



**VANESSA AVELAR SILVA**

**FORMAS DE SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO PARA  
FRANGOS DE CORTE**

**LAVRAS – MG**

**2014**

**VANESSA AVELAR SILVA**

**FORMAS DE SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO PARA FRANGOS DE  
CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Antônio Gilberto Bertechini

**LAVRAS – MG**

**2014**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Silva, Vanessa Avelar.

Formas de suplementação de selênio para frangos de corte /  
Vanessa Avelar Silva. – Lavras : UFLA, 2014.  
63 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.  
Orientador: Antônio Gilberto Bertechini.  
Bibliografia.

1. Carne - Qualidade. 2. Peroxidação. 3. Redução de custos. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.5085

**VANESSA AVELAR SILVA**

**FORMAS DE SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO PARA FRANGOS DE  
CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 24 de Março de 2014.

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| Dr. Eduardo Mendes Ramos        | UFLA |
| Dra. Renata Ribeiro Alvarenga   | UFLA |
| Dr. Leonardo José Camargos Lara | UFMG |

Dr. Antônio Gilberto Bertechini  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2014**

Aos meus pais Francisco e Olívia, pelo apoio e amor incondicional que foram indispensáveis durante esta trajetória.

À minha irmã Gabrielle, pela compreensão e amizade durante as horas difíceis e nas comemorações.

Ao meu namorado Diego, que sempre esteve presente, me apoiando nos momentos mais decisivos e pela fundamental ajuda na condução do experimento.

Às minhas amigas de república: Aline, Daysa e Kianne, com quem compartilhei as alegrias e desabafei minhas angústias e dificuldades.

## DEDICO

### AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder a vida e o amor pela minha profissão.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini pela paciência, confiança, dedicação, incentivo e ensinamentos, indispensáveis para a realização deste trabalho.

Aos professores Dr. Eduardo Mendes Ramos e Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos pela dedicação e auxílio, cedendo o Laboratório de Análise de Carnes e Derivados e direcionando minhas análises.

Às amigas: Erika e Daniela pela paciência e ajuda constante.

Aos companheiros: Bernardo, Heloísa, Bruno, Rafael, Rodrigo, Raquel, Marcelo, Alex e Fabiana que auxiliaram de forma ímpar durante todo o experimento.

Ao NECTA pela oportunidade de crescimento profissional e pessoal, onde fiz amizades e adquiri conhecimentos que levarei comigo a vida toda.

Aos amigos Anderson e Maria pelo auxílio durante todo experimento.

Aos amigos do Laboratório de Pesquisa Animal, Márcio, Eliana, José Virgílio e Flávio, pelo direcionamento e ajuda durante as análises e aos demais funcionários do Departamento de Zootecnia da UFLA, sempre prestativos em todos os momentos.

À empresa Yes Sinergy do Brasil Agroindustrial, pelo apoio durante o experimento.

Aos professores Dr. Leonardo José Camargos Lara, Dra. Renata Ribeiro Alvarenga pela participação na banca examinadora e pela colaboração e enriquecimento deste trabalho.

## RESUMO GERAL

A investigação dos benefícios do consumo de selênio pelos seres humanos está em evidência e este mineral tem se mostrado eficiente na prevenção de diversos tipos de cânceres e de doenças infecciosas e seu consumo cada vez mais incentivado. Pesquisas mostram que a utilização de selênio orgânico para frangos de corte proporciona melhoria na qualidade da carne desses animais e aumenta a deposição muscular do mineral. No entanto, a grande limitação da utilização dessa fonte se deve ao custo, cerca de vinte vezes mais caro do que a fonte inorgânica comumente utilizada. O estudo teve como objetivo avaliar a suplementação de selênio na forma orgânica para frangos de corte nos diferentes períodos de criação. Foram utilizados 1200 pintos (Ross 308), distribuídos aleatoriamente em seis tratamentos (8 repetições / 25 aves): T1 (1-42d Selenito de Sódio (SS - 45,6%)); T2 (1-42d Selenium Yeast (SY-0,2%)); T3 (1-14 d SS e 15-42 d SY); T4 (1-21 d SS e 22-42 d SY); T5 (1-28 d SS e 29-42 d SY) e T6 (1-35 d SS e 36-42 d SY). As rações foram à base de milho e farelo de soja. Foram avaliados o desempenho, rendimento de carcaça, qualidade física e química dos peitos de frango, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), deposição de selênio no peito e no fígado. Aos 42 dias foram abatidas duas aves por repetição para avaliação da carcaça. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio do teste SNK ( $p < 0,05$ ), os dados econômicos submetidos ao teste T de Student a 5% de significância. Não houve diferença entre os tratamentos para os índices de qualidade de carne: cor objetiva, perda de peso por gotejamento, força de cisalhamento e pH. Também não foram observadas diferenças nos valores de desempenho, rendimento de carcaça e deposição hepática de selênio. No entanto, verificou-se que a inclusão de selênio orgânico na última semana do pré-abate proporcionou os menores índices de peroxidação. A inclusão de SY nas últimas duas semanas apresentou valores semelhantes para a perda de peso por cozimento ao tratamento em que foi fornecido SY durante toda a fase de criação. O conteúdo de Se no músculo do peito no tratamento em que se usou SY em todo período experimental foi de 1,067 mg / kg, este valor não diferiu ( $p > 0,05$ ) do tratamento em que o SY foi suplementado apenas na última semana (1,130 mg / kg). Já a utilização do SS em todo período experimental resultou em concentrações mais baixas de selênio (0,693 mg/kg,  $p < 0,05$ ). Esses resultados mostram que não há necessidade de incluir SY desde o primeiro dia para alcançar níveis significativos de Se em carnes de peito, além de reduzir os custos da alimentação.

Palavras-chave: Rendimento de peito. Custo alimentar. TBARS.

## GENERAL ABSTRACT

The investigation of the benefits of selenium consumption by humans is in evidence and this mineral has shown to be efficient in the prevention of many types of cancers and infectious diseases and its consumption is more and more encouraged. Researches show that the use of organic selenium for broilers provide improvement in the quality of the meat and increases muscular deposition of the mineral. However, the great limitation of the use of this source is due to its cost, around twenty times more expensive than the commonly used inorganic source. The study had the objective of evaluating the supplementation of selenium in its organic form for broilers in the different production periods. Twelve hundred chicks (Ross 308) were used, randomly distributed in six treatments (8 replicates/25birds): T1 (1-42d Sodium Selenite (SS – 45.6%)); T2 (1-42d Selenium Yeast (SY – 0.2%)); T3 (1-14d SS and 15-42d SY); T4 (1-21d SS and 22-42d SY); T5 (1-28d SS and 29-42d SY) and T6 (1-35d SS and 36-42d SY). The rations were formulated based on maize and soybean meal. We evaluated the performance, carcass yield, physical and chemical quality of the breast, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), selenium deposition in the chest and liver. At 42 days two birds per replicate were slaughtered for the carcass evaluation. The results were submitted to analysis of variance and the means were compared by means of the SNK test ( $p < 0.05$ ), the economic data submitted to the T Student test at 5% of significance. There was no significant difference between the treatments for meat quality indexes: objective color, weight loss by dripping, shredding force and pH. There also were no differences observed in the values for performance, carcass yield and hepatic deposition of selenium. However, it was verified that the inclusion of organic selenium in the last pre-slaughter week provided the best peroxidation indexes. The inclusion of SY in the last weeks presented values for weight loss by cooking similar to the treatment in which was provided SY during the entire production phase. The content of Se in the chest muscle in the treatment in which SY was used for the entire experimental period was of 1.067 mg/kg, this value did not differ ( $p > 0.05$ ) from the treatment in which the SY was supplemented only in the last week (1.130 mg/kg). The use of SS in the entire experimental period resulted in lower selenium concentrations (0.693 mg/kg,  $p < 0.05$ ). These results show that there is no need to include SY from the first day to reach significant levels of Se in chest meat, in addition to reducing feed costs.

Keywords: Breast yield. Feed cost. TBARS.

## SUMÁRIO

|                       |  |           |
|-----------------------|--|-----------|
| <b>PRIMEIRA PARTE</b> |  |           |
| <b>1</b>              | <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>2</b>              | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....   | <b>12</b> |
| <b>2.1</b>            | <b>Selênio e sua distribuição geológica</b> .....                              | <b>12</b> |
| <b>2.2</b>            | <b>Funções Bioquímicas</b> .....   | <b>14</b> |
| <b>2.3</b>            | <b>Absorção e excreção de selênio</b> .....                                    | <b>15</b> |
| <b>2.4</b>            | <b>Toxicidade do Selênio</b> .....   | <b>16</b> |
| <b>2.5</b>            | <b>Glutathiona Peroxidase</b> .....  | <b>17</b> |
| <b>2.6</b>            | <b>Suplementação de selênio para frangos de corte</b> .....                    | <b>17</b> |
| <b>2.7</b>            | <b>Selênio e qualidade da carne de frangos</b> .....                           | <b>18</b> |
| <b>2.8</b>            | <b>Selênio e nutrição humana</b> .....   | <b>20</b> |
| <b>2.9</b>            | <b>Selênio na prevenção de doenças</b> .....                                   | <b>20</b> |
|                       | <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | <b>23</b> |
|                       | <b>SEGUNDA PARTE – ARTIGO</b> .....  | <b>26</b> |
|                       | <b>ARTIGO 1 Formas de suplementação de selênio para frangos de corte</b> ..... | <b>26</b> |

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO

O selênio (Se) é um mineral essencial à maioria das formas de vida, faz parte de uma série de reações químicas e possui propriedades que cada vez mais vem sendo investigadas pela comunidade científica nas áreas de medicina, nutrição humana e animal. Está distribuído praticamente por toda crosta terrestre, porém, de forma bastante heterogênea, fator que influencia diretamente no teor deste mineral nos alimentos produzidos.

Alguns estudos apontam que regiões com baixos níveis de selênio no solo apresentam maiores índices de doenças como câncer de próstata e de mama. A função do Se no metabolismo é a ativação da enzima glutathione peroxidase que destrói os peróxidos, compostos nocivos à integridade das membranas celulares. O selênio atua também na glândula tireóide e estimula o sistema imunológico.

A heterogeneidade das concentrações de selênio no solo influencia diretamente na qualidade dos grãos. No Brasil a quantidade de selênio nos solos além de heterogênea é considerada baixa, portanto faz-se necessário a suplementação desse mineral para os animais que têm suas rações produzidas principalmente à base de milho e farelo de soja.

