

ÉRIKA MARTINS DE FIGUEIREDO

**SELÊNIO LEVEDURA EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE EM
DIFERENTES AMBIENTES TÉRMICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2016

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

F475s
2016 Figueiredo, Érika Martins de, 1981-
Selênio levedura em rações para frangos de corte em
diferentes ambientes térmicos / Érika Martins de Figueiredo. –
Viçosa, MG, 2016.
xii, 53f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Frango de corte - Alimentação e rações. 2. Selênio.
3. Minerais na nutrição animal. 4. Frango de
corte - Desempenho. 5. Frango de corte - Efeito da temperatura.
6. Ambiente térmico. 7. Stresse oxidativo.
8. Atividade enzimática. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-graduação em
Zootecnia. II. Título.


CDD 22. ed. 636.51

ÉRIKA MARTINS DE FIGUEIREDO

**SELÊNIO LEVEDURA EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE EM
DIFERENTES AMBIENTES TÉRMICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

APROVADA: 20 de maio de 2016.



Marcelo Dias da Silva



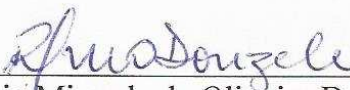
Rogério Pinto



Juarez Lopes Donzele
(Coorientador)



Luiz Fernando Teixeira Albino
(Coorientador)



Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele
(Orientadora)

Dedico,

Aos meus pais Carlos e Sueli por todo amor, ajuda, compreensão e incentivo.

Aos meus irmãos Léo, Carlim e Cida pelo carinho e atenção.

A minha cunhada e amiga Paula pela amizade e conselhos.

Ao meu sobrinho e afilhado João Pedro por ser minha alegria e fortaleza.

Ao meu namorado Vinício pelo amor, companheirismo, apoio e por estar sempre presente durante toda esta caminhada.

Aos meus sogros Expedito Júnior e Eliane por todo carinho, incentivo e acolhimento.

Aos meus cunhados “irmãos”, Victor e Giovanni pela amizade, carinho e apoio.

A minha concunhada e amiga Héllida pela amizade, carinho, conselhos e por sempre estar disposta a me escutar.

“Plante seu jardim e decore sua alma, ao invés de esperar que alguém lhe traga flores. E você aprende que realmente pode suportar, que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais. E que realmente a vida tem valor e que você tem valor diante da vida. ”

William Shakespeare

“A fé na vitória tem que ser inabalável”

Marcelo Falcão

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela força e coragem durante esta caminhada. Em tuas mãos Senhor entreguei minha vida e confiei todos os meus sonhos em sua infinita misericórdia. Te agradeço eternamente Pai, por ter feito este sonho se tornar realidade. A ti Senhor, toda honra e toda a glória. Muito obrigada!

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e a CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

À Prof^a Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele, pela orientação, pela amizade, confiança, conselhos, ensinamentos que contribuíram muito na minha formação acadêmica e pessoal durante estes seis anos de orientação.

Ao Prof. Juarez Lopes Donzele, pela paciência, ajuda, doação e por todos os ensinamentos compartilhados que foram essenciais na construção desta tese.

Ao Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino, pelo carinho, amizade, apoio, compreensão, sugestões e críticas apresentadas que foram fundamentais para a realização desta tese.

Ao professor Marcelo Dias da Silva, por aceitar fazer parte da banca e pelos conselhos e contribuição com o trabalho.

Ao professor Rogério Pinto, por compor a banca examinadora e pelos conselhos, sugestões e críticas.

A professora Luciana Navajas Rennó, pelos conselhos, amizade e pela ajuda na execução das análises laboratoriais.

A todos os mestres do DZO pelos ensinamentos que foram essenciais em minha formação acadêmica, e em especial ao professor Aloízio Soares Ferreira pela confiança e orientação durante a graduação.

Aos funcionários do Setor de Avicultura da UFV, principalmente Adriano, Zé Lino, Elízio, Mateus, Carlos, Deusdete, Gilberto por todo apoio, ajuda, dedicação que foram fundamentais para execução desta pesquisa e pelas risadas, gargalhadas, e cantorias a cada final de experimento que tornava o árduo trabalho mais agradável.

À equipe da Bioclimatologia Animal, Jorge, Amanda, Tarciso, Rodrigo, Alexandre, Lívia, Leonardo, Douglas, Carlos, Sylvia, Marianne, Shirlyne (a melhor equipe de trabalho do DZO) pela união, dedicação, companheirismo e paciência.

Ao meu amigo Jorge por toda ajuda, pela amizade, conselhos, carinho, paciência e pelos excelentes e infindáveis momentos de conversa, descontração e gargalhadas.

A minha amiga Amanda, nos últimos anos nos tornamos mais próximas e pudemos selar de vez esta amizade. A você os meus sinceros agradecimentos pela dedicação, carinho, paciência, conselhos e por fazer parte desta história que construí em Viçosa.

Ao meu amigo Gabriel (Macaé), que mesmo não fazendo parte da equipe da Bioclimatologia, nunca mediu esforços para me ajudar. Te agradeço por toda amizade, conselhos, paciência, dedicação, ajuda e pelos ótimos momentos compartilhados.

Ao amigo Rafael, pela amizade, pelo companheirismo, paciência! Agradeço por toda ajuda, apoio e por estar sempre disposto a me escutar.

Ao amigo Tarciso pela ajuda, amizade, paciência e dedicação durante todo o trabalho.

Aos bolsistas e estagiários da Bioclimatologia Animal, Alexandre, Carlos, Douglas, Leonardo, Lívia e Sylvia pela responsabilidade, comprometimento e paciência. A dedicação de cada um de vocês foi fundamental para a condução dos experimentos.

Aos amigos, Rosana e Marcus, pela amizade, apoio e por ter feito parte dos melhores momentos vividos em Viçosa. Inesquecíveis!!!!!!

Á amiga Jéssica, por toda ajuda nos experimentos, conselhos, ombro amigo e pelos infindáveis momentos de alegria vividos.

A amiga Joseane por sempre estar disposta a ajudar nos experimentos.

As minhas amigas Roberta, Marilú por toda amizade, companheirismo e apoio.

Aos inesquecíveis amigos da academia Via Campus Eliza, Roberta, Maíra, Celso, Paulo César (PC), Carlos Eduardo (Pê), pela amizade construída, pelo companheirismo, pelos excelentes momentos de alegria e exaustão compartilhados.

Enfim, a todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para a execução deste trabalho.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

Érika Martins de Figueiredo, filha de Carlos Alberto de Figueiredo e Maria Sueli Martins de Figueiredo, nasceu em Belo Horizonte, Minas Gerais, em 15 de setembro de 1981.

Em maio de 2006, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, concluindo em julho de 2010.

Em agosto de 2010, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, na área de Bioclimatologia Animal, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa da dissertação no dia 16 de julho de 2012.

Em julho de 2012, submeteu-se a defesa de dissertação obtendo o título de “Magister Scientiae”.

Em agosto de 2012, iniciou o Curso de Doutorado em Zootecnia, na área de Bioclimatologia Animal, na Universidade Federal de Viçosa – MG.

Em maio de 2016, submeteu-se à defesa de tese para a obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

SUMÁRIO

	Págs.
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO.....	1
ARTIGO 1	
Selênio levedura em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de termoneutralidade no período de 1 aos 46 dias de idade.....	3
Resumo.....	4
Introdução.....	6
Material e Métodos.....	7
Resultados e Discussão.....	10
Conclusão.....	16
Referências.....	17
TABELAS	
Tabela 1- Relação entre a temperatura ótima, umidade relativa e idade dos frangos de corte.....	23
Tabela 2- Médias das temperaturas, umidade relativa do ar, índice de temperatura de globo e umidade, calculado no período de 1 a 46 dias de idade.....	24
Tabela 3- Composições centesimal e nutricional calculadas das rações basais de acordo com as fases de produção de frangos de corte.....	25
Tabela 4- Desempenho de frangos de corte recebendo rações com diferentes níveis de selênio de fonte orgânica no período de 1 a 21 e de 1 a 46 dias de idade.....	26
Tabela 5- Rendimento de carcaça e de cortes nobres das aves recebendo rações com diferentes níveis de selênio de fonte orgânica aos 46 dias de idade.....	27
Tabela 6- Atividade enzimática, concentração de glutatona, malonaldeído, tiroxina e triiodotironina em frangos de corte recebendo rações com diferentes níveis de selênio de fonte orgânica aos 46 dias de idade.....	28

ARTIGO 2

Selênio levedura em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura no período de 1 aos 46 dias de idade.....	29
Resumo.....	30
Introdução.....	32
Material e Métodos.....	33
Resultados e Discussão.....	36
Conclusão.....	41
Referências.....	42

TABELAS

Tabela 1- Composições centesimal e calculada das rações basais de acordo com as fases de produção de frangos de corte.....	45
Tabela 2- Médias das temperaturas, umidade relativa do ar, índice de temperatura de globo e umidade, calculado no período de 1 a 46 dias de idade.....	46
Tabela 3- Desempenho de frangos de corte recebendo rações com diferentes níveis de selênio de fonte orgânica no período de 1 a 21 e de 1 a 46 dias de idade.....	47
Tabela 4- Rendimento de carcaça e de cortes nobres das aves recebendo rações com diferentes níveis de selênio de fonte orgânica aos 46 dias de idade.....	48
Tabela 5- Atividade enzimática, concentração de glutathiona e triiodotironina em frangos de corte recebendo rações com diferentes níveis de selênio de fonte orgânica aos 46 dias de idade.....	49
CONCLUSÃO GERAL.....	50
ANEXO 1.....	51

RESUMO

FIGUEIREDO, Érika Martins de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2016. **Selênio levedura em rações para frangos de corte em diferentes ambientes térmicos.** Orientadora: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele. Coorientadores: Juarez Lopes Donzele, Luiz Fernando Teixeira Albino e Luciana Navajas Rennó.

Foram utilizados 720 frangos de corte machos sexados da linhagem Cobb® em dois experimentos para avaliar níveis de selênio de fonte orgânica (SeO) em rações para frangos de corte, no período de 1 a 46 dias de idade, mantidos em ambiente de termoneutralidade e de alta temperatura. Em cada experimento 360 aves foram distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos (uma ração controle com 0,30 ppm de selênio de fonte inorgânica (SeI) na forma de selenito de sódio e quatro rações com SeO), oito repetições e nove aves por unidade experimental. Os níveis de SeO nas rações experimentais foram: 0,19; 0,30; 0,41 e 0,52 ppm. Aos 21 dias de idade, três aves de cada gaiola, com peso mais distante da média da gaiola ($\pm 10\%$), foram retiradas permanecendo 240 aves em cada experimento. No experimento 1 os pintos com 1 dia de idade e peso inicial de $44 \pm 0,11\text{g}$, foram alojados em câmaras climáticas com temperatura de $31,9 \pm 1,09^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 3,8\%$, que resultaram em um ITGU calculado de $82 \pm 1,4$, caracterizando ambiente de termoneutralidade. Não se observou efeito dos níveis de SeO e das fontes de selênio no consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) dos frangos de corte de 1 aos 21 e 1 aos 46 dias de idade. Da mesma forma, os níveis de SeO não influenciaram os rendimentos de carcaça, peito, coxa e sobrecoxa das aves aos 46 dias de idade. Os níveis de SeO da ração não influenciaram as atividades das enzimas superóxido dismutase (SOD) e glutathiona peroxidase (GSH-Px), enquanto a suplementação com SeI proporcionou maiores valores nas atividades destas enzimas. Os níveis de SeO da ração, influenciaram de forma quadrática a concentração de glutathiona reduzida (GSH) no plasma das aves que diminuiu até o nível estimado de 0,31 ppm. Constatou-se aumento na concentração plasmática da GSH com a suplementação de SeO. Os níveis de SeO não influenciaram os valores de malonaldeído (MDA) no plasma das aves. Por outro lado, a concentração de MDA plasmático aumentou quando se utilizou SeI em relação à fonte orgânica. Não se observou variação nos valores dos hormônios tiroxina (T4) e triiodotironina (T3) em razão do aumento dos níveis de SeO e da fonte utilizada nas rações dos frangos de corte aos 46 dias de idade. No experimento

2, os pintos com 1 dia de idade e peso inicial de $42 \pm 0,12\text{g}$, foram alojados em câmaras climáticas com temperatura de $34,3 \pm 0,63^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 5,1\%$, que resultaram em um ITGU calculado de $85 \pm 1,0$, caracterizando ambiente de alta temperatura. Não foi observado efeito dos níveis de SeO, quanto das fontes de selênio em nenhum dos parâmetros de desempenho, no período de 1 aos 21 dias de idade. No entanto, no período de 1 a 46 dias, enquanto o GP e a CA não foram influenciados pelos níveis de SeO, o CR das aves aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,35 ppm. O CR no período total, também variou com a fonte de selênio, que foi menor nas aves suplementadas com SeO nas concentrações de 0,19 e 0,52 ppm em relação às que receberam suplementação com SeI. Não se verificou efeito dos níveis de SeO e das fontes de selênio da ração nos rendimentos de carcaça, peito, coxa e sobrecoxa das aves. Com relação aos marcadores oxidativos, constatou-se aumento linear nas atividades das enzimas da SOD e da GSH-Px em razão dos níveis de SeO da ração. Não houve efeito da fonte de suplementação na atividade da enzima SOD. Em contrapartida maior atividade da enzima GSH-Px foi observada no plasma das aves suplementadas com 0,52 ppm de SeO, em relação a fonte inorgânica. Os níveis de SeO influenciaram de forma linear decrescente a atividade da enzima catalase, enquanto a mesma não variou em função da fonte de suplementação. A concentração da molécula glutatona reduzida GSH no plasma dos frangos não foi influenciada pelos níveis e nem pela fonte de selênio utilizada. Os níveis de SeO diminuíram linearmente a concentração do hormônio T3 no soro das aves, enquanto a fonte orgânica proporcionou menores valores de T3 sérico em relação à inorgânica. Conclui-se que o nível 0,19 ppm de selênio de fonte orgânica suplementado na ração, atende a exigência dos frangos de corte e não compromete os constituintes do sistema antioxidantes das aves em ambiente de termoneutralidade e de estresse por calor.

