribuir com a minha formação acadêmica.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, em especial ao coordenador Dr. Arnaud Azevedo Alves e o secretário Luiz Gomes da Silva pelas orientações e amizade.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pelos ensinamentos, em especial a professora Dra. Leilane Rocha Barros Dourado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI) pelo apoio financeiro para execução da pesquisa.

Ao Colégio Agrícola de Teresina pela parceria com a UFPI, viabilizando o abate das aves e contribuindo com a disponibilidade dos galpões.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) pelo incentivo à qualificação docente e pela concessão de horário especial para finalizar a tese.

Ao professor Dr. João Batista Lopes pela valorosa orientação nesses 10 anos, além da compreensão, bom coração, humildade, delicadeza, paciência e sabedoria com qual trata a todos. Encerro minha jornada no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal muito feliz e agradecida por ter tido a oportunidade de conviver e de aprender com o senhor, exemplo de caráter e profissionalismo.

Ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFPI, especialmente ao professor Dr. Daniel Louçana da Costa Araújo, ao engenheiro agrônomo Sr. Sávio Braga Castelo Branco, aos técnicos de laboratório Sr. Lindomar de Moraes Uchoa e Sr. Manoel José de Carvalho, ao funcionário Isaias Soares e toda a equipe de terceirizados do Departamento de Zootecnia CCA/UFPI pelo apoio e presteza em todas as atividades exercidas neste setor.

Ao professor Agostinho Valente de Figueirêdo pelos ensinamentos, motivação e amizade.

Ao professor Dr. Daniel Medeiros de Noronha Albuquerque pelas contribuições nas bancas (qualificação e defesa de tese) e pelo apoio durante a execução dos experimentos. Obrigada pelos anos de amizade, disponibilidade, conselhos e otimismo.

A professora Dra. Lidiana de Siqueira Nunes Ramos pelas contribuições e disponibilidade, você foi fundamental para que essa trajetória iniciasse. Professora, orientadora, grande amiga, exemplo de mãe, pessoa e profissional a qual possuo grande carinho e admiração.

Aos professores, Dr. Domingos Urquiza de Carvalho Filho e Dra. Maria de Nasaré Bona Alencar Araripe pela disponibilidade e contribuições à redação da tese.

A toda minha família (pais, irmãos, sobrinhos, avó, tios, tias, primos e primas) pelo apoio, torcida e confiança que sempre depositam em mim; pelos momentos que não estivemos juntos e souberam entender.

Aos colaboradores Dáphinne Cardoso Nagib Nascimento, Elvânia Maria da Silva Costa, Hidaliana Paumerik Aguiar Bastos, Jackelline Cristina Ost Lopes, Jandson Vieira, Jefferson Douglas Martins Ferreira, Kalliany Kellzer da Silva, Maria do Carmo da Silva Veiga, Miriam Lima Fernandes, Pedro Eduardo Bitencourt Gomes, Ramon Rêgo Merval, Ravena Carvalho Silva, Rosianne Mendes de Andrade da Silva Moura, Tatiele Pereira Araújo e Vânia de Sousa Lima Aguiar, pela disponibilidade e colaboração na execução desta pesquisa, sem vocês não teria sido possível a conclusão do trabalho.

Aos meus amigos queridos, Jackelline Cristina Ost Lopes, Ramon Rêgo Merval e Vânia de Sousa Lima Aguiar pela companhia diária, ombro amigo, confiança, viagens, apoio e amizade em todos os momentos. Jamais poderei recompensá-los por tudo que fizeram por mim.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a minha formação profissional e pessoal.

***Muito obrigada.***

**SUMÁRIO**

	Página
LISTA DE TABELAS	IX
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Estresse térmico na criação de frangos de corte	15
2.2 Estresse térmico e peroxidação lipídica	17
2.3 Vitamina C na nutrição de frangos de corte	18
2.4 Selênio na nutrição de frangos de corte	21
3 CAPÍTULO 1 – Vitamina C e selênio para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade	24
4 CAPÍTULO 2 – Suplementação de vitamina C e selênio para frangos de corte: composição da carcaça, bioquímica sérica e metabolizabilidade dos nutrientes	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS	71



**LISTA DE TABELAS**

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>Página</b>
Tabela 1 Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial (1 a 7 dias de idade)	29
Tabela 2 Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte na fase inicial (8 a 21 dias de idade)	30
Tabela 3 Condições ambientais observadas durante o período experimental	32
Tabela 4 Desempenho produtivo de frangos de corte, de 1 a 7 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio	33
Tabela 5 Desempenho produtivo de frangos de corte, de 1 a 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio	35
Tabela 6 Rendimento de carcaça, cortes e gordura abdominal de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio	38
Tabela 7 Peso relativo de órgãos digestivos e coração de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio	39
Tabela 8 Peso absoluto e relativo de timo, baço e bolsa cloacal de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio	40
Tabela 9 Índices econômicos das rações contendo vitamina C e selênio para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade	42
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>Página</b>
Tabela 1 Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial (1 a 7 dias de idade)	51
Tabela 2 Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte na fase inicial (8 a 21 dias de idade)	52

Tabela 3 Condições ambientais observadas durante o período experimental	56
Tabela 4 Composição química da carcaça de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio	57
Tabela 5 Composição em nutrientes na carcaça de pintos de 1 dia e deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio	58
Tabela 6 Bioquímica sérica de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio	59
Tabela 7 Consumo, excreção e coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca de dietas, suplementadas com vitamina C e selênio, para frangos de corte na fase inicial	61
Tabela 8 Consumo, excreção e coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta de dietas, suplementadas com vitamina C e selênio, para frangos de corte na fase inicial	62
Tabela 9 Consumo, excreção e coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta de dietas, suplementadas com vitamina C e selênio, para frangos de corte na fase inicial	63
Tabela 10 Balanço de nitrogênio, eficiência de utilização de nitrogênio e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio de dietas, suplementadas com vitamina C e selênio, para frangos de corte na fase inicial	65

## VITAMINA C E SELÊNIO EM DIETAS PARA FRANGOS DE NO PERÍODO DE 1 A 21 DIAS DE IDADE

### RESUMO

Dois experimentos foram conduzidos para avaliar os efeitos da suplementação de vitamina C e selênio em dietas para frangos de corte, mantidos em condições naturais de temperatura ambiente elevada. No primeiro experimento, foram utilizados 700 pintos de corte machos, para avaliação do desempenho produtivo e viabilidade econômica das dietas, no período 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade; do peso relativo de órgãos digestivos e do coração; dos pesos absoluto e relativo de órgãos linfoides; do rendimento de carcaça e de cortes; da composição química e deposição de nutrientes na carcaça e da bioquímica sérica das aves aos 21 dias. No segundo experimento, 175 frangos de corte machos, no período de 11 a 18 dias de idade foram utilizados para a avaliação da metabolizabilidade dos nutrientes, do balanço de nitrogênio e da eficiência de utilização do nitrogênio das dietas. Nos dois experimentos, os tratamentos consistiram em dietas suplementadas com vitamina C, na forma de ácido ascórbico revestido, em dois níveis: 150 mg e 300 mg de vitamina C/kg de ração, em associação a três níveis de selênio: 0,2 mg, 0,4 mg e 0,6 mg de selênio/kg de ração, na forma de selênio levedura, e em uma dieta controle (sem suplementação de vitamina C e selênio, mas com níveis basais de 0,3 mg de selenito de sódio/kg de ração, conforme estabelecido pelo fabricante do premix), totalizando sete tratamentos e cinco repetições. As dietas suplementadas com 150 e 300 mg de vitamina C combinados com níveis de 0,2, 0,4 e 0,6 mg de selênio/kg de ração, não melhoram o consumo de ração, o ganho de peso e o índice de eficiência produtiva de frangos de corte, no período de 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade. Porém, os níveis de selênio suplementar, de forma independente, reduzem a conversão alimentar na fase pré-inicial. O nível de inclusão de 300 mg de vitamina C/kg de ração melhora a viabilidade criatória na fase total de 1 a 21 dias, comparados à adição de 150 mg da vitamina nas dietas. O rendimento de peito foi aumentado com a associação de 300 mg de vitamina C e 0,4 mg de selênio/kg de ração. Na fase inicial de criação, o peso de órgãos linfoides, digestivos e coração de frangos de corte estressados naturalmente por calor, não é influenciado pela inclusão de vitamina C e selênio às rações, com exceção da bolsa cloacal, que aumenta com o incremento dessa vitamina. A adição de selênio nas dietas aumentou a proteína bruta das carcaças, mas não altera a deposição de nutrientes. A dieta controle (sem adição de vitamina C e selênio) mostrou-se mais econômica para frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade. O nível de 0,376 mg de selênio/kg de ração proporcionou maior coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca. A adição de selênio nas dietas reduziu linearmente a proteína bruta consumida, o coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta, o nitrogênio ingerido, o balanço de nitrogênio e a eficiência de utilização de nitrogênio e, nos níveis de 150 mg e 300 mg de vitamina C, a adição de selênio reduziu a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio das dietas. A suplementação de vitamina C e selênio em dietas para frangos de corte, nas condições ambientais em que foi executada a pesquisa, não melhora o desempenho produtivo, a imunidade e a metabolizabilidade dos nutrientes, indicando que a quantidade de selênio nas dietas basais e a síntese endógena de vitamina C atendem às exigências nutricionais dos animais, com níveis suficientes para atuar na defesa antioxidante e promover o crescimento adequado das aves nas fases estudadas.

**Palavras-chave:** antioxidante, carcaça, desempenho produtivo, imunidade, metabolizabilidade

## VITAMIN C AND SELENIUM FOR BROILERS FROM 1 TO 21 DAYS OF AGE

**ABSTRACT**

Two experiments were conducted to evaluate the effects of vitamin C and selenium supplementation in the diets of broiler chickens, kept under normal conditions of high ambient temperature. In the first experiment, 700 male broiler chicks were used to evaluate: the performance and economic viability of these diets, between 1 to 7 and 1 to 21 days old; the relative weight of digestive organs and heart; the absolute and relative weights of lymphoid organs; carcass and cuts yield; the chemical composition and nutrient deposition in the carcass and serum biochemistry of the birds after 21 days. In the second experiment, 175 male broiler chickens in the period of 11 to 18 days of age were used for evaluating the metabolization of nutrients, the nitrogen balance and the nitrogen utilization efficiency of these diets. In both experiments, the treatments consisted of a control diet and diets supplemented with vitamin C in the form of coated ascorbic acid, on two levels: 150 mg and 300 mg of vitamin C per kg feed, in combination with three levels of selenium: 0.2 mg, 0.4 mg and 0.6 mg of selenium per kg feed, in the form of selenium yeast. The diets supplemented with 150 and 300 mg of vitamin C combined with varying levels of 0.2, 0.4 and 0.6 mg selenium per kg feed do not improve feed intake, weight gain and production efficiency index of broiler chickens, from 1 to 7 and 1 to 21 days of age. However, additional levels of selenium, independently, reduce feed conversion in the pre-initial phase. The inclusion level of 300 mg of vitamin C per kg feed improves the production viability in the total phase of 1 to 21 days, compared to the addition of 150 mg of vitamin C in the diets. Breast yield was increased with the combination of 300 mg of vitamin C and 0.4 mg selenium per kg feed. At the early stage of breeding, the weight of lymphoid organs, digestive organs and heart of the naturally heat stressed broiler chickens, is not influenced by the inclusion of vitamin C and selenium to the feed, with exception of the cloacal bursa, which increases together with the increasing of this vitamin. The addition of selenium in the diet increased the crude protein of the carcasses, but it did not alter the deposition of nutrients. The control diet (without addition of vitamin C and selenium) was more economical for broiler chickens at the stage of 1 to 21 days of age. The level of 0.376 mg selenium per kg feed resulted in greater metabolization coefficient of dry matter. The addition of selenium in the diet linearly reduced the crude protein consumed, the metabolization coefficient of crude protein, the nitrogen intake, the nitrogen balance and the nitrogen utilization efficiency, and, at levels of 150 mg and 300 mg of vitamin C, the addition of selenium reduced the apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance diets. Supplementation of vitamin C and selenium in diets for broiler chickens, in the environmental conditions in which the research was performed, does not improve production performance, immunity and metabolization of nutrients, indicating that the amount in the basal diet meets the animals' nutritional requirements, with sufficient levels to act in antioxidant defense and to promote the proper growth of the birds in the studied phases.

**Keywords:** antioxidant, carcass, productive performance, immunity, metabolizability

## 1 INTRODUÇÃO

A avicultura industrial é um forte segmento da estrutura agropecuária brasileira, ocupando no cenário internacional a segunda posição na produção de carne e o primeiro lugar nas exportações. Por outro lado, o frango de corte moderno, geneticamente selecionado para máxima produção e metabolismo acelerado, tornou-se sensível a um grande número de variáveis, destacando-se, dentre elas, os fatores ambientais (FURLAN; MACARI, 2008). Assim, o estresse por calor é um dos maiores entraves na criação de frangos de corte (SILVA et al., 2015), principalmente no nordeste brasileiro, em que há predomínio de temperatura ambiente e intensidade de radiação solar elevadas.

Quando expostas a altas temperaturas, as aves respondem reduzindo o consumo de ração (SILVA et al., 2015), na tentativa de diminuir a produção endógena de calor. Diante desta situação, menor quantidade de nutrientes fica disponibilizada, resultando em menor taxa de crescimento e piora na conversão alimentar (BOIAGO et al., 2013). Além disso, ocorre aumento na produção e acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS- reative oxygen species), elevando a peroxidação lipídica (TAWFEEK; HASSANIN; YOUSSEF, 2014). Quando esta produção excede a defesa antioxidante do organismo, ocorre disfunção das células (MAINI et al., 2007), queda no desempenho produtivo, alteração no sistema imunológico, modificação na morfologia intestinal (QUINTEIRO FILHO et al., 2012), além de afetar a qualidade da carne (ZHANG et al., 2012).

O manejo ambiental e nutricional são estratégias estudadas para amenizar os efeitos deletérios das altas temperaturas no desempenho de frangos de corte, com a nutrição ganhando destaque entre as alternativas disponíveis, já que modificações no ambiente de criação e investimento em sistemas de refrigeração são mais onerosos (SOUZA et al., 2011). Neste contexto, os nutrientes funcionais, caracterizados por promoverem benefícios à saúde animal, além de nutrir, têm sido utilizados para aliviar os efeitos do estresse por calor, principalmente aqueles que exibem características antioxidantes e imunomoduladoras (YOO et al., 2016), como a vitamina C e o selênio.

A vitamina C previne a peroxidação lipídica e aumenta a degradação de corticosteroides liberados durante o estresse (SEVEN; SEVEN, 2009), sendo naturalmente sintetizada nos rins pelas aves para o crescimento e metabolismo, utilizando como substrato a glicose-1-fosfato (RUTZ; ANCIUTI; MAIER, 2014). No entanto, em condições de estresse, principalmente em decorrência da temperatura ambiente elevada, as aves podem apresentar a síntese e absorção de

vitamina C reduzida (IMIK et al., 2013), com exigência metabólica superior ao máximo que podem produzir (RUTZ; ANCIUTI; MAIER, 2014).

O selênio, por sua vez, é um constituinte essencial da glutathiona peroxidase, enzima que tem a função de proteger as células de danos oxidativos (SKRIVAN et al., 2012). Ele também influencia no metabolismo da glicose, aumentando os níveis dos hormônios triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) circulantes (FAN; YU; CHEN, 2009) e pode melhorar a resposta imune do animal.

Considerando que os componentes da dieta podem regular diversas funções fisiológicas das aves, estudos dos benefícios da associação vitamina C e selênio em rações para frangos de corte são necessários, principalmente aqueles que visam o estabelecimento de suas necessidades para aves mantidas em ambientes de temperatura elevada. Neste contexto, a pesquisa foi desenvolvida para avaliar o efeito da suplementação de vitamina C associada a selênio na dieta de frangos de corte sobre o desempenho, características da carcaça, resposta imune, perfil bioquímico sérico e metabolizabilidade dos nutrientes, em condições naturais de estresse por calor, no período de 1 a 21 dias de idade.

A tese foi estruturada da seguinte forma: Introdução, Referencial Teórico, Considerações Finais e Referências Bibliográficas Gerais, redigidos conforme a Resolução 001/03-CCMCA, de 22/05/2003, que estabelece as normas editoriais do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí; Capítulo 1 – artigo científico intitulado: “Vitamina C e selênio para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade” de acordo com as normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira e Capítulo 2 – artigo científico intitulado: “Vitamina C e selênio para frangos de corte: composição da carcaça, bioquímica sérica e metabolizabilidade dos nutrientes” conforme as normas da Revista Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Estresse térmico na criação de frangos de corte

As aves são animais homeotérmicos, apresentando a capacidade de manter a temperatura interna constante, mesmo diante de ampla faixa de variação na temperatura ambiente (BÍCEGO; SCARPELLINI; GARGAGLIONI, 2017). Analisando do ponto de vista termodinâmico, significa que as aves necessitam continuamente, por meio de variações fisiológicas e metabólicas, produzir calor (termogênese) ou perder calor para o meio (termólise) (BRIDI, 2010). Entretanto, esses processos só se mostram eficientes quando a temperatura ambiente se encontra dentro de certos limites de conforto (ABREU; ABREU, 2011).

Para as aves, existe uma faixa de temperatura ambiente, denominada zona de conforto térmico, na qual a taxa metabólica é mínima e a homeotermia é mantida com o menor gasto energético. Nessa zona de conforto, a fração da energia utilizada para termogênese é mínima, e a energia líquida de produção é máxima (FURLAN; MACARI, 2008).

A zona de termoneutralidade é dependente de diversos fatores, alguns ligados às aves (fatores intrínsecos) como o peso, a idade, o estado fisiológico, a taxa de lotação, o nível de alimentação e a genética, e outros relacionados ao ambiente no qual os animais estão inseridos (fatores extrínsecos), como a temperatura, a velocidade do vento, a umidade relativa do ar e o tipo de piso (SARAIVA et al., 2003). Para frangos de corte a temperatura de conforto varia principalmente em função da idade (SILVA; MAIA, 2013).

Os valores de umidade relativa do ar que caracterizam a zona de conforto térmico para frangos de corte é de 50 a 70% (MEDEIROS et al., 2005) e temperatura ambiente de 31,3; 26,3 – 27,1 e 22,5-23,2°C, respectivamente na primeira, segunda e terceira semana de vida (CASSUCE et al., 2013). Quando mantidos em ambiente considerado confortável, não ocorre nenhum desvio de energia pelo animal, seja para corrigir o frio ou para intensificar seu sistema de combate ao excesso de calor corporal.

Fisiologicamente, o estresse pode ser definido como qualquer perturbação do equilíbrio homeostático do animal. O estresse térmico tem início quando a temperatura ambiente ultrapassa a temperatura de conforto, estando acima ou abaixo da zona termoneutra (LOPES; RIBEIRO; LIMA, 2015). Em resposta a esta condição, ocorrem alterações comportamentais, bioquímicas e fisiológicas (NAZARENO et al., 2009), podendo refletir em decréscimo produtivo, reprodutivo e da resistência do organismo e, numa condição extrema, a morte do animal.

Aves expostas por determinado período à temperatura ambiental abaixo da sua zona de conforto térmico tendem a manter o consumo de ração para garantir incremento calórico, porém

a energia que deveria ser utilizada para deposição tecidual é desviada em grande parte para manutenção, prejudicando o desempenho (YANG et al., 2014). Ainda nessas condições de estresse por frio, as aves na tentativa de se manterem aquecidas e dissiparem menos calor, amontoam-se e diminuem a ingestão de água (BOSCHINI et al., 2011).

Durante os primeiros dias de vida dos pintinhos a dificuldade em reter calor, explicada pela alta relação entre a área e volume corporal da ave associado ao empenamento incompleto e sistema termorregulador pouco desenvolvido (FURLAN; MACARI, 2008), os tornam mais sensíveis ao frio (CORDEIRO et al., 2010).

As aves sofrem estresse por calor quando produzem mais calor do que podem dissipar. À medida que a temperatura ambiental se eleva, mecanismos fisiológicos são ativados para a redução na produção de calor metabólico e, simultaneamente, adaptações comportamentais são observadas no intuito de perder calor e manter a homeostase, ou seja, o equilíbrio do meio interno (CASSUCE, 2011).

Em estresse por calor, as aves diminuem o consumo de alimento (SILVA et al., 2015), reduzindo os substratos metabólicos disponíveis e a consequente produção de calor endógeno (BOIAGO et al., 2013). Além disso, aumentam significativamente a taxa respiratória e o consumo de água (MEDEIROS et al., 2005), gastam menos tempo andando e em pé (TAN et al., 2010), abrem as asas mantendo-as afastadas do corpo, promovem vasodilatação periférica, intensificando o fluxo sanguíneo para a superfície corporal e áreas não cobertas com penas (pés, crista e barbela), com a finalidade de facilitar a perda de calor para o ambiente (TEIXEIRA; ABREU, 2011).

