

**DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS  
FISIOLÓGICAS EM FRANGOS DE CORTE  
ALIMENTADOS COM DIFERENTES FONTES E  
NÍVEIS DE SELÊNIO**

**FÁBIO AUGUSTO GOMES**

**2010**

**FÁBIO AUGUSTO GOMES**

**DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS EM  
FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM DIFERENTES FONTES  
E NÍVEIS DE SELÊNIO**

Tese 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 “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Gomes, Fábio Augusto.

Desempenho e características fisiológicas em frangos de corte alimentados com diferentes fontes e níveis de selênio / Fábio Augusto Gomes. – Lavras : UFLA, 2010.

89 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Antônio Gilberto Bertechini.

Bibliografia.

1. Avicultura. 2. Nutrição mineral. 3. Mineral orgânico. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.513

**FÁBIO AUGUSTO GOMES**

**DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS EM  
FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM DIFERENTES FONTES  
E NÍVEIS DE SELÊNIO**

Tese 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 “Doutor”.

APROVADA em 05 de março de 2010

Prof. Dr. Édison José Fassani	DZO / UFLA
Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues	DZO / UFLA
Prof. Dr. Adriano Geraldo	IFMG / Bambuí
Dr. Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito	UNIQUÍMICA

Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

Em primeiro lugar, ao nosso Criador Supremo,  
pelo privilégio da existência...

Aos meus pais, Juarez Belarmino Gomes e Marli V. Santos Gomes,  
especialmente pela vida e pela estrutura familiar sólida empregada  
de forma tão carinhosa, proporcionando e ensinando valores  
fundamentais a qualquer ser humano, como respeito,  
humildade e honestidade, desprendendo-se a todo  
custo e em todos os sentidos à realização de meus  
objetivos, de forma incondicional...

Aos meus irmãos Flávio e Fernanda pelo incentivo e união...

A minha querida esposa Lidianne pelo apoio, paciência  
e amor incondicional, estando presente em todas  
as etapas do trabalho, e minha sogra Sebastiana...

A meus avós paternos e maternos, em especial ao meu avó João  
Belarmino (*in memoriam*) pelos primeiros ensinamentos Agrários  
e ao meu avó Pedro Pereira, pelo exemplo de vida e luta contra  
a Doença de Alzheimer, sempre amarei vocês...

De forma respeitosa a todos os animais que, de  
forma vital, contribuíram com suas vidas em  
prol do progresso necessário  
da ciência...

A meus familiares e todos aqueles que de uma maneira ou outra, estão  
envolvidos com a avicultura, dedicando seus esforços no objetivo  
de contribuir sempre para o desenvolvimento  
deste setor tão fascinante e importante  
para a economia mundial...

***DEDICO...***

A Universidade de Alfenas - UNIFENAS pelo início de tudo e a Universidade Federal de Lavras - UFLA pela oportunidade de realização deste curso....

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudos...

A BIORIGIN pelo financiamento da pesquisa...

De uma forma especial ao Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini pela orientação, transmitindo de maneira respeitosa, sensata e profissional seus ensinamentos, além da admirável paciência e dedicação. Obrigado pela confiança!...

Ao Prof. Dr. Édison José Fassani pelo encaminhamento profissional e pelos anos de amizade e respeito, orientando de forma direta e indireta desde a iniciação científica...

A todos os mestres que se dedicaram de maneira incondicional a transmissão dos conhecimentos, sejam estes de origem técnica ou pessoal, em especial Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues...

A todos integrantes do NECTA pelo apoio e aos colegas: Jeferson, Asdrubal, Pucci, Adriano G., Nikolas, Elisângela, Anderson, Fabrício e, em especial, ao Jerônimo A., pelo apoio, exemplo e amizade...

A todos os funcionários do Departamento de Zootecnia da UFLA, prestativos em todos os momentos...

A Universidade Federal do Acre - UFAC na pessoa da Magnífica Reitora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Olinda Batista Assmar pelo apoio; e aos colegas Josimar, Rodrigo, Leonardo, Elias, Karen, Eduardo, Rogério, Reginaldo e Jorcely pela amizade...

Aos meus orientados da UFAC: Maria Z., Maria A., Maria J., Taciana, Erleane, Rubstene, Marcelo, Angra, Elaine, Jéssica, Érica e Érisson pela confiança e dedicação...

E a todos que contribuíram para a concretização deste trabalho...

**OFEREÇO...**

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Fábio Augusto Gomes, nascido em 09 de outubro de 1981 na cidade de Divinópolis – MG, filho de Juarez Belarmino Gomes e Marli Vitalina dos Santos Gomes.

Em fevereiro de 2000 iniciou seus estudos em Zootecnia, graduando-se em 05 de março de 2004 pela Universidade de Alfenas - UNIFENAS.

Em março de 2004 ingressou no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* pela Faculdade de Zootecnia da Universidade de Alfenas - UNIFENAS, obtendo o título de “Mestre em Ciência Animal”, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, em 10 de março de 2006.

Em março de 2007 ingressou no programa de Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras - UFLA. Ainda como aluno regular do programa, foi aprovado em concurso público de provas e títulos para carreira de Magistério Superior, iniciando suas atividades como Professor/Pesquisador junto a Universidade Federal do Acre - UFAC em janeiro de 2009. Em 05 de março de 2010 defendeu sua Tese, obtendo o título de "Doutor" com área de concentração em Nutrição de Monogástricos.

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introdução Geral.....	2
2 Referencial Teórico.....	4
2.1 O mineral selênio.....	4
2.2 Selênio e seus aspectos metabólicos.....	5
2.3 Selênio no solo, plantas, grãos e produtos animais.....	9
2.4 Selênio e nutrição animal.....	10
2.5 Absorção, armazenamento, metabolismo e excreção do selênio.....	14
2.6 Toxicidade do selênio.....	15
2.7 Selênio x Qualidade da carne.....	16
2.8 Glutaciona Peroxidase x Ação antioxidante.....	19
3 Referências Bibliográficas.....	23
CAPÍTULO 2: Desempenho e características físico-químicas da carne do peito de frangos de corte recebendo diferentes fontes e níveis de selênio.....	27
1 Resumo.....	28
2 Abstract.....	29
3 Introdução.....	30
4 Material e Métodos.....	32
5 Resultados e Discussão.....	38
6 Conclusões.....	55
7 Referências Bibliográficas.....	56



CAPÍTULO 3: Características fisiológicas em frangos de corte suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio.....	59
1 Resumo.....	60
2 Abstract.....	61
3 Introdução.....	62
4 Material e Métodos.....	63
5 Resultados e Discussão.....	69
6 Conclusões.....	81
7 Referências Bibliográficas.....	82
ANEXOS.....	84

## RESUMO GERAL

GOMES, Fábio Augusto. **Desempenho e características fisiológicas em frangos de corte alimentados com diferentes fontes e níveis de selênio**. 2010. 89p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Dois experimentos foram conduzidos na Universidade Federal de Lavras - UFLA, Minas Gerais, com o objetivo de avaliar em frangos de corte suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio: (1) Consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e viabilidade, bem como características físico-químicas da carne do peito: pH, perda de peso por cozimento, força de cisalhamento e cor; e (2) Retenção aparente, a deposição hepática, tecidual e plasmática, bem como a eficiência da enzima Glutathione Peroxidase hepática e plasmática. No primeiro experimento foram utilizados 1470 pintos de um dia machos Cobb-500, distribuídos em esquema fatorial  $2 \times 3 + 1$  (suplementação de selênio em dois níveis - 0,150 e 0,300 ppm, três fontes comerciais de selênio, sendo uma inorgânica e duas orgânicas (Fonte A - 2000 ppm e Fonte B - 1000 ppm) + tratamento controle sem suplementação). No segundo experimento foram utilizados 300 pintos machos Cobb - 500 com 14 dias, submetidos a um esquema fatorial  $3 \times 3 + 1$  (três níveis de selênio - 0,150; 0,300; 0,450 ppm, três fontes comerciais – uma inorgânica e duas orgânicas (A - 2000 ppm e B - 1000 ppm) + um tratamento controle sem suplementação). Ambos experimentos foram em delineamento inteiramente casualizado e as dieta a base de milho e farelo de soja. Quanto às fontes estudadas, ficou evidenciada a superioridade das fontes orgânicas para o desempenho das aves em relação à fonte inorgânica, sendo que a não suplementação resultou em piora geral no desempenho das aves. Os níveis de selênio e as fontes testadas não influenciaram nas medidas de qualidade de avaliadas. O trabalho evidenciou também que as retenções de selênio foram relativamente altas para as fontes utilizadas, sendo que o uso da fonte orgânica A em níveis crescentes apresentou menor queda na retenção aparente de selênio. As fontes orgânicas participam mais ativamente nas atividades de tecidos de forma geral e a fonte inorgânica, por ter potencialidades de toxidez, é neutralizada no tecido hepático somente. Os resultados evidenciaram que a maior suplementação de selênio possibilitou manutenção na eficiência da Glutathione Peroxidase hepática somente para a fonte inorgânica. A eficiência desta enzima no plasma foi aumentada linearmente quando se elevou os níveis dietéticos sendo que, para a fonte inorgânica, não houve mudança nesta eficiência.