ABSTRACT

FIGUEIREDO, Érika Martins de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2016. **Selenium yeast in diets for broilers in different thermal environments.** Adviser: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele. Co-Advisers: Juarez Lopes Donzele, Luiz Fernando Teixeira Albino and Luciana Navajas Rennó.

We used 720 sexed male broilers of Cobb® lineage in two experiments to evaluate organic selenium levels (SeO) in diets for broilers, from 1 to 46 days of age kept in thermoneutralidade environment and high temperature. In each experiment 360 birds were distributed in a completely randomized design with five treatments (one control diet with 0,30 ppm inorganic selenium (SeI) in the form of sodium selenite and four diets with SeO), eight replicates and nine birds per experimental unit. The levels of SeO the experimental diets were: 0,19; 0,30; 0,41 and 0,52 ppm. At 21 days of age three birds, with the longest average weight of the cage ($\pm 10\%$) were removed from each cage. After this 240 birds remaining in each experiment. In experiment 1 the chickens at 1 day of age and initial weight of $44 \pm 0,11\text{g}$, were housed in climatic chambers with temperature of $31,9 \pm 1,09^\circ\text{C}$ and relative humidity of $65 \pm 3,8\%$, which resulted in one BGHI calculated $82 \pm 1,4$, featuring the thermal neutral environment. There was no effect of SeO levels and sources of selenium (Se) in feed intake (FI), weight gain (WG) and feed conversion (FC) of broilers from 1 to 21 and 1 to 46 days age. Similarly, SeO levels did not influence the carcass yield, breast, thigh and drumstick birds at 46 days of age. The SeO levels in the diet did not affect the activities of superoxide dismutase (SOD) and glutathione peroxidase (GSH-Px), while supplementation with SeI provided higher values in the activities of these enzymes. SeO levels of feed, had a quadratic effect the concentration of reduced glutathione (GSH) in plasma of birds rose up to the level of ppm. It found an increase in plasma concentrations of GSH supplementation with SeO. The SeO levels did not influence the values malondialdehyde (MDA) in plasma of birds. On the other hand, the plasma MDA concentration increased when using SeI in relation to the organic source. There was no variation in the amounts of hormones thyroxine (T4) and triiodothyronine (T3) due to the increase of SeO levels and the font used in the feed of broilers at 46 days of age. In experiment 2, chickens at 1 day of age and initial weight of $42 \pm 0,12\text{g}$, were housed in climatic chambers with temperature of $34,3 \pm 0,63^\circ\text{C}$ and relative humidity of $65 \pm 5,1\%$, which resulted BGHI calculated in a $85 \pm 1,0$, characterizing the high temperature environment. There was no effect of SeO

levels and sources of Se in any of the performance parameters evaluated from 1 to 21 days. However, in the period 1- 46 days, while the WG and FC were not influenced by levels of SeO, the FI birds increased quadratically up to the level of ppm. The CR total period also varied with the source of Se, which was lower in birds supplemented with SeO at concentrations of 0,19 and 0,52 ppm in relation to that received supplementation SeI. There was no effect of SeO levels and dietary sources of Se in the carcass, breast, thigh and drumstick of birds. Regarding the oxidative markers, there was a linear increase in the activities of SOD and GSH-Px because of SeO levels in the diet. There was no effect of supplementation source in the SOD enzyme activity. In contrast higher activity of GSH-Px enzyme was observed in plasma of birds supplemented with 0,52ppm SeO, for inorganic source. The levels of SeO influenced decreasing linearly the activity of catalase, while it did not change depending on the supplemental source. The concentration of reduced glutathione GSH molecule in the plasma of chickens was not influenced by the levels nor the selenium source used. The SeO levels linearly decreased the concentration of T3 in serum of birds, while the organic source provided lower serum T3 values relative to the inorganic. It is concluded that the level of 0,19 ppm organic selenium supplemented in the diet, meets the demand of broilers and does not compromise the constituents of the antioxidant system of birds in thermoneutral environment and heat stress.

INTRODUÇÃO

O estresse por calor provoca alterações fisiológicas e metabólicas graves no organismo dos animais, que pode levar a queda no desempenho, na imunossupressão, nos distúrbios metabólicos e alta taxa de mortalidade (Mujahid et al., 2005).

Nas últimas décadas, houve aumento considerável na produção de frangos de corte em países de clima tropical, regiões que apresentam temperaturas elevadas e alta incidência de radiação solar na maior parte do ano (Collin et al., 2012). Estas maiores temperaturas reduzem o bem-estar, especialmente durante a última fase de criação, visto que nesse período as aves são mais sensíveis ao calor (Tesseraud & Temim, 1999). Essa baixa tolerância das aves às altas temperaturas, provavelmente pode estar relacionada ao melhoramento genético que priorizou nos últimos anos, o ganho muscular. A pressão genética fez com que linhagens modernas de frangos de corte apresentassem maior ganho de massa muscular em um curto intervalo de tempo, porém não houve preocupação em melhorar a eficiência dos sistemas ligados a termorregulação, dentre eles, o sistema respiratório e cardiovascular (Havenstein et al., 2003; Yahav et al., 2004). Assim, as aves tornaram-se menos eficientes em dissipar o calor corporal (Leterrier et al., 2009).

O estresse por calor perturba o equilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio e os sistemas antioxidantes em frangos de corte (Lin et al., 2000; Lin et al., 2006), em galinhas poedeiras (Wang et al., 2001; Lin et al., 2008) e Codornas japonesas (Sahin et al., 2003). Esse desequilíbrio entre as condições pró-oxidantes e antioxidantes denominado de estresse oxidativo, com consequente formação de espécies reativas de oxigênio (EROS's) (Flanagan et al., 1998; Mujahid et al., 2009), promovem danos às biomoléculas de DNA, proteínas, lipídios e carboidratos (Bruskov et al., 2002).

O estresse oxidativo tem sido associado não apenas com a produção elevada de radicais livres, mas também com a capacidade limitada dos sistemas antioxidantes em eliminar as espécies reativas de oxigênio do organismo (Lin et al., 2008; Molares et al., 2004).

Uma importante linha de defesa contra as ERO's é o sistema antioxidante, que pode ser classificado em enzimático e não enzimático. O sistema antioxidante enzimático é composto pelas enzimas superóxido dismutase, catalase, glutathione peroxidase e glutathione reductase (Milinkovic-Turetal, 2007). Os sistemas

antioxidantes não enzimáticos são constituídos pela vitamina E, vitamina C, caroteno, β -caroteno, glutathiona e selênio. Esses sistemas atuam eliminando ou diminuindo a ação tóxica das ERO's produzidas pelas células (Yu, 1994).

Dentre os constituintes do sistema não enzimático, o selênio destaca-se por ser cofator de mais de 25 selenoproteínas, nas quais, algumas estão envolvidas na defesa antioxidante do organismo (Zhou et al., 2013). O selênio é um elemento traço essencial, presente em diversos alimentos (de origem vegetal e animal) e de grande importância para o funcionamento e a manutenção do organismo dos seres vivos. Esse mineral está presente em duas formas, selênio inorgânico e orgânico. Em 1974, o FDA (Food and Drug Administration) aprovou o uso do selênio como suplemento para a ração animal, desde então, o selenito de sódio (Na_2SeO_3) tornou-se a principal fonte de suplementação de selênio nas dietas de aves (Leeson & Summers, 1991). Entretanto, a partir da permissão da utilização do selênio levedura, como fonte de selênio orgânico em dietas de aves (FDA, 2000), o uso dessa fonte têm sido uma alternativa para maximizar a produção animal, devido à sua maior biodisponibilidade (Schrauzer, 2002), como também para intensificar a defesa antioxidante em animais expostos a ambientes estressantes. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar níveis de selênio de fonte orgânica em rações para frangos de corte machos submetidos a ambientes de termoneutralidade e de alta temperatura no período de 1 aos 46 dias de idade.

Os artigos a seguir foram editorados com base nas exigências da Revista *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*.

Artigo 1- Formatação de acordo com as normas da revista Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition

Selênio levedura em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de termoneutralidade no período de 1 aos 46 dias de idade

Department of Animal Science, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.

Correspondência do autor: erika_mfigueiredo@yahoo.com.br

RESUMO

O estudo foi conduzido para avaliar o efeito dos níveis de selênio de fonte orgânica (SeO) no desempenho e nas características de carcaça de frangos de corte machos no período de 1 a 46 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro. Foram utilizados 360 pintos de 1 dia de idade e com peso inicial de $44 \pm 0,11$ g, alojados em câmaras climáticas com temperatura de $31,9 \pm 1,09^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 3,8\%$ que resultaram em um ITGU calculado de $82 \pm 1,4$, caracterizando ambiente de termoneutralidade. As aves foram distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos (uma ração controle com 0,30 ppm de selênio de fonte inorgânica (SeI) na forma de selenito de sódio e quatro rações com SeO), oito repetições e nove aves por unidade experimental. Os níveis de SeO nas rações experimentais foram: 0,19; 0,30; 0,41 e 0,52 ppm. Aos 21 dias de idade, três aves de cada gaiola, com peso mais distante da média da gaiola ($\pm 10\%$), foram retiradas permanecendo um total de 240 aves no experimento. Não se observou efeito dos níveis de SeO e das fontes de selênio no consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar dos frangos de corte de 1 aos 21 e 1 aos 46 dias de idade. Da mesma forma, os níveis de SeO não influenciaram os rendimentos de carcaça, peito, coxa e sobrecoxa das aves aos 46 dias de idade. Os níveis de SeO da ração não influenciaram as atividades das enzimas superóxido dismutase e glutathione peroxidase, enquanto a suplementação com SeI proporcionou maiores valores nas atividades destas enzimas. Os níveis de SeO da ração, influenciaram de forma quadrática a concentração de glutathione reduzida (GSH) no plasma das aves que diminuiu até o nível estimado de 0,31 ppm. Constatou-se aumento na concentração plasmática da GSH com a suplementação de SeO. Os níveis de SeO não influenciaram os valores de malonaldeído (MDA) no plasma das aves. Por outro lado, a concentração de MDA plasmático aumentou quando se utilizou SeI em relação à fonte orgânica. Não se observou variação nos valores dos hormônios tiroxina e triiodotironina em razão do aumento dos níveis de SeO e da fonte utilizada nas rações dos frangos de corte aos 46 dias de idade. Conclui-se que o nível 0,19 ppm de selênio de fonte orgânica suplementado na ração, atende a exigência dos frangos de corte e não

compromete os constituintes do sistema antioxidante das aves mantidas em ambiente de termoneutralidade.

Palavras chaves: Ambiente térmico, desempenho, estresse oxidativo.

INTRODUÇÃO

O selênio é um micronutriente, que vem sendo estudado e relatado como essencial para o organismo. Esse mineral possui diversas funções, entre as quais, pode-se destacar a regulação da atividade da glutathiona peroxidase (GSH-Px), dos hormônios da tireoide; aumento da eficiência da vitamina E; melhoria na atuação do sistema imune; suporte de funções reprodutivas e proteção contra metais pesados. Quando suplementado na ração dos animais tem demonstrado melhorar o desempenho e a qualidade da carne de aves (Boiago, 2006) e de suínos (Rutz & Murphy, 2009).

O selênio na forma de selenocisteína é parte essencial da família de enzimas antioxidantes denominadas GSH-Px e tioredoxina redutase. Esse mineral destaca-se pela neutralização dos radicais livres por meio da da enzima GSH-Px, que auxilia na proteção do conteúdo celular do dano oxidativo (Jacques, 2001). Dessa forma, o organismo animal somente é capaz de sintetizar enzimas antioxidantes quando há aporte adequado de selênio e outros metais como o zinco, o cobre, o manganês e o ferro, os quais fazem parte de outras famílias de enzimas. As deficiências desses elementos causam estresse oxidativo e danos nas moléculas e membranas biológicas (Karadas & Surai, 2004).

O selênio atua também como parte integrante de enzimas como a iodotironina-deiodinase, responsável pela conversão da tiroxina para a sua forma ativa (McDonald et al., 2002).

Segundo Combs (2001), a deficiência de selênio está associada com o enfraquecimento da proteção antioxidante e produção de energia como consequência da expressão sub-ótima de uma ou mais enzimas que contém selênio, como a GSH-Px e a 5'deiodinase. Esse enfraquecimento não somente pode causar sinais de deficiência clássica, mas também pode contribuir com problemas de saúde causada por estresse oxidativo fisiológico e ambiental. Sua falta em combinação com o baixo suprimento de vitamina E, é responsável pelo desenvolvimento de uma grande gama de doenças incluindo a diátese exudativa, encefalomalácia nutricional (Combs & Hady, 1991) e atrofia pancreática nutricional (Thompson & Scott, 1970; Cantor et al., 1997). Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de níveis de selênio orgânico, no desempenho e nas características de carcaça, de frangos de corte no período de 1 a 46 dias de idade mantidos em ambiente de termoneutralidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Bioclimatologia Animal, do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa, MG, Brasil.

O protocolo utilizado nesse estudo foi revisado e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção (CEUAP-UFV) da Universidade Federal de Viçosa (Minas Gerais, Brasil), processo nº 06/2015, estando de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 1991), e com a legislação vigente.