A principal forma de suplementação de selênio nas rações é na sua forma inorgânica, o selenito de sódio, no entanto, a partir do ano 2000 a *Food and Drug Administration* permitiu a utilização de selênio levedura como fonte orgânica do mineral, possibilitando vários estudos sobre a utilização dessa fonte. A fonte orgânica mais utilizada na indústria avícola é a selenometionina que possui absorção pelo mecanismo de transporte ativo, em torno de 98%, enquanto

a absorção do selenito de sódio é por difusão passiva, em torno de 90% (BERTECHINI, 2012).

O uso de Se orgânico na nutrição de aves vem sendo pesquisado devido ao fato de que tem melhor eficiência de deposição no músculo, influenciando diretamente na qualidade da carne. Estudos mostram que a suplementação com selênio aumenta a concentração deste mineral em peitos de frangos, além de melhorar características da carne como perda por gotejamento e aumento da vida útil, por promover maior estabilidade oxidativa. Apesar destas vantagens, o uso de selênio orgânico ainda é restrito devido ao seu alto custo em relação ao inorgânico, levando-se em conta a proporção do mineral fornecida por ambos.

Considerando-se o alto consumo de carne de frango pelos brasileiros, 41,8 kg *per capita* (UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA, 2014) os benefícios da utilização do selênio orgânico na criação de frangos citados anteriormente e a importância da utilização deste mineral na alimentação humana no que diz respeito à prevenção de algumas doenças, a realização de estudos com estratégias de aumento da inclusão de selênio na carne de frango poderia contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população.

O presente trabalho teve como objetivo estudar a suplementação de Se na forma orgânica em diferentes fases pré-abate, avaliando os efeitos sobre o desempenho, a deposição tecidual e as características de carcaça em frangos de corte.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Selênio e sua distribuição geológica

Este microelemento foi descoberto no ano de 1817 por um químico sueco chamado Jöns Jacob Berzelius ao visitar uma fábrica de ácido sulfúrico. Segundo Mellor (1955), recebeu o nome *Selene* (Lua), derivado do grego, devido às suas semelhanças com o mineral telúrio que quer dizer Terra. É um não metal pertencente ao grupo dos calcogênios que se apresenta em estado sólido em condições normais de temperatura e pressão. Possui número atômico 34, massa atômica  $78,96 \text{ g mol}^{-1}$ , ponto de fusão  $220^{\circ}\text{C}$  e ponto de ebulição de  $685^{\circ}\text{C}$ .

Além da semelhança com o telúrio, o selênio possui características muito parecidas com o enxofre, tais como tamanho do átomo, potencial de ionização e afinidade eletrônica. Estas características possibilitam a substituição do enxofre pelo selênio em aminoácidos como metionina e cisteína, formando selenometionina e selenocisteína. Um dos mecanismos pelo qual o Se exerce seus efeitos tóxicos nos animais parece ser através do efeito compensatório em componentes sulfurados, ou devido à sua forte afinidade pelo S na formação de complexos S-Se. (BERTECHINI, 2012).

Na década de 30, este mineral era conhecido pela sua natureza tóxica, pela presença em excesso em forragens e grãos plantados em solos alcalinos, estimulando assim, pesquisas a seu respeito.

O selênio só teve sua essencialidade conhecida em 1957 pelos pesquisadores Schwarz e Foltz e sua importância biológica conhecida no ano de 1973, quando a enzima glutathione peroxidase (GSH-Px) foi identificada como um potente antioxidante que protege o corpo dos danos causados pela oxidação gerada por radicais livres (ROTRUCK et al., 1973). A partir daí, iniciaram-se as

pesquisas acerca deste mineral, sua importância e benefícios para a saúde animal e humana.

Segundo Seixas e Kehrig (2007), os compostos de selênio entram no meio ambiente por meio de fontes naturais, por processos geofísicos e biológicos ou por meio de fontes antropogênicas, relacionadas a processos industriais e agricultura. Enquanto as fontes naturais são as responsáveis pela presença deste mineral no ambiente, as antropogênicas responsabilizam-se de redistribuí-los. (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1987).

Segundo Gilon, Potin-Gautier e Astruc (1996), o Se na natureza encontra-se em diferentes estados de oxidação: seleneto (-II), selênio elementar (0), selenito (IV) e selenato (VI), estando presente em todos os compartimentos do meio ambiente. De maneira geral a distribuição do Selênio na natureza é bastante heterogênea, de acordo com Oliveira (2006), as concentrações podem variar de  $0,1\mu\text{g/g}$  até  $1,0\text{ mg/g}$ , sendo que a maioria dos solos apresenta valores entre de  $1,0\mu\text{g/g}$  e  $1,5\mu\text{g/g}$ . Os teores de selênio no solo são determinantes para a quantidade do mineral presente nos alimentos ali cultivados, estando diretamente relacionados com a ingestão deste mineral pela população. Ainda segundo Oliveira (2006), há regiões no mundo tão pobres em Se que as síndromes de deficiências são endêmicas, tais como: Austrália, regiões nordeste e centro-sul da China, Nepal e Tibete.

Os solos brasileiros, por sua vez, também apresentam expressiva heterogeneidade, mas de maneira geral são pobres em selênio, com exceção de algumas regiões do nordeste como o sul do estado do Pará. A deficiência deste mineral nos solos influencia diretamente na quantidade absorvida pelas plantas e depositada nos grãos (Tabela 1).

Tabela 1 Níveis de Selênio no milho cultivado em algumas cidades do Brasil

| <b>Localidades</b> | <b>Selênio (ppm)</b> |
|--------------------|----------------------|
| Belém (PA)         | 0,070 - 0,240        |
| Recife (PE)        | 0,093 - 0,140        |
| Capinópolis (MG)   | 0,048 - 0,060        |
| Araras (SP)        | 0,041                |
| Botucatu (SP)      | 0,021                |
| Pelotas (RS)       | 0,017 - 0,023        |
| Goiânia (GO)       | 0,001 – 0,008        |
| Lins (SP)          | 0,03                 |
| Lavras (MG)        | 0,02                 |

Fonte: Adaptado de Bertechini (2012).

Além das quantidades no solo, a disponibilidade do selênio está relacionada a outros fatores, tais como as características físico-químicas do mesmo. De acordo com Cozzolino (2007), plantas que crescem em solos mais alcalinos tendem a assimilar mais selênio porque o mesmo encontra-se na forma de selenato, mais solúvel e assimilável pelas plantas, ao passo que, solos ácidos possuem o mineral nas suas formas menos biodisponíveis como selênio elementar, selenito e seleneto.

## 2.2 Funções Bioquímicas

O selênio é um mineral essencial para a maioria dos organismos. Segundo Hamilton (2004), este elemento possui uma ambiguidade fisiológica: em concentrações traço, é necessário para o crescimento e desenvolvimento normal do organismo e em concentrações elevadas torna-se extremamente tóxico, sendo o intervalo entre a exigência e a toxicidade muito estreito.

A função biológica do selênio para os animais está intimamente relacionada com a formação das chamadas selenoproteínas. Segundo Seixas e

Kehrig (2007), foram identificadas onze selenoproteínas: a glutathione peroxidase celular, glutathione peroxidase plasmática, glutathione peroxidase hidropéroxido fosfolipídica, glutathione peroxidase gastrointestinal, selenoproteínas P e W, iodotironina deiodinase tipos I,II e III, tioredoxina redutase e selenofosfato sintetase.

O indicativo dos níveis de selênio é feito através da determinação dos níveis de atividades das enzimas glutathione peroxidase celular e plasmática no fígado e no plasma. Estas enzimas catalisam a oxidação de peróxidos que podem ser danosos à membrana das células. Devido a esta função o selênio e a glutathione peroxidase vêm sendo cada vez mais estudados e suas funções de combate ao estresse oxidativo, envelhecimento precoce e prevenção de doenças cada vez mais investigadas.

As outras selenoproteínas também exercem papéis importantes no organismo animal. De acordo com Seixas e Kehrig (2007), as selenoproteínas P e W estão envolvidas também no combate à oxidação e, no caso desta última, no metabolismo muscular; a selenofosfato sintetase tem o papel de incorporar a selenocisteína pelas selenoproteínas; a tioredoxina redutase defende o organismo contra o estresse oxidativo e as iodotironinas deiodinases estão relacionadas com a regulação e formação dos hormônios tireoideanos. Além destas funções, o selênio também está relacionado com a reprodução do animal, principalmente no que diz respeito à qualidade espermática, sendo a enzima glutathione peroxidase hidropéroxido fosfolipídica responsável pela integridade do flagelo do espermatozóide (HOLBEN; SMITH, 1999).

### **2.3 Absorção e excreção de selênio**

O selênio pode ser absorvido sob as formas inorgânicas: selenato e selenito de sódio e as orgânicas: selenometionina e selenocisteína. Diversos

fatores influenciam no metabolismo do selênio, dentre eles, o nível consumido e sua forma química, sendo que a forma orgânica é considerada mais prontamente absorvida pelos enterócitos. A absorção do selênio ocorre principalmente no duodeno, ceco e cólon. A forma orgânica mais utilizada na avicultura é a selenometionina, que possui absorção semelhante à da metionina, pelo mecanismo de transporte ativo, já a forma inorgânica é absorvida por meio de difusão simples. O selênio na forma orgânica é retido em maiores quantidades no músculo, enquanto que a forma inorgânica é excretada com mais facilidade (OLIVEIRA et al., 2014). Além do tipo de fonte, a biodisponibilidade pode ser afetada por fatores facilitadores da absorção, como metionina e proteínas, vitaminas E e A, e também por inibidores de sua absorção, como os metais pesados chumbo, cádmio e mercúrio (FAIRWEATHERAIT, 1997). Segundo Schrauzer (2001), o selênio que não é prontamente metabolizado é incorporado em tecidos com alta síntese proteica, como músculos esqueléticos, eritrócitos, pâncreas, fígado, rim, estômago e mucosa intestinal.

A manutenção da homeostase deste mineral é feita através da via urinária. De acordo com Lesson e Summers (2001), esta é a rota primária de excreção dos metabólitos de selênio nas formas metiladas do seleneto, metilselenol e trimetilselênio. Quando há um excesso na absorção, pode haver excreção via pulmonar, de formas voláteis de selênio.

#### **2.4 Toxicidade do Selênio**

Por muito tempo este mineral era conhecido pelas suas propriedades tóxicas. A toxicidade do selênio ocorre quando os níveis absorvidos estão acima da capacidade de excreção. Bertechini (2012) ressalta que o nível de selênio considerado tóxico pode variar amplamente entre os autores encontrados na literatura, segundo ele, Lesson e Summers (2001) consideram níveis acima de 10

ppm enquanto o National Research Council (1989) indica o nível de 4 a 5 ppm suficientes para causar danos aos animais.