---

\*Comitê de Orientação: Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini - UFLA (Orientador), Prof. Dr. Edison José Fassani - UFLA e Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues - UFLA

## GENERAL ABSTRACT

GOMES, Fábio Augusto. **Performance and physiological characteristics in broiler chickens fed with different sources and levels of selenium.** 2010. 89p. Thesis (Doctorate in Animal Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Two experiments were conducted at the Federal University of Lavras - UFLA, Minas Gerais, with the objective of evaluating in broilers supplemented with different sources and levels of selenium: (1) feed intake, weight gain, feed conversion and viability as well as physicochemical characteristics of the breast meat: pH, weight loss by cooking, shearing force and color; and (2) Apparent retention, the hepatic, tissue and plasmatic deposition as well as the efficiency of the enzyme hepatic and plasmatic Glutathione Peroxidase. In the first experiment we utilized 1,470 one-day, male chicks Cobb-500, distributed into a factorial scheme  $2 \times 3 + 1$  (selenium supplementation at two levels – 0.150 and 0.300 ppm, three commercial sources of selenium, it being the case that, one inorganic and two organic (source A – 2,000 ppm and Source B – 1,000 ppm) + control treatment without a supplementation). In the second experiment were utilized 300 male chicks Cobb - 500 aged 14 days submitted to a factorial scheme  $3 \times 3 + 1$  (three levels – 0.150; 0.300; 0.450 ppm, three commercial sources – one inorganic and two organic (A - 2000 ppm and B - 1000 ppm) + one control treatment without a supplementation), Both experiments were in CRD and the diets on the basis of corn and soybean. As to the studied sources, the superiority of the organic sources for the birds' performance in relation to the inorganic sources was evidenced, that is, the non-supplementation results into general worsening into the birds' performance. The levels of selenium and the tested sources did not influence the measures of breast meat evaluated. The work outstood also that selenium retentions were relatively high for the utilized sources, that is, the use of the organic source A in growing levels presented less fall in the apparent retention of selenium. The organic sources participate more actively in the activities of tissues in general and the inorganic source, for having toxicity potentialities, is neutralized in the hepatic tissue only. The results stood out that the greatest supplementation of selenium enabled maintenance in the efficiency in the activity of hepatic Glutathione Peroxidase only for the inorganic source. The efficiency of this enzyme in plasma increased linearly when the dietary levels were increased, it being the case that, for the inorganic source, there was no change in this efficiency.

---

\*Guidance Committee: Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini - UFLA (Adviser), Prof. Dr. Édison José Fassani - UFLA and Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues - UFLA

## **CAPÍTULO 1**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O microelemento selênio (Se) tem sido objeto de vários estudos, onde existe a preocupação maior com os efeitos sobre o desempenho e qualidade dos produtos animais bem como a produção animal sustentável.

Durante muito tempo o microelemento Se foi considerado extremamente tóxico para os animais sendo normalmente suplementado na forma inorgânica. Acredita-se que existem efeitos danosos com esta fonte, tendo em vista a sua menor biodisponibilidade e sua menor efetividade do ponto de vista nutricional, ao passo que estudos de toxidez são escassos e não apontam de forma definitiva os limites máximos para a sua suplementação. As fontes orgânicas têm sido testadas e os resultados apontam para uma melhor adequação nutricional do Se com relação a fontes inorgânicas.

O elemento químico Se foi descoberto pelo químico sueco Berzelius, há 180 anos. Desde então, muitas publicações discutiram suas propriedades químicas e a sua atividade biológica. Na década de 30, descobriu-se que o Se era um elemento tóxico e que poderia ser até mesmo carcinogênico, além de afetar o crescimento, desenvolvimento e reprodução animal (Mahan, 1999).

Até 1957, o Se foi considerado um microelemento de alta toxicidade, sendo que a maioria dos estudos abordava este aspecto (Bertechini, 2006). Entretanto, neste mesmo ano, ficou evidenciado que o Se era um elemento essencial na nutrição animal e, a partir dessa descoberta, passou a ser considerado como fator de prevenção de doenças carenciais em animais, causadoras de prejuízos para a indústria de produção animal.

Em 1973, foi relatado o Se como parte fundamental na composição da enzima antioxidante Glutathione Peroxidase - GSH-Px (Surai, 2000), a qual em associação com a vitamina E e outros agentes antioxidantes é capaz de reduzir os efeitos destrutivos das reações peroxidativas nas células vivas (Pehrson,

1993). Apesar disso, só recentemente foi descrita a produção de radicais livres durante o metabolismo orgânico dos animais, sendo então caracterizado o sistema antioxidante responsável pela prevenção da peroxidação lipídica.

A formação de radicais livres afeta grandemente a qualidade dos produtos como carne e ovos, além de provocar redução na produtividade animal. No ser humano, os radicais livres estão envolvidos com a ocorrência de doenças cardiovasculares, algumas formas de neoplasias, envelhecimento precoce, entre outros processos.

Desta forma, o presente trabalho foi conduzido para avaliar diferentes fontes e níveis de suplementação dietética de Se (nas formas inorgânica e orgânica) sobre o desempenho e características fisiológicas em frangos de corte.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O mineral selênio

O selênio (Se, Z = 34), integra o grupo VI de elementos (O, S, Se, Te, Po), é divalente e possui configuração eletrônica igual a 2, 8, 18, 6 e sua química é bem semelhante ao do enxofre (Bacila, 1980).

No ambiente, são encontrados Se em duas formas químicas: orgânica e inorgânica, possuindo a margem de tolerância muito estreita entre os elementos. O Se inorgânico pode ser encontrado em diferentes minerais na forma de selenito, selenato, seleneto, assim como na forma metálica e ser potencialmente tóxico se não for devidamente utilizado. Por outro lado, o Se nos alimentos de origem vegetal, está ligado a diferentes aminoácidos, tais como metionina e cisteína, onde substitui o enxofre. Na natureza, portanto, os animais recebem Se principalmente na forma orgânica. Porém, a concentração de Se em grãos e forragens varia muito e depende da capacidade da planta de absorver este elemento do solo. No caso de solos ácidos e de baixa aeração, o Se tem baixa disponibilidade para plantas e o resultado é baixa concentração no material vegetal (Surai, 2000).

Mesmo considerando sua grande importância, o seu papel no metabolismo ainda é pouco explicado, sendo relacionado com a síntese de complexos Se-aminoácidos e Se-proteínas, funcionando como antioxidantes eficientes (Moreira et al., 2001).

Acredita-se que a substituição do selenito de sódio da dieta por Se orgânico aumenta tanto a absorção de Se quanto sua atividade biológica, maximizando assim os benefícios dos baixos níveis de inclusão permitidos na dieta. Isto é especialmente evidente em áreas onde as culturas crescem em solos ácidos ou deficientes em Se, uma vez que nestas condições os ingredientes da ração serão pobres em Se orgânico.