Frangos de corte mantidos sob altas temperaturas apresentam níveis plasmáticos dos hormônios triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) diminuídos, ocasionando redução da taxa metabólica (XIE et al., 2015). Além disso, são encontrados no plasma sanguíneo elevados níveis de corticosterona (QUINTEIRO FILHO et al., 2012), hormônio que, dentre inúmeros efeitos sobre o organismo animal, altera o turnover proteico e pode levar a involução do tecido linfóide e, conseqüentemente, supressão imunológica (SILVA et al., 2013).

O estresse por calor também ocasiona outras alterações bioquímicas, tais como aumento das proteínas totais, globulina e glicose sanguínea (AL-ZGHOUL et al., 2015), além de redução nas concentrações plasmáticas de vitaminas e minerais com função antioxidante, em decorrência, principalmente, de maior mobilização dos tecidos e aumento na excreção, aliado à diminuição no consumo de ração, que pode exacerbar a necessidade desses nutrientes (SAHIN; KUÇUK, 2003), comprometendo o sistema antioxidante do organismo.



## 2.2 Estresse térmico e peroxidação lipídica

A produção de radicais livres e/ou espécies reativas não radicais, denominados genericamente como espécies reativas de oxigênio (ROS- reactive oxygen species), é inerente ao metabolismo aeróbico e constitui, por excelência, um processo contínuo e fisiológico. No entanto, a produção excessiva pode resultar em danos oxidativos para o organismo (AKBARIAN et al., 2016). Estes compostos metabólicos muito instáveis e com alto potencial reativo, prejudicam os tecidos, quando se fixam às estruturas integrantes da célula, danificando importantes moléculas como lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, produzindo neoplasias e enfermidades autoimunes; gerando alterações enzimáticas ou desencadeando peroxidação lipídica (COSTANTINI; MOLLER, 2009).

A peroxidação lipídica pode ser induzida pela formação excessiva de ROS, ultrapassando a capacidade do organismo em neutralizá-las com os seus sistemas naturais de defesa, processo denominado estresse oxidativo. A lipoperoxidação destrói os ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs) incorporados nos fosfolipídios e, conseqüentemente, as lipoproteínas do sistema de membrana, afetando a estrutura e integridade celular (LEESON; SUMMERS, 2001). Como resultado, pode haver comprometimento de muitos sistemas e processos orgânicos, afetando inclusive o ganho de peso, desenvolvimento, imunocompetência e reprodução.

As espécies reativas de oxigênio são neutralizadas no organismo por variado grupo de substâncias definidas como antioxidantes. O sistema de defesa antioxidante, usualmente, é dividido como de natureza enzimática e não enzimática. Os componentes desse sistema são essenciais para todos os organismos aeróbicos, pois limitam os níveis intracelulares de tais espécies reativas e controlam a ocorrência de danos deles decorrentes (BARBOSA et al., 2010).

O sistema de defesa enzimático inclui as enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutathione peroxidase (GSH-Px). Essas enzimas agem por meio de mecanismos de prevenção, impedindo e/ou controlando a formação de ROS. O sistema de defesa não enzimático, por sua vez, é constituído por grande variedade de substâncias antioxidantes, que podem ter origem endógena ou dietética, entre as quais se destacam: substâncias lipossolúveis (vitamina A, E, carotenoides e ubiquinonas), hidrossolúveis (ácido ascórbico, ácido úrico, taurina e pigmentos da bile) e os minerais (cromo, selênio, zinco, cobre, ferro) (CONEGLIAN et al., 2011).

Animais mantidos em sistema de produção intensivo estão mais sujeitos ao estresse oxidativo, devido aos vários fatores envolvidos, desde genéticos, ambientais e de manejo (EDENS; SEFTON, 2016). Assim, o estresse por calor eleva a peroxidação lipídica em aves

(SAHIN et al., 2005), pois ocasiona um quadro de hipertermia, condição predisponente para geração e acúmulo excessivo de ROS (TAWFEEK; HASSANIN; YOUSSEF, 2014). Quando esta produção excede a defesa antioxidante do organismo, ocorre disfunção das células (MAINI et al., 2007), queda no desempenho produtivo, alteração no sistema imunológico, além da deterioração da qualidade da carne (ZHANG et al., 2012), entretanto, o aumento da peroxidação lipídica nos tecidos pode ser atenuada com o uso de antioxidantes (OKUTAN et al., 2005).

### 2.3 Vitamina C na nutrição de frangos de corte

As vitaminas são definidas como um grupo de compostos orgânicos complexos, requeridas em pequenas quantidades pelo organismo para a manutenção da saúde, crescimento e reprodução (RUTZ; LOPES; LUVIZOTTO, 2017). São classificadas quanto à solubilidade, em vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) e hidrossolúveis (C e vitaminas do complexo B).

O termo vitamina C refere-se aos compostos que exibem atividade de L-ácido ascórbico e está presente sob duas formas: ácido ascórbico (reduzida) e ácido desidroascórbico (oxidada). É a mais lábil das vitaminas, sendo muito susceptível à destruição por oxidação, uma alteração que é acelerada por calor e exposição a agentes pró-oxidantes (RUTZ; ANCIUTI; MAIER, 2014).

Com a fórmula química  $C_6H_8O_6$ , a vitamina C pertence a um grupo orgânico chamado de alfacetolactona que são ácidos carboxílicos que se transformam em ésteres cíclicos, formando um anel lactona com cinco membros e um grupo enadiol bifuncional com um grupo carbonilo adjacente (Figura 1) (VANNUCCHI; ROCHA, 2012).

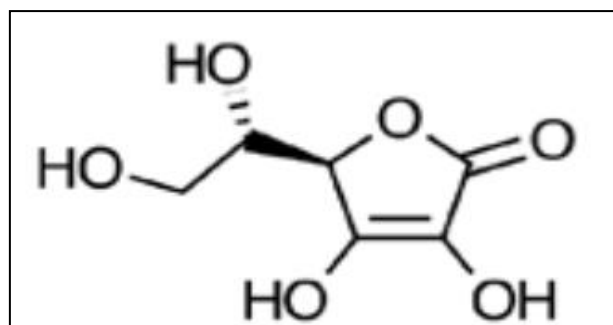


Figura 1 – Estrutura química da vitamina C

Fonte: Adaptado de Nunes (1998)

A vitamina C ingerida é absorvida, principalmente, no jejuno e íleo, mediante transporte ativo dependente de íons de sódio, processo saturável relacionado com a concentração presente no lúmen intestinal, ou seja, é prontamente absorvida quando as quantidades ingeridas são baixas, no entanto, quando há excesso desta vitamina, a absorção intestinal é limitada (MCDOWELL, 2000). Após absorção, o ácido ascórbico é inicialmente convertido à dehidroascorbato e pode então ser reduzido nas células de volta a ácido ascórbico (JOHNSTON; STEINBERG; RUCKER, 2007). Em geral, a vitamina C não é tóxica e o armazenamento se dá em pequena quantidade. Transportada no plasma pela albumina, o organismo utiliza o necessário e elimina o excesso via urina (TEIXEIRA; ABREU, 2011).

Sólido de cor branca e solúvel em água, a vitamina C é produzida industrialmente a partir da glicose, por síntese química, fermentativa e por métodos mistos de ambos (SORIO, 2012). A técnica denominada processo Reichstein, desenvolvida na década de 1930, envolve seis etapas químicas e uma rota fermentativa para oxidação de D-sorbitol em L-sorbose. A técnica mais atual, denominada método de dupla fermentação, utiliza cepas bacterianas geneticamente modificadas para uma segunda etapa fermentativa, substituindo parte das etapas químicas (HANCOCK; VIOLA, 2002). Os microrganismos responsáveis pelo processo fermentativo são do gênero *Acetobacter* ou *Gluconobacter*, pertencentes à família de bactérias *Pseudomonaceae* (SORIO, 2012).

Na forma comercial, o ácido ascórbico apresenta-se revestido com etilcelulose, visando reduzir a perda de atividade durante o armazenamento das dietas e para que a sua dissolução no organismo ocorra no meio alcalino, especificamente no intestino (PHARMANOSTRA, 2012).

Metabolicamente a vitamina C está envolvida em diversas funções somáticas, atuando como cofator enzimático em reações fundamentais no organismo animal, como na biossíntese do colágeno, síntese e metabolismo de neurotransmissores, conversão da vitamina D3 para a forma ativa 1,25(OH)2D3, manutenção do epitélio da mucosa e da parede dos vasos, participa também da formação dos glóbulos vermelhos do sangue e do controle dos níveis de corticosteroides circulantes (MAHMOUD et al., 2014).

No metabolismo energético animal, a vitamina C atua convertendo o colesterol em sais biliares, responsáveis pelo processo de digestão e absorção dos lipídeos (MOORES, 2013) e como coenzima para biossíntese de carnitina, que transporta os ácidos graxos do citoplasma para a matriz mitocondrial para serem oxidados e gerar substrato energético (MARZZOCO; TORRES, 2007). Pode atuar também na biodisponibilidade do ferro, já que o mantém na forma reduzida (ferroso, Fe<sup>2+</sup>), estimulando sua absorção (MAHMOUD et al., 2014).

O ácido ascórbico tem a capacidade de ceder e receber elétrons, o que lhe confere um papel essencial como antioxidante (ABIDIN; KHATOON, 2013). Dessa forma, a vitamina C participa do sistema natural de proteção, assumindo a função de prevenir a peroxidação lipídica, protegendo as células contra os danos oxidativos decorrentes da produção e acúmulo de espécies reativas de oxigênio (CONEGLIAN et al., 2011).

Os níveis de vitamina C são elevados nas células fagocíticas, uma vez que estas células utilizam espécies reativas de oxigênio para a resposta aos patógenos invasores (MCDOWELL, 2000). Portanto, ao reduzir ou inibir a formação de radicais livres, a vitamina C pode melhorar a imunocompetência do organismo (HASSELQUIST; NILSSON, 2012), mantendo a integridade estrutural e funcional do sistema imunológico.

Classificada como uma vitamina não essencial para aves, pois as mesmas sintetizam em quantidade suficiente para atender a demanda do organismo (RUTZ; ANCIUTI; MAIER, 2014), a síntese de vitamina C em frangos de corte ocorre predominantemente nos rins, por meio da enzima gulonolactona oxidase utilizando como substrato a glicose-1-fosfato (KHAN et al., 2012), com isso, as exigências nutricionais de ácido ascórbico para aves domésticas são desconhecidas, não sendo um nutriente rotineiramente adicionado na dieta desses animais.

Condições de estresse, principalmente decorrentes da temperatura ambiente elevada, podem interferir no sistema enzimático envolvido na biossíntese desta vitamina, assim como reduzir a absorção intestinal, alterando as exigências desse nutriente e suas funções fisiológicas, com prejuízo no desempenho zootécnico das aves (IMIK et al., 2013). Além disso, em frangos de corte jovens há uma taxa lenta da síntese de ascorbato, somada às condições de estresse que o pintinho está sujeito, tais com crescimento rápido, exposição a temperaturas fora da zona de conforto térmico, fome, vacinação e doenças, o que pode resultar em aumento da exigência de vitamina C na fase pré-inicial (MCDOWELL, 2000).

Nesse contexto, a suplementação de rações com vitamina C tem sido estudada como alternativa para redução de estresse em frangos de corte, podendo promover aumento dos níveis de triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) circulantes (PERAI et al., 2014), resultando no aumento do metabolismo e no consumo de ração em aves mantidas sob estresse por calor. Também, por seu efeito antioxidante, pode melhorar o status imunológico das aves e a qualidade sanitária e nutricional dos produtos de origem animal (ABIDIN; KHATOON, 2013).

Conduzindo um experimento com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação de antioxidantes sobre o desempenho e indicadores fisiológicos de frangos de corte estressados pelo calor ( $38 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ ) na fase inicial de criação, Mahmoud et al. (2014) observaram que a adição de

250 mg de vitamina C/kg da dieta reduziu os níveis séricos de corticosterona, aumentando a capacidade do organismo em responder ao agente estressor.

McKee; Harrison (2013), ao suplementarem 400 mg de ácido ascórbico na dieta de frangos de corte estressados pelo calor (34°C), verificaram redução na frequência respiratória das aves e associaram ao efeito da vitamina no metabolismo energético, resultando em maior eficiência na utilização dos lipídeos como fonte de energia, e, conseqüentemente, menor incremento calórico, o que poderia melhorar a tolerância das aves ao calor.

Abioja et al. (2011) pesquisaram a inclusão de vitamina C (500 mg/kg) sobre o desempenho de frangos de corte no período de 28 a 56 dias de idade, em condições naturais de estresse por calor ( $27,6 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ ) e observaram melhora no rendimento de peito. De forma semelhante, conduzindo um experimento para avaliar a suplementação de vitamina C sobre os parâmetros de desempenho e rendimento de carne de frango de 1 a 35 dias de idade, mantidos em ambiente quente (29°C) e úmido (83%), Ali et al. (2010) relataram maior rendimento de peito com a adição de 135 mg de vitamina C/kg de ração.

Attia et al. (2009) avaliaram o efeito da suplementação de vitamina C (250 mg/kg) sobre o desempenho, perfil bioquímico e indicadores fisiológicos de frangos de corte submetidos ao estresse por calor cíclico (quatro horas a  $38 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ ) e observaram melhora no consumo de ração e nos parâmetros fisiológicos, apontado pela redução da glicose plasmática, triglicérides, proteínas totais, da temperatura retal e na taxa respiratória das aves alimentadas com vitamina C.

Sahin; Kuçuk (2003) analisaram o efeito da suplementação de vitamina C (250 mg/kg) em dietas de frangos de corte mantidos em ambiente de elevada temperatura (32°C) e observaram melhora na resposta imune e no desempenho animal, indicado pelo aumento nas concentrações de triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), e da insulina, e redução nas concentrações séricas de corticosterona, colesterol, glicose e proteínas totais.

Estudos que relacionam o estresse térmico e a vitamina C para frangos de corte ainda são inconsistentes e contraditórios, o que dificulta o estabelecimento das exigências e os níveis economicamente viáveis de suplementação desta vitamina, uma vez que o alto custo deste produto implica em utilizar o menor nível possível, com conseqüente resposta produtiva satisfatória.

#### **2.4 Selênio na nutrição de frangos de corte**

O selênio é um micromineral, que foi isolado e identificado em 1817, por Jons Jakob Berzélius (COZZOLINO, 2005). Trata-se de um elemento importante para o pleno

funcionamento do organismo animal, pois participa de várias funções metabólicas por meio das selenoproteínas, com destaque para as mais importantes fisiologicamente: glutathione peroxidase (GSH-Px), tioredoxina redutase, iodotironina deiodinase (SKRIVAN et al., 2012).

Em geral, pode ser resumido como a principal função do selênio, seu potencial antioxidante como componente essencial do sítio ativo da enzima GSH-Px. A família das glutathionas desempenha papel relevante dentro do sistema antioxidante, catalisando a redução de peróxido de hidrogênio e hidroperóxidos lipídicos e, com isso, impedindo a formação de compostos altamente lesivo para as estruturas biológicas (WANG; XU, 2008).

A atividade da GSH-Px pode ter correlação positiva com a ingestão de selênio (CHADIO et al., 2014), sendo necessário aporte adequado desse micromineral para sua síntese (GOMES et al., 2011). A deficiência de selênio pode tornar as células mais suscetíveis ao processo oxidativo, causando danos nas moléculas e membranas biológicas (SURAI; FISININ, 2014).

O selênio tem ação efetiva no metabolismo dos hormônios tireoidianos, principalmente, na conversão da forma inativa do pró-hormônio tiroxina (T4), na forma metabolicamente ativa 3,3,5 triiodotironina (T3), sendo a enzima selenoproteína iodotironina deiodinase responsável pela conversão hepática do T4 em T3 (FAN; YU; CHEN, 2009), existindo relatos de aumento da concentração e da atividade da iodotironina deiodinase, como consequência do aumento da ingestão de selênio (UPTON; EDENS; FERKET, 2008). O hormônio T3 é um importante promotor de crescimento em frangos de corte, influenciando o turnover proteico (VIEIRA et al., 2017). A deficiência de selênio pode afetar o crescimento animal, pela redução da síntese de T3.

Esse mineral pode ser encontrado tanto na forma de compostos inorgânicos como orgânicos. O selenito de sódio representa a forma mais comum de suplementação de selênio inorgânico em rações para frangos de corte, enquanto na forma orgânica se destacam selenocisteína e selenometionina, produzidas a partir de cultura de levedura, normalmente *Saccharomyces cerevisiae*, enriquecida com selênio inorgânico (OLIVEIRA, 2006). As semelhanças químicas levam a levedura a incorporar o selênio no lugar do enxofre, durante a formação dos seus compostos celulares, inclusive de proteínas (PAN et al., 2010).

As duas formas de selênio, inorgânica e orgânica, podem ser adicionadas às dietas de frangos de corte, mas são bastante distintas em suas propriedades químicas, sendo absorvidas e metabolizadas de forma diferente (MAIORKA; MACARI, 2008). O selênio inorgânico é absorvido por transportadores intestinais clássicos de minerais, com o excesso desta forma de selênio excretado do organismo e pouco retido nos tecidos (SURAI; FISININ, 2014). Quando ligado a moléculas orgânicas, a biodisponibilidade do mineral aumenta, pois ele passa a ser

absorvido de maneira diferenciada pelos carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos, melhorando a eficiência de utilização pelo organismo, sendo prontamente armazenado por períodos mais longos (SCHRAUZER, 2000).

Partindo do pressuposto de que fontes orgânicas são mais facilmente absorvidas e retidas pelas aves (OLIVEIRA et al., 2014), essa forma de suplementação pode atuar reduzindo a excreção deste micromineral e, com isso, minimizar o impacto ambiental dos dejetos, enquanto o desempenho é mantido (MEDEIROS et al., 2012) ou mesmo melhorado (BOIAGO et al., 2013).

Quanto a deposição hepática, Gomes et al. (2011) observaram diferentes teores de selênio no fígado de frangos de corte segundo a fonte estudada, em que o uso das fontes orgânicas sempre resultou em menor deposição hepática quando comparado a fonte inorgânica, independentemente do nível utilizado. Esse comportamento de acúmulo, levando em consideração os aspectos fisiológicos, denota risco em potencial quando se avalia a sobrecarga hepática desse elemento, podendo desencadear processos de intoxicação.

Segundo Rostagno et al. (2011), a quantidade recomendada para suplementação de selênio em dietas para frangos de corte, em cada fase de vida, é 0,375; 0,330; 0,300 e 0,225 mg/kg de ração, para as fases de 1 a 7, 8 a 21, 22 a 33 e 34 a 42 dias, respectivamente. Entretanto, os níveis recomendados são baseados em trabalhos realizados em condições controladas, não avaliando o melhor desempenho nas condições de desafio encontradas a campo.

**3 CAPÍTULO I**  
(Artigo científico)

**Vitamina C e selênio para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade**



## **Vitamina C e selênio para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade**

Mabell Nery Ribeiro<sup>(1)</sup> e João Batista Lopes<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Pará, Pará, Brasil. E-mail: mabell.ribeiro@ifpa.edu.br <sup>(2)</sup>Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Piauí, Brasil. E-mail: lopesjb@uol.com.br

**Resumo-** A pesquisa foi desenvolvida para avaliar o efeito da suplementação de vitamina C e selênio na dieta sobre os parâmetros de desempenho, características de carcaça, peso de órgãos linfoides, digestivos e coração de frangos de corte, mantidos em ambiente de alta temperatura, bem como a viabilidade econômica das rações, no período de 1 a 21 dias de idade. Foram utilizados 700 pintos, distribuídos em delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 3 + 1, sendo dois níveis de vitamina C (150 mg e 300 mg de ácido ascórbico revestido/kg de ração), associados a três níveis de selênio (0,2 mg, 0,4 mg e 0,6 mg de selênio levedura/kg de ração) e uma dieta controle (sem suplementação de vitamina C e selênio, mas com níveis basais de 0,3 mg de selenito de sódio/kg de ração, conforme estabelecido pelo fabricante do premix), totalizando sete tratamentos e cinco repetições, com vinte aves por unidade experimental. O experimento foi dividido em duas fases, 1 a 7 dias e 1 a 21 dias de idade. As dietas suplementadas com 150 mg e 300 mg de vitamina C/kg de ração combinados com níveis de 0,2 mg, 0,4 mg e 0,6 mg de selênio/kg de ração, não melhoram o consumo de ração, o ganho de peso e o índice de eficiência produtiva de frangos de corte, no período de 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade. Porém, os níveis de selênio, de forma independente, reduzem a conversão alimentar na fase pré-inicial. O nível de suplementação de 300 mg de vitamina C/kg de ração melhora a viabilidade criatória na fase total de 1 a 21 dias em relação à adição de 150 mg da vitamina nas dietas. O fornecimento de dietas contendo 300 mg de vitamina C/kg de ração melhora o rendimento de peito das aves aos 21 dias de idade, quando suplementadas com 0,4 mg de selênio/kg de ração. Na fase inicial de criação, o peso de órgãos linfoides, digestivos e coração de frangos de corte estressados naturalmente por calor, não é influenciado pela suplementação de vitamina C e selênio nas rações, com exceção da bolsa cloacal, que aumenta com o incremento dessa vitamina. A dieta controle (sem adição de vitamina C e selênio) mostrou-se mais econômica para frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade.