O mecanismo pelo qual o selênio pode se tornar tóxico é justamente sua semelhança e afinidade pelo enxofre, podendo haver a formação de complexos de S-Se. O excesso do mineral pode afetar a atividade de certas enzimas, de acordo com Bertechini (2012), algumas são inibidas pelo selênio, pois suas partes ativas são destruídas tornando-as inativas, já outras enzimas são diretamente inativadas, pois o selênio se liga ao grupo ativo inibindo-as.

## **2.5 Glutationa Peroxidase**

A enzima glutaciona peroxidase (GSH-Px) pode apresentar-se de quatro formas: a glutaciona peroxidase celular (GSH-Px I), a glutaciona peroxidase gastrointestinal (GSH-Px II), a glutaciona peroxidase plasmática (GSH-Px III) e a glutaciona peroxidase hidropéroxido fosfolipídica (GSH-Px IV). Estas enzimas são as grandes responsáveis pelo combate aos chamados radicais livres e no combate ao estresse oxidativo (Figura 1).

Por este motivo, a GSH-Px IV é reconhecida como essencial para a destruição de hidropéroxido de ácido graxo, o qual se não reduzido a hidróxido, pode levar a uma incontrolável reação em cadeia, formando radicais livres que são extremamente prejudiciais às membranas celulares (OLIVEIRA et al., 2014).

## **2.6 Suplementação de selênio para frangos de corte**

A heterogeneidade do teor de selênio nos solos brasileiros contribui diretamente com as características dos grãos produzidos. Deste modo, as rações à base de milho e farelo de soja, fabricadas com ingredientes brasileiros, são de

maneira geral pobres em selênio, visto que as concentrações geológicas deste mineral no Brasil são consideradas baixas.

Como abordado anteriormente, o selênio é indispensável à maioria dos organismos e nos frangos de corte não é diferente, fazendo-se necessária sua suplementação nas dietas destes animais.

A principal forma de suplementação é o selenito de sódio (NaSe) com 45,6% de selênio, uma fonte inorgânica atualmente adicionada aos suplementos minerais utilizados na formulação das rações. No ano de 2000, o FDA (*Food and Drug Administration*) permitiu a utilização do selênio em sua forma orgânica para suplementação em dietas de frangos de corte. Segundo vários autores, as fontes orgânicas de selênio têm maior biodisponibilidade do que as inorgânicas, estimulando inúmeras pesquisas. Estudos recentes mostram que a utilização de selênio orgânico em substituição ao inorgânico em criações de frangos de corte não influenciaram o desempenho destes animais, porém estudos avaliando a qualidade de carne de frangos que receberam a forma orgânica deste mineral apontam melhoras em características como perda por exsudação, oxidação lipídica e deposição tecidual de selênio.

Apesar de todas as vantagens da utilização da forma orgânica, a suplementação do selênio na alimentação de aves na indústria ainda é feita na forma de selenito de sódio, visto que a forma orgânica é mais onerosa.

## **2.7 Selênio e qualidade da carne de frangos**

Atualmente, a preocupação do mercado consumidor em relação à qualidade da carne é evidente. Características como cor, perda de água pelo cozimento e armazenamento por resfriamento são determinantes para definição da qualidade da carne pelos consumidores.

A perda de água pelo músculo ou perda por gotejamento reduz a aparência do produto na prateleira e a suculência do produto cozido. De acordo com Forrest et al. (1979) a água é armazenada no tecido muscular de três possíveis formas: ligada, imobilizada e livre.

De acordo com Honikel e Hamm (1994), a água ligada ou constituinte corresponde a 0,1% da água total do tecido e é encontrada nas moléculas de proteínas do músculo (intramiofibrilar), a água imobilizada ou intracelular (5 a 10% da água do tecido) está ligada à superfície da proteína muscular (intermiofibrilar). Já a água livre ou extracelular (90 a 95% da água total) se localiza nos espaços extracelulares. A água extracelular é perdida mais facilmente que as outras e a oxidação de membranas alteram a capacidade celular de reter água e fluidos intracelulares. A formação de ácido lático e a diminuição do pH *post-mortem* são responsáveis pela diminuição da capacidade de retenção de água da carne. Portanto, a utilização de antioxidantes como vitamina E e o selênio na nutrição animal vêm sendo cada vez mais investigada no sentido de melhorar as características de qualidade de carnes. Segundo Oliveira et al. (2014), a suplementação de Se nas dietas de frangos tem sido um método utilizado pela indústria avícola para melhorar a estabilidade oxidativa e aumentar a vida útil das carnes.

Estudos mostram que a utilização de selênio na sua forma orgânica contribuiu mais para a melhoria da qualidade da carne de frango do que sua forma inorgânica. Medeiros et al. (2012) verificaram que a suplementação de selênio orgânico aumentou de forma linear o pH da carne de peitos de frangos e reduziu a perda de água por pressão e força de cisalhamento. Péric et al. (2009) e Oliveira et al. (2014) encontraram menores índices de perda de peso por gotejamento na carne de frangos alimentados com selênio orgânico.

Gomes et al. (2011) observaram que a substituição do selênio inorgânico pelo orgânico apresentou melhorias quanto à retenção aparente e à deposição tecidual e plasmática desse mineral.

## **2.8 Selênio e nutrição humana**

Assim como na nutrição animal, a concentração de selênio nos solos influencia diretamente a quantidade ingerida pelos seres humanos, seja pelo consumo de produtos vegetais ou animais. A absorção do selênio também se dá de maneira semelhante, sendo a forma orgânica mais biodisponível do que a inorgânica.

As exigências de selênio para seres humanos ainda são controversas, segundo a FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2001), a ingestão recomendada de selênio para adultos entre 19 e 65 anos é de 26 µg/dia para mulheres e 34 µg/dia para homens, enquanto que o NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989) recomenda a ingestão de 55 µg/dia para mulheres entre 25 e 65 anos e 70 µg/dia para homens nesta mesma faixa etária.

## **2.9 Selênio na prevenção de doenças**

A correlação entre a ingestão de selênio e a incidência de doenças em humanos é uma linha de pesquisa em expansão no ramo da medicina. Trabalhos apontam que os índices selenêmicos adequados e a atuação da glutathione peroxidase estão inversamente relacionados com o surgimento de doenças como cânceres, problemas cardíacos, neurológicos e até imunológicos decorrentes da infecção pelo vírus do HIV. Viaro, Viaro e Fleck (2001) enfatizam que o selênio é essencial para a saúde. No caso de doenças crônicas, como aterosclerose,

artrite, cirrose e enfisema, há fortes indícios de que o selênio atue como elemento protetor.

A Doença de Parkinson foi uma das doenças relacionadas com a ingestão de selênio, ela não é causada por uma falha da musculatura, mas sim, pela morte de neurônios que produzem o neurotransmissor: dopamina em algumas regiões do cérebro, principalmente na área chamada de área negra. Bellinger et al. (2011), em uma pesquisa realizada no Hawaii (EUA), compararam cérebros de pacientes que não sofriam da doença (grupo controle) com cérebros de pacientes que sofriam da Doença de Parkinson sendo que, em nem todos os casos, os pacientes morreram devido à doença. Estes autores observaram que houve uma nítida diminuição da quantidade de glutathione peroxidase IV no cérebro doente, porém este cérebro contém menos neurônios, corrigindo-se o número de neurônios pela quantidade de GSH Px IV. Os autores perceberam que a enzima estava em maiores quantidades proporcionalmente nos cérebros doentes, em uma tentativa do neurônio em lutar até o final contra o estresse oxidativo, mostrando que a GSH Px IV em quantidades adequadas podem ser uma importante aliada na prevenção da Doença de Parkinson.

O selênio também tem ação sobre o funcionamento hepático, auxiliando na eliminação de toxinas e metais pesados, envolvidos em doenças degenerativas como a doença de Alzheimer. Também está relacionado com a diminuição do colesterol LDL, prevenindo contra complicações cardiovasculares e regula a produção dos hormônios tireoideanos T3 e T4 através das enzimas iodotironina deiodinase I, II e III, prevenindo complicações na glândula tireóide e contribuindo para a regulação do metabolismo como um todo.

Dennert et al. (2011) realizaram uma revisão de literatura onde foram incluídos 55 estudos com mais de 1 milhão de participantes e observaram que pessoas com maior nível de ingestão de selênio tiveram frequência menor para

certos tipos de câncer como pulmão, bexiga e próstata. Estes mesmos autores sugeriram que fossem realizadas novas pesquisas relacionando-se o consumo de Se e a incidência de câncer em seres humanos.

## REFERÊNCIAS

BELLINGER, F. P. et al. Glutathione Peroxidase 4 is associated with Neuromelanin in Substantia Nigra and Dystrophic Axons in Putamen of Parkinson's brain. **Molecular Neurodegeneration**, London, v. 6, n. 1, p. 8, Jan. 2011. Disponível em: <<http://www.molecularneurodegeneration.com/content/6/1/8>>. Acesso em: 18 fev. 2014.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. 2. ed. Lavras: Editora da UFLA, 2012.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007.

DENNERT, G. et al. Selenium for preventing cancer. **The Cochrane the Database of Systematic Reviews**, Oxford, v. 5, n. 5, May 2011. CD 005195.

FAIRWEATHER-TAIT, S. J. Bioavailability of selenium. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 51, p. 20-23, 1997. Suplemento.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Human vitamin and mineral requirements**. Rome: FAO, 2001.

FORREST, J. C. et al. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979.

GILON N.; POTIN-GAUTIER, M.; ASTRUC, M. Optimization of the determination of inorganic and organic selenium species using high-performance liquid chromatography-electrothermal atomic absorption spectrometry. **Journal of the Chromatography A**, Oxford, v. 750, p. 327-334, 1996.

GOMES, F. A. et al. Effect of sources and levels of selenium on physiological traits in broilers. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 3, p. 633-640, June 2011.

HAMILTON, S. J. Review of selenium toxicity in the aquatic food chain. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 326, n. 1-3, p. 1-31, June 2004.