## **2.2 Selênio e seus aspectos metabólicos**

Os níveis de Se nas plantas, nos tecidos dos animais e nos seres humanos numa determinada região estão diretamente relacionados com os níveis deste elemento presente no solo, que por sua vez está associado com a sua pedologia, gêneses e localização nas áreas de cultivo e de criação dos animais (Anderson et al., 1961; Longnecker et al., 1991).

A prevenção de certas doenças como câncer, formação de anticorpos como resposta a vacinas, controle do metabolismo de hormônios, influência no desempenho reprodutivo, algumas anomalias morfológicas, doenças cardiovasculares, entre outros fatores, muitas vezes são relacionados com os níveis de Se presente nos alimentos consumidos nas áreas estudadas.

O Se é um componente fundamental de várias selenoproteínas funcionais necessárias para uma saúde normal. A mais conhecida destas é a enzima antioxidante Glutathione Peroxidase (GSH-Px) que remove o peróxido de hidrogênio e os hidroperóxidos de fosfolipídios gerados em vivo pelos radicais livres e outras substâncias derivadas de oxigênio. Se não são eliminados, os hidroperóxidos de lipídio prejudicam a função e estrutura da membrana (Gutteridge & Halliwell, 1990) e causam distúrbios na coagulação do sangue diminuindo a produção de prostaciclina, enquanto aumentam a produção de tromboxano (Rayman et al., 1996). Além disso, hidroperóxidos de lipídios não são produtos finais estáveis, mas, na presença de íons de um elemento de transição, podem se decompor para, mais adiante, junto a radicais reativos livres, aldeídos citotóxicos e tais produtos secundários, iniciar maior peroxidação de lipídios, promovendo ateroscleroses, dano ao DNA e ativar metabolicamente alguns carcinógenos (Diplock, 1994).

Selênio também tem um papel importante no controle do metabolismo dos hormônios da tireóide. A iodotironina deiodinase que é responsável pela



conversão de tiroxina (T4) para sua forma ativa, triiodotironina (T3), é uma selenoenzima. A deficiência de Se pode causar taxas de crescimento reduzidas devido a uma resposta de avaliação que abaixa a síntese de triiodotironina mediadora do hormônio de crescimento na pituitária, enquanto uma deficiência combinada de Se e iodo exacerba o hipotireoidismo (Arthur et al., 1996).

Na reprodução de machos está envolvido na formação da cápsula do esperma que é composta de uma selenoproteína estrutural encontrada na região medial do flagelo do espermatozóide (Wallace et al., 1987). Na deficiência de Se, anomalias morfológicas nesta região dão origem a espermatozoides com motilidade deficiente. O Se também é necessário para o metabolismo normal da testosterona e morfologia testicular que podem explicar a presença de várias outras selenoproteínas nas gônadas masculinas (Behne et al., 1996).

As atividades destas selenoproteínas e de outras funções ainda não identificadas, depende da quantidade de Se adequado provido na dieta. O Se entra na cadeia alimentar através das plantas, grãos cereais, leite, carnes e ovos. Estudos na Europa e Ásia em áreas geográficas extremamente pobres em Se estão associadas a doenças como cardiomiopatias endêmicas (Doença de Keshan) a qual resulta num coração alargado afetando a funcionalidade cardíaca. Deficiência de Se menos aparente tem sido observada em vários estudos e mostram efeitos adversos de suscetibilidade para muitas outras desordens, incluindo doenças cardiovasculares e câncer (Lockitch, 1989).

A nutrição animal encontra-se atualmente em estado muito avançado de conhecimentos que permite, de certa forma, a obtenção de grande produtividade, principalmente nas áreas de avicultura e suinocultura. Por outro lado, as questões de ambiente e de saúde humanas têm ocupado espaço cada vez maior na mídia, dado a importância desses temas, sendo imperativo garantir a produtividade animal com responsabilidade para com os seres humanos e ao seu meio.

Neste contexto, o microelemento Se tem papel importante, pois possui natureza altamente oxidativa (Spallholz, 1997) interagindo no meio alterando o estado químico de outros elementos e definindo as propriedades químicas e atividade biológica onde atua.

Até 1957, o Se foi considerado um microelemento de alta toxicidade para os animais, sendo que a maioria dos estudos abordava este aspecto. A partir daí, ficou evidenciado a sua participação na enzima Glutathione Peroxidase e assim a sua importância nutricional foi definida. No metabolismo esta enzima é extremamente importante como integrante do sistema antioxidante nos tecidos. A formação de radicais livres afeta grandemente a qualidade dos produtos como carnes e ovos e também provoca redução da produtividade animal. No ser humano, o radical livre está envolvido com o aparecimento de doenças cardiovasculares, algumas formas de câncer, como de mamas e próstata, envelhecimento precoce, entre outras.

Existe atualmente um quadro crescente de aparecimento do câncer de próstata e mamas no Brasil segundo o Ministério da Saúde. Interessante observar que as maiores incidências destes problemas ocorrem em regiões onde existe maior deficiência desse elemento nos solos e nos alimentos. O Estado do Rio Grande do Sul, por exemplo, apresenta maiores índices e o Sul do Estado do Pará e o Estado de Pernambuco, os menores, coincidindo com o perfil de composição solo/grãos de acordo com levantamentos de Bertechini (2006). Estas coincidências são importantes indicadores da necessidade de pesquisas na área para dar suporte a diagnósticos mais elaborados e, de certa forma, contribuir para a saúde pública.

Nos últimos 20 anos, tem sido utilizado o Se na forma inorgânica (selenito de sódio) como fonte deste elemento traço nas rações animais. Porém, nos tempos atuais, já se sabe dos problemas com esta suplementação como toxicidade, grande interação com outros minerais, alterando as suas

configurações e aproveitamentos destes, baixa incorporação nos tecidos e com baixas reservas orgânicas, que são importantes na manutenção das funções vitais do organismo. Existe uma preocupação mundial com o nível alto de microelementos presentes nos excrementos de animais domésticos, resultado da baixa eficiência de absorção ao nível de trato gastrointestinal dessas substâncias e que trazem, como conseqüência, a contaminação dos sistemas aquáticos, continentais e marinhos.

Sabendo que o Se faz parte deste problema mundial, em alguns países como Estados Unidos, França, Inglaterra e Japão já foi proibido a utilização da forma inorgânica nas rações de animais para evitar transtornos.

Neste contexto, a necessidade de modificar a forma de fornecimento deste micromineral no Brasil é uma realidade, o que traria maior garantia do seu uso e seria tecnicamente e ecologicamente correto. A forma orgânica parece ser a saída e, para isso, existem duas possibilidades de obtenção. A primeira através de estudos de adubação com Se das culturas de milho e soja, principais ingredientes das rações animais no Brasil, e nos grãos de consumo humano direto como trigo, arroz e feijão, com incorporação natural na proteína desses grãos, já que as maiores áreas dos solos brasileiros utilizados para produção são extremamente pobres nesse microelemento (Bertechini, 2006). A segunda através da biotecnologia das leveduras. Estes microorganismos possuem grande habilidade em assimilar nutrientes do meio de cultivo e, assim, têm grande potencial para incorporação de elementos minerais importantes na nutrição animal como é o caso do Se. Assim, as leveduras ricas em Se orgânico seriam incorporadas às rações.

### **2.3 Selênio no solo, plantas, grãos e produtos animais**

As plantas são as maiores fontes dietéticas de Se na maioria dos países do mundo. O conteúdo de Se nos alimentos depende do conteúdo de Se e do tipo

de solo onde as plantas são cultivadas ou os animais são criados. Pesquisas americanas evidenciam maiores conteúdos de Se sérico nas pessoas que residem em áreas com maiores conteúdos de Se nos solos (Longnecker et al., 1991). Assim criou-se nos Estados Unidos os padrões de distribuição dos alimentos através do país para ajudar a prevenir a deficiência deste microelemento em pessoas que moram em regiões com baixos níveis de Se no solo.