Animais e Alojamento

Foram utilizados 360 pintos de corte machos da linhagem Cobb500 x Cobb500 (empenamento lento), vacinados contra doença de Marek, foram adquiridos do incubatório comercial (Rio Branco Alimentos S/A, Pará de Minas, MG, Brasil). As aves foram pesadas e alojadas em câmaras climáticas, no período de 1 a 46 dias de idade, em gaiolas de metal (Petersime Incubator Co., Gettysburg, OH) (Largura x Profundidade x Altura; 85,0 x 85,0 x 37,2cm), com piso telado, providas de comedouro tipo calha (Largura x Comprimento x Profundidade; 83,0 x 9,4 x 5,5cm) e bebedouro tipo nipple. As câmaras climáticas foram ajustadas para proporcionarem temperatura e umidade relativa preconizadas no guia de gerenciamento de frangos de corte Cobb (Cobb Vantress Inc., 2012) - (Tabelas 1 e 2). As condições ambientais das câmaras climáticas foram monitoradas diariamente, duas vezes ao dia (7h00min e 18h00min), por meio de termômetros de bulbo seco, bulbo úmido e de globo negro (Incoterm Ind. de Termômetros Ltda., Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) mantidos no centro de cada câmara. Posteriormente, esses dados foram convertidos no índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), como proposto por Buffington et al. (1981).

O programa de luz adotado durante todo o período experimental foi o contínuo (24 horas de luz artificial), com utilização de lâmpadas fluorescentes de 45 W por câmara.

A mortalidade foi verificada duas vezes por dia para ajustar o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar das aves. O número de aves mortas,

as sobras de ração e o peso das aves restantes nas gaiolas foram utilizadas para corrigir os parâmetros de desempenho.

Delineamento experimental e tratamentos

Os pintos com peso inicial de $44,0 \pm 0,11$ g foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos (quatro níveis de selênio de fonte orgânica: 0,19; 0,30; 0,41 e 0,52 ppm - Economase® - garantia de no mínimo 1.500mg de Se/kg do produto, Alltech Inc., Brasil - e uma ração controle com 0,30 ppm de selênio de fonte inorgânica, na forma de selenito de sódio - Na_2SeO_3 - 45%), oito repetições e nove aves por unidade experimental. Aos 21 dias de idade, três aves de cada gaiola, com peso mais distante da média da gaiola ($\pm 10\%$), foram retiradas, permanecendo um total de 240 aves no experimento. Esta retirada de animais é realizada para ajustar o número de animais em cada gaiola.

As rações experimentais foram formuladas à base de milho e de farelo de soja e suplementadas com minerais e vitaminas (Tabela 3) para atender as suas exigências nutricionais em energia, minerais e vitaminas, de acordo com a fase de crescimento, segundo Rostagno et al. (2011), exceto para o nível de selênio. O fornecimento das rações experimentais e de água às aves foi à vontade durante todo o estudo. A unidade experimental foi representada pela gaiola.

Desempenho

As aves foram pesadas no início do experimento, aos 21 e aos 46 dias de idade para determinação do consumo de ração, do ganho de peso e da conversão alimentar.

Coleta de amostras

Carcaça e cortes nobres

Aos 46 dias de idade todas as aves foram pesadas e duas aves de cada unidade experimental, com peso mais próximo da média da gaiola ($\pm 10\%$), foram submetidas a jejum alimentar de 12 horas. Posteriormente, as aves selecionadas foram insensibilizadas por atordoamento elétrico (com corrente elétrica de 60 V), abatidas por sangria mediante corte da artéria jugular, e após serem escaldadas e depenadas, foram evisceradas e as carcaças pesadas.

Para a determinação do rendimento de carcaça foi considerada a relação entre o peso de carcaça e o peso vivo após jejum e para determinação dos rendimentos de cortes nobres foi considerado o peso da carcaça inteira (incluindo a cabeça e os pés), limpa e eviscerada.

Análises sanguíneas

Após a seleção das aves destinadas a análise de carcaça, selecionou-se uma ave de cada unidade experimental, com peso mais próximo da média da gaiola ($\pm 10\%$), para mensurar a atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD) e glutathione peroxidase (GSH-Px), a concentração da molécula glutathione reduzida (GSH) e do malonaldeído (MDA), e as dosagens dos hormônios tiroxina (T4) e triiodotironina (T3) nas amostras de sangue.

As coletas de sangue foram realizadas por meio de punção cardíaca, sendo colhidos 10 mL de sangue de uma ave por repetição, com auxílio de uma seringa e agulha.

Para obtenção do soro, parte do sangue coletado foi imediatamente transferido para tubo com gel separador e posteriormente centrifugado a 3.200 rpm por 20 minutos. Para extração do plasma, outra alíquota do sangue foi transferida para tubo vacutainer com anticoagulante (EDTA) e centrifugada a 3.500 rpm durante 10 minutos. Para obtenção do concentrado de eritrócitos, uma parte do sangue (500 μ L) foi centrifugado por quatro vezes a 3200 rpm, durante 10 minutos, com sucessivas lavagens utilizando 3mL de solução salina a 0,9%, removendo o sobrenadante em cada lavagem a fim de obter somente a massa de hemácias. Todas as amostras de sangue processadas foram congeladas a temperatura de -80°C para posterior análise.

A análise da atividade da enzima GSH-Px e as dosagens da concentração de MDA e GSH foram realizadas no plasma das aves de acordo com as recomendações dos kits Enzo Life Science Ltda e Genese produtos diagnósticos Ltda., respectivamente. As dosagens de T4 e T3, foram feitas nas amostras de soro, e as análises foram realizadas de acordo com as especificações dos kits (USA Diagnóstica Ltda.).

Os testes para avaliar a atividade da superóxido dismutase, foram realizados nos eritrócitos, como descrito na metodologia do Kit (Randox Laboratories Ltda),

sendo as análises realizadas no equipamento automático para bioquímica, marca Mindray, modelo: BS200E.

As análises estatísticas de desempenho, de carcaça, de cortes nobres e dos parâmetros sanguíneos avaliados foram realizadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatística e Genética – (SAEG, 2007), versão 9.1, por meio de modelos de regressão, e as médias dos parâmetros foram comparadas pelo teste Dunnet, com nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de temperatura do ar, umidade relativa e ITGU (Índice de globo negro e umidade) estão apresentados na Tabela 2.

Ressalta-se que um ambiente é considerado confortável para produção de frango de corte na fase adulta quando apresenta temperaturas na faixa de 15 a 26°C e umidade relativa entre 50 e 70% (Baêta & Souza, 1997) e Tinôco (2004). Segundo Cassuce et al. (2013) as temperaturas ideais de frangos de corte na primeira, segunda e terceira semanas de vida, situam-se respectivamente, entre 31,3; 26,3 a 27,1 e 22,5 a 23,2°C. Assim, considerando o relatado anteriormente e ainda que Teixeira (1983), definiu como, adequados para a produção de frangos de corte, valores de ITGU entre 78,5 e 81,6 para a primeira e segunda semana de vida e de 65,0 a 77,0 para aves de 15 a 49 dias de idade, pode-se inferir que as aves, nesse estudo foram mantidas em ambiente de termoneutralidade durante todo período experimental.

Os resultados de consumo de ração (CR), de ganho de peso (GP) e de conversão alimentar (CA) de frangos alimentados com rações contendo níveis de selênio de fonte orgânica (SeO), no período de 1 a 21 e de 1 a 46 dias de idade, estão apresentados na Tabela 4.

Não se observou efeito ($P > 0,05$) dos níveis SeO no consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar dos frangos de corte. De forma semelhante Moreira et al. (2001) não verificaram variação significativa no desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias em razão do aumento dos níveis de selênio orgânico entre 0,15 a 1,35 ppm na ração. Avaliando fontes e níveis de selênio nas rações de frangos de corte até os 28 dias de idade Gomes et al. (2011), também não constataram variação significativa no desempenho das aves com o aumento dos níveis de selênio na ração entre 0,15 a 0,45 ppm. Em estudo conduzido com frangos de corte de 1 a 42 dias de

idade para avaliar fontes (orgânica e inorgânica) e níveis de selênio, Rajashree et al. (2014) verificaram que independente da fonte, o aumento dos níveis de selênio de 0,25 a 0,50 ppm não influenciaram o desempenho das aves. Assim, pode-se inferir que o nível de 0,19 ppm de selênio de fonte orgânica foi suficiente para atender a exigência dos frangos de corte para expressar o máximo desempenho de 1 a 46 dias de idade.

Com relação a fonte de selênio, não se verificou diferenças ($P>0,05$) nos parâmetros de desempenho dos frangos quando se comparou a fonte orgânica nos diferentes níveis (0,19 a 0,52 ppm) com a inorgânica (0,30 ppm). Esse resultado difere do obtido por Funari Junior et al. (2010) que, avaliando fonte e níveis de selênio de 0,15 a 0,45 ppm para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade, verificaram que o nível de 0,15 ppm independente da fonte, prejudicou os ganhos de peso médio e diário das aves. A divergência de resultados verificados entre os estudos pode ser justificada pelo fato de os autores terem avaliado nível de selênio (0,15 ppm) abaixo do valor mínimo (0,19 ppm) utilizado nesse estudo.

Com os resultados obtidos nesse estudo, pode-se afirmar que o selênio de fonte orgânica foi mais eficiente que a fonte inorgânica (SeI), se considerado que o nível de 0,19 ppm de orgânico proporcionou resultados de desempenho similares aos do nível de 0,30 ppm da fonte inorgânica.

Os resultados de rendimento de carcaça e cortes nobres dos frangos suplementados com as rações contendo níveis de selênio de fonte orgânica aos 46 dias de idade estão apresentados na Tabela 5.

Os níveis de SeO da ração não influenciaram ($P>0,05$) o rendimento de carcaça e dos cortes nobres (peito, coxa e sobrecoxa) das aves. Também não se observou variação significativa nos dados de características de carcaça dos frangos quando se comparou fontes de selênio orgânico em relação as aves que foram alimentadas com ração controle contendo 0,30 ppm de selênio inorgânico. De forma consistente com esses resultados Deniz et al. (2005) e Payne & Southern (2005), avaliando fontes de selênio (orgânico e inorgânico) na ração de frangos de corte no nível de 0,30 ppm, não observaram variação significativa no rendimento de carcaça das aves aos 42 e aos 49 dias de idade, respectivamente.

Com os dados de características de carcaça, ficou evidenciado que o nível de 0,19 ppm de selênio de fonte orgânica, foi suficiente para garantir não só a taxa de

crescimento, como também a deposição de carne na carcaça, conseqüentemente não comprometendo o rendimento de cortes nobres.

Embora não tenha sido observada diferença ($P>0,05$) nos parâmetros de carcaça avaliados, considerando que, segundo Gomes et al. (2011) o fornecimento de selênio de fonte orgânica resulta no aumento da deposição de selênio na carne de peito dos frangos em relação a fonte de selênio inorgânico, pode-se inferir que nesse estudo, embora os parâmetros avaliados de carcaça não tenham variado, possivelmente a concentração de selênio nos cortes nobres pode ter aumentado, em razão da suplementação das rações com selênio orgânico.

Os resultados das atividades das enzimas, superóxido dismutase, glutathione peroxidase, das concentrações de glutathione reduzida e malonaldeído, e dos hormônios tiroxina e triiodotironina no sangue dos frangos suplementados com as rações contendo níveis de selênio de fonte orgânica aos 46 dias de idade são apresentados na Tabela 6.

Não se observou efeito ($P>0,05$) dos níveis de SeO da ração da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD). Da mesma forma, Xu et al. (2014) avaliando níveis de selênio (0,028 a 5,0 ppm) na ração de frangos de corte, verificaram que aos 42 dias de idade não ocorreu variação significativa na atividade da SOD. Em estudos conduzidos com galinhas poedeiras para avaliar o efeito de níveis de selênio (0,10 a 0,70 ppm), Jing et al. (2015) também não observaram variação significativa na atividade plasmática da enzima SOD em função do aumento de selênio orgânico na ração. A consistência de resultados quanto a relação entre a enzima SOD e os níveis de selênio orgânico observada entre os estudos confirma o relato de Ahmad et al. (2012), que a atividade dessa enzima independe da concentração de selênio.

Quanto à fonte, foi constatado que a suplementação de SeI proporcionou maiores valores ($P<0,05$) de atividade da enzima SOD, em relação a suplementação com SeO, independentemente do nível avaliado. Avaliando fontes de selênio variando de 0,10 a 0,25 ppm em rações de frangos de corte até os 42 dias, Choct et al. (2004) relataram que o selênio inorgânico (selenito de sódio) pode ter efeito pró-oxidante em frangos, e desta forma pode aumentar a atividade das enzimas antioxidantes, para amenizar os efeitos negativos dos radicais livres. Em estudos conduzidos com suínos, Mahan et al. (1999) também relataram uma possível ação pró-oxidante do selênio de fonte inorgânica.

O aumento dos níveis de SeO na ração das aves não resultou em variação significativa ($P>0,05$) na atividade da enzima Glutathione peroxidase (GSH-Px) no plasma. Esse resultado está coerente àqueles apresentados por Choct et al. (2004) que, avaliando a suplementação de selênio na ração de frangos de corte até os 42 dias, também verificaram que os níveis de selênio utilizados na ração (0,10 a 0,25 ppm) não influenciaram a atividade da enzima GSH-Px no soro das aves. De forma consistente, Rajashree et al. (2014), também verificaram que a atividade da enzima GSH-Px no peito de frangos aos 42 dias de idade, não variou significativamente com o aumento dos níveis de selênio de fonte orgânica (0,25 a 0,50 ppm) na ração. Por outro lado, diversos autores (Yoon et al., 2007; Jing et al., 2015) avaliando a suplementação de selênio orgânico na ração de frangos e poedeiras, respectivamente, onde o nível mínimo de selênio estudado correspondeu a 0,10 ppm, observaram que a atividade da GSH-Px no sangue aumentou em função dos níveis crescentes de suplementação de selênio orgânico na ração.

A divergência observada entre os resultados seria indicativa de que a variação na atividade da enzima GSH-Px em razão do aumento dos níveis de SeO na ração, estaria provavelmente relacionada com a intensidade do estresse oxidativo associado ao nível mínimo de selênio de fonte orgânica avaliado. Dessa forma, os resultados obtidos nesse estudo confirmam o relato de Choct et al. (2004), de que a atividade da enzima GSH-Px, não seria um bom indicativo do status de selênio nos animais.