- HOLBEN, D. H.; SMITH, A. M. The diverse role of selenium within selenoproteins: a review. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 99, n. 7, p. 836-843, July 1999.
- HONIKEL, K. O.; HAMM, R. Measurement of water holding capacity and juiciness. **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products: advances in meat research**. London: Blackie Academic and Professional, 1994.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of chicken**. 4. ed. Guelph: Editora da Guelph University Books, 2001.
- MEDEIROS L. G. et. al. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de frangos de corte suplementados com selênio orgânico. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 3361-3370, 2012.
- MELLOR, J. W. **Química inorgânica moderna**. 3. ed. São Paulo: Globo, 1955.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL **Selenium**: assembly of life sciences, committee on medical and biologic effects of environmental pollutants. Washington: National Academy of Sciences, 1976.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Recommended dietary allowances**. Washington: National Academy Press, 1989.
- OLIVEIRA, C. G. R. **Desenvolvimento de bioprocesso para a produção de biomassa de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) rica em organoselênio**. 2006. 65 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- OLIVEIRA, T. F. B. et al. Effect of different sources and levels of selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 23, n. 1, p. 15–22, Mar. 2014.
- PÉRIC, L. et al. Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, Champaign, v. 18, n. 3, p. 403-409, June 2009.
- ROÇA, R. O. **Propriedades da carne**. Botucatu: Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal, [200-]. Disponível em: <[http://www.enq.ufsc.br/disci/eqa5217/material\\_didatico/propriedades\\_da\\_carne.pdf](http://www.enq.ufsc.br/disci/eqa5217/material_didatico/propriedades_da_carne.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2014.

ROTRUCK, J. T. et al. Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. **Science**, New York, v. 179, N. 4073, p. 588-590, Feb. 1973.

SCHRAUZER, G. N. Commentary: nutrition selenium supplements: product types, quality, and safety. **Journal College of Nutrition**, New York, v. 20, n. 3, p. 1-4, June 2001.

SCHWARZ, K.; FOLTZ, C. M. Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration. **Journal American Chemistry Society**, Chicago, v. 79, n. 3, p. 3292-3293, Mar. 1957.

SEIXAS, T. G.; KEHRIG, H. A. O selênio no meio ambiente. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 264-276, 2007.

SHIBATA, Y., MORITA, M.; FUWA, K. Selenium and arsenic in biology: their chemical forms and biological functions. **Advances in Biophysics**, Tokyo, v. 28, p. 31-80, 1992.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br>>. Acesso em: 15 fev. 2014.

URSINI, F.; MAIORINO, M.; GREGOLIN, C. The selenoenzyme phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase. **Biochemistry Biophysics Acta**, Amsterdam, v. 839, n. 1, p. 62-70, Mar. 1985.

VIARO, R. S.; VIARO, M. S.; FLECK, J. Importância bioquímica do selênio no organismo humano. **Disciplinarum Scientia Série: ciências biológicas e da saúde**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 17-21, 2001.

WEITZEL, F.; URSINI, F.; WENDEL, A. Phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase in various mouse organs during selenium deficiency and repletion. **Biochimica et Biophysica Acta**, Alberta, v. 1036, n. 7, p. 88-94, Oct. 1990.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Environmental Health Criteria N° 58**. Geneva: WHO, 1987.

**SEGUNDA PARTE – ARTIGO**

**ARTIGO 1 Formas de suplementação de selênio para frangos de corte**

**Artigo preparado conforme normas da Revista Poultry Science.**

**SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO PARA FRANGOS**

**Formas de suplementação de selênio para frangos de corte**

**V. A. Silva<sup>1</sup> and A. G. Bertechini**

Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, caixa  
postal: 3037, Lavras, Brasil.

Scientific section for the paper: Metabolism and Nutrition

---

<sup>1</sup> corresponding author: [vanessaavelarzoo@yahoo.com.br](mailto:vanessaavelarzoo@yahoo.com.br), tel: 55 35 9226 8774

1 ***Abstract***

2 The study aimed to evaluate the supplementation of selenium in organic  
3 form for broilers at different stages of creation. 1200 chicks (Ross 308)  
4 were randomly assigned to six treatments (8 replicates/25 birds) were  
5 used: T1 (1-42d Sodium selenite (SS-45.6 %)); T2 (1-42d Selenium Yeast  
6 (SY-0.2%)); T3 (1-14 d SS and 15-42 d SY); T4 (1-21 d SS and 22-42 d  
7 SY) ; T5 (1-28 d SS and 29-42 d SY ) and T6 (SS 1-35 d and 36-42 d  
8 SY). The diets were based on corn and soybean meal. Were evaluated  
9 performance, carcass yield, physical and chemical quality of the chicken  
10 breasts, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), deposition of  
11 selenium in breast and liver. At 42 days two birds per replicate were  
12 slaughtered for carcass evaluation. The results were subjected to analysis  
13 of variance and the means compared by SNK test ( $P<0.05$ ), the economic  
14 data submitted to the Student t test at 5%. There was no difference  
15 between treatments for the indices of meat quality: objective color, drip  
16 loss, shear force and pH. No differences were observed in the values of  
17 performance, carcass yield and liver deposition of selenium. However, it  
18 has been found that the inclusion of organic selenium in the last week of  
19 the pre-slaughter showed the lowest rate of peroxidation. The inclusion of

20 SY past two weeks showed similar values for weight loss by cooking the  
21 treatment that was provided SY throughout the design phase. The content  
22 of Se in breast muscle in the treatment where SY is used throughout the  
23 experimental period was 1.067 mg/kg, this value did not differ ( $P>0.05$ )  
24 of treatment in which the SY was supplemented only in the last week  
25 (1.130 mg/kg). Since the use of SS throughout the experimental period,  
26 resulted in lower concentrations of selenium (0.693 mg/kg,  $P<0.05$ ).  
27 Concluded that there is no need to include SY from day to achieve  
28 significant levels of Se in breast meat, and reduce feed costs.

29 **Key Words:** breast yield, feed cost, TBARS.

### 30 *Introdução*

31 A ação do Se no metabolismo é por meio da ativação da enzima  
32 glutathiona peroxidase que destrói os peróxidos, compostos nocivos à  
33 integridade das membranas celulares. Esse mineral intervém também na  
34 glândula tireóide e estimula o sistema imunológico. Algumas pesquisas  
35 realizadas com humanos correlacionaram o consumo de selênio com a  
36 prevenção de alguns tipos de cânceres e problemas cardíacos.

37 No entanto, a distribuição deste micromineral pela crosta terrestre  
38 ocorre de forma heterogênea, existem regiões em que as concentrações de

39 selênio no solo são extremamente baixas, contribuindo para níveis críticos  
40 de selênio nas plantas, nos tecidos animais e nos seres humanos. Alguns  
41 estudos apontam que regiões com baixos níveis de selênio no solo  
42 apresentam elevados índices de doenças como câncer de próstata e de  
43 mama.

44 A principal forma de suplementação de selênio nas rações dos  
45 animais é na sua forma inorgânica, o selenito de sódio. No entanto, a  
46 partir do ano 2000 a *Food and Drug Administration* permitiu a utilização  
47 de selênio levedura como fonte orgânica do mineral, possibilitando vários  
48 estudos sobre a utilização desta. A semelhança do selênio com o enxofre  
49 possibilita a substituição deste mineral em aminoácidos como metionina e  
50 cisteína, dando origem respectivamente à selenometionina e  
51 selenocisteína.

52 O uso de Se orgânico na nutrição de aves vem sendo pesquisado  
53 devido ao fato de que esta fonte tem maior eficiência de deposição no  
54 músculo, influenciando diretamente na qualidade da carne. Estudos  
55 mostram que a suplementação com selênio melhorou características da  
56 carne como perda por gotejamento, aumento da vida útil e concentração  
57 deste mineral em peito de frangos. Apesar destas vantagens, o uso de

58 selênio orgânico ainda é restrito devido ao seu alto custo em relação ao  
59 inorgânico, levando-se em conta a proporção do mineral fornecida por  
60 ambos.

61 O presente trabalho teve como objetivo estudar a suplementação  
62 de Se na forma orgânica nas diferentes fases de criação, avaliando os  
63 efeitos sobre o desempenho, a deposição tecidual e as características da  
64 carcaça de frangos de corte.

65

#### 66 *Material e métodos*

67 *Animais e dietas experimentais* O experimento foi conduzido no Centro  
68 de Pesquisa em Tecnologia Avícola, localizado na Rodovia BR-265, km  
69 344, na cidade de Lavras, Minas Gerais, no período de agosto a setembro  
70 de 2013. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela  
71 Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de  
72 Lavras, sob o protocolo nº 059/13.

73 Foram utilizados 1200 pintos de um dia machos Ross 308,  
74 distribuídos inteiramente ao acaso em 6 tratamentos com 8 repetições  
75 cada, totalizando 48 unidades experimentais com 25 aves cada.

76 Os animais tinham peso inicial médio de  $40,8 \pm 2g$  e foram

77 distribuídos em boxes com dimensões de 2,0 x 1,5m, com bebedouro  
78 *nipple*, comedouro tubular e aquecimento de ambiente por fornalha  
79 aquecedora com controle automático de temperatura até 15 dias de idade.  
80 O galpão era forrado e com cortinas duplas para controle térmico no seu  
81 interior.

82 Os tratamentos experimentais foram constituídos conforme a  
83 tabela 1. As fontes de selênio utilizadas foram a selênio levedura (SY-  
84 0,2% de Se), YES Minerals Selenium 0,2%<sup>®</sup> e o selenito de sódio (SS-  
85 45,6% de Se).

86

87 Tabela 1 - Tratamentos experimentais\*

88

89 As rações utilizadas foram à base de milho e farelo de soja  
90 (TABELA 2) seguindo um programa alimentar com rações pré-inicial (1-  
91 14 dias), inicial (14-21 dias), crescimento I (22-28 dias), crescimento II  
92 (29-35 dias) e final (36-42 dias) de acordo com as recomendações  
93 nutricionais preconizadas por Bertechini (2012). E em todos os  
94 tratamentos foi atendida a exigência de selênio para frangos de corte de  
95 0,300 ppm, preconizado pelo NRC (NATIONAL RESEARCH

96 COUNCIL, 1994).

97

98 Tabela 2 - Composição percentual das rações basais para frangos de corte

99 nas diferentes fases\*

100

101 O manejo das aves seguiu as recomendações do manual da linhagem,

102 sendo a água e a ração fornecidas à vontade durante todo o período

103 experimental. O programa de luz contínuo (24 horas de luz natural +

104 artificial) foi adotado durante todo o período. Os registros de temperatura

105 interna do galpão foram tomados diariamente às 8 horas em dois

106 termômetros de máxima e mínima, colocados em diferentes partes da

107 instalação à altura das aves. A temperatura máxima obtida foi de 30,6 °C,

108 a mínima foi de 15,4 °C e a temperatura média foi de 26,8 °C.