**Termos para indexação:** antioxidante, desempenho produtivo, nutrientes funcionais, órgãos, temperatura

## **Vitamin C and selenium for broilers from 1 to 21 days of age**

**Abstract-** This research was developed to evaluate the effects of adding levels of vitamin C and organic selenium in broiler chickens diet, by assessing their performance parameters, carcass characteristics, heart, lymphoid and digestive organ's weight, kept in high temperature environment, as well as the economic viability of rations, from 1 to 21 days old chicks. A total of 700 chicks were distributed in a randomized block design, in a 2 x 3 + 1 factorial scheme. It was used two levels of vitamin C levels (150 and 300 mg ascorbic acid /kg of rations), and three levels of organic selenium (0.2, 0.4 and 0.6 mg selenium/kg of rations) and a control diet (without supplementation of vitamin C and selenium, but with base levels of 0.3 mg sodium selenite /kg of rations, as established by the premix manufacturer), reaching a total of seven treatments and five repetitions, with twenty birds per experimental unit. The experiment was split into two stages, 1 to 7 days and 1 to 21 days old of broilers. Diets supplemented with 150 and 300 mg of vitamin C/kg of rations combined with levels of organic selenium ranging from 0.2, 0.4 and 0.6 mg/kg of ration do not improve feed intake, weight gain and the productive efficiency index of broilers, from 1 to 7 and from 1 to 21 days old. However, additional levels of selenium, independently, reduce feed conversion in the pre-initial phase. The supplementation level of 300 mg of vitamin C/kg of ration improves breeding viability of the total period, 1 to 21 days. The supply of diets containing 300 mg of vitamin C/kg of ration improves the yield of breast of the birds at 21 days, when supplemented with 0.4 mg of organic selenium/kg of ration. In the initial stage, weight of heart, lymphoid and digestive organs' of broilers chickens in conditions of high temperature are not influenced by addition of vitamin C and selenium to the rations, except for the cloacal pouch, which increases with the addition of this vitamin. The control diet (without addition of vitamin C and selenium) shown more viable for broilers in the 1 to 21 days old.

**Index terms:** antioxidant, productive performance, functional nutrients, organs, temperature

### **Introdução**

O caráter industrial da avicultura brasileira, impulsionado pelo crescimento do plantel de alto padrão genético e do consumo per capita da carne de frango, tem permitido o desenvolvimento da atividade nas mais diferentes regiões do Brasil. Os resultados positivos alcançados pela avicultura no decorrer dos anos são reflexos das constantes transformações verificadas nos processos de produção, amparadas em pesquisas nas áreas de nutrição animal, melhoramento genético, sanidade e ambiência.

Na região Nordeste do Brasil, a avicultura de corte ocupa posição de destaque como atividade agroindustrial, impactando a economia da maioria dos Estados e com forte tendência a expansão. Entretanto, as altas temperaturas registradas, com grandes amplitudes térmicas diárias, principalmente no Piauí, têm se tornado um desafio para a obtenção de melhores índices produtivos.

Buscando a consolidação da produção de frango de corte em regiões quentes, fica evidente a necessidade de se estudar alternativas que efetivamente possam reduzir o impacto negativo da alta temperatura ambiente sobre as respostas fisiológicas e produtivas das aves (Suganya et al., 2015). Neste contexto, os nutrientes funcionais, caracterizados por promoverem benefícios à saúde animal, além de nutrir, têm se destacado, principalmente aqueles que exibem características antioxidantes e imunomoduladoras (Yoo et al., 2016), como a vitamina C e o selênio.

A vitamina C é um antioxidante hidrossolúvel que previne a peroxidação lipídica e aumenta a degradação de corticosteroides liberados durante o estresse (Seven & Seven, 2009), sendo naturalmente sintetizada nos rins pelas aves (Rutz et al., 2014), não se constitui um nutriente rotineiramente adicionado na dieta desses animais. Entretanto, aves expostas ao estresse excessivo podem apresentar a síntese desse nutriente reduzida (Imik et al., 2013), com exigência metabólica superior ao máximo que podem produzir (Rutz et al., 2014).

O selênio, por sua vez, é um nutriente importante para o crescimento e pleno funcionamento do organismo animal, tendo como principal função ser componente essencial da enzima glutathione peroxidase (Skrivan et al., 2012), que desempenha a importante função de catalisar a redução do peróxido de hidrogênio e hidroperóxidos lipídicos e, com isso, impedir a formação de compostos altamente lesivo para as estruturas do organismo (Wang & Xu, 2008).

Dessa forma, considerando-se que a literatura existente dispõe de informações limitadas sobre associação desses nutrientes, a pesquisa foi desenvolvida para avaliar o efeito da suplementação de vitamina C e selênio na dieta sobre os parâmetros de desempenho, características de carcaça, peso de órgãos linfoides, digestivos e coração de frangos de corte, em condições naturais de estresse por calor, bem como a viabilidade econômica das rações, no período de 1 a 21 dias de idade.

### **Material e Métodos**

A pesquisa foi conduzida nos galpões de desempenho do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), em Teresina.

O município de Teresina situado na latitude 05° 05' 21'' sul e longitude 42° 48' 07'' oeste, apresenta clima do tipo tropical úmido e está localizada próxima à linha do equador, registrando temperaturas máximas médias de 36,5°C, umidade relativa média de 60% e precipitação média abaixo dos 50 mm, nos meses mais quentes do ano (Prefeitura Municipal de Teresina, 2015).

O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Piauí, parecer registrado sob o N° 355/17.

Para a instalação do experimento, foram selecionados 700 pintos machos de um dia de idade da linhagem Ross, com peso médio inicial de  $40,0 \pm 0,20$  g.

As aves foram distribuídas em delineamento em blocos ao acaso, em função da disposição dos galpões, em esquema fatorial  $2 \times 3 + 1$ , sendo dois níveis de vitamina C (150 mg e 300 mg de ácido ascórbico revestido/kg de ração), associados a três níveis de selênio (0,2 mg, 0,4 mg e 0,6 mg de selênio levedura/kg de ração) e uma dieta controle (sem suplementação de vitamina C e selênio, mas com níveis basais de 0,3 mg de selenito de sódio/kg de ração, conforme estabelecido pelo fabricante do premix), totalizando sete tratamentos e cinco repetições. A unidade experimental foi representada por 20 aves/boxe, utilizando-se 35 boxes, com área de 3 m<sup>2</sup> providos de comedouros tubulares e bebedouros automáticos pendulares, localizados em galpão de alvenaria coberto de telhas de cerâmica e piso cimentado.

Os frangos de corte receberam uma dieta pré-inicial até os sete dias de idade (Tabela 1) e, posteriormente, uma dieta para a fase inicial, dos 8 aos 21 dias de idade (Tabela 2), formuladas para atender as exigências nutricionais das aves segundo Rostagno et al. (2011), com água limpa *ad libitum* e aquecimento dos pintinhos com lâmpadas incandescente, quando necessário.

O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar dos galpões foi realizado por meio de termo-higrômetros de máxima e mínima, bulbo seco e bulbo úmido e de globo negro, posicionados no centro do galpão, à altura do dorso das aves. As leituras dos termômetros foram realizadas duas vezes ao dia (8 e 16 horas), com exceção do termo-higrômetro digital de máxima e mínima, aferido somente pela manhã, durante todo o período experimental. As temperaturas foram, posteriormente, convertidas em Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington et al. (1981), no qual  $ITGU = 0,72 (T_{bu} + T_{gn}) + 40,6$ , em que:  $T_{bu}$  = 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-se lâmpadas incandescentes.

Tabela 1- Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial (1 a 7 dias de idade)

Ingredientes (%)	Níveis de vitamina C/Níveis de Selênio (mg/kg)						
	0/0	150/0,2	150/0,4	150/0,6	300/0,2	300/0,4	300/0,6
Milho (7,88% PB)	56,470	56,470	56,470	56,470	56,470	56,470	56,470
Farelo de soja (48% PB)	36,680	36,680	36,680	36,680	36,680	36,680	36,680
Óleo vegetal	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210
Fosfato bicálcico	1,880	1,880	1,880	1,880	1,880	1,880	1,880
Calcário calcítico	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873
Sal comum (NaCl)	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507
L-Lisina-HCl (78%)	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
DL-Metionina (98%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Premix <sup>1</sup>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Selenio <sup>2</sup>	0,000	0,020	0,040	0,060	0,020	0,040	0,060
Vitamina C <sup>3</sup>	0,000	0,015	0,015	0,015	0,031	0,031	0,031
Material inerte (caulim)	0,255	0,220	0,200	0,180	0,204	0,184	0,164
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Proteína bruta (%)	22,200	22,200	22,200	22,200	22,200	22,200	22,200
EM (kcal/kg)	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950
Lisina digestível (%)	1,310	1,310	1,310	1,310	1,310	1,310	1,310
Metionina digestível (%)	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655
Metionina + cistina digestível (%)	0,961	0,961	0,961	0,961	0,961	0,961	0,961
Treonina digestível (%)	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758
Triptofano digestível (%)	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252
Cálcio (%)	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920
Fósforo disponível (%)	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470
Sódio (%)	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220
Selênio (mg/kg)	0,300	0,500	0,700	0,900	0,500	0,700	0,900
Vitamina C	0,000	150,000	150,000	150,000	300,000	300,000	300,000

<sup>1</sup>Níveis de garantia por kg do produto, recomendado para 100 kg de ração: ferro: 4.000,00 mg; cobre: 1.000,00 mg; magnésio: 7.000,00 mg; zinco: 6.000,00 mg; iodo: 100,00 mg; selênio: 30,40 mg; vitamina A: 920.000,00 UI; vitamina D3: 230.000,00 UI; vitamina E: 1.954,40 UI; vitamina K3: 230,40 mg; vitamina B1: 206,40 mg; vitamina B2: 690,40 mg; niacina: 4.024,80 mg; ácido pantotênico: 1.264,80 mg; vitamina B6: 298,40 mg; ácido fólico: 115,20 mg; biotina: 6,32 mg; vitamina B12: 1.500,00 mcg; colina: 50,00 g; lisina: 110,00 g; metionina: 350,00 g; nicarbazina: 12,50 mg / 5.000,00 mg; enramicina: 1.000,00 mg; <sup>2</sup>Níveis de garantia: Selênio levedura (mín.): 2.000,00 mg/kg; <sup>3</sup>Níveis de garantia: vitamina C revestida – ácido ascórbico 97,68%.

Tabela 2- Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte na fase inicial (8 a 21 dias de idade)

Ingredientes (%)	Níveis de vitamina C/Níveis de Selênio (mg/kg)						
	0/0	150/0,2	150/0,4	150/0,6	300/0,2	300/0,4	300/0,6
Milho (7,88% PB)	60,770	60,770	60,770	60,770	60,770	60,770	60,770
Farelo de soja (48% PB)	33,104	33,104	33,104	33,104	33,104	33,104	33,104
Óleo vegetal	2,068	2,068	2,068	2,068	2,068	2,068	2,068
Fosfato bicálcico	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485
Calcário calcítico	0,886	0,886	0,886	0,886	0,886	0,886	0,886
Sal comum (NaCl)	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482
L-Lisina-HCl (78%)	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103
DL-Metionina (98%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Premix <sup>1</sup>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Selenio <sup>2</sup>	0,000	0,020	0,040	0,060	0,020	0,040	0,060
Vitamina C <sup>3</sup>	0,000	0,015	0,015	0,015	0,031	0,031	0,031
Material inerte (caulim)	0,102	0,067	0,047	0,027	0,051	0,031	0,011
<b>TOTAL</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Proteína bruta (%)	20,800	20,800	20,800	20,800	20,800	20,800	20,800
EM (kcal/kg)	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Lisina digestível (%)	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174
Metionina digestível (%)	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
Metionina + cistina digestível (%)	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890
Treonina digestível (%)	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710
Triptofano digestível (%)	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232
Cálcio (%)	0,819	0,819	0,819	0,819	0,819	0,819	0,819
Fósforo disponível (%)	0,391	0,391	0,391	0,391	0,391	0,391	0,391
Sódio (%)	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Selênio (mg/kg)	0,300	0,500	0,700	0,900	0,500	0,700	0,900
Vitamina C (mg/kg)	0,000	150,000	150,000	150,000	300,000	300,000	300,000

<sup>1</sup>Níveis de garantia por kg do produto, recomendado para 100 kg de ração: ferro: 4.000,00 mg; cobre: 1.000,00 mg; magnésio: 7.000,00 mg; zinco: 6.000,00 mg; iodo: 100,00 mg; selênio: 30,40 mg; vitamina A: 800.000,00 UI; vitamina D3: 200.000,00 UI; vitamina E: 1.700,00 UI; vitamina K3: 200,00 mg; vitamina B1: 180,00 mg; vitamina B2: 600,00 mg; cianina: 3.500,00 g; ácido pantotênico: 1.100,00 mg; vitamina B6: 260,00 mg; ácido fólico: 100,00 mg; biotina: 5,52 mg; vitamina B12: 1.304,00 mcg; colina: 47,50 g; lisina: 80,00 g; metionina: 310,00 gramas; nicarbazina + narasina: 5.000,00 mg / 5.000,00 mg; enramicina: 1.000,00 mg; <sup>2</sup>Níveis de garantia: Selênio levedura (mín.): 2.000,00 mg/kg; <sup>3</sup>Níveis de garantia: vitamina C revestida – ácido ascórbico 97,68%.

Os parâmetros de desempenho avaliados nos períodos de 1 a 7 e de 1 a 21 dias de idade foram: ganho de peso (kg/ave), consumo de ração (kg/ave), conversão alimentar (kg/kg), viabilidade criatória (%) e índice de eficiência produtiva, bem como rendimento de carcaça, cortes, gordura abdominal, peso absoluto e relativo de órgãos linfoides, peso relativo de órgãos digestivos e coração, aos 21 dias de idade.

O consumo de ração no período de 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade foi calculado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida no início do período experimental, e as sobras das rações

testadas. Para determinar o ganho de peso, as aves foram pesadas no início e no final de cada fase. A partir dos dados de consumo de ração e de ganho de peso, foi calculado a conversão alimentar dos animais.

A Viabilidade Criatória (VC) e o Índice de Eficiência Produtiva (IEP) foram calculados segundo as fórmulas:  $VC = 100 - (\% \text{ de aves mortas})$ ; e  $IEP = (GP \times VC) / (I \times CA) \times 100$ , em que: GP é o ganho de peso das aves (kg), VC é a viabilidade criatória (%), I é a idade em dias e CA é a conversão alimentar (Stringhini et al., 2006).

No 21º dia, o experimento foi finalizado e duas aves de cada unidade experimental (70 no total), com peso corporal próximo ao da média da parcela ( $\pm 10\%$ ) foram submetidas a jejum alimentar de 12 horas, sendo em seguida abatidas para avaliar as características de carcaça, rendimento de gordura abdominal e peso relativo de vísceras comestíveis (coração, fígado e moela), conforme procedimento de abate preconizado pelo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (Brasil, 2017).

Na determinação do rendimento de carcaça levou-se em consideração o peso da carcaça depenada e eviscerada (sem pés, com cabeça e pescoço) e o peso vivo das aves após jejum. Foi considerada gordura abdominal todo o tecido adiposo aderido ao redor da bolsa cloacal, moela e dos músculos abdominais adjacentes.

Durante o abate, os órgãos linfoides (baço, bolsa cloacal e timo) e demais órgão digestivos (pâncreas, intestino e proventrículo) também foram coletados, secos em papel toalha e pesados em balança analítica de precisão de 0,001g.

Para os cálculos da viabilidade econômica das rações, foram consideradas as seguintes variáveis primárias: consumo médio da ração (kg) (CMR), custo da ração (kg) (CR), ganho de peso médio (kg) (GPM), peso vivo médio (kg) (PVM) e preço do frango vivo (kg) (PFV). Com base nos valores observados para essas variáveis primárias, foram obtidos, conforme Togashi (2004), os seguintes indicadores econômicos: a) custo médio de arraçamento (CMA) =  $CMR \times CR$ ; b) relação CMA/GPM; c) renda bruta média (RBM) =  $PVM \times PFV$ ; d) margem bruta média (MBM) =  $RBM - CMA$ . Estimou-se a margem bruta (MB), considerando-se:  $MB = (\text{kg frango produzido} \times \text{preço de venda do frango}) - (\text{preço da ração} \times \text{ração consumida})$ , envolvendo os preços dos ingredientes das rações. Para avaliar o efeito na lucratividade, foi utilizado o Índice Bioeconômico (IBE), em que  $IBE = \text{ganho de peso} - (Z \times CR)$ , sendo Z a relação entre o preço do kg de ração e o preço do kg do frango vivo.

O preço médio do quilograma do frango vivo (R\$ 3,50) foi obtido no comércio local do município de Teresina- PI, enquanto que o preço do quilograma da ração foi considerado a partir

dos preços de aquisição dos demais ingredientes no período de fevereiro de 2017 (milho - R\$ 0,70; farelo de soja 48% - R\$ 1,83; óleo de soja – R\$ 3,20; fosfato bicálcico – R\$ 4,64; calcário – R\$ 0,35; sal comum – R\$ 0,85; suplemento vitamínico e mineral - R\$ 19,60; DL-metionina – R\$ 28,00; L-lisina HCL – R\$ 12,00; inerte (caulim) – R\$ 0,40; vitamina C – R\$ 120,00 e selênio levedura – R\$ 10,67).

Os dados de temperatura, umidade relativa do ar e ITGU foram calculados pela média e por desvio padrão. Os parâmetros de desempenho produtivo, característica de carcaça e pesos de órgãos foram submetidos à avaliação de homogeneidade e normalidade, os outliers identificados foram removidos. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise da variância, e quando significativos, os níveis de suplementação de vitamina C foram comparados pelo teste de Tukey e para os níveis de selênio usou-se a análise de regressão. No confronto de cada tratamento com a dieta controle, aplicou-se o teste de Dunnett, segundo os procedimentos estatísticos do PROC GLM do software SAS (Statistical Analysis System, 2002). Considerou-se o  $\alpha = 0,05$ .

### Resultados e Discussão

As médias das temperaturas máximas registradas, oscilando entre 33,25 e 34,11°C (Tabela 3) mantiveram-se acima da temperatura ideal para frangos de corte, sendo o estresse por calor mais evidente na segunda e terceira semana de vida. As médias das temperaturas mínimas variando entre 22,30 e 23,90°C estiveram no limite da zona de termoneutralidade, e ocasionalmente, apresentaram oscilação com valores inferiores aos considerados ideais, constatando-se que, possivelmente, as aves também foram expostas a condições de estresse por frio em determinados horários do dia.

Tabela 3- Condições ambientais observadas durante o período experimental<sup>1</sup>

Semana	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)	ITGU
	Mínima	Máxima		
1 <sup>a</sup>	22,30 ± 0,97	33,25 ± 1,05	64,31 ± 5,97	80,80 ± 1,68
2 <sup>a</sup>	22,91 ± 1,56	33,43 ± 1,70	64,56 ± 3,99	80,88 ± 1,68
3 <sup>a</sup>	23,90 ± 0,89	34,11 ± 0,89	66,71 ± 2,16	81,99 ± 0,56
Média	23,04 ± 1,14	33,60 ± 1,21	65,19 ± 4,04	81,22 ± 1,31

<sup>1</sup>Valores médios. ITGU - Índice de Temperatura de Globo e Umidade.

A temperatura média do ambiente considerada confortável para frangos de corte na primeira semana de vida deve ser em torno de 31,3°C, na segunda semana, a faixa recomendada está entre 26,3 – 27,1°C e, na terceira semana, entre 22,5 - 23,2°C (Cassuce et al., 2013). O



ITGU ideal varia de 75,8 a 79,7; 71,9 a 74,4 e 68,7 a 71,7 na primeira, segunda e terceira semanas de vida das aves, respectivamente (Cândido et al., 2016).

Dessa forma, para alcançar índices zootécnicos adequados aos padrões da avicultura nacional, a condição ambiental deve ser manejada, na medida do possível, visando à permanência dos animais nas faixas de conforto térmico para cada idade. Nessas condições, as aves minimizam a energia destinada para a termogênese e processos de dissipação de calor e maximizam a energia destinada para a produção, o que implica em ganho de peso e conversão alimentar mais eficiente, dentre outros benefícios (Nascimento et al., 2014).

Não houve interação entre os fatores níveis de vitamina C e de selênio ( $P>0,05$ ) para as variáveis: consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, viabilidade criatória e índice de eficiência produtiva, no período de 1 a 7 dias de idade (Tabela 4). Também, não foi constatada diferença entre o tratamento controle e os tratamentos testes ( $P>0,05$ ) para as variáveis de desempenho na fase pré-inicial.