Coerente com a hipótese da ação pró-oxidante do selênio de fonte inorgânica, relatado anteriormente, foi também constatado maior valor ($P<0,05$) da atividade da GSH-Px quando se utilizou o SeI, comparativamente à fonte orgânica, independente dos níveis. De forma coerente com esses resultados, Choct et al. (2004) também verificaram maior atividade sérica da GSH-Px nas aves alimentadas com selênio inorgânico. Da mesma forma, em estudos conduzidos com frangos de corte, Dlouhá et al. (2008) e Ahmad et al. (2012) também observaram que a suplementação de selênio inorgânico aumentou a atividade da GSH-Px no peito das aves aos 42 dias. Além do provável efeito pró-oxidante, a outra característica da fonte inorgânica que pode ter contribuído para esse resultado, estaria relacionada ao fato de que a sua conversão em selenocisteína, que é necessária para sua incorporação no centro redox da enzima, é mais eficiente em relação a fonte orgânica, conforme relatos de Sunde & Hoekstra (1980), Sunde (1997) e Ahmad et al. (2012).

Com os resultados obtidos, pode-se inferir que níveis de SeO de 0,19 ppm, abaixo do nível recomendado de 0,30 ppm para frangos de corte foi suficiente para não limitar a atividade da glutathiona peroxidase no plasma.

Os níveis de SeO da ração, influenciaram de forma quadrática ($P < 0,05$) a concentração de glutathiona reduzida (GSH) no plasma sanguíneo das aves, que diminuiu até o nível estimado de 0,31 ppm, segundo a equação: $\hat{Y} = 86,2603 - 162,684X + 264,622X^2$ ($r^2 = 0,98$). Esses resultados contrastam com os encontrados por Jiang et al. (2009) que não observaram variação na concentração de GSH no plasma de frangos de corte aos 42 dias suplementados com níveis de selênio orgânico variando entre 0,07 e 0,225 ppm. A diferença dos níveis de SeO avaliados nos estudos, pode em parte justificar a inconsistência dos resultados. Em relação a fonte, observou-se variação ($P < 0,05$) na concentração plasmática da GSH ao se suplementar selênio de fonte orgânica na ração. De forma similar Jiang et al. (2009) e Wang et al. (2011a; b) também observaram aumento na concentração da GSH no plasma e soro, respectivamente, de aves aos 42 dias de idade suplementadas com fonte orgânica de selênio. Considerando a relação existente entre a concentração de GSH e a atividade da GSH-Px, no plasma das aves, que fazem parte do sistema antioxidante do organismo (Mahamound & Edens, 2003), o aumento verificado da GSH no plasma dos frangos de corte sem a correspondente variação na atividade da enzima GSH-Px evidenciou que níveis mais elevados de SeO poderiam melhorar o status antioxidante do organismo.

A suplementação com SeO não influenciou ($P > 0,05$) os valores de malonaldeído (MDA) no soro das aves. Em acordo com esse estudo, Jing et al. (2015) também não constataram variação significativa nos valores de MDA no plasma de galinhas poedeiras. Por outro lado, em estudos conduzidos com frangos de corte até os 28 dias de idade Olivera, et al. (2011) verificaram variação significativa na concentração de MDA no plasma das aves, com o aumento dos níveis de selênio orgânico na ração variando de 0,05 a 0,30 ppm. A inconsistência de resultados entre os estudos pode estar relacionada a diferença dos níveis de selênio avaliados. Os níveis de selênio orgânico (0,05 ppm) utilizados por estes autores estavam sensivelmente abaixo do nível mínimo (0,19 ppm) utilizado nesse estudo, o que caracterizaria uma provável deficiência de selênio. Assim, ficou evidenciado que a variação nos valores de concentração de MDA plasmático dependeria do status de selênio circulante no plasma.

Ao se comparar as fontes de selênio constatou-se que a concentração de MDA plasmático aumentou ($P < 0,05$) quando se suplementou selênio de fonte inorgânica com relação à fonte orgânica, independente dos níveis avaliados. Em estudos conduzidos com frangos de corte, Ahmad et al. (2012) e Chen et al. (2013) também verificaram redução da concentração de MDA respectivamente, no músculo de peito e no plasma das aves aos 42 dias de idade suplementadas com selênio de fonte orgânica.

O aumento da concentração de MDA no plasma de frangos de corte suplementados com selênio inorgânico está coerente com a proposta de Mahan et al. (1999) e Choct et al. (2004), que citaram que essa fonte de selênio pode ter ação antioxidante, considerando que o MDA é o principal marcador do estresse oxidativo, visto que é o iniciador da peroxidação lipídica. O fato de os frangos de corte que receberam ração suplementadas com selênio de fonte orgânica terem apresentado menores valores de MDA no plasma, apesar da menor atividade das enzimas antioxidante SOD e GSH-Px, caracterizaria um melhor status oxidativo das aves, comparativamente àquelas que foram alimentadas com a fonte inorgânica.

Não se observou variação ($P > 0,05$) nos valores dos hormônios tiroxina (T4) e triiodotironina (T3) em razão do aumento dos níveis de SeO (0,19 a 0,52ppm) nas rações. De forma consistente com esses resultados, Olivera et al. (2011) também não constataram influência dos níveis de selênio orgânico e inorgânico (0,05 e 0,30 ppm) na concentração dos hormônios T4 e T3 no plasma dos frangos de corte aos 28 dias de idade, independentemente da fonte utilizada.

Considerando que, de acordo com Jensen et al. (1986), o selênio é um constituinte da selenoenzima, tireoperoxidase, enzima essencial na formação dos hormônios tireoidianos, e que, segundo Nielsen (1997) e McDonald et al. (2002) esse mineral é essencial na atividade da enzima 5' deiodinase, responsável pela conversão de T4 em T3, pode-se afirmar que o nível mínimo de selênio (0,19 ppm) avaliado nesse estudo não limitou a síntese e a atividade dessas enzimas. Tendo em vista que os hormônios tireoidianos (T4 e T3) estão diretamente relacionados com o turnover proteico e com o crescimento das aves (Jianhua et al., 2000), esses resultados estão coerentes com os de desempenho, onde não foi observada variação significativa no ganho de peso e na conversão alimentar das aves.

Ao se comparar as fontes de selênio (orgânico e inorgânico) não se verificou diferença ($P > 0,05$) nas concentrações desses hormônios no soro das aves,

independentemente dos níveis de SeO utilizados. Esses resultados estão consistentes com os encontrados por Olivera et al. (2011), que também não observaram variação significativa nos valores de T4 e T3 no plasma de frangos de corte, suplementados com diferentes fontes de selênio (orgânica e inorgânica), aos 28 dias de idade. Em contrapartida, Choupani et al. (2014) verificaram maior concentração plasmática do do hormônio T3, com conseqüente redução do hormônio T4 em frangos de corte alimentados com fonte orgânica de selênio em relação à inorgânica (0,30 ppm). Segundo esses mesmos autores, o resultado diferenciado da fonte de selênio na atividade do hormônio T3, poderia ocorrer em indivíduos com disfunção da tireoide, justificado pelo fato de que o selênio de fonte orgânica, por ser mais biodisponível, aumentaria a conversão do T4 para T3, sem um correspondente aumento da liberação do T4 pela glândula tireoide.

CONCLUSÃO

O nível 0,19 ppm de selênio de fonte orgânica suplementado na ração, atende a exigência dos frangos de corte e não compromete os constituintes do sistema antioxidantes das aves em ambiente de termoneutralidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, H.; TIAN, J.; WANG, J.; KHAN, M. A.; WANG, Y.; ZHANG, L.; WANG, T. 2012: Effects of dietary sodium selenite and selenium yeast on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of chicken breast meat. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 60, n. 29, p. 7111-7120.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. 1997: **Ambiência em edificações rurais** - Conforto animal Viçosa; UFV, 246 p.
- BOIAGO, M. M. **Características produtivas e qualitativas da carne de frangos alimentados com diferentes concentrações e fontes de selênio. 2006. 60f.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, Jaboticabal.
- BRUSKOV, V. I., MALAKHOVA, L. V., MASALIMOV, Z. K., CHERNIKOV, A. V. 2002: Heat-induced formation of reactive oxygen species and 8-oxoguanine, a biomarker of damage to DNA. **Nucleic acids research**, v. 30, n. 6, p. 1354-1363.
- BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; E COLLIER, R. J. 1981: Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers** v. 24, p. 711-714.
- CANTOR, A. H.; PESCATORE, A. J.; STRAW, M. L.; FORD, M. J.; DUNLAP, M. K. 1997: Tissue selenium concentrations of broilers fed diets supplemented with selenized yeast and sodium selenite. **Poultry Science**, v.76, n. 1, p.58.
- CASSUCE, D. C.; TINOCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R.; VIEIRA, M. F. F. A. 2013: Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 1, p.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**, v. 98, n. 4, p. 747-754.
- CHOCT, M.; NAYLOR, A. J.; REINKE, N. 2004: Selenium supplementation affects broiler growth performance, meat yield and feather coverage. **British Poultry Science**, v. 45, n. 5, p. 677-683
- CHOU PANI, M.; MOGHADAM, P. Z.; KELIDARI, H. R.; GHAZI, S. 2014: Influence of dietary selenium sources on thyroid hormone activation, tissue selenium distribution and antioxidant enzymes status in broiler chickens. **Trends in Life Sciences**, v. 3, n. 4, p. 281-291.
- COBB VANTRESS. 2012: **Cobb Broiler Management Guide**. CobbVantress, Siloam Springs, AR, USA.

COLÉGIO BRASILEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL (COBEA). 1991: **Princípios Éticos na Experimentação Animal**, julho, São Paulo, p. 1.

COLLIN, A.; LOYAU, T.; BEDRANI, L.; BERRI, C.; MÉTAYER-COUSTARD, S.; PRAUD, C.; DUCLOS, M. J.; TESSERAUD, S.; RIDEAU, N.; HENNEQUET-ANTIER, C.; EVERAERT, N.; MIGNON-GRASSTEAU, S.; YAHAV, S. 2012: Adaptive response of chickens to hot environments induced by changing incubation temperature. **Proceedings of 24th World's Poultry Congress**, Bahia-Salvador, Brazil, 5–9 August, p. 1–7.

COMBS JR, G. F.; HADY, M. M. 1991: Selenium involved with vitamin E in preventing encephalomalacia in the chick. **FASEB Journal (Federation of American Societies for Experimental Biology); (United States)**, v. 5, n. CONF-9104107.

COMBS, G. F. 2001: Selenium in global food systems. **British Journal of Nutrition**, v. 85, n. 05, p. 517-547.

DENIZ, G.; GEZEN, S. S.; TURKMEN, I. I. 2005: Effects of two supplemental dietary selenium sources (mineral and organic) on broiler performance and drip-loss. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v. 156, n. 8/9, p. 423-426.

DLOUHÁ, G.; ŠEVČIKOVA, S.; DOKOUPILOVA, A.; ZITA, L.; HEINDL, J.; SKŘIVAN, M. 2008: Effect of dietary selenium sources on growth performance, breast muscle selenium, glutathione peroxidase activity and oxidative stability in broilers. **Czech Journal of Animal Science**, v. 53, n. 6, p. 265–269.

FLANAGAN, S. W., MOSELEY, P. L., BUETTNER, G. R., 1998: Increased flux of free radicals in cells subjected to hyperthermia: detection by electron paramagnetic resonance spin trapping. **FEBS Letters**, 431, 285–286.

FUNARI JUNIOR, P.; ALBUQUERQUE, R.; ALVES, F. R; MURAROLLI, V. D. A.; TRINDADE NETO, M. A.; SILVA, E. M. 2010: Diferentes fontes e níveis de selênio sobre o desempenho de frangos de corte. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 47, n. 5, p. 380-384.

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**, v. 63, n. 3, p. 633-640.

HAVENSTEIN, G. B.; FERKET, P. R.; QURESHI, M. A. 2003: Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. **Poultry Science**, v. 82, n. 10, p. 1509-1518.

JACQUES, K. A. 2001: Selenium metabolism in animals: the relationship between dietary selenium form and physiological response. In: Science and Technology in the Feed Industry, **Proceedings of Alltech's 17th Annual Symposium** (T.P. Lyons and K.A.Jacques, eds), Nottingham University Press, UK, p. 319-348.

JENSEN, L. S.; COLNAGO, G. L.; TAKAHASHI, K.; AKIBA, Y. 1986: Dietary selenium status and plasma thyroid hormones in chicks. **Biological Trace Element Research**, v. 10, p. 11-18.

JIANG, Z.; LIN, Y.; ZHOU, G.; LUO, L.; JIANG, S.; CHEN, F. 2009: Effects of dietary selenomethionine supplementation on growth performance, meat quality and antioxidant property in yellow broilers. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 57, n. 20, p. 9769-9772.

JIANHUA, H. E.; OHTSUKA, A.; HAYASHI, K. 2000: Selenium influences growth via thyroid hormone status in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v. 84, n. 5, p. 727-732.

JING, C. L.; DONG, X. F.; WANG, Z. M.; LIU, S.; TONG, J. M. 2015: Comparative study of DL-selenomethionine vs sodium selenite and seleno-yeast on antioxidant activity and selenium status in laying hens. **Poultry science**, v. 94, n. 5, p. 965-975.

KARADAS, F.; SURAI, P. F. 2004: Interações entre selênio e vitamina E: será que 1+1 é igual a mais 2 Pp. 57-69 in Anais do Simpósio Brasileiro Alltech: Reimaginando a indústria de alimentação animal. **Biotecnologia Nutricional na Indústria de Alimentação Animal**.

LESSON, S.; SUMMER, J. D. 2001: Nutrition of chickens. 4th edn. **University book**, Guelph, Ontario, Canada. N1H6N8.