109

110 **Variáveis analisadas: Medidas zootécnicas** Foram avaliadas as medidas

111 de desempenho (ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e

112 mortalidade) nas fases de 1 a 14, 1 a 21, 1 a 28, 1 a 35 e 1 a 42 dias, a

113 partir da pesagem das aves por parcela e das rações (fornecida e sobra). A

114 conversão alimentar foi calculada dividindo o consumo de ração pelo  
115 ganho de peso no período avaliado.

116

117 ***Rendimento de carcaça e de cortes*** Aos 42 dias, duas aves por parcela  
118 foram submetidas a jejum por 8 horas e abatidas por deslocamento  
119 cervical, sangradas, escaldadas por 3 minutos a 54° C, depenadas e  
120 evisceradas. Após a pesagem das carcaças, os peitos, as asas, as pernas  
121 das aves (coxa e sobrecoxa) e a gordura abdominal foram separados e  
122 pesados para determinação do rendimento de carcaça e de corte.

123 Para determinação do rendimento de carcaça, considerou-se a carcaça  
124 eviscerada, sem pés, cabeça e pescoço em relação ao peso vivo de abate.  
125 Os cortes de peito, pernas (coxa/sobrecoxa) e asas, bem como a gordura  
126 abdominal dos animais tiveram seus rendimentos determinados em  
127 relação ao peso da carcaça.

128

129 ***Características físico-químicas da carne*** Os peitos foram desossados e  
130 armazenados em gelo por uma hora e trinta minutos até serem levados  
131 para o Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados, do  
132 Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, onde foram realizadas

133 as análises referentes à qualidade da carne. As análises de composição  
134 química da carne foram feitas no Laboratório de Pesquisa Animal do  
135 Departamento de Zootecnia da UFLA.

136 A qualidade de carne do peito foi avaliada através de análises físico-  
137 químicas utilizando os peitos de duas aves por unidade experimental. Um  
138 dos peitos de cada parcela foi selecionado para avaliação do pH, perda de  
139 peso por gotejamento (PPG) e cor objetiva. O outro peito de cada parcela  
140 foi congelado para posteriores análises de índice de substâncias reativas  
141 ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), composição centesimal, perda de peso  
142 por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC).

143 O pH foi medido aproximadamente 4 horas após o abate com um  
144 potenciômetro Digimed DM-20 , utilizando um eletrodo de punção e  
145 dispositivo calibrador de temperatura inseridos na massa muscular da  
146 carne do peito. Os valores de pH de cada amostra foram obtidos a partir  
147 das médias de três leituras (triplicatas), em diferentes posições.

148 A PPG foi medida através de duas amostras por parcela de 2,5 cm<sup>3</sup>  
149 retiradas do músculo *pectoralis major* de acordo com Rasmussen e  
150 Andersson (1996). Cada cubo foi suspenso por um gancho de aço  
151 inoxidável preso à tampa de um pote de plástico vedado para que não

152 houvesse perdas para o meio exterior. O cubo foi posicionado de forma  
153 que a direção das fibras ficasse paralela ao fundo do pote. Depois de  
154 vedado, os potes foram alocados em um refrigerador a 4°C. Após 48  
155 horas as amostras foram retiradas do refrigerador e pesadas para o cálculo  
156 da perda, expressas em percentual.

157 A leitura de cor objetiva dos peitos foi realizada na superfície do  
158 músculo *Pectoralis major* após expostos por 30 minutos ao ar ambiente,  
159 fazendo-se o uso do colorímetro CM-700d (Konica Minolta Sensing Inc.,  
160 Osaka, Japão) de acordo com o processo reportado por Ramos e Gomide  
161 (2007). Para o cálculo dos índices de cor foi estabelecido o iluminante A,  
162 o ângulo de 10° para o observador, a reflectância especular excluída  
163 (SCE) e o sistema de cor CIELAB. Os índices de cor luminosidade (L\*),  
164 índice de vermelho (a\*) e índice de amarelo (b\*) foram obtidos  
165 considerando-se o valor médio de seis leituras realizadas em diferentes  
166 pontos do músculo *pectoralis major*.

167 As amostras armazenadas congeladas foram descongeladas em  
168 refrigerador (4°C) por 48 horas para determinação da PPC, FC e  
169 composição química. Para a determinação da perda de peso por  
170 cozimento (PPC), os peitos foram desossados e os músculos separados,

171 pesados e envolvidos em papel alumínio. Em seguida, foram submetidos  
172 ao cozimento, em chapa elétrica previamente aquecida à temperatura de  
173  $150 \pm 5$  °C. Após atingirem  $35$  °C, as amostras foram viradas e mantidas  
174 em cozimento até a temperatura interna atingir  $72 \pm 2$  °C (RODRIGUES  
175 et al., 2007). Após o cozimento, o papel alumínio foi retirado e as  
176 amostras resfriadas em temperatura ambiente por 30 minutos, quando  
177 foram novamente pesadas e o valor de PPC determinado (percentual da  
178 diferença entre os pesos antes e após o cozimento).

179 As amostras cozidas foram, então, cortadas em pedaços com  
180 dimensões de 2,0x1,0x1,0 cm, com maior comprimento no sentido  
181 longitudinal das fibras musculares, conforme metodologia descrita por  
182 Froning e Uijttenboogarte (1988). Quatro pedaços de cada amostra foram  
183 submetidos ao teste de FC, em texturômetro *TA.XT,plus Texture*  
184 *Analyser (Stable Micro System Inc.)* com célula de força de 5 kg,  
185 conectado a um computador equipado com o programa *Texture Expert®*.  
186 As amostras foram cisalhadas perpendicularmente às fibras musculares,  
187 por lâmina de corte tipo Warner Bratzler, a uma velocidade de corte de 60  
188 mm/min. O valor médio da FC, expresso em kg, foi determinado pela  
189 média das cinco leituras.

190 Para a determinação da composição química, as amostras foram  
191 moídas em um moedor de carne e o teor de umidade, matéria mineral  
192 (MM), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB) obtidos conforme  
193 preconizado pela AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL  
194 ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL, 1995).

195 As amostras utilizadas para determinação do índice de TBARS foram  
196 armazenadas durante 30 dias a 18°C e posteriormente descongeladas em  
197 refrigerador a 4°C por 24 horas para as análises. O índice de TBARS foi  
198 determinado segundo a metodologia proposta por Raharjo, Sofos e  
199 Schmidt (1992), com algumas adaptações. Aproximadamente 10g de  
200 amostra foram homogeneizadas em 40 mL de ácido tricloroacético (TCA)  
201 5% e 1mL de butilhidroxitolueno (BHT) 0,15%, centrifugada a 3000 g  
202 por 2 minutos. Depois de centrifugado, o sobrenadante foi filtrado para  
203 balão volumétrico de 50 mL, sendo o volume completado com TCA 5%.  
204 Então, uma alíquota de 5mL coletada e acrescida de 5 mL de ácido  
205 tiobarbitúrico 0,08M em ácido acético 50%, incubada em banho-maria  
206 fervente por 5 minutos e a absorvância lida a 531 nm. A concentração de  
207 malonaldeído (MAD) foi determinada a partir de curva padrão de

208 calibração com 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP) e os resultados expressos  
209 em mg de MAD/kg de amostra.

210

211 ***Análise de teor de selênio*** A quantificação do selênio no peito e no fígado  
212 das aves foi feita no Laboratório de Análises Químicas (LACHEM), da  
213 Universidade Federal de Santa Maria no Rio Grande do Sul.

214 Foi coletada uma porção do peito e do fígado de uma ave por parcela.

215 As amostras foram liofilizadas por 72 horas e posteriormente moídas,

216 para análises dos teores de Se. Foi tomada uma alíquota entre 0,5 e 1,0 g

217 da amostra desidratada, pesada e colocada em tubo digestor com 10 ml de

218 ácido nítrico. A mistura foi mantida a frio por 12 horas. Em seguida as

219 amostras passaram por aquecimento brando (80 °C) por 2 horas e

220 aquecimento a 100 °C até eliminação de vapores nitrosos. Adição de

221 peróxido de hidrogênio (2 mL) foi feita para completar a digestão. A

222 mistura foi diluída a 50 mL para a pré-redução do Se VI a Se IV através

223 do tratamento com brometo de sódio e ácido sulfâmico (o ácido sulfâmico

224 tem a função de garantir a ausência de nitrosos que interferem na medida

225 por absorção atômica). O teor de selênio total foi determinado por

226 absorção atômica com geração de hidretos (HGAAS), utilizando a

227 atomização em tubo de quartzo (QTA) com temperatura de 850°C. Foi  
228 utilizado o espectrômetro de absorção atômica da VARIAN, modelo  
229 SpectrAA-2000 e gerador de hidretos Varian, modelo VGA 77. O  
230 reagente redutor adotado foi o borohidreto de sódio (solução alcalina). A  
231 fonte de radiação eletromagnética foi uma Lâmpada de Cátodo Ôco de Se  
232 marca PHOTRON e o comprimento de onda utilizado foi 196,0 nm.

233

234 *Análises estatísticas* Os resultados foram submetidos à ANOVA  
235 conforme procedimentos do pacote estatístico SAS<sup>®</sup> (STATISTICAL  
236 ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE, 2001) quando necessário para  
237 comparação das médias foi utilizado o teste SNK ao nível de 5% de  
238 probabilidade. Para análise econômica comparativa entre as duas fonte de  
239 selênio foi utilizado o teste t-Student pareado.

240

241 *Resultados e discussão*

242 *Desempenho e rendimento de carcaça* A substituição do selênio  
243 inorgânico pela fonte orgânica não influenciou a produtividade dos  
244 animais (Tabela 3) e o rendimento de carcaça e de cortes (Tabela 4) em  
245 nenhuma das fases.

246            Isso se deve ao fato de que as exigências nutricionais do mineral  
247 foram atendidas. Segundo Oliveira et al. (2014), as medidas de  
248 desempenho em frangos de corte são prejudicadas quando o nível de Se  
249 na dieta é insuficiente para atender suas exigências. Em seu estudo, este  
250 autor concluiu que o nível mínimo utilizado, 0,15 ppm de Se, atende as  
251 exigências das aves para essas medidas, pois não foram encontradas  
252 diferenças significativas de desempenho até os 42 dias. Estes resultados  
253 estão de acordo com Yoon, Werner e Butler (2007), que utilizando três  
254 fontes de selênio (2 tipos de selênio levedura e selenito de sódio) não  
255 verificaram diferenças nas características de ganho de peso, consumo de  
256 ração e conversão alimentar. Péric et al. (2009) e Oliveira et al. (2014)  
257 também não observaram diferença nestas características quando  
258 utilizaram selênio orgânico em substituição total ou parcial ao inorgânico.  
259 Este resultado também está de acordo com Novelini (2008) que não  
260 observou diferença no ganho de peso, consumo de ração e conversão  
261 alimentar de animais alimentados com selênio orgânico ou inorgânico.