Tabela 4 - Desempenho produtivo de frangos de corte, de 1 a 7 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Consumo ração (kg/ave)								
0,116	150	0,110	0,112	0,113	0,112 <sup>a</sup>	10,18	0,8890	0,7956
	300	0,115	0,115	0,111	0,113 <sup>a</sup>			
	Média	0,112	0,113	0,112				
Ganho peso (kg/ave)								
0,110	150	0,104	0,110	0,110	0,108 <sup>a</sup>	9,57	0,5491	0,3692
	300	0,107	0,111	0,107	0,108 <sup>a</sup>			
	Média	0,106	0,111	0,109				
Conversão alimentar								
1,061	150	1,054	1,009	1,023	1,029 <sup>a</sup>	3,40	0,0476	0,0679
	300	1,074	1,034	1,039	1,049 <sup>a</sup>			
	Média	1,064	1,021	1,031				
Viabilidade criatória (%)								
100,000	150	98,000	99,400	98,000	98,467 <sup>a</sup>	1,94	1,0000	0,7908
	300	100,000	99,000	100,000	99,667 <sup>a</sup>			
	Média	99,000	99,200	99,000				
Índice de eficiência produtiva								
148,542	150	139,110	155,480	151,881	148,824 <sup>a</sup>	10,42	0,2303	0,1540
	300	142,599	152,353	146,835	147,262 <sup>a</sup>			
	Média	140,855	153,917	149,358				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ). <sup>2</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de selênio na dieta.

Com relação aos níveis isolados dos nutrientes estudados, verifica-se que a suplementação de selênio na dieta resultou em efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) na conversão alimentar das aves, no período de 1 a 7 dias de idade, segundo a equação:  $Y = - 0,08267x + 1,07196$  ( $R^2 = 0,52$ ). Para os demais parâmetros avaliados nessa fase, não houve influência dos níveis de vitamina C e de selênio adicionados à dieta ( $P > 0,05$ ).

As aves possuem necessidades nutricionais específicas na primeira semana de vida, justificada pelas características diferenciadas do trato gastrointestinal, bem como pela dificuldade em digerir e absorver nutrientes associados ao seu rápido desenvolvimento (Silva et al., 2010). Somado a isso, as condições ambientais constatadas durante a fase experimental apontam que, em determinados horários do dia, os pintinhos também foram expostos a condições de estresse por frio, o que pode resultar em produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (Yang et al., 2014).

O selênio em sua forma orgânica está presente na regulação e manutenção da homeostase corporal por meio das selenoproteínas, com destaque para a glutathiona peroxidase, o que possivelmente promoveu proteção contra a ação dos radicais livres produzidos durante a situação de estresse identificada (Gomes et al., 2012) e a melhora na resposta do organismo foi verificada na menor conversão alimentar das aves alimentadas com selênio na fase pré-inicial. Entretanto, em todos os tratamentos, os frangos de corte apresentaram conversão alimentar superior à esperada (0,834) para o período de 1 a 7 dias de idade (Aviagen Ross, 2017).

De modo análogo ao da fase pré-inicial, não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre os fatores estudados para os parâmetros relacionados ao desempenho, viabilidade da criação e índice de eficiência produtiva dos frangos de corte, no período total de 1 a 21 dias de idade (Tabela 5).

Na comparação das médias da viabilidade criatória de cada tratamento com a média do tratamento testemunha, pelo Teste de Dunnett, verifica-se que as aves suplementadas com 150 mg de vitamina C combinado com 0,6 mg de selênio/kg de ração apresentam viabilidade criatória 5% menor ( $P < 0,05$ ) quando comparadas as aves do grupo controle. Todavia, o mesmo efeito não foi observado para as demais variáveis no período de 1 a 21 dias de idade ( $P > 0,05$ ).

A vitamina C e o selênio tem influência sobre o aumento da concentração plasmática dos hormônios da tireoide (triiodotironina – T3 e tiroxina – T4). Os hormônios T3 e T4, em excesso, estimulam o metabolismo e exacerbam os efeitos do sistema nervoso simpático, causando aceleração de vários sistemas corporais. Como consequência, animais metabolicamente estressados estão mais suscetíveis à falência dos órgãos (Medeiros et al., 2012), acarretando piora na viabilidade criatória.

Tabela 5 - Desempenho produtivo de frangos de corte, de 1 a 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Controle <sup>1</sup>	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média <sup>2</sup>	CV (%)	Valor P <sup>3</sup>	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Consumo ração (kg/ave)								
1,140	150	1,113	1,112	1,115	1,113 <sup>a</sup>	6,05	0,9642	0,7615
	300	1,128	1,143	1,123	1,131 <sup>a</sup>			
	Média	1,120	1,128	1,119				
Ganho peso (kg/ave)								
0,877	150	0,856	0,861	0,868	0,862 <sup>a</sup>	5,06	0,7120	0,6243
	300	0,864	0,882	0,866	0,870 <sup>a</sup>			
	Média	0,860	0,872	0,867				
Conversão alimentar								
1,300	150	1,300	1,290	1,284	1,291 <sup>a</sup>	1,55	0,1927	0,6386
	300	1,305	1,296	1,297	1,299 <sup>a</sup>			
	Média	1,302	1,293	1,290				
Viabilidade criatória (%)								
100,000	150	98,000	98,000	95,000*	97,000 <sup>b</sup>	2,86	0,2442	0,8201
	300	100,000	98,000	100,000	99,333 <sup>a</sup>			
	Média	99,000	98,000	97,500				
Índice de eficiência produtiva								
321,454	150	307,358	311,942	306,488	308,596 <sup>a</sup>	5,71	0,9011	0,6622
	300	315,166	317,712	318,044	316,974 <sup>a</sup>			
	Média	311,262	314,827	312,266				

<sup>1</sup>Médias seguidas de asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett (P<0,05). <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). <sup>3</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de selênio na dieta.

Medeiros et al. (2012) relatam piora na viabilidade criatória como consequência da suplementação de níveis crescentes de selênio em dietas de frangos de corte no período de 1 a 35 dias de idade, e ressaltam que o uso de vitaminas e minerais em excesso, acima da exigência nutricional das aves, pode causar intoxicação, prejudicar o desempenho e, portanto, a lucratividade da produção. Por outro lado, Albuquerque et al. (2017) afirmam que a viabilidade criatória melhora com a suplementação de 0,3 mg de selênio orgânico/kg de ração, em frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, mantidos em condições naturais de estresse por calor cíclico (23,4 a 32,6°C).

A viabilidade criatória foi maior para o tratamento com a adição de 300 mg de vitamina C quando comparado com a adição de 150 mg dessa vitamina, independentemente do nível de selênio (P<0,05), sendo a constatação relevante do ponto de vista econômico, uma vez que resultou em menor mortalidade nos lotes alimentados com esse nível de vitamina.

As aves de todos os tratamentos apresentaram conversão alimentar pouco acima do previsto (1,238) para o período de 1 a 21 dias de idade (Aviagen Ross, 2017). No entanto, esperava-se que a suplementação de vitamina C e selênio melhorasse efetivamente o desempenho produtivo dos frangos de corte, uma vez que pesquisas têm comprovado que aves mantidas em condições de estresse por calor necessitam de maior aporte de vitaminas (Abidin & Khatoon, 2013) e minerais (Rajkumar et al., 2017), visto que altas temperaturas elevam a peroxidação lipídica (Sahin et al., 2005), além de reduzir a síntese de vitamina C (Rutz et al., 2014) e as concentrações plasmáticas de vitaminas e minerais com função antioxidante (Habibian et al., 2014), podendo alterar as exigências desses nutrientes.

Assim, tendo em vista que as dietas experimentais foram isoenergéticas e isoproteicas, a ausência de efeito da suplementação de vitamina C e selênio sobre os parâmetros de desempenho, não conferindo respostas superiores às apresentadas pelas aves que receberam a dieta controle, indicam que dieta basal atende às exigências nutricionais de frangos de corte no período de 1 a 7 e de 1 a 21 dias de idade, com níveis suficientes para atuar na defesa antioxidante e promover o crescimento adequado dos animais em ambas as fases estudadas.

As respostas observadas neste experimento indicam que, ao longo do seu desenvolvimento, os frangos de corte foram capazes de se adaptar e responder ao nível de estresse imposto pela temperatura. Com isso, possivelmente, as aves estavam em homeostase orgânica e devido a essa estabilidade oxidativa, não foram observadas melhoras no desempenho produtivo com a suplementação de vitamina C e selênio às dietas.

Os dados de desempenho deste experimento, vistos de uma maneira global, estão coerentes com os observados por Chen et al. (2013) e Rao et al. (2013), que não encontraram evidências suficientes para concluir que a suplementação de selênio orgânico em níveis de até 0,4 mg/kg de ração melhore o desempenho de frangos de corte mantido em estresse por calor cíclico. Da mesma forma, Fernandes et al. (2013), ao investigarem o efeito de suplementação de vitamina C em até 450 mg/kg de ração, não encontraram melhora nos índices zootécnicos de frangos de corte mantidos em ambiente de altas temperaturas, não confirmando a hipótese que aves mantidas sob estresse possuem maior exigência por vitaminas e minerais com função antioxidante.

Por outro lado, em condições de estresse por calor ( $27,6 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ ), Abioja et al. (2011) relatam que o maior nível de suplementação de vitamina C (500 mg/kg) contribui na eficiência de aproveitamento dos nutrientes e, conseqüentemente, melhora no desempenho de frangos de corte na fase de crescimento. Quanto a adição de selênio, Boiago et al. (2013) e Rao et al. (2015)

evidenciam melhora na conversão alimentar de frangos de corte na fase total e inicial de criação, respectivamente, alimentados com dietas suplementadas com selênio, zinco, manganês e cromo na forma orgânica, em níveis isolados ou combinados, propondo a relevância do manejo nutricional com o uso de antioxidantes nas rações, como forma de minimizar os efeitos negativos de condições adversas do meio ambiente.

A inconsistência de resultados entre os trabalhos pode estar relacionada, dentre outros fatores, com as diferenças na magnitude, duração e tipo de estresse que as aves foram submetidas. O presente estudo foi conduzido em condições naturais de estresse e não em câmaras climáticas, como na maioria dos trabalhos citados, em que as variáveis ambientais podem ser rigorosamente monitoradas e controladas. Dessa forma, quando se comparam estudos que envolvem especialmente micronutrientes, os resultados estão diretamente relacionados aos desafios impostos pelos ambientes nos quais os animais são mantidos, dada a especificidade destes no organismo (Gomes et al., 2011).

No tocante aos parâmetros das características de carcaça, observou-se que não houve interação entre os fatores níveis de vitamina C e os de selênio ( $P > 0,05$ ), exceto para o rendimento de peito ( $P < 0,05$ ) (Tabela 6).

Não foi constatada diferença entre o tratamento controle e os tratamentos testes ( $P > 0,05$ ) para os parâmetros relacionados à carcaça. O mesmo comportamento foi verificado com relação aos níveis de vitamina C e os de selênio, não havendo influência ( $P > 0,05$ ) destes fatores para rendimento de carcaça, coxa, sobrecoxa, asa, entreasa e gordura abdominal.

No desdobramento da interação para o rendimento de peito, observou-se que, para o nível de 300 mg de vitamina C, os níveis de selênio influenciaram de forma quadrática este corte, de acordo com a equação:  $Y = - 44,8074x^2 + 34,9428x + 26,5878$  ( $R^2 = 1,0$ ), com o maior rendimento de peito estimado com 0,39 mg de selênio/kg da dieta. No nível 150 mg de vitamina C/kg de ração, não houve influência dos níveis de selênio ( $P > 0,05$ ). No que se refere à suplementação de selênio, observou-se que nos níveis 0,2 e 0,6 mg de selênio/kg de ração, não houve diferença entre os dois níveis de vitamina C avaliados, enquanto para o nível de inclusão de 0,4 mg de selênio/kg de ração, o nível 300 mg de vitamina C/kg de ração proporcionou maior rendimento de peito ( $P < 0,05$ ).

A ausência de melhora relevante nos parâmetros de desempenho sugere que a exigência de vitamina C e selênio para o máximo rendimento de peito pode ser superior à demanda considerada para o máximo crescimento de frangos de corte, mantidos em condições naturais de temperatura elevada, com o maior rendimento de peito indicando o possível sinergismo positivo

entre vitamina C e selênio em minimizar os efeitos adversos do estresse por calor sobre as aves, entretanto, sem incrementar os rendimentos de carcaça e demais cortes.

Tabela 6 - Rendimento de carcaça, cortes e gordura abdominal de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Rendimento de carcaça (%)								
77,76	150	76,89	77,25	77,06	77,07 <sup>a</sup>	1,36	0,9725	0,6783
	300	76,94	76,91	76,74	76,86 <sup>a</sup>			
	Média	76,92	77,08	76,90				
Rendimento de peito (%)								
32,29	150	32,16 <sup>a</sup>	32,13 <sup>b</sup>	33,23 <sup>a</sup>	32,51	3,31	0,1520	0,3671
	300	31,78 <sup>a</sup>	33,40 <sup>a</sup>	31,42 <sup>a</sup>	32,20			
	Média	31,97	32,76	32,33				
Rendimento de coxa (%)								
12,57	150	12,61	12,35	12,25	12,40 <sup>a</sup>	2,91	0,2727	0,3620
	300	12,58	12,40	12,58	12,52 <sup>a</sup>			
	Média	12,60	12,38	12,42				
Rendimento de sobrecoxa (%)								
13,75	150	13,85	13,86	13,71	13,81 <sup>a</sup>	3,77	0,5253	0,9250
	300	13,97	13,84	13,80	13,87 <sup>a</sup>			
	Média	13,91	13,85	13,76				
Rendimento de asa (%)								
5,36	150	5,24	5,25	5,18	5,22 <sup>a</sup>	2,78	0,7017	0,9983
	300	5,22	5,24	5,34	5,27 <sup>a</sup>			
	Média	5,23	5,24	5,26				
Rendimento de entresa (%)								
5,71	150	5,77	5,69	5,81	5,76 <sup>a</sup>	6,16	0,7097	0,0700
	300	5,97	5,58	6,05	5,87 <sup>a</sup>			
	Média	5,87	5,64	5,93				
Gordura abdominal (%)								
1,40	150	1,37	1,44	1,48	1,43 <sup>a</sup>	26,73	0,7246	0,8436
	300	1,47	1,41	1,48	1,45 <sup>a</sup>			
	Média	1,42	1,42	1,48				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). <sup>2</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de selênio na dieta.

Considerando que o peito representa um corte nobre da carcaça do frango, o resultado obtido tem valor comercial relevante, pois pequenas diferenças no tamanho deste corte podem trazer implicações econômicas significativas. Algumas empresas avícolas enfatizam o peso e o rendimento de peito em seus programas de melhoramento genético, realçando a importância da avaliação desta característica em estudos com frangos de corte em ambientes de estresse por calor.

O uso da fonte orgânica tem sido mais eficiente na deposição de selênio nos tecidos, quando comparado a fontes inorgânicas (Boiago et al., 2014). Para Skrivan et al. (2012), a suplementação de vitamina C e selênio na forma orgânica, em níveis isolados ou combinados, aumenta a deposição desses nutrientes na carcaça de frangos de corte aos 35 dias de idade, representando uma estratégia importante na questão de conservação do produto, bem como na repercussão direta da qualidade nutricional. Desta forma, estudos mais detalhados, incluindo pesquisas do efeito dessa suplementação sobre as características qualitativas da carne do peito de frango, tornam-se importantes para destacar os benefícios dessa associação.

A respeito dos pesos relativos e percentuais dos órgãos digestivos e coração de frangos de corte aos 21 dias de idade, verificou-se que não houve interação entre os níveis de vitamina C e os de selênio ( $P>0,05$ ), assim como os tratamentos testes não diferiram do controle ( $P>0,05$ ) para essas variáveis (Tabela 7).

Tabela 7 - Peso relativo de órgãos digestivos e coração de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Parâmetros	Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
			0,2	0,4	0,6			L	Q
Fígado (%)	3,34	150	3,33	3,31	3,33	3,32 <sup>a</sup>	8,71	0,6097	0,9474
		300	3,29	3,40	3,43	3,38 <sup>a</sup>			
Média			3,31	3,35	3,38				
Proventrículo (%)	0,63	150	0,65	0,65	0,62	0,64 <sup>a</sup>	7,21	0,7916	0,6936
		300	0,61	0,62	0,64	0,62 <sup>a</sup>			
Média			0,63	0,64	0,63				
Moela (%)	3,37	150	3,33	3,19	3,49	3,33 <sup>a</sup>	9,63	0,4027	0,6741
		300	3,47	3,38	3,07	3,31 <sup>a</sup>			
Média			3,40	3,29	3,28				
Pâncreas (%)	0,29	150	0,30	0,33	0,32	0,31 <sup>a</sup>	10,39	0,1841	0,6885
		300	0,29	0,29	0,31	0,30 <sup>a</sup>			
Média			0,29	0,31	0,31				
Intestino (%)	5,26	150	5,52	5,39	5,46	5,46 <sup>a</sup>	7,50	0,7103	0,6562
		300	5,53	5,44	5,46	5,48 <sup>a</sup>			
Média			5,52	5,42	5,46				
Coração (%)	0,77	150	0,79	0,70	0,79	0,76 <sup>a</sup>	16,76	0,3256	0,1745
		300	0,75	0,77	0,87	0,80 <sup>a</sup>			
Média			0,77	0,73	0,83				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ). <sup>2</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de selênio na dieta.

Presumia-se que a suplementação dietética de vitamina C e selênio aumentasse os rendimentos de órgãos metabolicamente ativos, em razão da elevação na taxa metabólica,

justificada pela ação da vitamina C e selênio sobre a atividade da tireoide, com a possibilidade de promover aumento dos níveis de hormônios tireoideanos circulantes (triiodotironina – T3 e tiroxina – T4), os quais são importantes promotores do crescimento em frangos de corte (Fan et al., 2009; Perai et al., 2014) e apresentam taxas reduzidas em condições de temperatura elevada (Upton et al., 2008).

Não se constatou interação entre os níveis dos nutrientes testados ( $P>0,05$ ) para os pesos absoluto e relativo dos órgãos linfoides (Tabela 8). Na avaliação dos fatores, de forma separada, verificou-se que a adição de 300 mg de vitamina C na dieta resultou em maior peso absoluto e relativo da bolsa cloacal, quando comparada com o nível de 150 mg de vitamina C/kg de ração ( $P<0,05$ ), indicando os potenciais efeitos positivos da suplementação de vitamina C em frangos de corte sob condições de estresse, atribuído à função imunomoduladora e antioxidante dessa vitamina (Abidin & Khatoon, 2013).

Tabela 8 - Peso absoluto e relativo de timo, baço e bolsa cloacal de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Parâmetros	Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
			0,2	0,4	0,6			L	Q
Peso Absoluto (g)									
Timo (g)	3,74	150	3,53	2,96	3,61	3,37 <sup>a</sup>	21,72	0,7192	0,1968
		300	3,73	3,62	3,89	3,75 <sup>a</sup>			
Média			3,63	3,29	3,75				
Baço (g)	0,82	150	0,69	0,77	0,79	0,75 <sup>a</sup>	14,29	0,2287	0,5068
		300	0,82	0,74	0,84	0,80 <sup>a</sup>			
Média			0,75	0,75	0,81				
Bolsa cloacal (g)	1,87	150	1,70	1,97	1,79	1,82 <sup>b</sup>	17,70	0,2420	0,9351
		300	2,07	1,97	2,36	2,13 <sup>a</sup>			
Média			1,89	1,97	2,07				
Peso Relativo (%)									
Timo (%)	0,37	150	0,36	0,30	0,37	0,34 <sup>a</sup>	21,08	0,7757	0,1596
		300	0,37	0,36	0,38	0,37 <sup>a</sup>			
Média			0,37	0,33	0,38				
Baço (%)	0,07	150	0,07	0,08	0,08	0,07 <sup>a</sup>	14,00	0,2966	0,3646
		300	0,08	0,07	0,08	0,08 <sup>a</sup>			
Média			0,08	0,07	0,08				
Bolsa cloacal (%)	0,18	150	0,17	0,20	0,18	0,18 <sup>b</sup>	16,86	0,2398	0,8423
		300	0,21	0,20	0,23	0,21 <sup>a</sup>			
Média			0,19	0,20	0,21				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ). <sup>2</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de selênio na dieta.



Possivelmente, o maior nível de suplementação de vitamina C reduziu as concentrações plasmáticas de corticosterona (Seven & Seven, 2009), hormônio que tem seus níveis aumentados sob condições de estresse, com efeito catabólico sobre os órgãos linfoides e, conseqüentemente, supressão da imunidade (Quinteiro Filho et al., 2012). Além disso, pela redução ou inibição da formação de radicais livres (Hasselquist & Nilsson, 2012), mantendo a integridade estrutural e funcional das células do sistema imunológico, a vitamina C pode melhorar a imunocompetência do organismo.

Os resultados, em parte, estão em consonância com os de Rao et al. (2013), que não observaram efeito da suplementação de selênio orgânico (0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 mg/kg de ração) sobre os pesos absoluto e relativo de órgãos linfoides (baço, bolsa cloacal e timo) de frangos de corte aos 42 dias de idade, mantidos em estresse por calor. Da mesma forma, Niu et al. (2009), ao trabalharem com níveis de suplementação de selênio orgânico em até 0,4 mg/kg, não observaram melhora para peso relativo de órgãos linfoides, entretanto, todos os órgãos foram reduzidos em condições de estresse por calor.