Os animais que consomem os grãos ou plantas que foram cultivados em solos ricos em Se possuem níveis maiores de Se em seus músculos. Os conteúdos de Se nos alimentos podem variar, cita-se por exemplo, a castanha do Pará que pode conter até 20 mg/kg, valor que poderá diminuir caso exista deficiência no solo cultivado (Bertechini, 2006).

O Se ocorre em grãos como o milho, trigo e soja como seleniometionina, o análogo Se orgânico do aminoácido metionina (Schrauzer, 2001, 2003). A seleniometionina pode ser incorporada às proteínas do corpo no lugar da metionina e serve como veículo para o armazenamento do Se em tecidos e órgãos. Os suplementos de Se poderão conter também selenito de sódio e selenato de sódio, duas formas inorgânicas de Se. A seleniometionina é geralmente considerada a melhor forma absorvida e utilizada de Se. O Se também é disponível em compostos de fermentos de Se, os quais poderão conter de 1000 a 2000 microgramas de Se por grama (Schrauzer, 2001). A maioria do Se nestes fermentados é na forma de seleniometionina. Esta forma de Se foi usada na grande tentativa de prevenção de câncer em 1983, que ficou demonstrado que uma ingestão diária contendo 200 microgramas de Se poderia baixar o risco de desenvolver câncer de próstata, pulmão e colo retal, segundo Clark et al. (1996). Um estudo conduzido em 1995 sugeriu que as formas orgânicas de Se aumentavam as concentrações de Se no sangue em uma maior extensão do que nas formas inorgânicas. No entanto, não melhorou significativamente a atividade da enzima Se dependente, Glutathione Peroxidase

(Neve, 1995). Investigações continuam a examinar os efeitos das diferentes formas químicas do Se, mas as formas orgânicas aparentam ser melhores.

#### **2.4 Selênio e a nutrição animal**

O Se é um elemento essencial, pois guarda relação funcional com a vitamina E, e ambos participam da defesa da célula contra danos oxidativos devido a metabólitos reativos dos lipídeos (radicais livres). As suas principais funções bioquímicas são de modular a ação da Glutathione Peroxidase (GSH-Px) no sangue, onde quatro moléculas de Se ativam esta enzima, sendo necessário para a integridade e funcionamento do pâncreas, participando na absorção normal dos lipídeos. Maior incorporação de Se ao músculo tem permitido maior vida de prateleira em carnes, com redução significativa do *drip* durante sua cocção, mantendo assim a textura e a qualidade enquanto congelada (Mahan, 1999).

Mahan (1999) demonstrou que o RNA mensageiro para o protoplasma da GSH-Px é regulado através da quantidade disponível de Se no tecido. Isto sugere prioridade do uso do Se no tecido e a ativação da enzima GSH-Px. No organismo existem vários componentes contendo selenoproteínas, geralmente ocorrem após a ativação do Se na sua forma reduzida, por exemplo, no fígado ocorre incorporação enzimática com a cisteína que forma a seleno-cisteína.

Em estudos mais recentes (Mahan, 1999) avaliou-se a eficácia do Se inorgânico e orgânico (produto fermentado com Se) em rações de suínos. Os resultados demonstraram que, quanto às fontes, o Se orgânico resultou em aumento de aproximadamente 60% no músculo. Os resultados combinados destes estudos sugerem que o Se inorgânico absorvido é retido em baixas concentrações através do tecido muscular e não há nenhum aumento adicional quando o nível dietético excede 0,1 ppm. Por outro lado, quando Se orgânico foi suplementado na dieta, quantidades maiores de Se orgânico estavam

incorporados no músculo. Pesquisa realizada por Moreira et al. (2001), demonstrou que o Se na forma de selenolevedura resultou em menor incorporação hepática em relação a forma inorgânica (selenito), sugerindo maior incorporação no tecido muscular, haja vista, que não houve diferenças na absorção entre as fontes testadas.

Apesar de alguns estudos já terem sido realizados com o uso de Se orgânico ainda não está esclarecida a forma com que a levedura absorve este microelemento, sendo a hipótese mais aceita a da incorporação aos aminoácidos sulfurosos (Lockitch, 1989).

O mecanismo de absorção e metabolismo de Se em aves é semelhante ao de suínos. A Glutathione Peroxidase e o Se são importantes na prevenção da diátese exsudativa onde ocorre lesão no sistema capilar através da ação de radicais livres, resultando no escape de fluidos celulares para o espaço intersticial. A deficiência de Se também leva à necrose do músculo peitoral de aves em crescimento e, além disso, as aves deficientes apresentam o hematócrito mais baixo e redução na contagem de hemácias. Esta condição pode ser evitada através da administração de Se orgânico ou inorgânico, mas não de vitamina E (Surai, 2000).

Em frangos de corte em crescimento, segundo Cantor (1996) a taxa de maturação das penas pode ser afetada pela fonte de Se na dieta, ou seja, a inclusão de Se orgânico resulta em escores mais altos de empenamento (maturidade) que em aves tratadas com a fonte inorgânica. A importância desse fato é dupla, ou seja, penas mais maduras são mais facilmente removidas durante o processo de abate e também aves com melhor cobertura de penas gasta menos energia de manutenção, consumindo menos ração.

Em poedeiras a eficácia das fontes de Se, nas duas formas, levam ao aumento do teor total de Se nos ovos, mas a fonte orgânica resulta em teores 20 % mais elevados que a fonte inorgânica (Cantor, 1996).

A espessura e peso da casca dos ovos também são maiores quando as aves recebem Se da fonte orgânica. A qualidade dos ovos e seu efeito sobre os pintos e matrizes também é melhorado quando estas recebem a fonte orgânica de Se na dieta. Surai (2000) demonstraram que a administração de Se orgânico a matrizes resulta em ovos mais ricos em Se e maior eficácia na transferência desse elemento aos embriões.

Pintos eclodidos de ovos produzidos por matrizes tratadas com Se apresentavam teores hepáticos deste elemento mais elevados no dia de eclosão e aos 5 e 10 dias após a eclosão. Além disso, houve um efeito simultâneo de redução da utilização de vitamina E quando essas aves eram tratadas com Se orgânico (Surai, 2000).

A altura do albúmem do ovo é maior durante um período prolongado pós-postura em aves tratadas com Se orgânico quando comparadas com aves em dietas controle.

Doenças tais como diátese exsudativa são evitadas por Se, mas outras condições comuns, como ascite, também tem sua incidência reduzida pela suplementação de Se orgânico. O efeito deste elemento sobre a ascite decorre de aflatoxinas presentes na dieta, onde a mortalidade pode cair de 11 para 2 % quando a dieta for suplementada com Se orgânico (Mahan, 1999).

A exigência de Se para frangos de corte, listada no National Research Council - NRC (1994), é de 0,15 mg/kg de ração, o que seria suficiente para otimizar a atividade de GSH-Px até os 21 dias de idade, porém, o efeito da suplementação de Se em dietas de aves pode variar de acordo com a fonte utilizada, ou seja, quando comparada à fonte inorgânica (selenito de sódio), a orgânica (Se-levedura) pode proporcionar menores concentrações desse micronutriente no fígado e rins, e maiores no músculo peitoral e pâncreas, afetando o desempenho das aves (Moreira et al., 2001).

Em experimento realizado, Moreira et al. (2001) teve como objetivo estudar o efeito da suplementação de Se nas formas orgânica e inorgânica, em diferentes níveis, sobre a atividade enzimática da GSH-Px nos fígados das aves e sobre o desempenho de frangos de corte. Para o desempenho aos 21 dias, as fontes de Se (SeO e SeI) diferiram entre si para o peso vivo e ganho de peso, não diferindo para o consumo de ração e conversão alimentar. Os níveis testados não diferiram para peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar, no entanto, apresentaram diferenças quanto ao consumo de ração, sendo 1,05 ppm o que proporcionou o maior consumo, enquanto o controle apresentou o menor valor.