262

263 Tabela 3. Desempenho de frangos de corte de acordo com a inclusão de  
264 SY em diferentes fases\*

265 Tabela 4. Rendimento de carcaça e de cortes (%) de frangos aos 42 dias  
266 de acordo com a inclusão de SY em diferentes fases\*

267

268 Medeiros et al. (2012) também não encontraram diferença  
269 significativa para rendimento de carcaça, peito e asas de frangos  
270 alimentados com diferentes níveis de selênio orgânico, porém estes  
271 autores verificaram efeito linear da inclusão de selênio orgânico com a  
272 diminuição da quantidade de gordura abdominal nestes animais. Boiago  
273 (2006) não encontrou diferença significativa para os rendimentos de  
274 carcaça, pernas, gordura abdominal e asas de frangos que receberam dois  
275 níveis (0,30 ppm e 0,50 ppm) de duas fontes de selênio (orgânico e  
276 inorgânico), resultados que vão ao encontro destes do presente estudo.

277

278 *Características físico-químicas da carne do peito* A composição  
279 química dos peitos de frango não foi influenciada ( $P>0,05$ ) pela inclusão  
280 do SY nos diferentes períodos, conforme a Tabela 5. Composição  
281 química (%) de peitos de frangos de acordo com a fase de inclusão de SY  
282 na dieta

283

284 Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) para pH, PPG, FC e cor objetiva.  
285 No entanto, para a variável TBARS, observou-se que o tratamento em  
286 que os animais receberam fontes de Se orgânico apenas na última semana  
287 do pré-abate apresentaram menores índices de peroxidação ( $P < 0,05$ ). Para  
288 a variável PPC, os animais que receberam SY ao longo da fase  
289 experimental ou apenas na última semana de pré-abate apresentaram  
290 valores semelhantes e menor perda de peso por cocção ( $P < 0,05$ ) em  
291 relação aos demais tratamentos (Tabela 6).

292

293 Tabela 6. Características físico-químicas de peitos de frangos de acordo  
294 com a fase de inclusão de SY na dieta\*

295

296 As fontes de selênio não alteram os componentes da carne,  
297 resultados que corroboram com Boiago (2006), que não encontrou  
298 diferença para os valores de composição centesimal da carne utilizando  
299 dois níveis (0,3 e 0,5 ppm) e duas fontes de selênio.

300 Os valores de TBARS foram menores no tratamento em que os  
301 animais receberam Se levedura apenas na última semana, sugerindo que  
302 nesta fase, o animal aproveitou melhor a fonte mais biodisponível de

303 selênio, uma vez que há intensa atividade metabólica decorrente da maior  
304 deposição de tecido muscular no peito. Resultados que não estão de  
305 acordo com Boiago (2006), que analisando amostras de carne de frango  
306 armazenadas congeladas por 30 dias, não encontrou diferença  
307 significativa trabalhando com 2 níveis de selênio orgânico e selenito de  
308 sódio, porém este mesmo autor, ao analisar o índice de TBARS em carnes  
309 armazenadas refrigeradas por 7 dias observou que a carne do peito de  
310 animais alimentados com selenito de sódio apresentaram maiores índices  
311 de oxidação lipídica, justificado pelo fato de que o selênio na sua forma  
312 orgânica otimizou a ação da glutathione peroxidase no combate aos  
313 radicais livres.

314 Os índices de pH e cor objetiva da carne também não foram  
315 influenciados pelos tratamentos. Péric et al. (2009), Oliveira et al. (2014)  
316 e Gomes et al. (2012) trabalhando com fontes orgânicas e inorgânicas de  
317 selênio também não verificaram diferenças de valores de pH em peitos de  
318 frangos. Por sua vez, Medeiros et al. (2012) verificaram que a o aumento  
319 da inclusão de selênio orgânico nas rações de frangos de corte aumentou  
320 o pH de peitos de frangos de maneira linear. Oliveira et al. (2014),  
321 trabalhando com níveis de 0,15 a 0,6 ppm de duas fontes de selênio,

322 orgânica e inorgânica, também não observaram diferenças nos índices de  
323 cor objetiva, porém quando observada a interação entre os níveis e as  
324 fontes deste mineral, este autor observou interação para o índice de  
325 luminosidade ( $L^*$ ), concluindo que carnes de animais que receberam  
326 níveis baixos de selênio e foram alimentados com este mineral em sua  
327 forma inorgânica apresentaram carnes mais pálidas, devido a alteração  
328 dos ácidos graxos causados pela oxidação. Os resultados deste estudo  
329 estão de acordo com Boiago (2006), que trabalhando com duas fontes de  
330 selênio nos níveis de 0,3 e 0,5 ppm, também não observou diferença  
331 estatística ( $P>0,05$ ) para os índices de coloração de peitos de frangos.

332       Quanto à perda por gotejamento, não foram observadas diferenças  
333 entre os tratamentos. Resultados que contrariam os obtidos por Oliveira et  
334 al. (2014) e Péric et al. (2009), estes autores verificaram que os animais  
335 alimentados com a fonte orgânica de selênio apresentaram menores perda  
336 por exsudação após 24 e 48 horas de refrigeração.

337       Os animais que receberam o selênio na sua forma orgânica nas  
338 duas semanas que antecedem o abate apresentaram maior retenção de  
339 água durante o cozimento, em relação ao tratamento em que os animais  
340 receberam a SS durante toda a fase da criação. Estes resultados reforçam

341 a hipótese de que os animais aproveitaram melhor a fonte orgânica de  
342 selênio quando disponibilizada na fase final da criação, promovendo  
343 maior estabilidade oxidativa e menor perda de água celular durante o  
344 processo de cocção. Oliveira et al. (2014) observou que frangos de corte  
345 alimentados com selênio orgânico perderam menos água durante o  
346 processo de cocção. Gomes et al. (2012), Medeiros et al. (2012) e Boiago  
347 (2006) não observaram diferenças entre as fontes de selênio para frangos  
348 de corte.

349 Não foram observadas diferenças estatísticas quanto à força de  
350 cisalhamento da carne. Estes resultados estão de acordo com Oliveira et  
351 al. (2014), Boiago (2006) e Gomes et al. (2012) que trabalhando com  
352 fontes orgânicas e inorgânicas de selênio também não observaram  
353 diferença estatística quanto à maciez de peitos de frango abatidos aos 42  
354 dias.

355

356 ***Deposição de selênio hepática e muscular*** A deposição de selênio no  
357 fígado de frangos não foi afetada ( $P>0,05$ ) pela fase de inclusão de  
358 selênio levedura às dietas (Tabela 7). No entanto, os animais que  
359 receberam a fonte orgânica nas últimas duas semanas de criação,

360 apresentaram maior deposição de selênio muscular com base na matéria  
361 natural ( $P < 0,05$ ). O conteúdo de Se no músculo do peito dos animais que  
362 receberam SY durante todo o período experimental não diferiu ( $P > 0,05$ )  
363 do tratamento em que os animais receberam a fonte orgânica apenas na  
364 última semana do pré-abate.

365

366 Tabela 7. Deposição de selênio no fígado e no músculo de frangos de  
367 corte

368

369 A deposição de selênio é feita principalmente em tecidos com alta  
370 atividade metabólica como o tecido hepático, no entanto, a influência da  
371 fonte sobre esta deposição ainda não está bem elucidada e pode depender  
372 dos níveis de Se fornecido nas rações. Gomes et al. (2011) encontrou  
373 maiores valores de deposição de selênio hepático nos tratamentos  
374 contendo selenito de sódio em relação aos tratamentos com selênio  
375 orgânico, sendo os maiores valores de deposição para os níveis acima de  
376 0,15 ppm de suplementação. Por sua vez, Oliveira (2012) observou que os  
377 níveis de selênio hepático em frangos de corte são maiores até o nível de  
378 0,45 ppm independentemente da fonte e a partir desse nível a deposição

379 de Se decresce quando a ração é suplementada com Se inorgânico até o  
380 nível de 0,60 ppm.

381 A deposição de Se no músculo do peito de frangos foi maior  
382 quando se suplementou o selênio levedura nas duas semanas finais de  
383 criação, sendo que este valor (1,211mg/kg) foi quase o dobro da  
384 deposição de selênio no músculo de animais que receberam o selenito de  
385 sódio durante todo o período de criação e apresentaram os menores  
386 valores (0,693 mg/kg). O conteúdo de Se no músculo do peito foi de  
387 1,063 mg/kg no tratamento onde foi suplementado SY durante todo o  
388 período experimental (1-42d) não diferindo ( $P>0,05$ ) do tratamento em  
389 que o SY foi suplementado apenas na última semana do pré-abate, que  
390 proporcionou um depósito de 1,130 mg/kg de Se. Pode-se observar com  
391 estes resultados que o SY é mais eficiente para deposição no músculo do  
392 que o SS, e, como não houve diferença na deposição hepática, pode-se  
393 inferir que a forma inorgânica é mais facilmente excretada do que a fonte  
394 orgânica. Além desses fatores, as linhagens de frangos de corte modernas  
395 apresentam intensa deposição de tecido muscular na fase final, como já  
396 mencionado, e este fato culmina com a maior deposição de peito tendo  
397 como consequência, um metabolismo intenso nesta área e formação de

398 radicais livres, fazendo-se necessário maior aporte de selênio para  
399 ativação da enzima GSH-Px no combate a esses agentes agressivos às  
400 células. Gomes et al. (2011) e Oliveira et al. (2014) verificaram  
401 diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) na deposição de Se em peitos de  
402 frangos com uso de fontes orgânicas. Resultados que corroboram com  
403 Payne e Southem (2005), também observaram maior deposição tecidual,  
404 cerca de duas vezes maior da fonte orgânica em relação à fonte  
405 inorgânica.

406

407 *Análise financeira* Quando analisado o custo para a fabricação das  
408 rações, verificou-se que o uso de fonte orgânica tornou mais dispendiosas  
409 as fórmulas ( $P < 0,05$ ). Esta análise foi baseada nos preços dos ingredientes  
410 da ração expressos em dólares por tonelada (US\$/t) em Março de 2014  
411 (Tabela 8).

412

413 Tabela 8. Custos de rações para frangos de corte, suplementadas com  
414 Selênio Levedura (0,2%) e Selenito de Sódio (45,6%), expressos em  
415 US\$/t

416

417 Na Tabela 9, está apresentado o custo total das rações para os  
418 diferentes tratamentos, com base na soma dos consumos médios de ração  
419 para as diferentes fases.