Contrastando com os resultados descritos, estudos ressaltam a relação da vitamina C e do selênio com a melhora da resposta imune de frangos de corte em condições de estresse (Mahmoud et al., 2014; Rao et al, 2015). No entanto, quando essa influência é avaliada somente por meio do peso de órgãos linfoides, a relação não é observada de forma tão clara, portanto, outros parâmetros devem ser investigados para confirmar a real influência da vitamina C e do selênio sobre a imunidade dos frangos de corte em condições naturais de estresse por calor.

Na avaliação econômica (Tabela 9), verifica-se que o custo médio do arraçoamento variou entre R\$ 1,60 a 1,66. Observa-se que as rações com a adição de 300 mg vitamina C associadas a 0,2, 0,4 e 0,6 mg de selênio/kg de ração apresentam custo superior em relação ao tratamento controle e demais tratamentos testes. De forma semelhante, a relação CMA/GMP aumentou com os níveis de suplementação dos nutrientes testes.

A renda bruta média da ração com acréscimo de 300 mg de vitamina C combinado com o nível de 0,4 mg de selênio/kg de ração foi superior aos demais tratamentos, devido ao maior peso vivo médio dos animais que receberam esta ração. No entanto, a margem bruta de todos os tratamentos testados foi inferior à ração controle.

Quanto ao índice bioeconômico, todos os tratamentos apresentam valores inferiores ao controle. Desta forma, como este índice pode expressar a taxa de retorno econômico da atividade, a suplementação de vitamina C e selênio, com base nos índices zootécnicos alcançados, preço dos ingredientes e valor pago pelo kg do frango no mercado, nas condições

ambientais em que foi executada a pesquisa, não aponta benefícios econômicos na inclusão destes nutrientes na alimentação de frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.

Tabela 9. Índices econômicos das rações contendo vitamina C e selênio para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade

Variável	Níveis de vitamina C (mg/kg)/níveis de selênio (mg/kg)						
	0/0	150/0,2	150/0,4	150/0,6	300/0,2	300/0,4	300/0,6
Custo médio de arraçamento (R\$)	1,61	1,60	1,60	1,60	1,64	1,66	1,63
Relação CMA/GPM (R\$/Kg)	1,84	1,86	1,85	1,85	1,90	1,88	1,89
Renda bruta média (R\$)	3,21	3,14	3,16	3,18	3,16	3,23	3,17
Margem bruta média (R\$)	1,60	1,54	1,56	1,58	1,53	1,57	1,54
IBE	0,42	0,40	0,41	0,41	0,40	0,41	0,40

CMA = custo médio de arraçamento; GPM = ganho de peso médio; IBE = índice bioeconômico

Os melhores índices econômicos da ração controle podem ser atribuídos, em partes, aos custos das rações testes e a ausência de melhora no desempenho produtivo de animais alimentados com as rações suplementadas com vitamina C e selênio, não sendo possível verificar a efetiva vantagem no custo/benefício da inclusão desses ingredientes a dietas de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade.

### Conclusões

Dietas suplementadas com 300 mg de vitamina C associadas com 0,39 mg de selênio/kg de ração melhoram o rendimento de peito das aves aos 21 dias de idade.

A adição de 300 mg de vitamina C/kg de ração, independentemente do nível de selênio, influencia positivamente a viabilidade criatória e o peso absoluto e relativo da bolsa cloacal de frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.

A dieta controle (sem adição de vitamina C e selênio) mostra-se mais viável economicamente, indicando que as dietas basais atendem às exigências de frango de corte na fase de 1 a 21 dias de idade.

### Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí - FAPEPI pelo financiamento da pesquisa e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

### Referências

ABIDIN, Z.; KHATOON, A. Heat stress in poultry and the beneficial effects of ascorbic acid (vitamin C) supplementation during periods of heat stress. **World's Poultry Science Association**, v.69, n.1, p.135-152, 2013.

ABIOJA, M.O.; OSINOWO, O.A.; SMITH, O.F.; ERUVBETINE, D.; ABIONA, J.A. Evaluation of cold water and vitamin C on broiler growth during hot-dry season in sw Nigeria. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.232, p.1095-1103, 2011.

ALBUQUERQUE, D.M.N.; LOPES, J.B.; FERRAZ, M.S.; RIBEIRO, M.N.; SILVA, S.R.G.; COSTA, E.M.S.; LIMA, D.C.P.; FERREIRA, J.D.M.; GOMES, P.E.B.; LOPES, J.C.O. Vitamin E and organic selenium for broilers from 22 to 42 days old: performance and carcass traits. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v.89, n.2, p.1259-1268, 2017.

AVIAGEN ROSS 2017. **Objetivos de desempenho**. Disponível em: <[http://http://pt.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Portuguese/Ross\\_308AP-Broiler-PO-2017-PT.pdf](http://http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Portuguese/Ross_308AP-Broiler-PO-2017-PT.pdf)> Acesso em: 20 de janeiro de 2018.

BOIAGO, M.M.; BORBA, H.; SOUZA, P.A.; SCATOLINI, A.M.; FERRARI, F.B.; GIAMPIETRO-GANECO, A. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês, criados sob condições de estresse térmico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.1, p.241-247, 2013.

BOIAGO, M.M.; BORBA, H.; LEONEL, F.R.; GIAMPIETRO-GANECO, A.; FERRARI, F.B.; STEFANI, L.M.; SOUZA, P.A. Sources and levels of selenium on breast meat quality of broilers. **Ciência Rural**, v.44, n.9, p.1692-1698, 2014.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA, Brasília, DF, 2017.

BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

CÂNDIDO, M.G.L.; TINÔCO, I.F.F.; PINTO, F.A.C.; SANTOS, N.T.; ROBERTI, R.P. Determination of thermal comfort zone for early-stage broilers. **Engenharia Agrícola**, v.36, n.5, p.760-767, 2016.

CASSUCE, D.C.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; ZOLNIER, S.; CECON, P.R.; VIEIRA, M.F.A. Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. **Engenharia Agrícola**, v.33, n.1, p.28-36, 2013.

CHEN, G.; WU, J.; LI, C. Effect of different selenium sources on production performance and biochemical parameters of broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.98, n.4, p.747-754, 2013.

FAN, C.; YU, B.; CHEN, D. Effects of different sources and levels of selenium on performance, thyroid function and antioxidant status in stressed broiler chickens. **International Journal of Poultry Science**, v.8, n.6, p.583-587, 2009.

FERNANDES, J.I.M.; SAKAMOTO, M.I.; PEITER, D.C.; GOTTARDO, E.T.; TELLINI, C. Relação vitamina E: vitamina C sobre a qualidade da carne de frangos submetidos ao estresse

pré-abate. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.1, p.294-300, 2013.

GOMES, F.A.; BERTECHINI, A.G.; DARI, R.L.; BRITO, J.A.G.; FASSANI, E.J.; RODRIGUES, P.B.; SILVA, L.A. Efeito de fontes e níveis de selênio sobre parâmetros fisiológicos em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.3, p.633-640, 2011.

GOMES, F.A.; BERTECHINI, A.G.; MESQUITA, F.R.; SILVA, L.A.; MOREIRA, J.G.V. Desempenho e características físico-químicas da carne do peito de frangos de corte recebendo diferentes fontes e níveis de selênio. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.14, p.315- 336, 2012.

HASSELQUIST, D.; NILSSON, J. Physiological mechanisms mediating cost of immune responses: what can we learn from studies of birds?. **Animal Behaviour**, v.83, p.1303 - 1312, 2012.

IMIK, H.; O. KAYNAR, O.; OZKANLAR, S.; GUMUS, R.; POLAT, H.; OZKANLAR, Y. Effects of vitamin C and  $\alpha$ -lipoid acid dietary supplementations on metabolic adaptation of broilers to heat stress. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v.164, n.2, p.52-59, 2013.

HABIBIAN, M.; GHAZI, S.; MOEINI, M.M. Effects of dietary selenium and vitamin E on growth performance, meat yield, and selenium content and lipid oxidation of breast meat of broilers reared under heat stress. **Biological Trace Element Research**, v.169, n.1, p.142-152, 2014.

MAHMOUD, U.T.; ABDEL-RAHMAN, M.A.M.; DARWISH, M.H.A. Effects of propolis, ascorbic acid and vitamin E on thyroid and corticosterone hormones in heat stressed broilers. **Journal Advanced Veterinary Research**, v.4, n.1, p.18–27, 2014.

MEDEIROS, L.G.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M.; PINHEIRO, J.W.; SILVA, C.A.; SOARES, A.L.; PISSINATI, A.; ALMEIDA, M. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de frangos de corte suplementados com selênio orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.2, p.3361-3370, 2012.

NASCIMENTO, G.; NÄÄS, R.I.A.; BARACHO, M.S.; PEREIRA, D.F.; NEVES, D.P. Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.6, p.658-663, 2014.

NIU, Z.; LIU, F.; YAN, Q.; LI, L. Effects of different levels of selenium on growth performance and immunocompetence of broilers under heat stress. **Archives of Animal Nutrition**, v.63, n.1, p.56-65, 2009.

PERAI, A.H.; KERMANSHAHI, H.; MOGHADDAM, H.N.; ZARBAN, A. Effects of chromium and chromium+vitamin C combination on metabolic, oxidative, and fear responses of broilers transported under summer conditions. **International Journal of Biometeorology**, v.59, n.4, p.453-62, 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA - PMT. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. **Caracterização do município de Teresina**. Teresina, 2015. Disponível em:

<<http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/TERESINA-Caracteriza%C3%83%C2%A7%C3%83%C2%A3o-do-Munic%C3%83-pio-2015.pdf>> Acesso em: 09 de dezembro de 2017.

QUINTEIRO-FILHO, W.M.; RODRIGUES, M.V.; RIBEIRO, A.; FERRAZ-DE-PAULA, V.; PINHEIRO, M.L.; SÁ, L.R.; FERREIRA, A.J.; PALERMO-NETO, J. Acute heat stress impairs performance parameters and induces mild intestinal enteritis in broiler chickens: Role of acute hypothalamic-pituitary-adrenal axis activation. **Journal of Animal Science**, v.90, n.2, p.1986-1994, 2012.

RAJKUMAR, U.; VINOTH, A.; REDDY, E.P.K.; SHANMUGAM, M.; RAO, S.V.R. Effect of supplemental trace minerals on hsp-70 mrna expression in commercial broiler chicken. **Animal Biotechnology**, v.50, n.1, p.159-167, 2017.

RAO, S.V.R.; PRAKASH, B.; RAJU, M.V.; PANDA, A.K.; KUMARI, R.K.; REDDY, E.P. Effect of supplementing organic forms of zinc, selenium and chromium on performance, anti-oxidant and immune responses in broiler chicken reared in tropical summer. **Biological Trace Element Research**, v.172, n.2, p.511-520, 2015.

RAO, S.V.R.; PRAKASH, B.; RAJU, V.L.N.; PANDA, A.K.; POONAM, S.; MURTHY, O.K. Effect of supplementing organic selenium on performance, carcass traits, oxidative parameters and immune responses in commercial broiler chickens. **Journal of Animal Science**, v.26, n.2, p.247-252, 2013.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed, Viçosa-MG: UFV, 2011. 186p.

RUTZ, F.; ANCIUTI, M.A.; MAIER, J.C. Digestão, Absorção e Metabolismo das Vitaminas. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. 1 ed. Jaboticabal-SP: FUNEP/UNESP, 2014. p.143-166.

SAHIN, K.; SMITH, M. O.; ONDERCI, M.; SAHIN, N.; GURSU, M. F.; KUCUK, O. Supplementation of zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat-distressed quail. **Poultry Science**, v.84, n.6, p.882-887, 2005.

SEVEN, P.T.; SEVEN, I. Effects of selenium and vitamin C supplemented with high energy diet on the performance of broilers in cold (15 °C) environment. **Bulgarian Journal of Veterinary Medicine**, v.12, n.1, p.25-32, 2009.

SILVA, V.K.; SILVA, J.D.T.; GRAVENA, R.A.; MARQUES, R.H.; HADA, F.H.; MORAES, V.M.B. Yeast extract and prebiotic in pre-initial phase diet for broiler chickens raised under different temperatures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.165-174, 2010.

SKRIVAN, M.; MAROUNEK, M.; ENGLMAIEROVÁ, M.; SKŘIVANOVÁ, E. Influence of dietary vitamin C and Selenium, alone and in combination on the composition and oxidative stability of meat of broilers. **Food Chemistry**, v.130, n.4, p.660-664, 2012.

STRINGHINI, J.H.; ANDRADE, M.L.; ANDRADE, L.A.; XAVIER, S.A.G.; CAFÉ, M.B.; LEANDRO, N.S.M. Desempenho, balanço e retenção de nutrientes e biometria dos órgãos digestivos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de proteína na ração pré-inicial. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.35, n.6, p.2350-2358, 2006.

SUGANYA, T.S.; SENTHILKUMAR, S.; DEEPA, K.; AMUTHA, R. Nutritional management to alleviate heat stress in broilers. **International Journal of Science Environment and Technology**, v.4, n.3, p.661-666, 2015.

TOGASHI, C.K. **Teores de colesterol e ácidos graxos em tecidos e soro de frangos de corte submetidos a diferentes programas nutricionais**. 2004. 97f. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ.

UPTON, R. J.; EDENS, W.F.; FERKET, P.R. Selenium yeast effect on broiler performance. **International Journal of Poultry Science**, v.7, n.8, p.798-805, 2008.

WANG, Y.B.; XU, B.H. Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v.144, n.3, p.306-314, 2008.

YANG, X.; LUO, Y.H.; ZENG, Q.F.; ZHANG, K.Y.; DING, X.M.; BAI, S.P.; WANG, J.P. Effects of low ambient temperatures and dietary vitamin C supplement on growth performance, blood parameters, and antioxidant capacity of 21-day-old broilers. **Poultry Science**, v.93, n.1, p.898-905, 2014.

YOO, J.; YI, Y.J.; KOOL, B.; JUNG, S.; YOON, J.U.; KANG, H.B.; LEE, D.H.; HEO, J. M. Growth performance, intestinal morphology, and meat quality in relation to alpha-lipoic acid associated with vitamin C and E in broiler chickens under tropical conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.45, n.3, p.113-120, 2016.

**4 CAPÍTULO II**  
(Artigo científico)

**Vitamina C e selênio para frangos de corte: composição da carcaça, bioquímica sérica e metabolizabilidade dos nutrientes**

## **Vitamina C e selênio para frangos de corte: composição da carcaça, bioquímica sérica e metabolizabilidade dos nutrientes**

Mabell Nery Ribeiro<sup>1</sup>; João Batista Lopes<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Pará, Pará, Brasil. E-mail: mabell.ribeiro@ifpa.edu.br

<sup>2</sup> Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Piauí, Brasil.

### **Resumo**

A pesquisa foi desenvolvida para avaliar o efeito da suplementação de vitamina C e selênio em dietas para frangos de corte, em fase inicial de criação, sobre a composição química, deposição de nutrientes na carcaça e bioquímica sérica (experimento 1), bem como sobre a metabolizabilidade dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e a eficiência de utilização do nitrogênio das dietas (experimento 2), em aves mantidas em ambiente de alta temperatura. Para o experimento 1, foram distribuídos, em galpões de desempenho, 700 pintos de corte machos no período de 1 a 21 dias de idade, enquanto que no experimento 2, foram alojados, em gaiolas metabólicas, 175 frangos de corte machos, dos 11 aos 18 dias de idade. Em ambos os experimentos, os tratamentos consistiram em dietas suplementadas com vitamina C, na forma de ácido ascórbico revestido, em dois níveis: 150 mg e 300 mg de vitamina C/kg de ração, em associação a três níveis de selênio: 0,2 mg, 0,4 mg e 0,6 mg de selênio/kg de ração, na forma de selênio levedura, e em uma dieta controle (sem suplementação de vitamina C e selênio, mas com níveis basais de 0,3 mg de selenito de sódio/kg de ração, conforme estabelecido pelo fabricante do premix), totalizando sete tratamentos e cinco repetições. A adição de selênio nas dietas aumentou o valor percentual de proteína bruta das carcaças, porém não influenciou na deposição de nutrientes. O conteúdo de proteínas totais, albumina, globulina, níveis de aspartato aminotransferase (AST), glicose e de ácido úrico não foram alterados com a adição de vitamina C e selênio nas dietas, porém, os níveis de alanina aminotransferase (ALT) foram influenciados pela suplementação de vitamina C e selênio de forma associada. O nível de 0,376 mg de selênio/kg de ração proporcionou maior coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca. A adição de selênio nas dietas reduziu linearmente a proteína bruta consumida, o coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta, o nitrogênio ingerido, o balanço de nitrogênio e a



eficiência de utilização de nitrogênio e, nos níveis de 150 mg e 300 mg de vitamina C, a adição de selênio reduziu a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio das dietas. As aves que receberam 300 mg de vitamina C nas dietas, apresentaram maiores valores de coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta e eficiência de utilização de nitrogênio, comparadas às aves que receberam 150 mg da vitamina nas dietas.

**Palavras-chave:** absorção, avicultura, deposição, excretas, nutrientes

## **Introdução**

Altas temperaturas ambientais afetam, diretamente, a produtividade dos animais alterando sua troca de calor com o ambiente, modificando a taxa de consumo de alimentos, a digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, as exigências nutricionais (SILVA et al., 2015). Diante disso, sugere-se a elaboração de dietas com alta densidade em nutrientes funcionais específicos, como a vitamina C e o selênio, levando-se em consideração a redução na disponibilidade e nas concentrações plasmáticas desses nutrientes em função do estresse (CASSUCE et al., 2013).

A suplementação de vitamina C é preconizada nas dietas das aves, quando estas são expostas a altas temperaturas, pois o estresse por calor leva a um bloqueio no sistema enzimático envolvido na biossíntese dessa vitamina (BERTECHINI, 2012). A vitamina C aumenta a degradação de corticosteroides liberados durante o estresse, controlando seus níveis circulantes, além de desempenhar diversas funções bioquímicas, atuando como cofator enzimático em reações fundamentais no organismo animal (MAHMOUD et al., 2014).

O selênio, mineral essencial nas dietas dos animais, está relacionado ao sistema antioxidante do organismo, por fazer parte da enzima glutathiona peroxidase (SKRIVAN et al., 2012). A principal função dessa enzima diz respeito ao combate do estresse oxidativo, pela destruição de peróxidos e hidroperóxido, antes que eles possam atacar as membranas celulares (WANG e XU, 2008). O selênio orgânico (selenometionina), derivado de levedura, é a forma de selênio menos tóxica, mais facilmente absorvida e retida pelas aves (OLIVEIRA et al., 2014).

Devido aos benefícios citados, a condução de estudos utilizando vitamina C e selênio de forma associada, em ambientes com temperaturas elevadas, é de grande importância no estabelecimento de suas exigências e na otimização da produção de frangos de corte. Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de vitamina C e selênio em dietas para frangos de corte em fase inicial de criação, sobre a composição química, deposição de nutrientes

na carcaça e bioquímica sérica, bem como sobre a metabolizabilidade dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e a eficiência de utilização do nitrogênio das dietas.

## **Material e Métodos**

Dois experimentos foram realizados, um para a avaliação da composição química e deposição de nutrientes na carcaça e da bioquímica sérica de frangos de corte (experimento 1) e, outro para a avaliação da metabolizabilidade dos nutrientes, do balanço de nitrogênio e da eficiência de utilização do nitrogênio das dietas (experimento 2), os quais foram conduzidos nos galpões de desempenho e de metabolismo, respectivamente, do setor de avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal do Piauí (UFPI) em Teresina - Piauí, com procedimentos aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFPI, parecer registrado sob o N° 355/17.

O município de Teresina situado na latitude 05° 05' 21'' sul e longitude 42° 48' 07'' oeste, apresenta clima do tipo tropical úmido e está localizada próxima à linha do equador, com inverno seco e chuvas máximas no verão, caracterizado por índices pluviométricos irregulares, com temperaturas médias anuais de mínima e máxima de 22,2 a 34°C, respectivamente (PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA, 2015).

### **Experimento 1 – Composição química, deposição de nutrientes na carcaça e bioquímica sérica das aves**

Para a instalação do experimento 1, foram selecionados 700 pintos machos de um dia de idade da linhagem Ross, com peso médio inicial de  $40,0 \pm 0,20$  g.

As aves foram distribuídas em delineamento em blocos ao acaso, em função da disposição dos galpões, em esquema fatorial  $2 \times 3 + 1$ , sendo dois níveis de vitamina C (150 mg e 300 mg de ácido ascórbico revestido/kg de ração), associados a três níveis de selênio (0,2 mg, 0,4 mg e 0,6 mg de selênio levedura/kg de ração) e uma dieta controle (sem suplementação de vitamina C e selênio, mas com níveis basais de 0,3 mg de selenito de sódio/kg de ração, conforme estabelecido pelo fabricante do premix), totalizando sete tratamentos e cinco repetições.

A unidade experimental foi representada por 20 aves/boxe, utilizando-se 35 boxes, com área de 3 m<sup>2</sup> providos de comedouros tubulares e bebedouros automáticos pendulares, localizados em galpão de alvenaria coberto de telhas de cerâmica e piso cimentado.