Aos 42 dias de idade, as fontes de Se (SeO e SeI) também diferiram entre si para peso vivo e ganho de peso; porém, não houve diferença significativa para os parâmetros avaliados dentro dos níveis testados. As interações não foram significativas aos 21 e 42 dias de idade.

Pelos dados de desempenho obtidos no experimento, sugere-se que os níveis de Se testados não diferem entre si para o desempenho final das aves, porém, as fontes de Se (SeO e SeI) diferem, sendo a forma orgânica (SeO) a que mais contribuiu para aumentar o peso vivo e ganho de peso em relação à forma inorgânica (SeI), o que foi verificado tanto aos 21 quanto aos 42 dias de idade. A variação do consumo de ração de acordo com os níveis de Se utilizados foi um resultado inesperado, que não é condizente com os valores obtidos aos 42 dias, quando tal variação não foi observada.

No final do experimento, verificou-se que as fontes de Se (SeO e SeI) não diferenciaram para a atividade total de GSH-Px, no entanto, dentre os níveis avaliados, o de 1,05 ppm foi o que melhor contribuiu para aumentar a atividade de GSH-Px, sendo expressa em maior quantidade aos 42 dias de idade.



## **2.5 Absorção, armazenamento, metabolismo e excreção do selênio**

A absorção na forma de selenito ocorre no duodeno por difusão simples e é bem retido pelo organismo, cerca de 90%. A forma orgânica, seleniometionina (Se-Met) é absorvida em torno de 95-98% no intestino delgado, mediada por transporte duplo ativo de sódio e aminoácidos neutros. Os nutrientes que facilitam a absorção de Se são: presença de metionina/proteína, vitamina E, A e C em altas doses e também outros antioxidantes. Já, fatores que inibem sua absorção são: altas doses de enxofre e metais pesados (Oliveira, 2006).

O armazenamento do Se é feito em dois compartimentos. O primeiro é o Se estocado na forma de Se-Met, sobretudo em músculos, eritrócitos, pâncreas, fígado, rins, estômago, cérebro, pele e mucosa gastrointestinal. Essa reserva depende da ingestão de Se na forma de Se-Met e está disponível para ser metabolizada primeiramente e independe da necessidade do organismo para Se. O segundo é o estoque de Se no fígado, na forma de GSH-Px. Quando a dieta torna-se deficiente em Se e limita a síntese de outras selenoproteínas, esse compartimento fica sob regulação reduzindo a concentração de mRNA e conseqüentemente a síntese da GSH-Px (Cozzolino, 2007).

Somente a Se-Met pode ser incorporada as proteínas corporais, pois segue a rota metabólica das proteínas até ser catabolizada pela trans-sulfuração. Essa rota depende da vitamina B<sub>6</sub> para ativar enzimas que desdobrarão a Se-Met em outros compostos orgânicos biologicamente ativos. A ingestão dos compostos selenito, selenato e Se-Cis seguem outra via, sendo catabolizados até a forma de seleneto, que pode ser novamente metabolizado para selenofosfato, que é o precursor de Se-Cis e de outras selenoproteínas.

A principal via de excreção é pela urina, nas formas trimetilselenônio, selenito e selenato. Pela respiração são eliminadas formas voláteis, como monometil e dimetilseleneto. O Se armazenado em pelos e unhas também é

perdido pelo organismo. Nas fezes é excretado o seleneto, a forma inerte de Se, que será convertido em selenito pelas bactérias do solo, para reiterar novamente a cadeia alimentar (Oliveira, 2006).

## **2.6 Toxicidade do selênio**

A toxicidade de compostos de Se não depende apenas da forma química e da quantidade consumida deste elemento, mas também de uma variedade de outros fatores incluindo o animal, sua idade, seu estado fisiológico, sua nutrição e a rota de administração (Tinggi, 2003). Quando a ingestão diária de Se excede à capacidade corporal de eliminação, algum tipo de intoxicação pode ocorrer e os sintomas crônicos mais comuns são: irritação severa das vias respiratórias, edema pulmonar, interferência no equilíbrio e locomoção (Bedwall et al., 1993).

Na década de 60, especulava-se sobre os efeitos tóxicos do Se, onde seu excesso causaria a inativação das enzimas sulfidrílicas. A toxicidade do Se (Selenosis) foi estudada em humanos e também em animais, verificando que doses altas de Se ( $> 900\mu\text{g}/\text{dia}$ ) produzem uma síndrome tóxica de dermatite, perda de pelos/penas, unhas doentes e neuropatia periférica (Beers & Berkow, 1999). Da mesma forma, foi relatado que o excesso de Se causaria morte em aves adultas, deformações e morte embrionária. Apesar dos mecanismos moleculares envolvidos na toxicidade do Se ainda não estarem completamente esclarecidos, foi proposto que a toxicidade estaria envolvida com a sua interação com grupos tiólicos. A reação do selenito com GSH produziria radical superóxido.

Além do trato gastrointestinal, o Se pode ser absorvido por tecidos cutâneos ou por inalação. Estas duas últimas vias de absorção de Se estão relacionadas com a exposição e intoxicação ocupacional por compostos de Se. O Se pode ser eliminado do organismo pelas vias excretoras - urina, fezes e ar expelido. Os rins têm um papel importante, pois a excreção urinária é

considerada uma das principais rotas de desintoxicação e de eliminação em animais e humanos. Por ser excretado na urina, essa pode ser usada como indicadora em casos de intoxicação ou de exposição a altos níveis desse elemento. A excreção de Se pelo ar expirado é realizada basicamente pelo composto volátil seleneto de dimetila e tem sido detectado na respiração de indivíduos expostos acidentalmente a níveis altos desse elemento (Mozier et al., 1988).

## **2.7 Selênio x Qualidade da carne**

Várias selenoproteínas além da GSH-Px contribuem para a atividade antioxidante, muitas de maneiras ainda não esclarecidas. O que está claro é que a melhora do status antioxidante em resposta a Se-levedura afeta a qualidade da carne, refletindo-se na conservação dos produtos (Lyons, 1999).

Nos últimos anos, houve maior exigência do consumidor quanto à qualidade da carne, assim, um dos principais desafios enfrentados pela indústria de produção de carnes foi o de melhorar a imagem da mesma e sua aparência na prateleira dos supermercados. Existem diversas características de qualidade da carne que chamam a atenção do consumidor, dentre elas, a aparência, textura e sabor, assim como maciez, suculência, aroma e outros fatores subjetivos. Entre todas as aparências parece ter o maior impacto sobre a decisão inicial de compra ou rejeição do produto. O consumidor prefere carne fresca, com mínimo de perda de água durante o preparo e cozimento; assim, a capacidade de retenção de água da carne, cor e ausência de sabores estranhos, são as principais características consideradas em relação à qualidade da carne.

As características sensoriais ou organolépticas da carne são afetadas pela bioquímica muscular e pelas modernas tecnologias de processamento, por exemplo, temos a moagem da carne que aumenta a incorporação de oxigênio ao músculo e o cozimento que libera ferro ligado à proteína para o pool

intracelular. Neste processo, a produção de radicais livres e a peroxidação lipídica afetam a qualidade e a estrutura da membrana, levando a perdas significativas da qualidade nutricional e do produto, conferindo sabores estranhos, coloração e textura alteradas (Surai, 2000).

Uma das abordagens mais comuns para aumentar a estabilidade oxidativa da carne é a de adicionar antioxidantes durante o processamento ou na dieta do animal, por exemplo, um número crescente de evidências demonstra que a suplementação de vitamina E (acima dos níveis recomendados) é uma maneira eficaz de melhorar a qualidade da carne de frango, peru, bovino, suíno e carneiro. Segundo os dados apresentados acima e considerando a interação entre antioxidantes, é possível sugerir que as relações sinérgicas entre Se e vitamina E poderiam contribuir para a melhora da qualidade da carne.