420

421 Tabela 9. Custo alimentar por tratamento

422

423 Os custos das rações contendo SY foram mais altos do que os das  
424 rações contendo SS. Por se tratar de um único micromineral, as  
425 diferenças, apesar de existentes, não foram tão expressivas por tonelada  
426 de ração fabricada, no entanto o impacto torna-se maior conforme o  
427 tamanho da criação e produção da fábrica, justificando a restrição do uso  
428 da fonte orgânica nas grandes indústrias atualmente. Entretanto, os  
429 tratamentos que continham SY apenas nas últimas fases da criação se  
430 aproximaram mais dos custos de formulação das rações suplementadas  
431 com SS durante todas as fases.

432 ***Conclusão***

433 Não existe necessidade de inclusão do selênio na forma orgânica  
434 desde o início da criação de frangos de corte para se obter boa deposição  
435 no tecido do peito dessas aves. A suplementação de selênio levedura nas

436 duas últimas semanas de criação proporciona uma deposição de selênio  
437 significativa na carne desses animais, sem grande impacto econômico.

438 O consumo de 100g da carne peito de aves tratadas com dietas  
439 contendo 0,3 ppm na forma orgânica, fornece o suficiente para satisfazer  
440 as exigências diárias de selênio para um homem adulto, melhorando o  
441 nível de selenemia, e, dessa forma, contribuindo para a promoção da  
442 saúde humana.

443

#### 444 *Referências*

445 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS

446 INTERNATIONAL. 1995. Official Methods of Analysis. 16<sup>th</sup> ed. CRC Press,  
447 Arlington.

448

449 BERTECHINI, A. G. 2012. Nutrição de monogástricos. 2. ed. Editora da UFLA,  
450 Lavras.

451

452 BOIAGO, M. M. 2006. Características produtivas e qualitativas da carne de  
453 frangos alimentados com diferentes concentrações e fontes de selênio. PhD  
454 Diss., UNESP, Jaboticabal.

455 EDENS, F. W. 1996. Organic selenium: from feathers to muscle integrity to drip

- 456 loss: five years onward: no more selenite! Proc. 12nd Biotechnology in the Feed  
457 Industry, Nottingham, Nottingham University.  
458
- 459 FRONING, G. W. and UIJTENBOOGART, T. G. 1988. Effect of postmortem  
460 electrical stimulation on color, texture, pH, and cooking losses of hot and cold  
461 deboned chicken broiler breast meat. *Poult. Sci.* 67:1536-1540.  
462
- 463 GOMES, F. A. et al. 2012. Desempenho e características físico-químicas da  
464 carne do peito de frangos de corte recebendo diferentes fontes e níveis de  
465 selênio. *Encicl. Biosf.* 8:315-336.  
466
- 467 GOMES, F. A. et al. 2011. Efeito de fontes e níveis de selênio sobre parâmetros  
468 fisiológicos em frangos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 63:633-640.  
469
- 470 MEDEIROS, L. G. et al. 2012. Desempenho, características de carcaça e  
471 qualidade de carne de frangos de corte suplementados com selênio orgânico.  
472 *Semin.: Ciênc. Agrár.* 33:3361-3370.  
473
- 474 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1994. Nutrient requirements of poultry.  
475 9<sup>th</sup> ed. National Academy, Washington, DC.

- 476 NOVELINI, L. et al. 2008. Desempenho de frangos de corte aos 42 dias  
477 suplementados com Selênio orgânico na dieta. Anais, 17nd, Pelotas, UFPel.  
478
- 479 OLIVEIRA, T. F. B. 2012. Efeito de diferentes níveis e fontes de selênio no  
480 desempenho e características de carcaça de frangos de corte. PhD Diss., UFLA,  
481 Lavras.  
482
- 483 OLIVEIRA, T. F. B. et al. 2014. Effect of different sources and levels of  
484 selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of broilers. J.  
485 Appl. Poul. Res. 23:15–22.  
486
- 487 PAYNE, R. L. and SOUTHERN, L. L. 2005. Comparison of inorganic and  
488 organic selenium sources for broilers. Poult. Sci. 84:898-902.  
489
- 490 PÉRIC, L. et al. 2009. Effect of selenium sources on performance and meat  
491 characteristics of broiler chickens. J. Appl. Poultry Res. 18:403-409.  
492
- 493 RAHARJO, S., J. N. SOFOS and SCHMIDT, G. R. 1992. Improved speed,  
494 specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction  
495 thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. J.  
496 Agric. Food Chem. 40:2182-2185.

- 497 RAMOS, E. M. and GOMIDE, L. A. M. 2007. Avaliação da qualidade de  
498 carnes: fundamentos e metodologias. FEALQ, Piracicaba.  
499
- 500 RASMUSSEN, A. and ANDERSSON, M. 1996. New methods for  
501 determination of drip loss in pork muscles. Proc. 42<sup>nd</sup>, Hildrum & Risvik,  
502 Norway.  
503
- 504 RODRIGUES, E. C. et al. 2007. Qualidade da carne do peito de frangos  
505 suplementados com diferentes fontes e concentrações de selênio. Anais. 4<sup>nd</sup>,  
506 ITAL, Campinas.  
507
- 508 STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. 2001. SAS user's guide:  
509 statistics. CRC Press, Cary.  
510
- 511 YOON, I.; T. M. WERNER and BUTLER, J. M. 2007. Effect of source and  
512 concentration of selenium on growth performance and selenium retention in  
513 broiler chickens. Poult. Sci. 86:727-730.

514 Tabela 1. Tratamentos experimentais\*

| <b>Tratamentos</b> | <b>Fontes de Selênio em cada tratamento</b> |
|--------------------|---|
| T1                 | 1-42 d SS <sup>1</sup> (controle)           |
| T2                 | 1-42 d SY <sup>2</sup>                      |
| T3                 | 1-14 SS e 14-42 SY                          |
| T4                 | 1-21 SS e 22-42 SY                          |
| T5                 | 1-28 SS e 29-42 SY                          |
| T6                 | 1-35 SS e 36-42 SY                          |

515 <sup>1</sup>SS: Selenito de sódio (45,6% de Se)516 <sup>2</sup>SY: *Selenium Yeast* (0,2% de Se)

517

518 Tabela 2. Composição percentual das rações basais para frangos de corte

519 nas diferentes fases

| <b>Ingredientes</b>                     | <b>1-14d</b> | <b>15-21d</b> | <b>22-28d</b> | <b>29-35 d</b> | <b>36-42 d</b> |
|---|--------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| Milho                                   | 56,440       | 60,208        | 61,625        | 62,350         | 63,925         |
| Farelo de soja                          | 37,814       | 33,929        | 32,151        | 31,060         | 29,113         |
| Óleo de soja                            | 2,502        | 2,604         | 3,080         | 3,678          | 4,140          |
| Fosfato bicálcico                       | 0,920        | 1,136         | 1,023         | 0,882          | 0,823          |
| Calcário                                | 1,030        | 0,823         | 0,823         | 0,825          | 0,795          |
| Sal comum                               | 0,500        | 0,474         | 0,462         | 0,437          | 0,430          |
| DL-Metionina                            | 0,275        | 0,263         | 0,250         | 0,229          | 0,220          |
| L-lisina HCl                            | 0,165        | 0,201         | 0,205         | 0,190          | 0,200          |
| L-Treonina                              | 0,005        | 0,014         | 0,015         | 0,009          | 0,014          |
| Premix Vitamínico <sup>1</sup>          | 0,100        | 0,100         | 0,100         | 0,100          | 0,100          |
| Premix Mineral <sup>2</sup>             | 0,100        | 0,100         | 0,100         | 0,100          | 0,100          |
| Fitase 10000 FTU                        | 0,005        | 0,005         | 0,005         | 0,005          | 0,005          |
| Cloreto de Colina (60%)                 | 0,030        | 0,030         | 0,030         | 0,030          | 0,030          |
| Salinomicina (12%)                      | 0,050        | 0,050         | 0,050         | 0,050          | 0,050          |
| Bacitracina de zinco (10%)              | 0,030        | 0,030         | 0,030         | 0,030          | 0,030          |
| Inerte                                  | 0,030        | 0,030         | 0,030         | 0,030          | 0,030          |
| <b>Composição nutricional calculada</b> |              |               |               |                |                |
| Energia Metabolizável kcal/kg           | 3000         | 3050          | 3100          | 3150           | 3200           |
| Proteína Bruta                          | 21,85        | 20,42         | 19,73         | 19,26          | 18,58          |
| Metionina                               | 0,56         | 0,53          | 0,51          | 0,48           | 0,47           |
| Met + Cis                               | 0,86         | 0,81          | 0,78          | 0,75           | 0,73           |
| Lisina                                  | 1,20         | 1,14          | 1,10          | 1,06           | 1,02           |
| Treonina                                | 0,75         | 0,70          | 0,68          | 0,66           | 0,64           |
| Triptofano                              | 0,24         | 0,22          | 0,21          | 0,24           | 0,21           |
| Arginina                                | 1,39         | 1,28          | 1,22          | 1,19           | 1,14           |
| Isoleucina                              | 0,86         | 0,79          | 0,76          | 0,74           | 0,71           |
| Gli+Ser                                 | 1,83         | 1,70          | 1,64          | 1,06           | 1,53           |

|                    |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Sódio              | 0,22  | 0,21  | 0,20  | 0,20  | 0,19  |
| Cálcio             | 0,85  | 0,80  | 0,77  | 0,74  | 0,72  |
| Fósforo disponível | 0,46  | 0,43  | 0,40  | 0,38  | 0,36  |
| Selênio analisado  | 0,335 | 0,335 | 0,335 | 0,335 | 0,335 |

520 <sup>1</sup> Suplementando por kg de ração: Vit. A 12.000 UI, Vit. D3 2400 UI, Vit.