Os frangos receberam duas dietas experimentais, isoproteicas e isoenergéticas, uma na fase pré-inicial - 1 a 7 dias (Tabela 1) e outra na fase inicial - 8 a 21 dias (Tabela 2), à base de milho e

farelo de soja, formuladas para atender as exigências nutricionais das aves conforme as recomendações de Rostagno et al. (2011). Os animais tiveram livre acesso à água e às rações durante todo período experimental.

Tabela 1- Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial (1 a 7 dias de idade)

Ingredientes (%)	Níveis de vitamina C/Níveis de Selênio (mg/kg)						
	0/0	150/0,2	150/0,4	150/0,6	300/0,2	300/0,4	300/0,6
Milho (7,88% PB)	56,470	56,470	56,470	56,470	56,470	56,470	56,470
Farelo de soja (48% PB)	36,680	36,680	36,680	36,680	36,680	36,680	36,680
Óleo vegetal	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210
Fosfato bicálcico	1,880	1,880	1,880	1,880	1,880	1,880	1,880
Calcário calcítico	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873
Sal comum (NaCl)	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507
L-Lisina-HCl (78%)	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
DL-Metionina (98%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Premix <sup>1</sup>	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Selenio <sup>2</sup>	0,000	0,020	0,040	0,060	0,020	0,040	0,060
Vitamina C <sup>3</sup>	0,000	0,015	0,015	0,015	0,031	0,031	0,031
Material inerte (caulim)	0,255	0,220	0,200	0,180	0,204	0,184	0,164
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Proteína bruta (%)	22,200	22,200	22,200	22,200	22,200	22,200	22,200
EM (kcal/kg)	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950
Lisina digestível (%)	1,310	1,310	1,310	1,310	1,310	1,310	1,310
Metionina digestível (%)	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655
Metionina + cistina digestível (%)	0,961	0,961	0,961	0,961	0,961	0,961	0,961
Treonina digestível (%)	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758
Triptofano digestível (%)	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252
Cálcio (%)	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920
Fósforo disponível (%)	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470
Sódio (%)	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220
Selênio (mg/kg)	0,300	0,500	0,700	0,900	0,500	0,700	0,900
Vitamina C	0,000	150,000	150,000	150,000	300,000	300,000	300,000

<sup>1</sup>Níveis de garantia por kg do produto, recomendado para 100 kg de ração: ferro: 4.000,00 mg; cobre: 1.000,00 mg; magnésio: 7.000,00 mg; zinco: 6.000,00 mg; iodo: 100,00 mg; selênio: 30,40 mg; vitamina A: 920.000,00 UI; vitamina D3: 230.000,00 UI; vitamina E: 1.954,40 UI; vitamina K3: 230,40 mg; vitamina B1: 206,40 mg; vitamina B2: 690,40 mg; niacina: 4.024,80 mg; ácido pantotênico: 1.264,80 mg; vitamina B6: 298,40 mg; ácido fólico: 115,20 mg; biotina: 6,32 mg; vitamina B12: 1.500,00 mcg; colina: 50,00 g; lisina: 110,00 g; metionina: 350,00 g; nicarbazina: 12,50 mg / 5.000,00 mg; enramicina: 1.000,00 mg; <sup>2</sup>Níveis de garantia: Selênio levedura (mín.): 2.000,00 mg/kg; <sup>3</sup>Níveis de garantia: vitamina C revestida – ácido ascórbico 97,68%.

Tabela 2- Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte na fase inicial (8 a 21 dias de idade)

Ingredientes (%)	Níveis de vitamina C/Níveis de Selênio (mg/kg)						
	0/0	150/0,2	150/0,4	150/0,6	300/0,2	300/0,4	300/0,6
Milho (7,88% PB)	60,770	60,770	60,770	60,770	60,770	60,770	60,770
Farelo de soja (48% PB)	33,104	33,104	33,104	33,104	33,104	33,104	33,104
Óleo vegetal	2,068	2,068	2,068	2,068	2,068	2,068	2,068
Fosfato bicálcico	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485
Calcário calcítico	0,886	0,886	0,886	0,886	0,886	0,886	0,886
Sal comum (NaCl)	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482
L-Lisina-HCl (78%)	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103
DL-Metionina (98%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Premix <sup>1</sup>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Selenio <sup>2</sup>	0,000	0,020	0,040	0,060	0,020	0,040	0,060
Vitamina C <sup>3</sup>	0,000	0,015	0,015	0,015	0,031	0,031	0,031
Material inerte (caulim)	0,102	0,067	0,047	0,027	0,051	0,031	0,011
<b>TOTAL</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Proteína bruta (%)	20,800	20,800	20,800	20,800	20,800	20,800	20,800
EM (kcal/kg)	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Lisina digestível (%)	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174
Metionina digestível (%)	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
Metionina + cistina digestível (%)	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890
Treonina digestível (%)	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710
Triptofano digestível (%)	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232
Cálcio (%)	0,819	0,819	0,819	0,819	0,819	0,819	0,819
Fósforo disponível (%)	0,391	0,391	0,391	0,391	0,391	0,391	0,391
Sódio (%)	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Selênio (mg/kg)	0,300	0,500	0,700	0,900	0,500	0,700	0,900
Vitamina C (mg/kg)	0,000	150,000	150,000	150,000	300,000	300,000	300,000

<sup>1</sup>Níveis de garantia por kg do produto, recomendado para 100 kg de ração: ferro: 4.000,00 mg; cobre: 1.000,00 mg; magnésio: 7.000,00 mg; zinco: 6.000,00 mg; iodo: 100,00 mg; selênio: 30,40 mg; vitamina A: 800.000,00 UI; vitamina D3: 200.000,00 UI; vitamina E: 1.700,00 UI; vitamina K3: 200,00 mg; vitamina B1: 180,00 mg; vitamina B2: 600,00 mg; cianina: 3.500,00 g; ácido pantotênico: 1.100,00 mg; vitamina B6: 260,00 mg; ácido fólico: 100,00 mg; biotina: 5,52 mg; vitamina B12: 1.304,00 mcg; colina: 47,50 g; lisina: 80,00 g; metionina: 310,00 gramas; nicarbazina + narasina: 5.000,00 mg / 5.000,00 mg; enramicina: 1.000,00 mg; <sup>2</sup>Níveis de garantia: Selênio levedura (mín.): 2.000,00 mg/kg; <sup>3</sup>Níveis de garantia: vitamina C revestida – ácido ascórbico 97,68%.

Para fins comparativos e determinação das taxas de deposição dos componentes químicos corporais ao final do estudo, no momento da pesagem e distribuição das aves, um grupo adicional de dez pintos, escolhidos aleatoriamente, foram abatidos, eviscerados e armazenados em freezer a -5°C.

As informações sobre temperatura e umidade relativa do ar foram coletadas duas vezes ao dia, às 08h00min e às 16h00min, por meio de termo-higrômetros de máxima e mínima, bulbo seco e bulbo úmido e de globo negro, posicionados no centro do galpão, à altura do dorso das

aves. As temperaturas foram, posteriormente, convertidas em Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington et al. (1981).

No 21º dia de experimento, os frangos de corte foram pesados e uma ave de cada unidade experimental (35 aves no total), com peso corporal próximo ao da média da parcela ( $\pm 10\%$ ), foi colocada em jejum alimentar de 12 horas e abatida, conforme procedimento de abate preconizado pelo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 2017).

As carcaças evisceradas (com pés, cabeça e pescoço), foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados, e armazenadas em freezer ( $-5^{\circ}\text{C}$ ) até a realização das análises bromatológicas. Durante o preparo das amostras, as carcaças dos pintos de 1 dia e das aves com 21 dias de idade foram descongeladas, cortadas em pedaços, processadas em moinho de carne industrial para obtenção de um material homogêneo e pré-secas por processo de liofilização. Depois de liofilizadas, as amostras foram trituradas e analisadas quanto à composição química da matéria seca, nitrogênio total, energia bruta e cinzas, conforme procedimentos metodológicos propostos por Silva e Queiroz (2002).

A deposição de nutrientes na carcaça foi calculada a partir dos valores de composição química, pela diferença do nutriente existente na carcaça das aves, aos 21 dias e no primeiro dia de idade. Os dados de composição química e de deposição foram expressos na matéria seca a  $105^{\circ}\text{C}$ .

Na avaliação do perfil bioquímico sérico, duas aves de cada repetição, totalizando dez aves por tratamento, foram selecionadas para coleta de sangue no 21º dia de experimento. Por punção na veia jugular, 3 mL de sangue foram coletados e acondicionados em tubo a vácuo sem anticoagulante. Os tubos foram mantidos em repouso por aproximadamente 4 horas para a retração do coágulo, e, em seguida foram centrifugados para obtenção do soro, que foi congelado a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, as alíquotas de soro foram descongeladas à temperatura ambiente para realização das seguintes análises bioquímicas: alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST), proteína total, albumina, glicose e ácido úrico, utilizando-se kits comerciais da Labtest®, conforme protocolo do fabricante, em analisador bioquímico semi-automático, o conteúdo de globulinas no sangue foi obtido pela diferença entre os níveis de proteínas totais e de albumina.

## **Experimento 2 – Metabolizabilidade dos nutrientes da dieta**

No experimento 2, foram utilizados 175 frangos de corte machos, da linhagem Ross, no período de 11 a 18 dias de idade. Até 10º dia de vida, as aves foram mantidas em galpão

convencional de alvenaria e piso cimentado, recebendo dieta à base de milho e farelo de soja, formulada para atender as exigências nutricionais, conforme programas de alimentação recomendados por Rostagno et al. (2011).

Aos 11 dias de idade, as aves foram pesadas e as que apresentaram peso vivo médio de  $255,0 \pm 3,0$  gramas, foram alojadas em gaiolas metabólicas dotadas de comedouro e bebedouro do tipo calha e bandeja coletora de excretas revestidas com plástico. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $2 \times 3 + 1$ , sendo dois níveis de vitamina C (150 mg e 300 mg de ácido ascórbico revestido/kg de ração), associados a três níveis de selênio (0,2 mg, 0,4 mg e 0,6 mg de selênio levedura/kg de ração) e uma dieta controle (sem suplementação de vitamina C e selênio, mas com níveis basais de 0,3 mg de selenito de sódio/kg de ração, conforme estabelecido pelo fabricante do premix), totalizando sete tratamentos e cinco repetições. A unidade experimental foi representada por cinco aves/gaiola, totalizando 25 aves por tratamento.

Os frangos de corte receberam dietas experimentais isoproteicas e isoenergéticas, à base de milho e farelo de soja, formuladas para atender as exigências nutricionais das aves na fase inicial (8 a 21 dias de idade) (Tabela 2), conforme recomendações de Rostagno et al. (2011).

As rações foram fornecidas à vontade e pesadas no início e no final do período de coleta, para quantificação do consumo por unidade experimental. Durante todo o período experimental, as aves receberam água limpa à vontade, que foi trocada duas vezes ao dia para evitar aquecimento e a fermentação de matéria orgânica. O monitoramento da temperatura ambiental foi realizado por meio de termo-higrômetros e de termômetros de bulbo seco e de bulbo úmido. Os registros das temperaturas foram feitos, diariamente, às 08h00min e 16h00min. O programa de luz adotado foi o contínuo (24 horas de luz natural + artificial), utilizando-se lâmpadas fluorescentes.

O experimento teve duração de oito dias, sendo quatro dias de adaptação e quatro dias de coleta de excretas. Foi utilizada a técnica de coleta total de excretas em cada gaiola, realizadas duas vezes ao dia, em intervalos de 12 horas, para evitar fermentação e perda de nutrientes. Após coletadas, as excretas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas, pesadas e armazenadas em freezer ( $-5^{\circ}\text{C}$ ), até o período final do experimento, para realização das análises laboratoriais. As amostras das rações também foram identificadas e armazenadas em freezer para posteriores análises.

Ao final do período de coleta, toda a excreta proveniente da mesma unidade experimental foi descongelada e misturada, uniformemente, para a retirada de uma amostra. Após pré-

secagem, em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas a  $60 \pm 5^\circ\text{C}$ , as excretas foram moídas, em moinho tipo facas e, assim como as rações, as amostras foram analisadas quanto aos teores de matéria seca, nitrogênio total e energia bruta de acordo com os procedimentos de Silva e Queiroz (2002). A energia bruta foi determinada em bomba calorimétrica adiabática do tipo Parr e o nitrogênio total em aparelho semi-micro Kjeldahl. Após determinação do nitrogênio total, o valor obtido foi multiplicado pelo fator 6,25 para quantificação do teor de proteína bruta das excretas, conforme AOAC (1995).

A partir dos dados de consumo de dieta, de produção de excretas e após as análises laboratoriais, das dietas e das excretas, foram calculados os: (1) coeficientes de metabolizabilidade aparente dos nutrientes ( $\text{CMA}_n$ ) e (2) da energia bruta ( $\text{CMA}_{\text{EB}}$ ); (3) o balanço de nitrogênio (BN); (4) a eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) e (5) a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio ( $\text{EMA}_n$ ) utilizando-se as equações propostas por Matterson et al. (1965):

$$(1) \text{CMA}_n = [(\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado}) \times 100] / \text{nutriente ingerido};$$

$$(2) \text{CMA}_{\text{EB}} = [(\text{energia bruta ingerida} - \text{energia bruta excretada}) \times 100] / \text{energia bruta ingerida};$$

$$(3) \text{BN} = \text{nitrogênio ingerido} - \text{nitrogênio excretado};$$

$$(4) \text{EUN} = [(\text{nitrogênio ingerido} - \text{nitrogênio excretado}) \times 100] / \text{nitrogênio ingerido};$$

$$(5) \text{EMA}_n = [\text{energia bruta ingerida} - (\text{energia bruta excretada} + 8,22 \times \text{balanço de nitrogênio})] / \text{matéria seca ingerida}.$$

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram calculados pela média e por desvio padrão. Os demais parâmetros foram submetidos à avaliação de homogeneidade e normalidade, os outliers identificados foram removidos. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise da variância, e quando significativos, os níveis de suplementação de vitamina C foram comparados pelos testes de Tukey e SNK. Para os níveis de selênio usou-se a análise de regressão. No confronto de cada tratamento com a dieta controle, aplicou-se o teste de Dunnett, segundo os procedimentos estatísticos do PROC GLM do software SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2002). Considerou-se o  $\alpha = 0,05$ .

## Resultados e Discussão

Durante os ensaios de composição da carcaça e bioquímica sanguínea (experimento 1) e de metabolizabilidade dos nutrientes (experimento 2), foram registradas temperaturas máximas

médias acima dos 33°C e umidade relativa do ar média abaixo dos 67% (Tabela 3). O ITGU, avaliado no experimento 1, apresentou valor médio de  $81,22 \pm 1,31$ .

As temperaturas consideradas ideais, para a criação de frangos de corte da linhagem Ross nos primeiros sete dias de idade é de 30,0°C, e reduz, gradativamente, para 24,0°C quando as aves estão entre 15 e 21 dias de idade, considerando a umidade relativa do ar entre 60% e 70% (AVIAGEN ROSS, 2014). Em condições de conforto térmico, o ITGU deve estar entre 75,8 a 79,7 pontos na primeira semana, e entre 71,9 a 74,4 pontos e 68,7 a 71,7 pontos na segunda e terceira semana de vida das aves, respectivamente (CÂNDIDO et al., 2016).

Tabela 3- Condições ambientais observadas durante o período experimental<sup>1</sup>

Experimento 1				
Semana	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)	ITGU
	Mínima	Máxima		
1 <sup>a</sup>	$22,30 \pm 0,97$	$33,25 \pm 1,05$	$64,31 \pm 5,97$	$80,80 \pm 1,68$
2 <sup>a</sup>	$22,91 \pm 1,56$	$33,43 \pm 1,70$	$64,56 \pm 3,99$	$80,88 \pm 1,68$
3 <sup>a</sup>	$23,90 \pm 0,89$	$34,11 \pm 0,89$	$66,71 \pm 2,16$	$81,99 \pm 0,56$
Média	$23,04 \pm 1,14$	$33,60 \pm 1,21$	$65,19 \pm 4,04$	$81,22 \pm 1,31$
Experimento 2				
	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)	
	Mínima	Máxima		
	$24,19 \pm 1,3$	$33,30 \pm 0,87$	$62,5 \pm 3,97$	

<sup>1</sup>Valores médios. ITGU - Índice de Temperatura de Globo e Umidade.

Os índices térmicos sugerem que o ambiente, no interior dos galpões, foi desfavorável para a máxima expressão do potencial genético dos frangos de corte, com temperaturas acima e abaixo da zona de conforto térmico das aves. O ITGU, índice bioclimático mais indicado para expressar o conforto ou desconforto dos animais em um ambiente específico (NASCIMENTO et al., 2013), caracterizou um ambiente de desconforto térmico para frangos de corte na fase inicial de criação.

### **Experimento 1 – Composição química, deposição de nutrientes na carcaça e bioquímica sérica**

Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre os níveis de vitamina C e selênio testados para a composição da matéria seca, da proteína bruta, da matéria mineral e da energia bruta na carcaça das aves aos 21 dias de idade (Tabela 4).

O selênio, de forma independente, promoveu alterações na composição da proteína bruta das carcaças. A suplementação do mineral nas dietas aumentou de forma linear ( $P < 0,05$ ) o



percentual de proteína bruta na carcaça das aves, segundo a equação:  $\hat{Y} = 5,2769 x + 54,5262$  ( $R^2 = 0,76$ ). Os demais parâmetros da composição da carcaça não foram influenciados nem pela suplementação de selênio, nem pelos níveis de vitamina C na dieta ( $P > 0,05$ ).

Tabela 4 – Composição química da carcaça de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Matéria Seca (%)								
32,07	150	32,50	30,51	31,46	31,49 <sup>a</sup>	5,40	0,2713	0,9687
	300	30,74	31,82	30,07	30,88 <sup>a</sup>			
	Média	31,61	31,16	30,77				
Proteína Bruta (%)								
57,13	150	55,28	57,75	56,70	56,58 <sup>a</sup>	4,34	0,0090	0,1314
	300	55,19	56,90	58,00	56,70 <sup>a</sup>			
	Média	55,24	57,32	57,35				
Energia Bruta (kcal/kg)								
6103,72	150	6227,91	5971,24	6173,03	6124,06 <sup>a</sup>	3,37	0,6758	0,0860
	300	6247,30	6175,13	6223,27	6215,24 <sup>a</sup>			
	Média	6237,61	6073,18	6198,15				
Cinzas (%)								
9,16	150	8,78	9,36	9,20	9,12 <sup>a</sup>	10,01	0,9275	0,7347
	300	8,94	8,56	8,58	8,69 <sup>a</sup>			
	Média	8,86	8,96	8,89				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). <sup>2</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de selênio na dieta.

O intenso crescimento muscular das linhagens atuais de frangos de corte exige uma maior demanda energética com concomitante aumento no consumo de oxigênio, que contribui para a formação excessiva de radicais livres (AKBARIAN et al., 2016). Na forma orgânica, o selênio pode ser armazenado nos tecidos (GOMES et al., 2011) e utilizado para síntese de glutathione peroxidase, prevenindo os distúrbios que seriam causados pelos radicais livres resultantes de situações de estresse (CHEN; WU; LI, 2013). Portanto, o aumento da concentração intramuscular deste mineral tem a capacidade de inibir a proteólise no músculo (MEDEIROS et al., 2012), proporcionando maior concentração desse nutriente na carcaça.

Skrivan et al. (2012), ao avaliarem o efeito de níveis crescentes de suplementação de vitamina C e selênio orgânico, de forma isolada ou combinada, sobre a composição química da

carne de frangos de corte aos 35 dias de idade, relatam maior teor de proteína bruta e, conseqüentemente, menores taxas de extrato etéreo na carcaça.

Não houve interação ( $P>0,05$ ) entre os níveis de vitamina C e selênio testados para a deposição de umidade, de proteína bruta e de matéria mineral na carcaça das aves aos 21 dias de idade (Tabela 5). Também não foi constatada diferença entre o tratamento controle e os tratamentos testes para os parâmetros relacionados à deposição de nutrientes na carcaça, assim como para os níveis de vitamina C e os de selênio de forma isolada ( $P>0,05$ ).

Tabela 5 – Composição em nutrientes na carcaça de pintos de 1 dia e deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Pintos de 1 dia de idade									
Umidade (%)		Proteína Bruta (%)				Matéria Mineral (%)			
31,30		20,60				2,68			
Frangos de corte aos 21 dias de idade									
Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>		
		0,2	0,4	0,6			L	Q	
Umidade (g/kg)									
419,67	150	410,58	430,31	418,09	419,66 <sup>a</sup>	6,70	0,9030	0,5912	
	300	430,63	421,27	420,01	423,97 <sup>a</sup>				
	Média	420,61	425,79	419,05					
Proteína Bruta (g/kg)									
353,66	150	336,41	358,21	345,98	346,87 <sup>a</sup>	7,10	0,3029	0,0971	
	300	342,50	351,61	349,15	347,75 <sup>a</sup>				
	Média	339,45	354,91	347,56					
Cinzas (g/kg)									
57,33	150	54,10	58,80	56,72	56,54 <sup>a</sup>	11,91	0,7527	0,4589	
	300	56,07	53,40	52,13	53,87 <sup>a</sup>				
	Média	55,08	56,10	54,43					

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ). <sup>2</sup> L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de selênio na dieta.