A atividade da GSH-Px nos músculos não se altera significativamente durante a armazenagem da carne bovina por 8 dias e isto significa que uma vez ocorra o aumento da atividade da GSH-Px, ela seria mantida durante o período de armazenagem, sendo portanto possível esperar um efeito de estabilização decorrente da suplementação de Se. A suplementação da dieta de frangos com 0,25 ppm de Se aumentou significativamente a atividade da GSH-Px nos músculos do peito (2,1 vezes) e sobrecoxa (4,1 vezes), reduzindo a peroxidação lipídica nos músculos (2,5 vezes no músculo do peito e 3,3 vezes na sobrecoxa) após quatro dias de armazenamento a 4°C em comparação ao grupo controle (Surai, 2000). Estes dados indicam claramente que a GSH-Px contribui significativamente para a defesa antioxidante geral do músculo, reduzindo a susceptibilidade do tecido à peroxidação lipídica e que a estabilidade oxidativa de músculos esqueléticos pode ser aumentada pela suplementação de Se na dieta. Parece provável que o efeito estabilizante do Se também está associado à manutenção da integridade da membrana muscular, resultando em menores perdas por gotejamento durante o armazenamento da carne.

Edens (1996), demonstrou menor perda por gotejamento quando forneceu Se orgânico a frangos de corte e em 1997 detectou interação entre vitamina E e Se orgânico na melhora de rendimento de carcaça e ganho de peso em frangos em crescimento. Em seu ensaio conduzido durante a primavera, o Se orgânico melhorou também o empenamento e reduziu as perdas por gotejamento.

Resultados mais conclusivos foram obtidos recentemente na Universidade de Nova Inglaterra, na Austrália em que, Surai (2000), demonstrou que aves alimentadas com Se orgânico apresentaram perda por gotejamento reduzida. O Se orgânico também melhorou o rendimento do peso da carcaça eviscerada, o rendimento de peito e teve efeito positivo sobre o empenamento. Estes dados indicam que a qualidade da carne pode ser melhorada pela inclusão de Se orgânico à dieta, ficando claro também que a maior suplementação de Se (0,25 ppm), na forma de Se-levedura, teve efeito positivo adicional (em comparação a 0,1 ppm) sobre a prevenção das perdas por gotejamento.

Em suínos, Mahan (1999) observaram que os efeitos pró-oxidantes do selenito tendiam a aumentar perdas por gotejamento, enquanto a Se-levedura não apresentava tal efeito. Embora o Se orgânico não tenha reduzido o gotejamento da carne suína, o inorgânico teve efeito negativo sobre a qualidade do lombo, refletido por maior gotejamento e coloração pálida.

Diferenças espécie-específicas no efeito do Se e de outros antioxidantes sobre a qualidade da carne provavelmente refletem diferenças nos níveis de Ácidos Graxos Poli-insaturados (AGPI), assim como de outros antioxidantes (vitamina E, vitamina C, Glutathione) e pró-oxidantes (Fe, Cu, etc). Uma vez que a manipulação de lipídios e enriquecimento da carne com ácidos graxos n-3 são considerados importantes para a melhora da dieta humana, a suplementação de antioxidantes poderia ser, nestes casos, benéfica (Surai, 2000).

## **2.8 Glutathione Peroxidase x Ação antioxidante**

A vitamina E parece constituir a primeira linha de defesa contra a peroxidação de ácidos graxos poliinsaturados. A ação antioxidante do tocoferol é efetiva em concentrações elevadas de oxigênio e, desta forma, não é surpreendente que tenda a estar concentrado naquelas estruturas lipídicas expostas à pressões parciais de O<sub>2</sub> mais elevadas; por exemplo, nas membranas do eritrócito, do trato respiratório e retina (Surai, 2000).

Doença causada por estresse físico ou mental decorrente de desafio infeccioso ou manejo ambiental inadequado resulta em produção excessiva de radicais livres e danos aos tecidos. Stress nutricional é extremamente importante, uma vez que além de aumentar os níveis de pró-oxidantes, reduz os níveis de antioxidantes (Collett, 2000).

Ao garantir um suprimento adequado de Se biologicamente ativo, é possível melhorar o sistema antioxidante de defesa do organismo e assim melhorar a sanidade e a produtividade do lote de muitas maneiras. Para se contrapor à ação da oxidação, o organismo dispõe de sistemas enzimáticos e antioxidantes que neutralizam os peróxidos, evitando oxidações indesejáveis nos seres vivos. Entre as enzimas que participam destes processos, está a Glutathione Peroxidase, a qual está presente principalmente nas membranas tissulares (Schrauzer, 2001).

A Glutathione Peroxidase (GSH-Px), da qual o Se constitui um componente integral, proporciona uma segunda linha de defesa contra hidroperóxidos, antes que estes alterem membranas e outros componentes celulares. Assim, o tocoferol e o Se, cada um tem seus mecanismos de ação contra peróxidos lipídicos (Mahan, 1999).

A glutathione peroxidase desempenha papel importante na desintoxicação por reagir com peróxidos orgânico e peróxido de hidrogênio. Para catalisar tal reação, é necessária a presença da enzima Glutathione

Peroxidase, a qual tem o Se covalentemente ligado no seu centro ativo. Assim, o funcionamento da enzima se dá da seguinte forma: o selenolato (E-Se) dessa unidade reduz o substrato peróxido a um álcool e, por sua vez, é oxidado a ácido selênico (E-SeOH). A glutathione agora entra em ação formando uma ligação selenosulfeto (E-Se-S-G). Uma segunda glutathione regenera então a forma ativa da enzima ao atacar o selenosulfeto para formar glutathione oxidada. A glutathione oxidada é rapidamente reduzida pela glutathione-redutase. Por sua vez, o NADPH produzido na via das pentoses-fosfato é responsável por manter a concentração intracelular adequada de glutathione reduzida (Moreira et al., 2001).

A ação antioxidante do Se está associada ao metabolismo da glicose, a qual é a principal fonte de produção de NADPH, sendo este responsável diretamente pela manutenção dos níveis de glutathione reduzida (GSH), usada como substrato pela enzima GSH-Px. Portanto, qualquer causa que afete o metabolismo da glicose, compromete a ação do Se (Cozzolino, 2007).

Com relação à fonte de radicais livres ocasionadas pela peroxidação de lipídeos, esta ocorre classicamente quando o organismo é exposto ao estresse oxidativo, e é responsável não somente pela deterioração de alimentos, mas também por danos ao tecido *in vivo*. Os efeitos deletérios no organismo são causados pelos radicais livres produzidos durante a formação dos peróxidos a partir de ácidos graxos poliinsaturados encontrados na natureza. A peroxidação é uma reação em cadeia que fornece um suprimento contínuo de radicais livres, que iniciam uma peroxidação subsequente. Uma vez que o precursor molecular do processo de iniciação é, geralmente, o produto hidroperóxido (ROOH), a peroxidação de lipídeos é uma reação em cadeia com efeitos potencialmente devastadores. Para controlar e reduzir a lipoperoxidação um mecanismo interessante e facilitador é a utilização dos antioxidantes e, dentre estes, o sistema enzimático mais ativo contra os produtos formados na peroxidação

lipídica é o sistema envolvendo a Glutathione Peroxidase (Murray, 1994). O esquema da proteção das membranas pela Vitamina E, Se e pela Glutathione Peroxidase é resumida na Figura 1.

Com base nas informações descritas anteriormente nota-se que, embora existam poucos trabalhos relacionados aos efeitos do mineral Se nos organismos animais, é notório a prevalência de dúvidas acerca, especialmente, dos níveis ideais de suplementação. Experimentos envolvendo microminerais, como o Se, são diretamente influenciados por inúmeros aspectos, como: estado sanitário do animais, níveis nutricionais das dietas, condições de temperatura e umidade dos ambientes nos quais os animais estão inseridos e demais desafios impostos pelo ambiente. Acredita-se que o conjunto desses aspectos, em seus ambientes experimentais específicos, vem trazendo resultados diferentes entre estudos envolvendo Se, o que comprova a especificidade deste mineral dentro do organismo (Moreira et al., 2001).