LETERRIER, C.; COLINA, Y.; COLLIN, A.; BASTIANELLI, D.; CONSTANTIN, P.; DE BASILIO, V. 2009: Effets d'élévations tardives de la température ambiante sur la température corporelle et l'hyperventilation chez le poulet. **8èmes Journ. Rech. Avicole, St-Malo, France**, v. 31, p. 90-94.

LIN, H.; DU, R.; ZHANG, Z. Y. 2000: Peroxide status in tissues of heat-stressed broilers. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 13, n. 10, p. 1373-1376.

LIN, H.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. 2006: Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 144, n. 1, p. 11-17.

LIN, H.; DE VOS, D.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. 2008: Dynamic changes in parameters of redox balance after mild heat stress in aged laying hens (*Gallus gallus domesticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 147, n. 1, p. 30-35.

MAHAN, D. C.; CLINE, T. R.; RICHERT, B. 1999: Effects of dietary levels of selenium enriched yeast and sodium selenite as selenium sources fed to growing - finishing pigs on performance, tissue selenium, serum glutathione peroxidase activity, carcass characteristics and loin quality. **Journal Animal Science**, v. 77, p. 2172-2179

MAHMOUD, K. Z.; EDENS, F. W. 2003: Influence of selenium sources on age-related and mild heat stress-related changes of blood and liver glutathione redox cycle in broiler chickens (*Gallus domesticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 136, n. 4, p. 921-934.

McDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D.; MORGAN, C. A. 2002: **Animal nutrition**. 6th ed. Pearson: Edinburgh, 693p.

MILINKOVIC-TUR, S.; STOJEVIC, Z.; PIRSLJIN, J.; ZDELAR-TUK, M.; POLJICAK-MILAS, N.; LJUBIC, B. B.; GRADINSKI-VRBANAC, B. 2007: Effect of fasting and refeeding on the antioxidant system in cockerels and pullets. **Acta Veterinaria Hungarica**, v. 55, n. 2, p. 181-189.

MOLARES, A. E.; PE'REZ-JEME'NEZ, A.; HIDALGO, M. C.; ABELLAN, E.; CARDENATE, G. 2004: Oxidative stress and antioxidant defenses after prolonged starvation in *Dentex dentex* liver. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 139, n. 1, p. 153-161.

MOREIRA, J.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; BERTECHINI, A. G.; OLIVEIRA, D. F.; CARDOSO, M. G. 2001: Efeito de fonte e níveis de selênio na atividade enzimática da glutathiona peroxidase e no desempenho de frangos de corte. **Ciência Agrotecnica**, v. 25, n. 3, p. 664-666.

MUJAHID, A.; YOSHIKI, Y.; AKIBA, Y.; TOYOMIZU, M. 2005: Superoxide radical production in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress. **Poultry Science**, v. 84, n. 2, p. 307-314.

MUJAHID, A.; AKIBA, Y.; TOYOMIZU, M. 2009: Olive oil-supplemented diet alleviates acute heat stress-induced mitochondrial ROS production in chicken skeletal muscle. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 297, n. 3, p. R690-R698.

OLIVERA, V.; JOVANOVIC, I. B.; SVETLANA, M. 2011: Selenium, thiobarbituric acid reactive substances, and thyroid hormone activation in broilers supplemented with selenium as selenized yeast or sodium selenite. **Japanese Journal of Veterinary Research**, v. 59, n. 2&3, p. 69-77.

PAYNE, R. L.; SOUTHERN, L. L. 2005: Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers. **Poultry Science**, v. 84, n. 6, p. 898-902.

RAJASHREE, K.; MUTHUKUMAR, T.; KARTHIKEYAN, N. 2014: Influence of inorganic selenium sources on broiler performance and meat quality. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, v. 4, n. 1, p. 151-157.

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**. 3th ver. ed. Pages 255. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RUTZ, F.; MURPHY, R. 2009: Minerais orgânicos para aves e suínos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE USO DA LEVEDURA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL CBNA, 1., Campinas. **Anais...Campinas: CBNA**, p. 20.

SAHIN, K.; ONDERCI, M.; SAHIN, N.; GURSU, M. F.; KUCUK, O. 2003: Dietary vitamin C and folic acid supplementation ameliorates the detrimental effects of heat stress in Japanese quail. **The Journal of nutrition**, v. 133, n. 6, p. 1882-1886.

SCHRAUZER, G. N. 2002: The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine. **Advances in food and nutrition research**, v. 47, p. 73-112.

SUNDE, R. A.; HOEKSTRA, W. G. 1980: Incorporation of selenium from selenite into selenocysteine into glutathione peroxidase in the isolated perfused rat liver. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 93, n. 4, p. 1181-1188.

SUNDE, R.A. 1997: Selenium, in: O'Dell, B.L., Sunde, R.A., (Eds.), **Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements**. Marcel Dekker, Inc., New York. p. 493.

TEIXEIRA, V. H. 1983: **Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frango de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco - MG**. 1983, 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

TESSERAUD, S.; TEMIM, S. 1999: Modifications métaboliques chez le poulet de chair en climat chaud: conséquences nutritionnelles. **Productions Animales-Paris-Institut National de la Recherche Agronomique**, v. 12, n. 5, p. 353-364.

THOMPSON, J. N.; SCOTT, M. L. 1970: Impaired lipid and vitamin E absorption related to atrophy of the pâncreas in selenium-deficient chicks. **Journal of Nutrition**, v. 100, n. 3, p. 797-809.

TINÔCO, I. F. F. 2004: A granja de frangos de corte. In: Mendes A A, Nããs IA & Macari M (Eds.). **Produção de frangos de corte**. Campinas. FACTA. p. 55-84.

SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: **Fundação Arthur Bernardes- UFV – Viçosa**, 2007.

VAZ, R. G. M. V.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ALBINO, L. F. T.; OLIVEIRA, W. P.; SILVA, B. A. N. 2009: Inclusão de cromo orgânico em rações para frangos de corte mantidos sob estresse por calor no período de um a 42 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n.2, p.484-490.

WANG, L. F.; LIN, H.; YANG, Q. M.; ZHU, L. X. 2001: The effect of dietary vitamin A levels on lipid peroxidatic reaction of inoculated and heat stressed laying hens. **Acta veterinaria et zootecnica Sinica/[Zhongguo xu mu shou yi xue hui]**, v. 33, n. 5, p. 443-447.

WANG, Y.; ZHAN, X.; ZHANG, X.; WU, R.; YUAN, D. 2011a: Comparison of different forms of dietary selenium supplementation on growth performance, meat quality, selenium deposition, and antioxidant property in broilers. **Biological Trace Element Research**, v. 143, n. 1, p. 261-273.

WANG, Y. X.; ZHAN, X. A.; YUAN, D.; ZHANG, X. W.; WU, R. J. 2011b: Effects of selenomethionine and sodium selenite supplementation on meat quality, selenium distribution and antioxidant status in broilers. **Czech Journal of Animal Science**, v. 56, n. 7, p. 305-313.

XU, J. X.; CAO, C. Y.; SUN, Y. C.; WANG, L. L.; LI, N.; XU, S. W.; LI, J. L. 2014: Effects on liver hydrogen peroxide metabolism induced by dietary selenium deficiency or excess in chickens. **Biological trace element research**, v. 159, n. 1-3, p. 174-182.

YANG, L.; TAN, G. Y.; FU, Y. Q.; FENG, J. H.; ZHANG, M. H. 2010: Effects of acute heat stress and subsequent stress removal on function of hepatic mitochondrial respiration, ROS production and lipid peroxidation in broiler chickens. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 151, n. 2, p. 204-208.

YAHAV, S.; COLLIN, A.; SHINDER, D.; PICARD, M. 2004: Thermal manipulations during broiler chick embryogenesis: Effects of timing and temperature. **Poultry science**, v. 83, n. 12, p. 1959-1963.

YOON, I.; WERNER, T. M.; BUTLER, J. M. 2007: Effect of source and concentration of selenium on growth performance and selenium retention in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 86, n. 4, p. 727-730.

YU, B. P. 1994: Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. **Physiological reviews**, v. 74, n. 1, p. 139-162.

ZHOU, J.; HUANG, K.; LEI, X. G. 2013: Selenium and diabetes—evidence from animal studies. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 65, p. 1548-1556.

Tabela 1 - Relação entre a temperatura ótima (°C), umidade relativa (%) e idade dos frangos de corte

Idade (em dias)	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa (%)
1	33	50 a 60
2	32	50 a 60
3	31	50 a 60
4	30	50 a 60
5	30	50 a 60
6	29	50 a 60
7	29	50 a 60
8	29	50 a 60
9 a 12	28	50 a 60
13 a 16	27	50 a 60
17 a 20	26	50 a 60
21 a 24	25	50 a 60
25 a 30	24	50 a 65
31 a 35	23	50 a 70
Acima de 35	22	50 a 70

Fonte: Adaptado (Cobb Vantress Inc., 2012).

Tabela 2 - Médias das temperaturas, da umidade relativa do ar e do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), calculado no período de 1 a 46 dias de idade

Idade (dias)	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	ITGU
01 – 07	31,9 ± 1,09	65 ± 3,8	82 ± 1,4
08 – 21	27,8 ± 1,41	62 ± 10,7	76 ± 2,0
22 – 33	23,5 ± 0,88	60 ± 9,6	70 ± 1,4
34 – 42	21,7 ± 0,57	61 ± 8,2	68 ± 1,2
43 – 46	22,5 ± 0,57	60 ± 4,7	68 ± 0,9

Tabela 3 - Composições centesimal e nutricional calculadas das rações basais de acordo com as fases de produção de frangos de corte propostas por Rostagno et al. (2011)

Ingredientes	Fase de Produção (dias)				
	1 a 7	8 a 21	22 a 33	34 a 42	43 a 46
Milho (7,8% PB)	48,256	52,229	55,392	58,600	60,700
Farelo de soja (45% PB)	43,930	39,748	36,020	33,064	30,798
Óleo de soja	3,585	4,190	5,075	5,188	5,546
Fosfato bicálcico	1,862	1,527	1,307	1,087	0,983
Calcário	0,912	0,944	0,888	0,795	0,746
DL-metionina (99%)	0,323	0,281	0,263	0,235	0,214
L- lisina (99%)	0,134	0,124	0,128	0,128	0,128
L-treonina (99%)	0,045	0,029	0,022	0,013	0,007
Selenito de Sódio	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Inerte (caulim)	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
Suplemento ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal comum	0,508	0,483	0,458	0,445	0,433
Antioxidante ³	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Cloreto de colina (60%)	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Avilamicina (10%) ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Salinomicina Sódica ⁵	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada⁶					
Proteína bruta (%)	24,018	22,394	20,947	19,839	18,963
Energia metab. (Kcal/kg)	2,960	3,050	3,150	3,200	3,250
Lisina digestível (%)	1,3244	1,216	1,130	1,060	1,006
Met + cis. digestível (%)	0,953	0,876	0,826	0,774	0,734
Treonina digestível (%)	0,858	0,791	0,735	0,689	0,654
Isoleucina digestível (%)	0,959	0,889	0,824	0,776	0,737
Sódio (%)	0,220	0,210	0,200	0,195	0,190
Cálcio (%)	0,9200	0,841	0,758	0,663	0,614
Fósforo disponível (%)	0,470	0,401	0,354	0,309	0,286

¹ Conteúdo/kg: vit. A: 12.000.000 UI; vit. D3: 2.250.000 UI; vit. E: 25.000 UI; vit. K3: 3.000 mg; vit. B12: 24.000 mcg; vit. B1: 2.400 mg; vit. B2: 12 g; piridoxina: 2.000 mg; niacina: 42 g; ácido fólico: 1.800 mg; pantotenato de cálcio: 15 g.

² Conteúdo/kg: ferro: 60 g; cobre: 18 g; manganês: 120 g; zinco: 120 g; iodo: 2.000 mg.

³Hidroxi-butil-tolueno (BHT).

⁴Surmax.

⁵Anticoccidiano- 60 ppm.

⁶Segundo Rostagno et al. (2011).

Tabela 4 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte recebendo rações com diferentes níveis de selênio de fonte orgânica, mantidos em ambiente de termoneutralidade no período de 1 a 21 e de 1 a 46 dias de idade

Níveis de Selênio (ppm)	Desempenho		
	CR (g/ave)	GP (g/ave)	CA (g/g)
1-21 dias			
Controle (0,30) ¹	1172 ^A	922 ^A	1,27 ^A
0,19	1189 ^A	918 ^A	1,30 ^A
0,30	1192 ^A	919 ^A	1,30 ^A
0,41	1184 ^A	915 ^A	1,29 ^A
0,52	1200 ^A	942 ^A	1,27 ^A
CV (%) ²	2,9	3,5	2,4
Regressão ³	NS	NS	NS
CV (%) ⁴	3,0	3,7	2,3
ANOVA			
	P-valor		
Fonte de Selênio	0,99	0,99	0,27
Níveis de Selênio	0,99	0,38	0,38
1-46 dias			
Controle (0,30) ¹	5015 ^A	3336 ^A	1,50 ^A
0,19	5072 ^A	3390 ^A	1,50 ^A
0,30	5026 ^A	3307 ^A	1,52 ^A
0,41	5126 ^A	3358 ^A	1,53 ^A
0,52	5216 ^A	3413 ^A	1,53 ^A
CV (%) ²	3,4	2,9	2,4
Regressão ³	NS	NS	NS
CV (%) ⁴	3,3	3,1	2,4
ANOVA			
	P-valor		
Fonte de selênio	0,14	0,24	0,29
Níveis de selênio	0,14	0,22	0,28

Médias na mesma coluna, seguidas de mesma letra, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

¹0,30 ppm selênio de fonte inorgânica (selenito de sódio-Na₂SeO₃- 45%).

²CV: Coeficiente de variação (%) - teste Dunnet.

³Regressão: NS - não significativo. ⁴CV: Coeficiente de variação (%) - regressão.