As diferenças na composição química da proteína bruta, com a suplementação de selênio nas dietas, não refletiram sobre a sua deposição na carcaça, possivelmente, em virtude do curto período de suplementação do mineral.

Na avaliação da bioquímica sérica das aves, aos 21 dias de idade, constatou-se que houve interação entre os níveis de vitamina C e selênio testados para a alanina aminotransferase (ALT)

dosada ( $P < 0,05$ ), mas não houve interação ( $P > 0,05$ ) para as variáveis aspartato aminotransferase (AST), proteínas totais, albumina, globulina, glicose e ácido úrico (Tabela 6).

Tabela 6 – Bioquímica sérica de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Parâmetros	Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
			0,2	0,4	0,6			L	Q
AST (UI/L)	184,76	150	189,49	167,87	189,06	182,14 <sup>a</sup>	18,03	0,786	0,843
		300	169,91	200,68	178,41	183,00 <sup>a</sup>			
Média			179,70	184,28	183,74				
ALT (UI/L)	6,44	150	3,54 <sup>b</sup>	5,76 <sup>a</sup>	7,11 <sup>a</sup>	5,47	47,73	0,056	0,771
		300	7,94 <sup>a</sup>	4,62 <sup>a</sup>	2,96 <sup>b</sup>	5,17			
Média			5,74	5,19	5,03				
PT (g/dL)	2,92	150	2,35	2,70	2,52	2,52 <sup>a</sup>	21,57	0,450	0,104
		300	2,47	3,06	2,69	2,74 <sup>a</sup>			
Média			2,41	2,88	2,60				
Alb (g/dL)	2,49	150	1,88	2,21	2,17	2,09 <sup>a</sup>	22,69	0,225	0,195
		300	1,95	2,39	2,20	2,18 <sup>a</sup>			
Média			1,91	2,30	2,18				
Glob (g/dL)	0,43	150	0,47	0,49	0,35	0,44 <sup>a</sup>	47,85	0,489	0,198
		300	0,52	0,67	0,49	0,56 <sup>a</sup>			
Média			0,49	0,58	0,42				
Gli (mg/dL)	154,24	150	140,42	148,64	156,04	148,37 <sup>a</sup>	11,01	0,760	0,537
		300	150,89	152,84	139,78	147,84 <sup>a</sup>			
Média			145,65	150,74	147,91				
AU (mg/dL)	2,93	150	2,75	2,77	2,87	2,80 <sup>a</sup>	28,70	0,781	0,835
		300	2,85	2,86	2,53	2,75 <sup>a</sup>			
Média			2,80	2,81	2,70				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK ( $P > 0,05$ ). <sup>2</sup> L, Q: efeito de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de Selênio na dieta. Legenda: AST- aspartato transaminase; ALT- alanina transaminase; PT- proteína total; Glob- globulina; Alb- albumina; Gli- glicose; AU –ácido úrico.

Na decomposição da interação, observa-se que, no nível 0,2 mg de selênio/kg de ração, a suplementação de 300 de vitamina C proporcionou maiores valores de ALT, comparados à adição de 150 mg da vitamina nas dietas ( $P < 0,05$ ). No nível 0,4 mg de selênio/kg de ração, não foi observado efeito da inclusão de vitamina C nas dietas ( $P > 0,05$ ), porém no nível 0,6 mg de selênio/kg de ração, a suplementação de 150 mg de vitamina C foi a que promoveu maior valor de ALT ( $P < 0,05$ ). Quando o fator vitamina C foi considerado, no nível 300 mg de suplementação, os níveis de selênio reduziram linearmente os valores de ALT, segundo a

equação:  $\hat{Y} = - 12,45000x + 10,1533$  ( $R^2 = 0,96$ ). Para o nível de 150 mg de vitamina C/kg de ração, não houve influencia dos níveis de selênio suplementados ( $P > 0,05$ ).

Considerando que a ALT é liberada pelos hepatócitos lesados e, quando em alta concentração, denota distúrbios hepáticos graves, pode-se inferir que a suplementação de vitamina C e selênio promoveram alterações metabólicas no fígado, possivelmente sem prejudicar as funções hepáticas, pois os níveis de ALT se mantiveram abaixo dos níveis normais para frangos de corte, que podem variar de 14 a 34 UI/L (BORSA et al., 2006). Além disso, os níveis plasmáticos de AST, dentro do intervalo considerado normal para aves:  $221 \pm 60$  UI/L (BORSA et al., 2006), inclusive no grupo controle, indica ausência de alterações hepáticas mais graves.

As concentrações de proteínas plasmáticas totais e albumina, em todos os tratamentos, encontram-se dentro dos níveis de referência para aves, que variam de 2,5 a 4,5 g/dL e 1,5 a 3,0 g/dL, respectivamente (KANEKO et al., 2008). Tais achados sugerem um bom estado de saúde dos animais, pois, valores de proteínas totais abaixo de 2,5 g/dL, estão associados à quadros de hipoalbuminemia (LAGANÁ et al., 2007). Os níveis séricos de globulina nas aves, excelente indicador de processo inflamatório, dentro dos padrões de normalidade, podem variar de 0,5 a 1,8 g/dL (THRALL, 2007).

A suplementação de vitamina C e selênio nas dietas não alterou a concentração de ácido úrico no sangue das aves, o qual permaneceu dentro dos limites indicados, com valores variando de 2 a 15 mg/dL (BENEZ, 2004). Constatação importante, evidenciando que os nutrientes suplementados não interferem na conjugação hepática e nem na excreção renal deste metabólito.

Aves apresentam níveis de glicose que podem variar de 200 a 500 mg/dL e, em casos de hipoglicemia, os teores de glicose caem para menos de 200 mg/dL (THRALL, 2007), portanto, a concentração de glicose das aves em todos os tratamentos, incluindo o controle, apresentam valores abaixo da faixa recomendada para frangos de corte.

Os parâmetros de bioquímica sérica nesta pesquisa sugerem que, apesar dos índices térmicos aferidos caracterizarem um ambiente de desconforto, possivelmente, o estresse por calor não foi suficiente para resultar em estresse oxidativo, com isso, não houve alteração bioquímica significativa frente à suplementação de vitamina C e selênio. Porém, por se tratarem de parâmetros com coeficiente de variação elevado, é importante uma análise criteriosa desses resultados, uma vez que a variabilidade das respostas apresentadas sugere que dados dessa natureza devem ser observados em número expressivo de aves por tratamento.

## Experimento 2 – Metabolizabilidade dos nutrientes da dieta

Não houve interação ( $P>0,05$ ) entre os níveis de vitamina C e selênio testados para o consumo, a excreção e o coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca, indicando que os fatores atuaram de forma independente sobre as respostas das variáveis (Tabela 7).

A suplementação de selênio nas dietas influenciou, de forma quadrática ( $P<0,05$ ), o coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca, em que o valor máximo observado foi no nível 0,376 mg de selênio/kg de ração, descrita pela equação:  $\hat{Y} = - 20,1028x^2 + 15,1225x + 73,2578$  ( $R^2 = 1,00$ ). A partir desse nível, houve redução na eficiência de aproveitamento da matéria seca das dietas, com possível influência sobre os demais coeficientes de metabolizabilidade, uma vez que os nutrientes estão presentes nessa fração dos alimentos.

Tabela 7 – Consumo, excreção e coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca de dietas, suplementadas com vitamina C e selênio, para frangos de corte na fase inicial

Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Matéria seca consumida (g/dia)								
69,00	150	71,77	70,57	71,95	71,43 <sup>a</sup>	2,95	0,8818	0,4329
	300	69,35	71,98	69,44	70,26 <sup>a</sup>			
	Média	70,56	71,27	70,70				
Matéria seca excretada (g/dia)								
17,41	150	17,81	16,68	18,12	17,54 <sup>a</sup>	5,50	0,4599	0,2836
	300	16,79	17,43	17,12	17,11 <sup>a</sup>			
	Média	17,30	17,05	17,62				
Coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (%)								
74,80	150	75,18	76,37	74,82	75,46 <sup>a</sup>	1,29	0,3909	0,0466
	300	75,78	75,81	75,37	75,65 <sup>a</sup>			
	Média	75,48	76,09	75,09				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ). <sup>2</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de selênio na dieta.

Não houve interação ( $P>0,05$ ) entre os níveis de vitamina C e selênio testados para o consumo, a excreção e o coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta (Tabela 8). No entanto, a vitamina C e o selênio, de forma separada, apresentam efeitos sobre o consumo e o coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta ( $P<0,05$ ).

Sem a influência da vitamina C na resposta, o selênio reduziu de forma linear ( $P<0,05$ ) o consumo de proteína bruta das dietas, segundo a equação:  $\hat{Y} = - 2,0523x + 16,2096$  ( $R^2 = 0,99$ ). O coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta aumentou com a adição de 300 mg de vitamina C/kg de ração, quando comparado ao nível 150 mg de suplementação ( $P<0,05$ ) e

reduziu de forma linear ( $P < 0,05$ ), com acréscimo isolado de selênio nas dietas, segundo a equação:  $\hat{Y} = - 6,1258x + 73,6145$  ( $R^2 = 0,89$ ).

Sendo as rações isoproteicas e isoenergéticas, esperava-se que, uma vez não constatado efeito da vitamina C e selênio sobre o consumo de matéria seca, que a proteína bruta ingerida também não fosse alterada. Entretanto, a proteína bruta consumida reduziu com a suplementação de selênio nas dietas e essa redução, sem alteração no teor de proteína bruta excretada, influenciou negativamente o seu coeficiente de metabolizabilidade. Possivelmente, o selênio suplementar provocou alterações metabólicas no organismo das aves e a necessidade de desviar parte da proteína absorvida para a manutenção da homeotermia, considerada a função basal mais importante e prioritária (CASSUCE et al., 2013), em detrimento da produção.

Tabela 8 – Consumo, excreção e coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta de dietas, suplementadas com vitamina C e selênio, para frangos de corte na fase inicial

Controle <sup>1</sup>	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média <sup>2</sup>	CV (%)	Valor P <sup>3</sup>	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Proteína bruta consumida (g/dia)								
15,18	150	15,83	15,04	15,18	15,35 <sup>a</sup>	2,92	0,0006	0,7932
	300	15,80	15,67	14,80	15,42 <sup>a</sup>			
	Média	15,81	15,36	14,99				
Proteína bruta excretada (g/dia)								
4,49	150	4,57	4,33	4,64	4,51 <sup>a</sup>	6,04	0,2482	0,2540
	300	4,24	4,37	4,46	4,36 <sup>a</sup>			
	Média	4,40	4,35	4,55				
Coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta (%)								
70,45	150	71,14	71,18	69,46	70,59 <sup>b</sup>	1,84	0,0005	0,1564
	300	73,14*	72,14	69,91	71,73 <sup>a</sup>			
	Média	72,14	71,66	69,69				

<sup>1</sup>Médias seguidas de asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ). <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). <sup>3</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de selênio na dieta.

A ingestão de antioxidantes dietéticos pode ser benéfica somente se o organismo estiver em um estado oxidativo abaixo do ideal. Quando o consumo de antioxidantes na dieta passa a ser superior à compensação fisiológica, o excesso pode conduzir a um desvio de estado antioxidativo ótimo, e resultar em efeitos deletérios (BEAULIEU e SCHAEFER, 2013).

As aves do tratamento controle apresentaram menores valores de coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta, comparadas às aves que receberam 300 mg de vitamina C associado a 0,2 mg de selênio/kg de ração ( $P < 0,05$ ).

Constatou-se que houve interação ( $P < 0,05$ ) entre os níveis de vitamina C e os de selênio testados, para a energia bruta consumida e para o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (Tabela 9), porém, não foi verificada interação ( $P > 0,05$ ) nem influência dos níveis isolados de vitamina C e de selênio ( $P > 0,05$ ) sobre a variável energia bruta excretada.

Na decomposição da interação, observou-se que para o nível 0,6 mg de selênio/kg de ração, a suplementação de 150 mg de vitamina C, nas dietas, foi a que proporcionou maiores valores de energia bruta consumida para as aves ( $P < 0,05$ ). Nos demais níveis de selênio, a suplementação de vitamina C não influenciou a resposta da variável ( $P > 0,05$ ). O selênio suplementar, no nível de 150 mg de vitamina C, alterou, de forma quadrática ( $P < 0,05$ ) a energia bruta consumida das dietas, de acordo com a equação:  $\hat{Y} = 296,2969 x^2 - 201,0987 x + 335,5316$  ( $R^2 = 1,00$ ), com ponto de valor mínimo no nível de 0,339 mg de selênio/kg de ração. Já para o nível de 300 mg de vitamina C/kg de ração, não houve influência dos níveis de selênio ( $P > 0,05$ ).

Tabela 9 – Consumo, excreção e coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta de dietas, suplementadas com vitamina C e selênio, para frangos de corte na fase inicial

Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média <sup>1</sup>	CV (%)	Valor P <sup>2</sup>	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Energia bruta consumida (kcal)								
308,09	150	307,16 <sup>a</sup>	302,50 <sup>a</sup>	321,54 <sup>b</sup>	310,40	2,94	0,0252	0,0315
	300	309,43 <sup>a</sup>	312,92 <sup>a</sup>	299,60 <sup>a</sup>	307,32		0,2214	0,2271
	Média	308,30	307,71	310,57				
Energia bruta excretada (kcal)								
69,50	150	72,64	66,86	72,18	70,56 <sup>a</sup>	7,16	0,5674	0,3210
	300	67,21	70,35	70,28	69,28 <sup>a</sup>			
	Média	69,93	68,60	71,23				
Coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (%)								
77,46	150	76,36 <sup>b</sup>	77,90 <sup>a</sup>	77,56 <sup>a</sup>	77,27	1,62	0,0759	0,1072
	300	78,27 <sup>a</sup>	77,55 <sup>a</sup>	76,56 <sup>a</sup>	77,46		0,0735	0,8651
	Média	77,31	77,72	77,06				

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). <sup>2</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de selênio na dieta.

Para o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta, no desdobramento da interação, constatou-se que, para o nível 0,2 mg de selênio/kg de ração, a adição de 300 mg de vitamina C nas dietas proporcionou maiores valores do coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta, comparados ao das aves que receberam 150 mg da vitamina/kg de ração ( $P < 0,05$ ). Nos demais níveis de selênio, a suplementação de vitamina C não alterou a resposta da variável ( $P > 0,05$ ).

Considerando o fator vitamina C, observou-se que, para os níveis de 150 e 300 mg de vitamina, os níveis de selênio não influenciaram ( $P>0,05$ ) o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta das dietas.

Apesar dos resultados observados, o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta nas aves que receberam a adição de 300 mg de vitamina C associado a 0,2 mg de selênio/kg de ração, não foi estatisticamente superior ao coeficiente apresentado pelas aves da dieta controle, sugerindo que a suplementação de vitamina C e selênio nas dietas alterou o metabolismo das aves e, possivelmente, parte do conteúdo de energia retida, foi utilizada para manutenção da homeostase orgânica.

Constatou-se que houve interação ( $P<0,05$ ) entre os níveis de vitamina C e os de selênio testados, para a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), mas não houve interação para o nitrogênio ingerido, o nitrogênio excretado, o balanço de nitrogênio e para eficiência de utilização de nitrogênio ( $P>0,05$ ) (Tabela 10).

Na decomposição da interação, observou-se que, nos níveis 0,2 e 0,6 mg de selênio/kg de ração, a suplementação de 300 mg e 150 mg de vitamina C, respectivamente, proporcionou maiores valores de EMAn ( $P<0,05$ ), porém, no nível 0,4 mg de selênio/kg de ração, não foi observado efeito da inclusão de vitamina C nas dietas ( $P>0,05$ ). Quando o fator vitamina C foi considerado, no nível 150 e 300 mg de suplementação, verificou-se efeito linear dos níveis de selênio sobre a EMAn, segundo as equações:  $\hat{Y} = 529,3930x + 2954,5694$  ( $R^2 = 0,98$ );  $\hat{Y} = -432,8111x + 3363,2241$  ( $R^2 = 0,97$ ), respectivamente.

Sem a influência da vitamina C na resposta, o selênio reduziu de forma linear ( $P<0,05$ ) os teores de nitrogênio ingerido e o balanço de nitrogênio, segundo as equações:  $\hat{Y} = -0,2830x + 2,4090$  ( $R^2 = 0,99$ );  $\hat{Y} = -0,3152x + 1,8075$  ( $R^2 = 0,98$ ), respectivamente. A redução desses parâmetros era esperada, acompanhando o decréscimo no consumo da proteína bruta, observado com a suplementação de selênio nas dietas.

A eficiência de utilização do nitrogênio foi maior para o tratamento com adição de 300 mg de vitamina C, quando comparado com a suplementação de 150 mg dessa vitamina ( $P<0,05$ ), independentemente do nível de selênio. As diversas funções fisiológicas aplicadas à vitamina C, podem ter resultado no maior aproveitamento nutricional da proteína bruta refletindo na eficiência de utilização do nitrogênio das dietas (ABIOJA et al., 2011).

Para a mesma variável, a suplementação de selênio nas dietas reduziu, de forma linear ( $P<0,05$ ), a eficiência de utilização do nitrogênio, segundo a equação:  $\hat{Y} = -4,6723x + 75,1039$  ( $R^2 = 0,83$ ), o que significa dizer que a retenção de nitrogênio, com os níveis de suplementação



do mineral, foi menor e resultou em diminuição na eficiência de utilização do elemento. Portanto, pode-se inferir que a adição de selênio nas dietas das aves, reduziu a disponibilidade de aminoácidos para síntese proteica, com o possível excesso metabolizado como fonte de energia.

Tabela 10 – Balanço de nitrogênio, eficiência de utilização de nitrogênio e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio de dietas, suplementadas com vitamina C e selênio, para frangos de corte na fase inicial

Controle <sup>1</sup>	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média <sup>2</sup>	CV (%)	Valor P <sup>3</sup>	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Nitrogênio ingerido (g/dia)								
2,26	150	2,37	2,25	2,26	2,29 <sup>a</sup>	2,92	0,0012	0,9931
	300	2,33	2,34	2,22	2,30 <sup>a</sup>			
	Média	2,35	2,29	2,24				
Nitrogênio excretado (g/dia)								
0,62	150	0,64	0,60	0,64	0,63 <sup>a</sup>	5,90	0,4368	0,2509
	300	0,59	0,60	0,61	0,60 <sup>a</sup>			
	Média	0,61	0,60	0,63				
Balanço de nitrogênio (g/dia)								
1,64	150	1,73*	1,64	1,61	1,66 <sup>a</sup>	3,03	<0,0001	0,4031
	300	1,75*	1,74*	1,61	1,70 <sup>a</sup>			
	Média	1,74	1,69	1,61				
Eficiência de utilização de nitrogênio (%)								
72,57	150	73,06	73,24	71,51	72,60 <sup>b</sup>	1,62	0,0022	0,1210
	300	74,78*	74,22	72,59	73,87 <sup>a</sup>			
	Média	73,92	73,73	72,05				
Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio ((kcal/kg)								
3263,04	150	3069,87 <sup>b*</sup>	3147,47 <sup>a*</sup>	3281,63 <sup>a</sup>	3166,33	1,67	<0,0001	0,2465
	300	3285,53 <sup>a</sup>	3172,37 <sup>a*</sup>	3112,40 <sup>b*</sup>	3190,10			
	Média	3177,70	3159,92	3197,02				

<sup>1</sup>Médias seguidas de asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett (P<0,05). <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). <sup>3</sup>L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de selênio na dieta.

Segundo Macpherson (1994), o selênio tem ação efetiva na proteção do tecido pancreático contra danos oxidativos, melhorando, assim, a secreção de enzimas e a digestão dos nutrientes. No entanto, isso não pode ser confirmado nesta pesquisa, o que pode sugerir que a quantidade de selênio utilizada no suplemento mineral da dieta basal, ou seja, a suplementação convencional de selênio inorgânico é suficiente para proteção de danos oxidativos.

As aves do tratamento controle apresentaram menores valores de balanço de nitrogênio, comparadas às aves que receberam 150 mg de vitamina C associado a 0,2 mg de selênio/kg de

ração e, 300 mg de vitamina C associados a 0,2 mg e 0,4 mg de selênio/kg de ração ( $P < 0,05$ ). A eficiência de utilização do nitrogênio, pelas aves do tratamento referência, foi menor do que a das aves que receberam 300 mg de vitamina C associados a 0,2 mg de selênio/kg de ração ( $P < 0,05$ ). Entretanto, as aves do tratamento controle apresentaram eficiência de utilização de nitrogênio próxima à observada por Longo et al. (2001), para frangos de corte na fase inicial, que é de 72%.