521 E 40 mg, Vit. K 31,8 mg, Vit. B1 2,5 mg, Vit. B2 4,0 mg, Vit. B6 2,0 mg,

522 Vit. B12 15 µg, Biotina 60 µg, Niacina 30 mg, Ác. Fólico 1,8 mg. <sup>2</sup>

523 Suplementando por kg de ração: Fe 80 mg, Zn 70 mg, Mn 70 mg, I 1 mg,

524 Cu 10 mg. \* Caulim: utilizado para inclusão dos tratamentos.

525 Tabela 3. Desempenho de frangos de corte de acordo com a inclusão de SY em diferentes fases\*

| Tratamentos            | 1-14 d          |                 |                 | 1-21 d      |             |             | 1-28 d      |             |             | 1-35 d      |             |             | 1-42 d      |             |             |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                        | GP <sup>1</sup> | CR <sup>2</sup> | CA <sup>3</sup> | GP          | CR          | CA          |
| 1-42 d SS              | 395             | 522             | 1,32            | 878         | 1227        | 1,40        | 1495        | 2282        | 1,53        | 2134        | 3538        | 1,65        | 2994        | 5125        | 1,71        |
| 1-42 d SY              | 394             | 523             | 1,32            | 885         | 1225        | 1,38        | 1506        | 2292        | 1,52        | 2179        | 3542        | 1,62        | 3014        | 5125        | 1,70        |
| 1-14 d SS e 15-42 d SY | 396             | 529             | 1,34            | 877         | 1236        | 1,41        | 1504        | 2301        | 1,53        | 2151        | 3544        | 1,63        | 3009        | 5143        | 1,71        |
| 1-21 d SS e 22-42 d SY | 395             | 524             | 1,33            | 894         | 1237        | 1,38        | 1520        | 2323        | 1,53        | 2134        | 3586        | 1,68        | 2985        | 5124        | 1,72        |
| 1-28 d SS e 29-42 d SY | 397             | 516             | 1,30            | 889         | 1229        | 1,38        | 1509        | 2279        | 1,51        | 2134        | 3512        | 1,64        | 2982        | 5092        | 1,71        |
| 1-35 d SS e 36-42 d SY | 393             | 517             | 1,31            | 893         | 1232        | 1,37        | 1521        | 2282        | 1,50        | 2171        | 3538        | 1,62        | 3008        | 5114        | 1,69        |
| Média                  | <b>390</b>      | <b>522</b>      | <b>1,32</b>     | <b>886</b>  | <b>1231</b> | <b>1,39</b> | <b>1509</b> | <b>2293</b> | <b>1,51</b> | <b>2150</b> | <b>3543</b> | <b>1,64</b> | <b>2,99</b> | <b>5,12</b> | <b>1,70</b> |
| CV (%)                 | <b>1,90</b>     | <b>2,30</b>     | <b>3,06</b>     | <b>1,97</b> | <b>1,00</b> | <b>2,02</b> | <b>1,56</b> | <b>1,68</b> | <b>1,97</b> | <b>2,58</b> | <b>1,78</b> | <b>2,39</b> | <b>2,00</b> | <b>1,33</b> | <b>1,15</b> |

526 <sup>1</sup>GP: Ganho de peso (g); <sup>2</sup>CR: Consumo de ração (g); <sup>3</sup>CA: Conversão alimentar (g/g)

527

528 Tabela 4. Rendimento de carcaça e de cortes (%) de frangos aos 42 dias de acordo com a inclusão de SY em

529 diferentes fases\*

| <b>Tratamentos</b>     | <b>Carcaça</b> | <b>Peito</b>  | <b>Pernas<sup>1</sup></b> | <b>Asas</b>   | <b>GA<sup>2</sup></b> |
|------------------------|----------------|---------------|---------------------------|---------------|-----------------------|
| 1-42 d SS              | 69,697         | 37,419        | 30,675                    | 10,637        | 1,769                 |
| 1-42 d SY              | 70,507         | 37,443        | 29,344                    | 10,72         | 1,975                 |
| 1-14 d SS e 15-42 d SY | 69,909         | 37,998        | 29,997                    | 10,506        | 1,711                 |
| 1-21 d SS e 22-42 d SY | 69,908         | 37,615        | 29,481                    | 10,573        | 1,651                 |
| 1-28 d SS e 29-42 d SY | 70,155         | 38,244        | 29,891                    | 10,844        | 1,644                 |
| 1-35 d SS e 36-42 d SY | 69,989         | 38,114        | 30,883                    | 10,465        | 1,764                 |
| <b>Média</b>           | <b>70,028</b>  | <b>37,805</b> | <b>30,076</b>             | <b>10,624</b> | <b>1,750</b>          |
| <b>CV (%)</b>          | <b>1,580</b>   | <b>3,960</b>  | <b>3,620</b>              | <b>4,380</b>  | <b>23,730</b>         |

530 <sup>1</sup>Pernas:coxa e sobrecoxa;<sup>2</sup>GA: gordura abdominal

531

532

Tabela 5. Composição química (%) de peitos de frangos de acordo com a fase de inclusão de SY na dieta

| <b>Tratamentos</b>     | <b>Umidade</b> | <b>Proteína Bruta</b> | <b>Extrato Etéreo</b> | <b>Matéria Mineral</b> |
|------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 1-42 d SS              | 73,604         | 18,782                | 2,086                 | 1,428                  |
| 1-42 d SY              | 73,008         | 19,510                | 2,000                 | 1,371                  |
| 1-14 d SS e 15-42 d SY | 73,480         | 18,668                | 2,158                 | 1,347                  |
| 1-21 d SS e 22-42 d SY | 74,372         | 19,090                | 1,702                 | 1,423                  |
| 1-28 d SS e 29-42 d SY | 73,766         | 18,631                | 2,082                 | 1,347                  |
| 1-35 d SS e 36-42 d SY | 73,742         | 19,444                | 1,642                 | 1,386                  |
| <b>Média</b>           | <b>73,665</b>  | <b>19,028</b>         | <b>1,940</b>          | <b>1,384</b>           |
| <b>CV(%)</b>           | <b>1,290</b>   | <b>6,280</b>          | <b>19,510</b>         | <b>6,620</b>           |

533

534 Tabela 6. Características físico-químicas de peitos de frangos de acordo com a fase de inclusão de SY na

535 dieta\*

| Tratamentos            | TBARS                             | PPG (%)       | pH           | Cor objetiva  |               |               | PPC (%)              | FC (kgf)      |
|------------------------|-----------------------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|---------------|
|                        | MAD (mg/kg de peito) <sup>1</sup> |               |              | L*            | a*            | b*            |                      |               |
| 1-42 d SS              | 0,164 <sup>b</sup>                | 2,767         | 6,214        | 45,694        | 4,204         | 5,356         | 19,063 <sup>a</sup>  | 2,962         |
| 1-42 d SY              | 0,157 <sup>b</sup>                | 3,188         | 6,270        | 47,930        | 3,432         | 5,132         | 13,927 <sup>b</sup>  | 2,896         |
| 1-14 d SS e 15-42 d SY | 0,208 <sup>a</sup>                | 2,587         | 6,167        | 45,314        | 3,600         | 4,124         | 16,443 <sup>ab</sup> | 2,870         |
| 1-21 d SS e 22-42 d SY | 0,138 <sup>b</sup>                | 3,427         | 6,215        | 44,982        | 3,642         | 4,734         | 15,883 <sup>ab</sup> | 2,540         |
| 1-28 d SS e 29-42 d SY | 0,161 <sup>b</sup>                | 3,003         | 6,140        | 48,720        | 3,388         | 5,106         | 15,405 <sup>ab</sup> | 2,916         |
| 1-35 d SS e 36-42 d SY | 0,096 <sup>c</sup>                | 3,370         | 6,180        | 45,930        | 3,322         | 4,802         | 13,966 <sup>b</sup>  | 2,700         |
| Média                  | <b>0,154</b>                      | <b>2,890</b>  | <b>6,198</b> | <b>46,428</b> | <b>3,598</b>  | <b>4,875</b>  | <b>15,781</b>        | <b>2,814</b>  |
| CV (%)                 | <b>17,350</b>                     | <b>30,760</b> | <b>2,220</b> | <b>4,160</b>  | <b>20,920</b> | <b>17,875</b> | <b>17,290</b>        | <b>12,390</b> |

536 \*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de significância.

537 <sup>1</sup>MAD (mg/kg peito): miligramas de malonaldeído por quilo de peito de frango

538

539

Tabela 7. Deposição de selênio no fígado e no músculo de frangos de corte

| <b>Tratamentos</b>     | <b>Se (mg/kg de fígado)</b> | <b>Se (mg/kg de peito)</b> |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1-42 d SS              | 6,492                       | 0,693 <sup>d</sup>         |
| 1-42 d SY              | 6,71                        | 1,067 <sup>bc</sup>        |
| 1-14 d SS e 15-42 d SY | 6,842                       | 0,971 <sup>c</sup>         |
| 1-21 d SS e 22-42 d SY | 6,246                       | 1,033 <sup>bc</sup>        |
| 1-28 d SS e 29-42 d SY | 6,441                       | 1,211 <sup>a</sup>         |
| 1-35 d SS e 36-42 d SY | 6,720                       | 1,13 <sup>ab</sup>         |
| <b>Média</b>           | <b>6,575</b>                | <b>1,017</b>               |
| <b>CV(%)</b>           | <b>11,640</b>               | <b>8,690</b>               |

540

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de SNK com 5% de significância.

541

542 Tabela 8. Custos de rações para frangos de corte, suplementadas com Selênio Levedura (0,2%) e Selenito de

543 Sódio (45,6%), expressos em US\$/t

| Fase                     | Fontes               |                      | Média   | CV (%) |
|--------------------------|----------------------|----------------------|---------|--------|
|                          | Selênio Levedura     | Selenito de sódio    |         |        |
| 1-14 d (pré-inicial)     | 370,347 <sup>a</sup> | 370,343 <sup>b</sup> | 370,345 | 0,00   |
| 15-21 d (inicial)        | 364,037 <sup>a</sup> | 364,033 <sup>b</sup> | 364,035 | 0,00   |
| 22-28 d (crescimento I)  | 363,575 <sup>a</sup> | 363,571 <sup>b</sup> | 363,573 | 0,00   |
| 28-35 d (crescimento II) | 364,668 <sup>a</sup> | 364,664 <sup>b</sup> | 364,666 | 0,00   |
| 35-42 d (final)          | 364,509 <sup>a</sup> | 364,505 <sup>b</sup> | 364,507 | 0,00   |

544 Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste t-Student a 5% de significância.

545

546 Tabela 9. Custo alimentar por tratamento

| <b>Tratamentos</b>     | <b>Custos das rações (US\$/t)</b> |
|------------------------|-----------------------------------|
| 1-42 d SS              | 364,8799 <sup>f</sup>             |
| 1-42 d SY              | 364,8842 <sup>a</sup>             |
| 1-14 d SS e 15-42 d SY | 364,8838 <sup>b</sup>             |
| 1-21 d SS e 22-42 d SY | 364,8832 <sup>c</sup>             |
| 1-28 d SS e 29-42 d SY | 364,8822 <sup>d</sup>             |
| 1-35 d SS e 36-42 d SY | 364,8811 <sup>e</sup>             |
| Média                  | 368,8824                          |
| CV(%)                  | 0,00                              |

547 Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de significância.

548

549

550