Tabela 5 - Rendimento de carcaça e de cortes nobres das aves recebendo rações com diferentes níveis de selênio de fonte orgânica, mantidas em ambiente de termoneutralidade aos 46 dias de idade

Níveis de selênio (ppm)	Rendimento (%/ave)			
	Carcaça	Peito	Coxa	Sobrecoxa
Controle (0,30) ¹	84,50 ^A	36,62 ^A	11,68 ^A	14,20 ^A
0,19	85,67 ^A	36,68 ^A	11,56 ^A	14,02 ^A
0,30	84,36 ^A	35,54 ^A	11,92 ^A	14,40 ^A
0,41	85,23 ^A	36,11 ^A	11,49 ^A	14,44 ^A
0,52	85,05 ^A	36,48 ^A	11,44 ^A	14,15 ^A
CV (%) ²	2,1	4,5	4,9	5,5
Regressão ³	NS	NS	NS	NS
CV (%) ⁴	2,0	4,7	5,0	5,6
ANOVA				
		P-valor		
Fonte de Selênio	0,23	0,27	0,14	0,11
Níveis de Selênio	0,21	0,26	0,09	0,07

Médias na mesma coluna, seguidas de mesma letra, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

¹0,30 ppm selênio de fonte inorgânica (selenito de sódio-Na₂SeO₃- 45%).

²CV: Coeficiente de variação (%) - teste Dunnet.

³Regressão: NS - não significativo.

⁴CV: Coeficiente de variação (%) - regressão.

Tabela 6 - Atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), glutathiona peroxidase (GSH-Px), concentração de glutathiona (GSH) e malonaldeído (MDA), tiroxina (T4) e triiodotironina (T3) no sangue de frangos de corte recebendo rações com diferentes níveis de selênio de fonte orgânica, mantidos em ambiente de termoneutralidade aos 46 dias de idade

Níveis de selênio (ppm)	Parâmetros Sanguíneos					
	SOD (UI/mL)	GSH-Px (U/mL)	GSH (µM)	MDA (nmol/mL)	T4 (ng/mL)	T3 (ng/mL)
Controle ¹	222,7 ^A	23,07 ^A	64,32 ^A	0,097 ^A	0,61 ^A	1,58 ^A
0,19	141,7 ^B	12,31 ^B	65,16 ^A	0,073 ^B	0,62 ^A	1,31 ^A
0,30	162,3 ^B	12,66 ^B	60,49 ^A	0,081 ^B	0,74 ^A	1,42 ^A
0,41	130,0 ^B	12,13 ^B	64,82 ^A	0,081 ^B	0,62 ^A	1,43 ^A
0,52	172,3 ^B	12,87 ^B	72,96 ^B	0,075 ^B	0,64 ^A	1,38 ^A
CV (%) ²	6,3	29,2	9,3	11,4	33,9	18,7
Regressão ³	NS	NS	Q	NS	NS	NS
CV (%) ⁴	6,6	29,6	8,2	13,1	35,5	21,3
ANOVA						
	P-valor					
Fonte de Selênio	0,001	0,002	0,01	0,003	0,99	0,99
Níveis de Selênio	0,99	0,99	0,004	0,99	0,99	0,99

Médias na mesma coluna, seguidas de mesma letra, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

¹0,30 ppm selênio de fonte inorgânica (selenito de sódio-Na₂SeO₃- 45%).

²CV: Coeficiente de variação (%) - teste Dunnet.

³Regressão: NS - não significativo; Q: efeito quadrático.

⁴CV: Coeficiente de variação (%) - regressão.

Artigo 2- Formatação de acordo com as normas da revista Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition

Selênio levedura em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura no período de 1 aos 46 dias de idade

Department of Animal Science, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.

Correspondência para o autor: erika_mfigueiredo@yahoo.com.br

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de selênio de fonte orgânica (SeO) no desempenho e nas características de carcaça de frangos de corte machos da linhagem Cobb[®] no período de 1 a 46 dias de idade expostos a um ambiente de alta temperatura. Um total de 360 aves com 1 dia de idade e peso inicial de $42 \pm 0,12$ g, foram alojadas em câmaras climáticas com temperatura de $34,3 \pm 0,63^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 5,1\%$, que resultaram em um ITGU calculado de $85 \pm 1,0$, caracterizando o ambiente de alta temperatura. Os pintos foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos (uma ração controle com 0,30 ppm de selênio de fonte inorgânica (SeI) como selenito de sódio e quatro rações com SeO), oito repetições e nove aves por unidade experimental. Os níveis de SeO nas rações experimentais foram: 0,19; 0,30; 0,41 e 0,52 ppm. Aos 21 dias de idade, três aves de cada gaiola, com peso mais distante da média da gaiola ($\pm 10\%$), foram retiradas permanecendo um total de 240 no experimento. Não foi observado efeito dos níveis de SeO, bem como das fontes de selênio no consumo de ração (CR), no ganho de peso (GP) e na conversão alimentar (CA) das aves, no período de 1 aos 21 dias. No entanto, no período de 1 a 46 dias, enquanto o GP e a CA não foram influenciados pelos níveis de SeO, o CR das aves aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,35 ppm. O CR no período total, também variou com a fonte de selênio, que foi menor nas aves suplementadas com SeO nas concentrações de 0,19 e 0,52 ppm em relação às que receberam suplementação com SeI. Não se verificou efeito dos níveis de SeO e das fontes de selênio da ração nos rendimentos de carcaça, peito, coxa e sobrecoxa das aves. Com relação aos marcadores oxidativos, constatou-se aumento linear nas atividades das enzimas superóxido dismutase (SOD) e da glutathiona peroxidase (GSH-Px) em razão dos níveis de SeO da ração. Não houve efeito da fonte de suplementação na atividade da enzima SOD. Em contrapartida, maior atividade da enzima GSH-Px foi observada no plasma das aves suplementadas com 0,52 ppm de SeO, em relação a fonte inorgânica. Os níveis de SeO influenciaram de forma linear decrescente a atividade da enzima catalase, enquanto a mesma não variou em função da fonte de suplementação. A concentração da molécula glutathiona reduzida no plasma dos frangos não foi influenciada pelos níveis e nem pela fonte de selênio utilizada. Os níveis de SeO diminuíram linearmente a concentração do hormônio T3 no soro das aves, enquanto a fonte orgânica proporcionou menores valores de T3 sérico em

relação à inorgânica. Concluiu-se que a suplementação da ração com selênio de fonte orgânica, com o nível de 0,19 ppm, atende a exigência dos frangos de corte e não compromete os constituintes do sistema antioxidantes das aves expostas ao estresse por calor.

Palavras chaves: Ambiente térmico, calor, enzimas, estresse

INTRODUÇÃO

Em regiões de clima quente, altas temperaturas são um dos principais agentes estressores do desempenho animal e a contínua seleção genética para rápido crescimento é um dos fatores correlacionados ao aumento da susceptibilidade dos frangos de corte ao estresse por calor (Altan et al., 2003).

As células geram quantidades de radicais livres ou espécies reativas de oxigênio enquanto mantêm suas funções metabólicas normais, entretanto em situações de estresse a produção desses compostos e os danos oxidativos são aumentados como observado em pesquisas realizadas com frangos de corte submetidos a estresse por calor agudo (Lin et al., 2006; Yang et al., 2010).

Segundo Altan et al. (2003), frangos submetidos a estresse por calor agudo apresentam aumento da peroxidação de lipídeos nos eritrócitos, como consequência do aumento da produção de radicais livres, indicado pelo aumento da concentração de malonaldeído. Aumento da atividade de enzimas do sistema antioxidante, catalase, superóxido dismutase e glutathione peroxidase também foi observado em resposta dos frangos de corte ao estresse por calor.

Pesquisas realizadas por Lin et al. (2006) demonstraram que o estresse oxidativo foi induzido em frangos de corte submetidos a exposição aguda à alta temperatura durante 6 horas. Aumento da temperatura corporal de frangos de corte pode induzir alterações metabólicas envolvidas com o estresse oxidativo.

Estudos realizados por Yang et al. (2010), confirmaram que o estresse por calor agudo intensifica a produção de espécies reativas de oxigênio, com consequente aumento da peroxidação de lipídeos em células sanguíneas e no fígado de frangos de corte.

Os danos oxidativos podem ser minimizados pelos mecanismos de defesa antioxidante que protegem as células contra os oxidantes celulares e reparam o sistema do acúmulo de espécies reativas de oxigênio. Entretanto, uma vez que a eficiência dos sistemas antioxidantes e de reciclagem não é 100%, esses antioxidantes devem ser obtidos da ração (Surai, 2002).

A suplementação de nutrientes e ou aditivos específicos, como selênio levedura, vitamina E, que fazem parte dos sistemas antioxidantes, entre outros podem favorecer as respostas dos animais quando submetidos ao estresse por calor. O uso de complexos com mais de um componente antioxidante pode exercer efeito

positivo sobre o sistema antioxidante por permitir uma melhor ação dos três sistemas antioxidantes.

Assim, diante do exposto, tem-se como objetivo avaliar o efeito da suplementação com níveis de selênio de fonte orgânica, no desempenho e nas características de carcaça de frangos de corte submetidos à ambiente de estresse por calor no período de 1 a 46 dias de idade.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Bioclimatologia Animal, do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa, MG, Brasil.

O protocolo utilizado nesse estudo foi revisado e aprovado pelo Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção (CEUAP-UFV) da Universidade Federal de Viçosa (Minas Gerais, Brasil), processo nº 06/2015, estando de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 1991), e com a legislação vigente.

Animais e Alojamento

Foram utilizados 360 pintos de corte machos da linhagem Cobb500 x Cobb500 (empenamento lento), vacinados contra doença de Marek e adquiridos do incubatório comercial (Rio Branco Alimentos S/A, Pará de Minas, MG, Brasil). As aves foram pesadas e alojadas em câmaras climáticas, no período de 1 a 46 dias de idade, mantidas em gaiolas de metal (Petersime Incubator Co., Gettysburg, OH) (Largura x Profundidade x Altura; 85,0 x 85,0 x 37,2cm), com piso telado, providas de comedouro tipo calha (Largura x Comprimento x Profundidade; 83,0 x 9,4 x 5,5cm) e bebedouro tipo nipple.

As condições ambientais das câmaras climáticas foram monitoradas diariamente, duas vezes ao dia (7h00min e 18h00min), por meio de termômetros de bulbo seco, bulbo úmido e de globo negro (Incoterm Ind. de Termômetros Ltda., Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) mantidos no centro de cada câmara. Posteriormente, esses dados foram convertidos no índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), como proposto por Buffington et al. (1981). O programa

de luz adotado durante todo o período experimental foi o contínuo (24 horas de luz artificial), com utilização de lâmpadas fluorescentes de 45 W por câmara.

As mortalidades foram verificadas duas vezes por dia para ajustar o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar das aves. O número de aves mortas, as sobras de ração e o peso das aves restantes nas gaiolas foram utilizadas para corrigir os parâmetros de desempenho.

Delineamento experimental e tratamentos

Os pintinhos com peso inicial de $42,0 \pm 0,12\text{g}$ foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos (quatro níveis de selênio de fonte orgânica: 0,19; 0,30; 0,41 e 0,52 ppm - Economase®, garantia de no mínimo 1.500mg de Se/kg do produto, Alltech Inc., Brasil - e uma ração controle com 0,30 ppm de selênio de fonte inorgânica, na forma de selenito de sódio - Na_2SeO_3 - 45%), oito repetições e nove aves por unidade experimental. Aos 21 dias de idade, três aves de cada gaiola, com peso mais distante da média da gaiola ($\pm 10\%$), foram retiradas, permanecendo um total de 240 aves no experimento. Esta retirada é realizada para ajustar o número de animais em cada gaiola.

As rações experimentais foram formuladas à base de milho e de farelo de soja e suplementadas com minerais e vitaminas (Tabela 1) para atender as suas exigências nutricionais em energia, minerais e vitaminas, de acordo com a fase de crescimento, segundo Rostagno et al. (2011), exceto para o nível de selênio. O fornecimento das rações experimentais e de água às aves foi à vontade durante todo o estudo. A unidade experimental foi representada pela gaiola.

Desempenho

As aves foram pesadas no início do experimento, aos 21 dias de idade e aos 46 dias de idade para determinação do consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar.

Coleta de amostras

Carcaça e cortes nobres

Aos 46 dias de idade todas as aves foram pesadas e duas aves de cada unidade experimental, com peso mais próximo da média da gaiola ($\pm 10\%$), foram submetidas a jejum alimentar de 12 horas. Posteriormente, as aves selecionadas

foram insensibilizadas por atordoamento elétrico (com corrente elétrica de 60 V), abatidas por sangria mediante corte da artéria jugular, e após serem escaldadas e depenadas, foram evisceradas e as carcaças pesadas.

Para a determinação do rendimento de carcaça foi considerada a relação entre o peso de carcaça e o peso vivo após jejum e para determinação dos rendimentos de cortes nobres foi considerado o peso da carcaça inteira (incluindo a cabeça e os pés), limpa e eviscerada.

Análises sanguíneas

Após a seleção das aves destinadas a análise de carcaça, foram selecionadas uma ave de cada unidade experimental, com peso mais próximo da média da gaiola ($\pm 10\%$), para mensurar a atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), glutathiona peroxidase (GSH-Px) e catalase (CAT), concentração da molécula glutathiona reduzida (GSH) e a dosagem do hormônio triiodotironina (T3).

As coletas de sangue foram realizadas por meio de punção cardíaca, sendo colhidos 10 mL de sangue de uma ave por repetição com auxílio de uma seringa e agulha.

Para a obtenção do soro, parte do sangue coletado foi imediatamente transferido para tubo com gel separador e posteriormente centrifugado a 3.200 rpm por 20 minutos. Para extração do plasma, outra alíquota do sangue foi transferida para tubo vacutainer com anticoagulante (EDTA) e centrifugada a 3.500 rpm durante 10 minutos. Para obtenção do concentrado de eritrócitos, uma parte do sangue (500 μ L) foi centrifugado por quatro vezes a 3200 rpm, durante 10 minutos, com sucessivas lavagens utilizando 3mL de solução salina a 0,9%, removendo o sobrenadante em cada lavagem a fim de obter somente a massa de hemácias. Todas as amostras de sangue processadas foram congeladas a temperatura de -80°C para posterior análise.