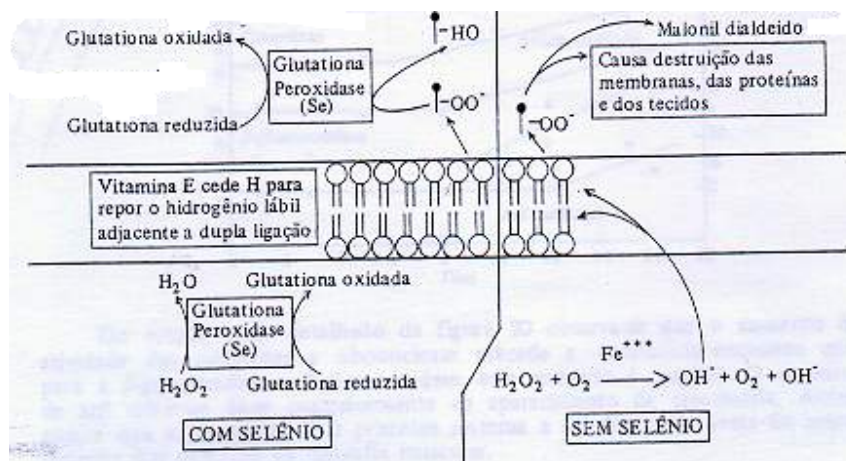


FIGURA 1 Esquema da proteção das membranas pela Vitamina E, Se e pela Glutathione Peroxidase (Islabão, 1982).



Atualmente observa-se uma tendência mundial na diminuição do uso de fontes inorgânicas de Se, dada a preocupação com a melhoria nos índices produtivos, bem como a retenção de Se nos produtos de origem animal para consumo humano. Estudos recentes vem demonstrando melhoras nesses parâmetros com uso de fontes orgânicas.

Mais experimentos necessitam ser conduzidos com objetivo de confirmar o nível ideal de suplementação de Se para frangos de corte, além de esclarecer os principais mecanismos envolvidos com o metabolismo das fontes orgânicas comparativamente as fontes inorgânicas.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, M.S.; LAKIN, H.W.; BEESON, K.C.; FLOYD, F.S.; THUCKER, E. **Selenium in agriculture**. Washington: United State Department of Agriculture, 1961. 65p.

ARTHUR, J.R.; BERMANO, G.; MITCHELL, J.H.; HESKETH, J.E. Regulation of selenoprotein gene expression and thyroid hormone metabolism. **Biochemical Society Transaction**, London, v.24, n.2, p.384-388, June 1996.

BACILA, M. **Bioquímica veterinária**. São Paulo: Varela, 1980. 534p.

BEDWALL, R.S.; NAIR, N.; SHARMA, M.P.; MATHUR, R.S. Selenium its biological perspectives. **Medical hypothesis**, Penrith, v.41, n.2, p.150-159, Apr. 1993.

BEERS, M.H.; BERKOW, R. (Ed.). **The Merck manual of diagnosis and therapy**. Whitehouse: Merck Research Laboratories, 1999. 321p.

BEHNE, D.; WEILER, H.; KYRIAKOPOULOS, A. Effects of selenium deficiency on testicular morphology and function in rats. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v.106, n.3, p.291-297, Sept. 1996.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. 301p.

CANTOR, A.H. Efecto de la inclusion de selenio organico en la dieta sobre la produccion y la calidad interna de huevos. In: ALLTECH SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 12., 1996, Nevada. **Resumes...** Nevada: BMJ, 1996. 1 CD-ROM.

CLARK, L.C.; COMBS JUNIOR, G.F.; TURNBULL, B.W.; SLATE, E.H.; CHALKER, D.; CHOW, J. Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin: a randomized controlled trial. **Journal Medicine Association**, Taipei, v.276, n.1, p.1957-1963, June 1996.

COLLETT, S. Nutrição, imunidade e produtividade: o futuro da alimentação. In: RONDA LATINO-AMERICANA DA ALLTECH, 10., 2000, Kentuck. **Anais...** Kentuck: Alltech, 2000. v.1, p.20-30.

COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007. 1020p.

DIPLOCK, A.T. Antioxidants and disease prevention. **Dietary Selenium: Time to Act**, London, v.6, n.1, p.314-387, June 1994.

EDENS, F.W. Organic selenium: from feathers to muscle integrity to drip loss: five years onward: no more selenite. In: \_\_\_\_\_. **Biotechnology in the feed industry**. Nottingham: Nottingham University, 1996. v.1, p.165-185.

GUTTERIDGE, J.M.C.; HALLIWELL, B. The measurement and mechanism of lipid peroxidation in biological systems. **Dietary Selenium: Time to Act**, London, v.2, n.1, p.114-147, June 1990.

ISLABÃO, N. **Vitaminas: seu metabolismo no homem e nos animais domésticos**. São Paulo: Nobel, 1982. 274p.

LOCKITCH, G. Selenium: clinical significance and analytical concepts. **Dietary Selenium: Time to Act**, London, v.1, n.2, p.314-387, Dec. 1989.

LONGNECKER, M.P.; TAYLOR, P.R.; LEVANDER, O.A.; HOWE, M.; VEILLON, C. Selenium in diet, blood, and toenails in relation to human health in a seleniferous area. **Journal of Clinical Nutrition**, New York, v.53, n.3, p.1288-1294, Sept. 1991.

LYONS, P. Busca de novas alternativas e soluções: como moldar a cultura de nossa indústria e empresas para as mudanças necessárias no próximo milênio sob o microscópio: uma visão para o novo milênio. In: RONDA LATINO-AMERICANA DA ALLTECH, 9., 1999, Nevada. **Anais...** Nevada: Alltech, 1999. v.1, p.1-32.

MAHAN, D.C. Usando o modelo da natureza para redefinir a suplementação de selênio para suínos, aves e seres humanos: sob o microscópio: uma visão para o novo milênio. In: RONDA LATINO-AMERICANA DA ALLTECH, 9., 1999, Nevada. **Anais...** Nevada: Alltech, 1999. v.1, p.43-59.

MOREIRA, J.; SANTOS, C.D.; ABREU, C.M.P.; BERTECHINI, A.G.; OLIVEIRA, D.F.; CARDOSO, M.G. Efeito de fontes e níveis de selênio na atividade enzimática da glutathiona peroxidase e no desempenho de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.3, p.661-666, maio/jun. 2001.

MOZIER, N.M.; MCCONNELL, K.P.; HOFFMAN, J.L. S-adenosyl-L-methionine: thioether S-methyltransferase, a new enzyme in sulfur and selenium metabolism. **Journal Biological Chemical**, Baltimore, v.63, n.2, p.4527-4531, 1988.

MURRAY, R.H. **Harper bioquímica**. 7.ed. São Paulo: Atheneu, 1994. 763p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy, 1994. 155p.

NEVE, J. Human selenium supplementation as assessed by changes in blood selenium concentration and glutathione peroxidase activity. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, Clifton, v.9, n.2, p.65-73, Nov. 1995.

OLIVEIRA, C.G.R. **Desenvolvimento de bioprocesso para a produção de biomassa de levedura (*Saccharomyces Cerevisiae*) rica em organoselênio**. 2006. 77p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PEHRSON, B.G. Selenium in nutrition with special reference to the biopotency of organic and inorganic selenium compounds. In: BIOTECHNOLOGY IN FEED INDUSTRY, 1., 1993, Nevada. **Proceedings...** Nevada: Alltech, 1993. p.71-89.

RAYMAN, M.P.; ABOU-SHAKRA, F.R.; WARD, N.I.; REDMAN, C.W.G. Comparison of selenium levels in pre-eclamptic and normal pregnancies. **Dietary Selenium: Time to Act**, London, v.2, n.1, p.314-387, June 1996.

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.

SCHRAUZER, G.N. The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine. **Advances in Food & Nutrition Research**, San Diego, v.47, n.3, p.73-112, Aug. 2003.

SPALLHOLZ, J.E. **Selenium in the soil-plant-food chain**. Westport: Avi, 1997. 298p.