Os valores de EMAn das aves do tratamento controle foram maiores do que os das aves que receberam 150 mg de vitamina C associados a suplementação de 0,2 e 0,4 mg de selênio/kg de ração, assim como para as aves que receberam 300 mg de vitamina C associados a 0,4 mg e 0,6 mg de selênio/kg de ração ( $P < 0,05$ ), sugerindo possível efeito catabólico desses nutrientes, quando suplementados em excesso (ZEFERINO et al., 2016) e o custo energético para tal, pode ter trazido prejuízos, já que um menor conteúdo de energia foi retido pelas ave dos tratamentos citados.

Provavelmente, neste estudo, as aves, ao longo do seu desenvolvimento, foram capazes de se adaptar e responder ao nível de estresse imposto pela temperatura, adequando o metabolismo energético, não respondendo positivamente a suplementação de vitamina C e selênio.

## **Conclusões**

A suplementação de selênio aumenta o teor de proteína bruta na carcaça, sem refletir na maior deposição dos nutrientes corporais em frangos de corte aos 21 dias de idade.

A suplementação de selênio em dietas para frangos de corte, em fase inicial, mantidos em ambiente de alta temperatura, reduz os coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes e da energia bruta e o balanço de nitrogênio das dietas.

A suplementação de vitamina C melhora o coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta e a eficiência de utilização de nitrogênio das dietas.

## **Agradecimentos**

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí - FAPEPI pelo financiamento da pesquisa e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

## **Referências**

ABIOJA, M. O.; OSINOWO, O. A.; SMITH, O. F.; ERUVBETINE, D.; ABIONA, J. A., 2011: Evaluation of cold water and vitamin C on broiler growth during hot-dry season in sw Nigeria. *Archivos de Zootecnia* **60**, 1095-1103.

AOAC., 1995: *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists international*, (16 ed.), Arlington, USA.

AKBARIAN A, M. J.; MICHIELS, J.; DEGROOTE, J.; MAJDEDDIN, M.; GOLIAN, A.; SMET, S., 2016: Association between heat stress and oxidative stress in poultry; mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals. *Journal of Animal Science and Biotechnology* **7**, 1690-1696.

AVIAGEN ROSS, 2014: *Ross Broiler Management Manual*. Disponível em: <[http://pt.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-2014i-EN.pdf](http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-2014i-EN.pdf)> Acesso em: 20 de janeiro de 2018.

BEAULIEU, M.; SCHAEFER, H. M., 2013: Rethinking the role of dietary antioxidants through the lens of self-medication. *Animal Behaviour* **86**, 17–24.

BENEZ, S. M., 2004: *Aves: criação, clínica, teoria, prática: silvestres, ornamentais, avinhados*, (4 ed.), Editora Tecmedd, Ribeirão Preto.

BETERCHINI, A. G., 2012: *Nutrição de monogástricos*. (2 ed.), UFLA, Lavras, 373 p.

BORSA, A.; KOHAYAMA A.; BORETTI L. P.; SAITO M. E.; KUIBIDA K., 2006: Níveis séricos de enzimas de função hepática em frangos de corte de criação industrial clinicamente saudáveis. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **58**, 675-677.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA, Brasília, DF, 2017.

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 A.S.A.E.* **24**, 711-714.

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**, 760-767.

CASSUCE, D. C.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R.; VIEIRA, M. F. A., 2013: Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. *Engenharia Agrícola* **33**, 28-36.

CHEN, G.; WU, J.; LI, C., 2013: Effect of different selenium sources on production performance and biochemical parameters of broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **98**, 747-754.

GOMES, F. A.; BERTECHINI, A. G.; DARI, R. L.; BRITO, J. A. G.; FASSANI, E. J.; RODRIGUES, P. B.; SILVA, L. A., 2011: Efeito de fontes e níveis de selênio sobre parâmetros fisiológicos em frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **63**, 633-640.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L., 2008: *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. (6 ed.), Editora Waltham, 928 p.

LAGANÁ, C.; RIBEIRO, A. M. L.; GONZÁLEZ, F. H. D.; LACERDA, A.; KRATZ, L. R.; BARBOSA, P. R., 2007: Níveis dietéticos de proteína e gordura e parâmetros bioquímicos, hematológicos e empenamento em frangos de corte estressados pelo calor. *Revista Brasileira de Zootecnia* **36**, 1783-1790.

LONGO, F. A.; SAKOMURA, N. K.; FIGUEIREDO, A. N.; RABELLO, C. B.; FERRAUDO, A. S., 2001: Equações de predição das exigências proteicas para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* **30**, 1521-1530.

MACPHERSON A. *Selenium, vitamin E and biological oxidation*. In: Cole DJ, Garnsworthy PJ. Recent Advances in Animal Nutrition. Oxford: Butterworth and Heinemann; 1994. p. 3-30.

MAHMOUD, U. T.; ABDEL-RAHMAN, M. A. M.; DARWISH, M. H. A., 2014: Effects of propolis, ascorbic acid and vitamin E on thyroid and corticosterone hormones in heat stressed broilers. *Journal Advanced Veterinary Research* **4**, 18-27.

MATTERSON, L. D., POTTER, L. M., STUTZ, M. W., 1965: *The metabolizable energy of feed ingredients for chickens*. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11p.

NASCIMENTO, G. V.; CARDOSO, E. A.; BATISTA, N. L.; SOUZA, B. B.; CAMBUÍ, G. B., 2013: Indicadores produtivos, fisiológicos e comportamentais de vacas de leite. *Agropecuária Científica no Semiárido* **9**, 28-36.

OLIVEIRA, T. F. B.; RIVERA, D. F. R.; MESQUITA, F. R.; BRAGA, H.; RAMOS, E. M.; BERTECHINI, A. G., 2014: Effect of different sources and levels of selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of broilers. *The Journal of Applied Poultry Research* **23**, 15-22.

MEDEIROS, L. G.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M.; PINHEIRO, J. W.; SILVA, C. A.; SOARES, A. L.; PISSINATI, A.; ALMEIDA, M., 2012: Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de frangos de corte suplementados com selênio orgânico. *Semina: Ciências Agrárias* **33**, 3361-3369.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA-PMT. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. *Caracterização do município de Teresina*. Teresina, 2015. Disponível em: <<http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/TERESINA-Characteriza%C3%83%C2%A7%C3%83%C2%A3o-do-Munic%C3%83-pio-2015.pdf>> Acesso em: 9 de dezembro de 2017.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F., 2011 *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. (3 ed.) , Universidade Federal de Viçosa: Viçosa. 252p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, C., 2002: *Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)*. Universidade Federal de Viçosa: Viçosa. 235p.

SILVA, G. C.; NASCIMENTO, M. R. B. M.; PENHA-SILVA, N.; FERNANDES, E. A.; VILELA, D. R.; SOUTO, M. M., 2015: Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a estresse cíclico de calor. *Revista Ceres* **62**, 372-378.

SKRIVAN, M.; MAROUNEK, M.; ENGLMAIEROVÁ, M.; SKŘIVANOVÁ, E., 2012: Influence of dietary vitamin C and Selenium, alone and in combination on the composition and oxidative stability of meat of broilers. *Food Chemistry* **130**, 660-664.

THRALL, M. A., 2007: *Hematologia e bioquímica clínica veterinária*, Philadelphia, Lippincott Editora Roca, São Paulo. 582p.

WANG, Y. B.; XU, B. H., 2008: Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* **144**, 306-314.

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 Journal* **10**, 163-171.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Controlar os efeitos negativos das altas temperaturas, comuns em países de clima tropical, sobre os frangos de corte, tem sido um desafio para os produtores, pois as alterações metabólicas e comportamentais, provocadas pelo estresse térmico, afetam variáveis de grande interesse econômico para a atividade avícola.

Os nutrientes funcionais, caracterizados por promoverem benefícios à saúde animal, além de nutrir, têm sido estudados para aliviar os efeitos do estresse por calor, principalmente aqueles que exibem características antioxidantes, como a vitamina C e o selênio. Entretanto, considerando as condições ambientais e níveis de suplementação dos nutrientes desta pesquisa, não se identificou benefícios com o uso de vitamina C e selênio para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.

Dessa forma, é relevante a recomendação de mais estudos envolvendo a suplementação desses nutrientes nas fases de criação seguintes, e a avaliação conjunta de parâmetros produtivos e diferentes indicadores fisiológicos de estresse, como dosagem de hormônios, análises de qualidade da carne e histologia dos órgãos digestivos e linfoides. Obter o máximo de informações dentro de um estudo trará resultados mais conclusivos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

- ABIDIN, Z.; KHATOON, A. Heat stress in poultry and the beneficial effects of ascorbic acid (vitamin C) supplementation during periods of heat stress. **World's Poultry Science Association**, v. 69, n. 1, p. 135-152, 2013.
- ABIOJA, M.O. et al. Evaluation of cold water and vitamin C on broiler growth during hot-dry season in sw Nigeria. **Archivos de Zootecnia**. v. 60, n. 232, p. 1095-1103, 2011.
- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 1-14, 2011. Suplemento.
- AKBARIAN A, M. J. et al. Association between heat stress and oxidative stress in poultry; mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 7, n. 37, p. 1690-1696, 2016.
- ALI, M. T. Vitamin C and electrolyte supplementation to support growth and meat yield of broilers in a hot humid environment. **Journal of the Bangladesh Agricultural University**, v. 8, n. 1, p. 57-60, 2010.
- AL-ZGHOUL, M. B. et al. Biochemical and molecular investigation of thermal manipulation protocols during broiler embryogenesis and subsequent thermal challeng. **BMC Veterinary Research**, v. 11, p.1-9, 2015.
- ATTIA, Y. A. et al. Recovery from adverse effects of heat stress on slow-growing chicks in the tropics 1: Effect of ascorbic acid and diferente levels of betaine. **Tropical Animal Health and Production**, v. 41, p. 807-818, 2009.
- BARBOSA, K. B. F. et al. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 629-643, 2010.
- BÍCEGO, K. C.; SCARPELLINI, C. S.; GARGAGLIONI, L. H. Termorregulação. In: MACARI, M.; MAIORKA, A. **Fisiologia das aves comerciais**. 1 ed. Jaboticabal-SP: FUNEP/UNESP, 2017. p. 423-456.
- BRIDI, A. M. **Adaptação e Aclimação Animal**. [2010]. Disponível em: <<http://www.uel.br/pessoal/ambridi/.../AdaptacaoeAclimatacaoAnimal.pdf>> Acesso em: 18 de dezembro de 2017.
- BOIAGO, M. M. et al. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês, criados sob condições de estresse térmico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 1, p. 241-247, 2013.
- BOSCHINI, C. et al. Relação entre a proteína de choque térmico e o estresse térmico em frangos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, p. 63-77, 2011.
- CASSUCE, D. C. **Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil**. 2011. 91f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

- CASSUCE, D. C. et al. Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. **Engenharia Agrícola**, v. 33, p. 28-36, 2013.
- CHADIO, S. E. et al. Effects of high selenium and fat supplementation on growth performance and thyroid hormones concentration of broilers. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 9, p. 202-207, 2014.
- CONEGLIAN, S. M. et al. Utilização de antioxidantes nas rações. **Pubvet**, v. 5, n. 5, p. 1-33, 2011.
- CORDEIRO, M. B. et al. Conforto térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 217-224, 2010.
- COSTANTINI, D.; MOLLER, A. P. Does immune response cause oxidative stress in birds? A meta-analysis. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 153, n. 3, p. 339–344, 2009.
- COZZOLINO, S. M. F. Selênio. In: **Biodisponibilidade de nutrientes**. 4 ed. Barueri-SP: Editora Manole, 2005. p. 539-577.
- EDENS, F. W. SEFTON, A. E. Organic selenium in animal nutrition – utilisation, metabolism, storage and comparison with other selenium sources. **Journal of Applied Animal Nutrition**, v. 4, n. 9, p. 1 - 14, 2016.
- FAN, C.; YU, B.; CHEN, D. Effects of different sources and levels of selenium on performance, thyroid function and antioxidant status in stressed broiler chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 8, n. 6, p. 583-587, 2009.
- FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2 ed. Jaboticabal-SP: FUNEP/UNESP, 2008. p. 209-230.
- GOMES, F. A. et al. Efeito de fontes e níveis de selênio sobre parâmetros fisiológicos em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 3, p. 633-640, 2011.
- HANCOCK, R. D.; VIOLA, R. Biotechnological approaches for L-ascorbic acid production. **Trends in Biotechnology**, v. 20, n. 7, p. 299-305, 2002.
- HASSELQUIST, D.; NILSSON, J. Physiological mechanisms mediating cost of immune responses: what can we learn from studies of birds?. **Animal Behaviour**, v. 83, p. 1303 - 1312, 2012.
- IMIK, H. et al. Effects of vitamin C and  $\alpha$ -lipoid acid dietary supplementations on metabolic adaptation of broilers to heat stress. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v. 164, n. 2, p. 52-59, 2013.



- JOHNSTON, C. S.; STEINBERG, F. M.; RUCKER, R. B. Ascorbic acid. In: ZEMPLINI, J.; RUCKER, R. B.; MC CORMICK, D. B. **Handbook of Vitamins**. 4 ed. Boca Raton- FL: CRC Press, 2007. p. 489 – 520.
- KHAN, R. U. et al. Effect of ascorbic acid in heat – stressed poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 68, n. 3, p. 477-489, 2012.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. 4ª ed. Canada: University Books. 2001. 591 p.
- LOPES, J. C. O.; RIBEIRO, M. N.; LIMA, V. B. S. Estresse por calor em frangos de corte. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 12, p. 4478-4487, 2015.
- MAHMOUD, U. T. et al. Effects of propolis, ascorbic acid and vitamin E on thyroid and corticosterone hormones in heat stressed broilers. **Journal Advanced Veterinary Research**, v. 4, n. 1, p. 18 – 27, 2014.
- MAINI, S. et al. Evaluation of oxidative stress and its amelioration through certain antioxidants in broilers during summer. **The Journal of Poultry Science**, v. 44, n. 3, p. 339-347, 2007.
- MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Eds.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2 ed. Jaboticabal: UNESP; FUNEP, 2008. p. 167-173.
- MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 3 ed. Rio de Janeiro- RJ: Guanabara Koogan, 2007. 360 p.
- MCDOWELL, L. R. **Vitamins in animal and human nutrition**. 2 ed. Ames, Iowa: Academic Press, p. 597-640, 2000.
- MCKEE, J. S.; HARRISON, P. C. Supplemental ascorbic acid does not affect inferred heat loss in broiler chickens exposed to elevated temperature. **Journal of Thermal Biology**, v. 38, n. 4, p. 159 – 162, 2013.
- MEDEIROS, C. M. et al. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, p. 277-286, 2005.
- MEDEIROS, L. G. et al. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de frangos de corte suplementados com selênio orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 3361-3370, 2012. Suplemento.
- MOORES, J. Vitamin C: a wound healing perspective. **British Journal of Community Nursing**, v. 18, p. S6 - S8, 2013.
- NAZARENO, A. C. et al. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 802–808, 2009.
- NUNES, I. J. **Nutrição animal básica**. 2. ed. Belo Horizonte: FEP-MVZ, 1998. 388 p.

OKUTAN, H. et al. Effects of caffeic acid phenethyl ester on lipid peroxidation and antioxidant enzymes in diabetic rat heart. **Clinical biochemistry**, v. 38, n. 2, p. 191-196, 2005.

OLIVEIRA, C. G. R. **Desenvolvimento de bioprocesso para a produção de biomassa de levedura (*saccharomyces cerevisiae*) rica em organoselênio**. 2006. 77f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

OLIVEIRA, T. F. B. et al. Effect of different sources and levels of selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, n. 1, p. 15-22, 2014.

PAN, E. A. et al. Desempenho de poedeiras semipesadas arraçoadas com a suplementação de selênio orgânico. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 16, n. 1, p. 83-89, 2010.

PHAMANOSTRA. Vitamina C – antioxidante, **Informativo técnico, 2012**. Disponível em: <[https://infinitypharma.com.br/uploads/insumos/pdf/v/Vitamina\\_C.pdf](https://infinitypharma.com.br/uploads/insumos/pdf/v/Vitamina_C.pdf)> Acesso em 12 de dezembro de 2017.

PERAI, A. H. et al. Effects of chromium and chromium+vitamin C combination on metabolic, oxidative, and fear responses of broilers transported under summer conditions. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 4, p. 453-62, 2014.

QUINTEIRO-FILHO, W. M. et al. Acute heat stress impairs performance parameters and induces mild intestinal enteritis in broiler chickens: Role of acute hypothalamic-pituitary-adrenal axis activation. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 2, p. 1986-1994, 2012.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252 p.

RUTZ, F.; ANCIUTI, M. A.; MAIER, J. C. Digestão, Absorção e Metabolismo das Vitaminas. In: SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. 1 ed. Jaboticabal-SP: FUNEP/UNESP, 2014. p. 143-166.

RUTZ, F.; LOPES, D. C.N.; LUVIZOTTO, J. M. Absorção e metabolismo de vitaminas. In: MACARI, M.; MAIORKA, A. **Fisiologia das aves comerciais**. 1 ed. Jaboticabal-SP: FUNEP/UNESP, 2017. p. 274-315.

SAHIN, K. et al. Supplementation of zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat-distressed quail. **Poultry Science**, v. 84, n. 6, p. 882-887, 2005.

SAHIN, K.; KUÇUK, O. Heat stress and dietary vitamin supplementation of poultry diets. **Nutrition Abstracts and Reviews. Series B: Livestock Feeds and Feeding**, v. 73, n. 7, p. 41-53, 2003.

- SARAIVA, E. P. et al. Níveis de proteína bruta em rações para suínos machos castrados em fase inicial de crescimento, mantidos em ambiente de baixa temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1690-1696, 2003. Suplemento.
- SCHRAUZER, G. N. Anticarcinogenic effects of selenium. *Cell Molec. Life Sciences*, v. 57, p. 1864-1873, 2000.
- SEVEN, P. T.; SEVEN, I. Effects of selenium and vitamin C supplemented with high energy diet on the performance of broilers in cold (15 °C) environment. **Bulgarian Journal of Veterinary Medicine**, v. 12, n. 1, p. 25-32, 2009.
- SILVA, G. C. et al. Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a stress cíclico de calor. **Revista Ceres**, v. 62, p. 372-378, 2015.
- SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. **Principles of animal biometeorology**. 1 ed. Nova York- NY: Ed. Springer, 2013. 261 p.
- SILVA, S. R. G. et al. Fundamentos da imunonutrição em aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 10, p. 2154-2172, 2013.
- SKRIVAN, M. et al. Influence of dietary vitamin C and Selenium, alone and in combination on the composition and oxidative stability of meat of broilers. **Food Chemistry**, v. 130, n. 4, p. 660-664, 2012.
- SORIO, A. **Estudo de viabilidade técnica e econômica destinado à implantação do Parque produtivo nacional de aditivos da indústria de alimentação de animais de produção**. Passo Fundo: Méritos, 2012. 300 p.
- SOUZA, M. G. et al. Utilização das vitaminas C e E em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p. 2192-2198, 2011.
- SURAI, P. F.; FISININ, V. I. Selenium in poultry breeder nutrition: An update. **Animal Feed Science and Technology**, v. 191, n. 1, p. 1-15, 2014.
- TAN, G. Y. et al. Effects of different acute high ambient temperatures on function of hepatic mitochondrial respiration, antioxidative enzymes, and oxidative injury in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 89, p. 115-122, 2010.
- TAWFEEK, S. S.; HASSANIN, K. M. A.; YOUSSEF, I. M. I. The effect of dietary supplementation of some antioxidants on performance, oxidative stress, and blood parameters in broilers under natural summer conditions. **Journal of World's Poultry Research**, v. 4, n. 1, p. 10-19, 2014.
- TEIXEIRA, M. P. F.; ABREU, M. L. T. Vitamina C em rações de frango de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 8, n. 2, p. 1489-1498, 2011.
- UPTON, R. J.; EDENS, W. F.; FERKET, P. R. Selenium yeast effect on broiler performance. **International Journal of Poultry Science**, v. 7, n. 8, p. 798-805, 2008.

VANNUCCHI, H.; ROCHA, M. M. **Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Ácido ascórbico (Vitamina C)**. São Paulo: International Life Sciences Institute, v. 21, p. 1-12, 2012.

VIEIRA, B. S. et al. Desenvolvimento do tecido muscular. In: MACARI, M.; MAIORKA, A. **Fisiologia das aves comerciais**. 1 ed. Jaboticabal-SP: FUNEP/UNESP, 2017. p. 532-570.

WANG, Y. B.; XU, B. H. Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 144, n. 3, p. 306-314, 2008.

YANG, X. et al. Effects of low ambient temperatures and dietary vitamin C supplement on growth performance, blood parameters, and antioxidant capacity of 21-day-old broilers. **Poultry Science**, v. 93, n. 1, p. 898-905, 2014.

YOO, J. et al. Growth performance, intestinal morphology, and meat quality in relation to alpha-lipoic acid associated with vitamin C and E in broiler chickens under tropical conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 3, p. 113-120, 2016.

XIE, J. et al. Effects of acute and chronic heat stress on plasma metabolites, hormones and oxidant status in restrictedly fed broiler breeders. **Poultry Science**, v. 94, n. 7, p. 1635-1644, 2015.

ZHANG, Z. Y. et al. Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. **Poultry Science**, v. 91, n. 11, p. 2931-2937, 2012.