As análises das atividades das enzimas GSH-Px e CAT, as dosagens da concentração de MDA e GSH foram realizadas no plasma das aves de acordo com as recomendações dos kits (Enzo Life Science Ltda; Genese produtos diagnósticos Ltda.). A dosagem hormonal de T3, foi feita nas amostras de soro, e as análises foram realizadas de acordo com as especificações do kit (USA diagnóstica Ltda.).

Os testes para avaliar a atividade da enzima SOD, foram realizados nos eritrócitos das aves, como descrito no Kit (Randox Laboratories Ltda), sendo as análises realizadas no equipamento automático para bioquímica, marca Mindray, modelo: BS200E.

As análises estatísticas de desempenho, carcaça, cortes nobres e parâmetros sanguíneos avaliados foram realizadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatística e Genética (SAEG, 2007), versão 9.1, por meio de modelos de regressão, e as médias dos parâmetros foram comparadas pelo teste Dunnet, com nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da temperatura do ar, temperatura de globo negro e umidade relativa durante o período experimental estão apresentados na Tabela 2.

Considerando que o guia de gerenciamento de frangos de corte Cobb (Cobb Vantress Inc., 2012), define que a faixa de temperatura do ar ótima para a criação de frangos de corte, no período de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade, respectivamente, varia de 34 a 27°C e de 27 a 18°C, e que segundo Vaz et al. (2009), os respectivos valores de ITGU calculados de 84 e 83 caracterizaram um ambiente de estresse por calor para frangos nos períodos de 8 a 21 e 22 a 42 dias de idade, pode-se afirmar que durante todo o período experimental as aves foram mantidas em um ambiente de alta temperatura.

Os resultados de consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos recebendo rações contendo níveis de selênio de fonte orgânica (SeO), no período de 1 a 21 e 1 a 46 dias de idade, estão apresentados na Tabela 3.

Não foi observado efeito ($P>0,05$) dos níveis de SeO (0,19 a 0,52 ppm), bem como das fontes de selênio (orgânica e inorgânica) em nenhum dos parâmetros de desempenho, durante o período de 1 a 21 dias. No entanto, no período de 1 a 46 dias de idade, enquanto o ganho de peso e a conversão alimentar não foram influenciados ($P>0,05$) pelos níveis de selênio de fonte orgânica, o consumo voluntário de ração das aves aumentou de forma quadrática ($P<0,05$) até o nível estimado de 0,35 ppm de acordo com a equação: $\hat{Y}=2491,31 + 5641,99X - 8064,94X^2$ ($r^2=0,96$). O

consumo de ração no período total, também variou ($P < 0,05$) com a fonte de selênio, com aves suplementadas com SeO nas concentrações correspondentes a 0,19 e 0,52 ppm apresentando menores valores em relação às que receberam o selênio de fonte inorgânica (SeI) na ração (0,30 ppm). Em estudos conduzidos com frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos, Dahkle et al. (2005) não observaram influência das fontes e níveis de selênio de fonte orgânica variando de 0,15 a 0,40 ppm no ganho de peso e na conversão alimentar das aves, tanto no período de crescimento de 1 a 21, quanto no período total de 1 aos 42 dias de idade. De forma consistente, Rao et al. (2013) também não encontraram variação no ganho de peso e na eficiência alimentar dos frangos mantidos em ambiente de alta temperatura de 1 a 42 dias e suplementados com níveis crescentes de selênio orgânico (0,10 a 0,40 ppm).

Os dados de consumo de ração encontrados nesse estudo, diferem dos obtidos por Niu et al. (2009) e Habibian et al. (2014) que não observaram variação no consumo de ração das aves em razão da suplementação de níveis de selênio orgânico correspondentes, 0,20 e 0,40 ppm e 0,50 e 1,00 ppm, respectivamente, na ração de frangos de corte de 1 aos 42 dias de idade mantidos em estresse por calor cíclico.

Com os resultados de desempenho obtidos, pode-se afirmar que embora significativa, a variação verificada no consumo de ração em função dos níveis de SeO e fonte de selênio avaliados, não foi suficiente para alterar os parâmetros produtivos dos frangos.

Os resultados de rendimento de carcaça dos frangos aos 46 dias de idade, que receberam rações contendo níveis crescentes de selênio de fonte orgânica, estão apresentados na Tabela 4.

Não foi constatado efeito ($P > 0,05$) dos níveis de SeO, bem como da fonte (orgânica e inorgânica) em nenhum dos parâmetros de carcaça avaliados nesse estudo. Esses resultados divergem dos encontrados por Sahin & Kucuk (2001) que observaram variação significativa no rendimento de carcaça de codornas japonesas aos 40 dias de idade mantidas em ambiente de alta temperatura e recebendo suplementação de selênio inorgânico na ração de 0,10 a 0,20 ppm. A inconsistência dos resultados pode ser justificada pelas possíveis diferenças das espécies de aves e aos níveis de selênio avaliados. Assim, com esses resultados ficou evidenciado que o nível de 0,19 ppm de SeO foi igualmente efetivo ao nível de 0,30 ppm de SeI e que a

provável deficiência de selênio pode comprometer entre outros fatores o rendimento de carcaça das aves.

Os resultados das atividades das enzimas superóxido dismutase, glutationala peroxidase e catalase, das concentrações de glutationala reduzida e do hormônio triiodotironina nas amostras de sangue dos frangos aos 46 dias de idade, que receberam rações contendo níveis crescentes de selênio de fonte orgânica, estão apresentados na Tabela 5.

A atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) aumentou ($P < 0,05$) de forma linear conforme a equação: $\hat{Y} = 50,8302 + 202,172X$ ($r^2 = 0,99$) em razão dos crescentes níveis de SeO na ração. Considerando que a SOD presente nos eritrócitos é uma enzima dependente dos minerais cobre e zinco, a variação no consumo de ração e, conseqüentemente, na ingestão desses minerais observada entre os tratamentos pode justificar o aumento da atividade dessa enzima ocorrido nesse estudo. De acordo com dados de revisão de literatura, Surai (2016) relatou que a suplementação do mineral cobre em rações de frangos de corte resultaram em aumento da atividade da enzima superóxido dismutase nos eritrócitos de aves.

Não houve variação ($P > 0,05$) em relação à fonte de suplementação na ração de frangos de corte, na atividade da enzima SOD presente nos eritrócitos de frangos de corte.

Foi constatado efeito ($P < 0,05$) dos níveis de SeO da ração na atividade da enzima glutationala peroxidase (GSH-Px), que aumentou de forma linear segundo a equação: $\hat{Y} = 33,9259 - 102,757X$ ($r^2 = 0,99$). Resultado semelhante de aumento da atividade da GSH-Px no plasma de frangos de corte submetidos ao ambiente de alta temperatura até os 42 dias, em razão da suplementação de selênio de fonte orgânica na ração (0,10 a 0,40 ppm) também foi observado por Rao et al. (2013). Assim, ficou evidenciado que o aporte de selênio pode influenciar a atividade da enzima GSH-Px favorecendo a defesa antioxidante das aves no ambiente de calor. Essa proposta se baseia no relato de Sahin & Kucuk (2007) que afirmaram que tanto a concentração, quanto a atividade da enzima GSH-Px está diretamente relacionada ao status de selênio do animal.

Quanto a fonte de selênio, foi constatado que somente quando se suplementou a ração com 0,52 ppm de SeO ocorreu aumento ($P < 0,05$) na atividade da enzima GSH-Px no plasma em relação a fonte inorgânica (0,30 ppm). Embora a atividade dessa enzima não tenha variado quando se comparou os níveis de SeO

entre (0,19 e 0,41 ppm) com a fonte inorgânica (0,30 ppm), verificou-se um aumento médio consistente de 21,70% nos valores absolutos dessa enzima.

Aumento da atividade da GSH-Px em razão da suplementação de selênio de fonte orgânica nas rações das aves comparativamente à fonte inorgânica também foi observado por Mahmoud & Edens (2003) que, em estudos conduzidos com frangos de corte de 1 a 28 dias de idade submetidos ao estresse por calor agudo (30°C), constataram aumento na atividade da GSH-Px no sangue das aves suplementadas com selênio orgânico.

Assim, pode-se inferir que a fonte orgânica revelou ser mais efetiva em aumentar a expressão dessa enzima na atenuação do estresse oxidativo, sendo mais eficiente em amenizar os efeitos do estresse por calor.

Constatou-se variação ($P < 0,05$) na atividade da enzima catalase (CAT) no plasma das aves, que diminuiu de forma linear, segundo a equação: $\hat{Y} = 1,29751 - 0,740311X$ ($r^2 = 0,89$), a medida que se elevou os níveis de SeO na ração. Esses resultados divergem dos observados por Rao et al. (2013) que verificaram aumento linear na atividade da CAT nos eritrócitos de frangos de corte aos 42 dias de idade estressados por calor, que foram suplementados com níveis de selênio orgânico na ração variando de 0,10 a 0,40 ppm. Diferenças na intensidade do estresse por calor observada entre os estudos (27 x 32°C), associado ao local onde se avaliaram a atividade da enzima catalase (eritrócitos x plasma) podem ser fatores que contribuíram para a variação de resultados entre os trabalhos.

Tendo como base que o selênio é um cofator da enzima GSH-Px (Habibian et al. 2015) e que essa enzima atua no mesmo substrato, peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que a enzima CAT, o aumento de sua atividade resultaria em diminuição da disponibilidade do H_2O_2 e, conseqüentemente, justificaria a redução da atividade da CAT observada nesse estudo. Em estudos conduzidos com frangos de corte submetidos ao estresse por calor (32°C) dos 35 aos 42 dias de idade, Huang et al. (2015) também verificaram correlação negativa entre a atividade da GSH-Px e CAT, que, respectivamente, aumentou e diminuiu no músculo das asas das aves.

Não houve variação ($P > 0,05$) na atividade da enzima CAT quando se comparou fontes de selênio (orgânica e inorgânica) independentemente dos níveis avaliados.

A concentração da molécula glutatona reduzida (GSH) no plasma de frangos de corte estressados por calor, não foi influenciada ($P > 0,05$) pelo aumento dos níveis

de selênio e nem pelas fontes (orgânica e inorgânica) de suplementação na ração. Esses resultados estão coerentes com os encontrados por Mahmoud & Edens (2003) que também não encontraram variação significativa na concentração da GSH nas amostras de sangue dos frangos de corte, de 01 a 28 dias de idade, e submetidos a estresse por calor agudo (30°C) alimentados com fonte de selênio orgânico.

Considerando que a molécula glutathiona é um importante biomarcador do estresse oxidativo, com participação ativa na neutralização do peróxido de hidrogênio, em ação integrada com a GSH-Px (Habibian et al. 2015), a não variação da concentração da GSH no plasma das aves, evidencia que o menor nível de suplementação de selênio (0,19 ppm) na ração não comprometeu a ação do sistema antioxidante.

A concentração do hormônio triiodotironina (T3) no soro diminuiu ($P < 0,05$) linearmente aos crescentes níveis de SeO da ração das aves, segundo a equação: $\hat{Y} = 0,959287 - 1,48272X$ ($r^2 = 0,99$). Esses resultados divergem dos encontrados por Ferit Gursu et al. (2003) que observaram maiores concentrações séricas de T3 devido ao aumento dos níveis de selênio de 0,10 para 0,20 ppm em rações de codornas estressadas por calor (34°C). Minne & Decuyper (1984) e Iqbal et al. (1990) relataram que os hormônios da tireoide (T4 e T3) estão relacionados com a termorregulação das aves, e que para modular a produção de calor corporal, a concentração sanguínea do hormônio T3 nos animais pode ser alterada. Desta forma, provavelmente o aumento das concentrações séricas dos hormônios tireoidianos verificado por Ferit Gursu et al. (2003) seria indicativo que o nível de 0,10 ppm de selênio seria insuficiente para garantir uma adequada resposta de termotolerância das aves.

Houve variação ($P < 0,05$) nas concentrações séricas do hormônio T3 em função das fontes de selênio utilizadas. A maior concentração do hormônio triiodotironina no plasma dos frangos promovido pelo SeI confirma o relato anterior que o selênio de fonte orgânica está relacionado com a melhora da termoestabilidade das aves.

CONCLUSÃO

A suplementação da ração com 0,19 ppm de selênio de fonte orgânica atende a exigência dos frangos de corte e não compromete os constituintes do sistema antioxidante das aves expostas ao estresse por calor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTAN, Ö.; PABUÇCUOĞLU, A.; ALTAN, A.; KONYALIOĞLU, S.; BAYRAKTAR, H. 2003: Effect of heat stress on oxidative stress, lipid peroxidation and some stress parameters in broilers. **British Poultry Science**, v. 44, n. 4, p. 545-550.

BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; E COLLIER, R. J. 1981: Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers (ASAE)**, v. 24, n. 3, p. 711-0714.

COBB VANTRESS. 2012: **Cobb Broiler Management Guide**. CobbVantress, Siloam Springs, AR, USA.

COLÉGIO BRASILEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL (COBEA). 1991: **Princípios Éticos na Experimentação Animal**, julho, São Paulo, p. 1.

DAHLKE, F.; GONZALES, E.; FURLAN, R. L.; GADELHA, A. C.; MAIORKA, A.; ALMEIDA, J. G. 2005: Avaliação de diferentes fontes e níveis de selênio para frangos de corte em diferentes temperaturas. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 1, p. 21-26.

FERIT GURSU, M.; SAHIN, N.; KUCUK, O. 2003: Effects of vitamin E and selenium on thyroid status, adrenocorticotropin hormone, and blood serum metabolite and mineral concentrations of Japanese quails reared under heat stress (34 C). **The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine**, v. 16, n. 2- 3, p. 95-104.

HABIBIAN, M.; GHAZI, S.; MOEINI, M. M.; ABDOLMOHAMMADI, A. 2014: Effects of dietary selenium and vitamin E on immune response and biological blood parameters of broilers reared under thermoneutral or heat stress conditions. **International journal of biometeorology**, v. 58, n. 5, p.741–752.

HABIBIAN, M.; SADEGHI, G.; GHAZI, S.; MOEINI, M. M. 2015: Selenium as a feed supplement for heat-stressed poultry: a review. **Biological trace element research**, v. 165, n. 2, p. 183-193.

HUANG, C.; JIAO, H.; SONG, Z.; ZHAO, J.; WANG, X.; LIN, H. 2015: Heat stress impairs mitochondria functions and induces oxidative injury in broiler chickens. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 5, p. 2144-2153.

IQBAL, A.; DECUYPERE, E.; EL AZIM, A. A.; KÜHN, E. R. 1990: Pre-and post-hatch high temperature exposure affects the thyroid hormones and corticosterone response to acute heat stress in growing chicken (*Gallus domesticus*). **Journal of thermal biology**, v. 15, n. 2, p. 149-153.

LIN, H.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. 2006: Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 144, n. 1, p. 11-17.

MAHMOUD, K. Z.; EDENS, F. W. 2003: Influence of selenium sources on age-related and mild heat stress-related changes of blood and liver glutathione redox cycle in broiler chickens (*Gallus domesticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 136, n. 4, p. 921-934.

MINNE, B.; DECUYPERE, E. 1984: Effects of late prenatal temperatures on some thermoregulatory aspects in young chickens. **Archiv für experimentelle Veterinarmedizin**, v. 38, n. 3, p. 374-383.

NIU, Z. Y.; LIU, F. Z.; YAN, Q. L.; LI, L. 2009: 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.

RAO, S. V. R.; PRAKASH, B.; RAJU, M. V. L. N., PANDA, A. K., POONAM, S., MURTHY, O. K. 2013: Effect of supplementation of organic selenium on performance, carcass traits, oxidative parameters and immune responses in commercial broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)**, v. 26, n. 2, p. 247252.

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**. 3th ver. ed. Pages 255. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SAHIN, K.; KUCUK, O. 2001: Effects of vitamin E and selenium on performance, digestibility of nutrients, and carcass characteristics of Japanese quails reared under heat stress (34°C). **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 85, n. 11- 12, p. 342-348.

SAHIN, K.; KUCUK, O. 2007: Selenium supplementation in heat-stressed poultry. **Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 2, n. 6, p. 1-10.

SURAI, P. F. 2002: **Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction**. Nottingham: Nottingham University Press.

SURAI, P. F. 2016: Antioxidant Systems in Poultry Biology: Superoxide Dismutase. **Animal Nutrition**, v. 1, n. 1:8, p. 1-17.

SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: **Fundação Arthur Bernardes- UFV – Viçosa**, 2007.

VAZ, R.G.M.V.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; ALBINO, L.F.T.; OLIVEIRA, W.P.; SILVA, B.A.N. 2009: Inclusão de cromo orgânico em rações para frangos de corte mantidos sob estresse por calor no período de um a 42 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n.2, p.484-490.

YANG, L.; TAN, G. Y.; FU, Y. Q.; FENG, J. H.; ZHANG, M. H. 2010: Effects of acute heat stress and subsequent stress removal on function of hepatic mitochondrial respiration, ROS production and lipid peroxidation in broiler chickens. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 151, n. 2, p. 204-208.

Tabela 1 – Composições centesimal e nutricional calculada das rações basais de acordo com as fases de produção de frangos de corte propostas por Rostagno et al. (2011)

Ingredientes	Fase de Produção (dias)				
	1 a 7	8 a 21	22 a 33	34 a 42	43 a 46
Milho (7,8% PB)	48,256	52,229	55,392	58,600	60,700
Farelo de soja (45% PB)	43,930	39,748	36,020	33,064	30,798
Óleo de soja	3,585	4,190	5,075	5,188	5,546
Fosfato bicálcico	1,862	1,527	1,307	1,087	0,983
Calcário	0,912	0,944	0,888	0,795	0,746
DL-metionina (99%)	0,323	0,281	0,263	0,235	0,214
L- lisina (99%)	0,134	0,124	0,128	0,128	0,128
L-treonina (99%)	0,045	0,029	0,022	0,013	0,007
Selenito de Sódio	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Inerte (caulim)	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
Suplemento ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal comum	0,508	0,483	0,458	0,445	0,433
Antioxidante ³	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Cloreto de colina (60%)	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Avilamicina (10%) ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Salinomicina Sódica ⁵	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada⁶					
Proteína bruta (%)	24,018	22,394	20,947	19,839	18,963
Energia metab. (Kcal/kg)	2,960	3,050	3,150	3,200	3,250
Lisina digestível (%)	1,324	1,216	1,130	1,060	1,006
Met + cis. digestível (%)	0,953	0,876	0,826	0,774	0,734
Treonina digestível (%)	0,858	0,791	0,735	0,689	0,654
Isoleucina digestível (%)	0,959	0,889	0,824	0,776	0,737
Sódio (%)	0,220	0,210	0,200	0,195	0,190
Cálcio (%)	0,9200	0,841	0,758	0,663	0,614
Fósforo disponível (%)	0,470	0,401	0,354	0,309	0,286

¹ Conteúdo/kg: vit. A: 12.000.000 UI; vit. D3: 2.250.000 UI; vit. E: 25.000 UI; vit. K3: 3.000 mg; vit. B12: 24.000 mcg; vit. B1: 2.400 mg; vit. B2: 12 g; piridoxina: 2.000 mg; niacina: 42 g; ácido fólico: 1.800 mg; pantotenato de cálcio: 15 g.

² Conteúdo/kg: ferro: 60 g; cobre: 18 g; manganês: 120 g; zinco: 120 g; iodo: 2.000 mg.

³Hidroxi-butil-tolueno (BHT).

⁴Surmax.

⁵Anticoccidiano- 60 ppm.

⁶Segundo Rostagno et al. (2011).

Tabela 2 - Médias das temperaturas, da umidade relativa do ar e do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), calculado no período de 1 a 46 dias de idade

Idade (dias)	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	ITGU
01 – 21	34,3 ± 0,63	67 ± 5,1	85 ± 1,0
22 – 46	32,1 ± 0,56	66 ± 13,0	82 ± 1,4

Tabela 3 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte recebendo rações com diferentes níveis de selênio de fonte orgânica, mantidos em ambiente de alta temperatura no período de 1 aos 46 dias de idade

Níveis de Selênio (ppm)	Desempenho		
	CR (g/ave)	GP (g/ave)	CA (g/g)
01-21 dias			
Controle (0,30) ¹	1031 ^A	824 ^A	1,25 ^A
0,19	1039 ^A	830 ^A	1,25 ^A
0,30	1043 ^A	823 ^A	1,27 ^A
0,41	1064 ^A	841 ^A	1,27 ^A
0,52	1058 ^A	833 ^A	1,27 ^A
CV (%) ²	4,5	4,7	1,62
Regressão ³	NS	NS	NS
CV (%) ⁴	4,5	4,6	1,4
ANOVA			
	P-valor		
Fonte de Selênio	0,99	0,99	0,26
Níveis de Selênio	0,99	0,99	0,27
01-46 dias			
Controle ¹	3557 ^A	2200 ^A	1,62 ^A
0,19	3282 ^B	2096 ^A	1,57 ^A
0,30	3430 ^A	2155 ^A	1,59 ^A
0,41	3477 ^A	2181 ^A	1,60 ^A
0,52	3235 ^B	2062 ^A	1,57 ^A
CV (%) ²	6,64	7,4	3,0
Regressão ³	Q	NS	NS
CV (%) ⁴	6,5	7,3	3,1
ANOVA			
	P-valor		
Fonte de selênio	0,04	0,38	0,22
Níveis de selênio	0,02	0,99	0,99

Médias na mesma coluna, seguidas de mesma letra, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

¹0,30 ppm selênio de fonte inorgânica (selenito de sódio-Na₂SeO₃- 45%).

²CV: Coeficiente de variação (%) - teste Dunnet.

³Regressão: NS - não significativo; Q: efeito quadrático.

⁴CV: Coeficiente de variação (%) - regressão.

Tabela 4 - Rendimento de carcaça e de cortes nobres das aves recebendo rações com diferentes níveis de selênio de fonte orgânica, mantidas em ambiente de alta temperatura aos 46 dias de idade

Níveis de selênio (ppm)	Rendimento (%/ave)			
	Carcaça	Peito	Coxa	Sobrecoxa
Controle (0,30) ¹	89,12 ^A	32,86 ^A	12,02 ^A	15,43 ^A
0,19	89,01 ^A	32,77 ^A	12,08 ^A	15,98 ^A
0,30	88,71 ^A	32,64 ^A	12,30 ^A	15,99 ^A
0,41	88,88 ^A	32,42 ^A	12,32 ^A	16,26 ^A
0,52	88,92 ^A	32,44 ^A	12,22 ^A	15,55 ^A
CV (%) ²	2,1	6,4	6,9	7,9
Regression ³	NS	NS	NS	NS
CV (%) ⁴	2,3	6,4	7,2	8,1
ANOVA				
	P-valor			
Fonte de Selênio	0,99	0,99	0,99	0,33
Níveis de Selênio	0,99	0,99	0,99	0,99

Médias na mesma coluna, seguidas de mesma letra, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

¹0,30 ppm selênio de fonte inorgânica (selenito de sódio-Na₂SeO₃- 45%).

²CV: Coeficiente de variação (%) - teste Dunnet.

³Regressão: NS - não significativo.

⁴CV: Coeficiente de variação (%) - regressão.

Tabela 5 - Atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px), catalase (CAT), concentração de glutathione (GSH) e triiodotironina (T3) no sangue de frangos de corte recebendo rações com diferentes níveis de selênio de fonte orgânica, mantidos em ambiente de alta temperatura aos 46 dias de idade

Níveis de selênio (ppm)	Parâmetros Sanguíneos				
	SOD (UI/mL)	GSH-Px (U/mL)	CAT (U/L)	GSH (μ M)	T3 (ng/mL)
Controle (0,30) ¹	93,6 ^A	19,44 ^A	1,14 ^A	70,41 ^A	1,02 ^A
0,19	81,2 ^A	22,66 ^A	1,16 ^A	74,61 ^A	0,70 ^B
0,30	92,5 ^A	21,46 ^A	1,00 ^A	74,83 ^A	0,59 ^B
0,41	99,5 ^A	26,88 ^A	1,00 ^A	71,19 ^A	0,46 ^B
0,52	100,4 ^A	35,92 ^B	0,82 ^A	72,10 ^A	0,38 ^B
CV (%) ²	18,4	30,9	22,7	8,1	30,7
Regressão ³	L	L	L	NS	L
CV (%) ⁴	19,6	32,5	24,9	8,40	33,7

ANOVA

	P-valor				
Fonte de Selênio	0,26	0,004	0,07	0,99	0,0001
Níveis de Selênio	0,04	0,005	0,02	0,28	0,001

Médias na mesma coluna, seguidas de mesma letra, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Dunnet.

¹0,30 ppm selênio de fonte inorgânica (selenito de sódio-Na₂SeO₃- 45%).

²CV: Coeficiente de variação (%) - teste Dunnet.

³Regressão: NS - não significativo; L: efeito linear.

⁴CV: Coeficiente de variação (%) - regressão.

CONCLUSÃO GERAL

O nível 0,19 ppm de selênio de fonte orgânica suplementado na ração, atende a exigência dos frangos de corte e não compromete os constituintes do sistema antioxidantes das aves em ambiente de termoneutralidade e de estresse por calor.

ANEXO 1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS DE
PRODUÇÃO
CEUAP/UFV

Campus Universitário – Viçosa, MG – 36570-900 – Telefone: (31) 3899.3275 – e-mail: ceuap@ufv.br – site:
www.ceuap.ufv.br

Viçosa, 30/01/16

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "**Níveis de Economase para frangos de corte de 01 a 46 dias de idade mantidos em diferentes ambientes térmicos**", protocolo nº **06/2015**, sob a responsabilidade de **Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo chordata, subfilo vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo conselho nacional de controle da experimentação animal (concea), e foi aprovado pela comissão de ética no uso de animais de produção da universidade federal de viçosa (ceuap-ufv) em reunião de **12/Fev/2015**.

Vigência do Projeto: de **01/02/2016** a **31/08/2016**

Espécie/linhagem: **Frango de Corte**

Nº de animais: **864**

Peso: **0,042Kg** Idade: **1 a 46 dias**

Sexo: **Machos**

Origem: **Empresa PifPaf**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS DE
PRODUÇÃO
CEUAP/UFV

Campus Universitário – Viçosa, MG – 36570-900 – Telefone: (31) 3899.3275 – e-mail: ceuap@ufv.br – site:
www.ceuap.ufv.br

CERTIFICATE

We certify that the project entitled "**Economase levels for broilers 01-46 days of age under different thermal environments**" protocol n° **06/2015**, under the responsibility of **Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele** - which involves the production, maintenance and / or use of animals belonging to the phylum chordata, subphylum vertebrata (except man), for scientific research purposes (or education) - is in accordance with the law n°. 11.794, of October 8, 2008, Decree n°. 6899 of July 15, 2009, and the rules issued by the Brazilian National Council for Animal Experimentation Control (CONCEA), and was approved by the Ethics Commission on the use of farm animals of Universidade Federal de Viçosa (CEUAP-UFV) in its meeting on **Feb, 12th, 2015**.

Duration of the Project: from **Feb, 01st, 2016 to Aug, 31th, 2016**.

Species / strain: **Broiler chicken**

N° of animals: **864**

Weight: **0,042Kg**

Age: **01 to 46 days**

Sex: **Male**

Source: **Empresa PifPaf**

Mário Luiz Chizzotti
Coordenador da CEUAP/UFV