SURAI, P.F. Effect of selenium and vitamin E content of the maternal diet on the antioxidant system of the yolk and the developing chick. **British Poultry Science**, London, v.41, n.2, p.235-243, Apr. 2000.

TINGGI, U. Essentiality and toxicity of selenium and its status in Australia: a review. **Toxicology Letters**, Amsterdam, v.137, n.3, p.103-110, 2003.

WALLACE, E.; CALVIN, H.I.; PLOETZ, K.; COOPER, G.W. Functional and developmental studies on the role of selenium in spermatogenesis. **Dietary Selenium: Time to Act**, London, v.3, n.4, p.114-120, Dec. 1987.

## **CAPÍTULO 2**

### **DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE DO PEITO DE FRANGOS DE CORTE RECEBENDO DIFERENTES FONTES E NÍVEIS DE SELÊNIO**

## 1 RESUMO

Um experimento foi conduzido na Universidade Federal de Lavras - UFLA, Minas Gerais, para avaliar os efeitos de diferentes fontes e níveis de suplementação de selênio em frangos de corte, sobre o desempenho, bem como as características físico-químicas da carne de peito: pH, perda de peso por cozimento, força de cisalhamento e cor. Foram utilizados 1470 pintos de um dia machos Cobb-500, distribuídos em 49 boxes experimentais representados por 30 aves com 7 repetições em um esquema fatorial  $2 \times 3 + 1$  (suplementação de selênio em dois níveis - 0,150 e 0,300 ppm, três fontes comerciais de selênio, sendo uma inorgânica e duas orgânicas (Fonte A - 2000 ppm e Fonte B - 1000 ppm) + tratamento controle sem suplementação), em delineamento inteiramente casualizado e com dieta a base de milho e farelo de soja. O desempenho foi avaliado nas fases de 1 a 7, 1 a 21, 1 a 33 e 1 a 42 dias. Aos 42 dias, três aves por parcela foram submetidas a jejum por 6 horas, abatidas e retirados os peitos para análises. A qualidade da carne do peito foi avaliada através das análises físico-químicas utilizando-se o peito de duas aves por unidade experimental. Quanto às fontes estudadas, houve interação significativa e ficou evidenciada a superioridade das fontes orgânicas de selênio para o desempenho das aves em relação à fonte inorgânica. Os níveis de selênio e as fontes testadas não influenciaram nas medidas de qualidade da carne do peito avaliadas. Existe a necessidade de suplementação de selênio para garantir bom desempenho dos frangos de corte modernos, sendo que a não suplementação resulta em piora geral no desempenho das aves.

## 2 ABSTRACT

An experiment was conducted at the Federal University of Lavras - UFLA, Minas Gerais, with the objective of evaluating different sources and levels of selenium supplementation in broilers on the performance and as well as physicochemical characteristics of the breast meat: pH, weight loss by cooking, shearing force and color. 1,470 male Cobb-500 chicks aged one day were utilized, distributed into 49 experimental boxes represented by 30 birds with 7 replicates in a factorial scheme  $2 \times 3 + 1$  (selenium supplementation at two levels – 0.150 and 0.300 ppm, three commercial sources of selenium, one being inorganic and two organic (Source A – 2,000 ppm and Source B – 1,000 ppm) + control treatment without a supplementation) in CRD and with a diet on the basis of corn and soybean. The performance was evaluated in phases from 1 to 7, 1 to 21, 1 to 33 and 1 to 42 days. At the end, three birds per plot were submitted to fasting for 6 hours, slaughtered and their breasts were taken out for analyses. The quality of the breast meat was evaluated through the physicochemical analyses utilizing the breast for two birds per experimental unit. As for the studied sources, the superiority of the organic sources of selenium from the birds' performance in relation to the inorganic sources was evidenced. The levels of selenium and the sources tested did not influence the quality measures of evaluated carcasses. There is the need for selenium supplementation to warrant good performance of modern broilers, the non-supplementation results into general worsening in the birds' performance.



### 3 INTRODUÇÃO

A nutrição avícola se caracteriza por seu elevado dinamismo, fator que em conjunto a melhorias na genética dos frangos de corte permite aumentos cada vez maiores nos índices produtivos. Porém, esses benefícios requerem um alto custo metabólico do organismo das aves, o que pode predispor estes animais ao surgimento de alterações metabólicas.

Atualmente é sabido que, além da busca por melhores índices produtivos, existe uma preocupação global com as questões ambientais, ou seja, garantir a produtividade animal com responsabilidade para os seres humanos, animal e seu meio.

O Selênio (Se) ocorre em todos os tecidos do corpo animal, desta forma, no momento em que o valor dos produtos animais enriquecidos por este mineral vem sendo usados como estratégia de melhoria de produção e qualidade de produtos, a suplementação dietética desse mineral na forma orgânica tem recebido importante destaque na indústria nutricional. O uso de fontes orgânicas de Se tem evidenciado maiores benefícios quando comparado com as fontes inorgânicas (Duarte, 2002).

Estudos atuais vêm evidenciando o Se como um elemento essencial na nutrição animal e, a partir dessa afirmação, muitas pesquisas vem sendo direcionadas para verificação de seu papel como prevenção especialmente de doenças carenciais em animais, doenças essas causadoras de grandes prejuízos para a indústria de produção animal.

O NRC (1994) traz como recomendação de suplementação 0,150 ppm de Se para melhor desempenho dos frangos de corte porém, algumas pesquisas tem evidenciado a necessidade de maiores níveis.

O objetivo do presente experimento foi testar diferentes fontes e níveis de suplementação de Se em frangos de corte, avaliando-se o desempenho das

aves e características físico-químicas da carne do peito, como o pH, cor, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local e período do experimento**

O ensaio foi desenvolvido em galpão convencional de frangos de corte do setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, localizada no município de Lavras, estado de Minas Gerais, no período de maio a julho de 2008.

### **4.2 Tratamentos, procedimentos e variáveis analisadas**

Neste ensaio foram utilizados 1470 pintos de um dia machos Cobb-500, distribuídos em 49 parcelas experimentais, onde receberam sete tratamentos com sete repetições, sendo a repetição representada por 30 aves, utilizando o sistema de boxes (2,00 x 1,50 m) e cama (cepilho de madeira). Os tratamentos foram constituídos de suplementação de selênio (Se) em dois níveis - 0,150 e 0,300 ppm, três fontes, sendo uma inorgânica (Selenito de Sódio, 45,6%) e duas orgânicas (Seleno-levedura) (Fonte A - 2000 ppm e Fonte B - 1000 ppm) e um tratamento controle negativo, sem suplementação.

Para o tratamento controle, a partir da segunda semana, houve a necessidade de adição emergencial suplementar contínua de 0,05 ppm de Se na ração, visando estabilização da mortalidade.

As rações foram à base de milho e farelo de soja (Tabela 1) suplementadas com vitaminas e minerais com exceção do Se, sendo adicionado de acordo com os tratamentos experimentais e formuladas seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2005). A composição em Se analisado nas rações experimentais encontram-se descritas na Tabela 2.

TABELA 1 Composição percentual das rações basais para frangos de corte de acordo com as fases de criação.

<b>Ingredientes</b>	<b>1 a 7 dias</b>	<b>8 a 21 dias</b>	<b>22 a 33 dias</b>	<b>34 a 42 dias</b>
Milho	54,713	58,000	61,248	65,265
Farelo de soja - 46%	38,656	35,656	31,664	27,045
Óleo vegetal	2,149	2,430	3,322	4,146
Fosfato bicálcico	1,981	1,840	1,694	1,505
Calcário calcítico*	0,920	0,880	0,843	0,806
Sal comum	0,510	0,490	0,472	0,450
Supl. Vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Supl. Mineral <sup>2</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
DL-metionina 99%	0,340	0,231	0,223	0,202
L-lisina, 99%	0,295	0,150	0,176	0,213
L-treonina, 98%	0,113	0,000	0,035	0,045
Salinomicina, 12%	0,050	0,050	0,050	0,050
Colistina sulfato, 8%	0,013	0,013	0,013	0,013
Colina cloreto, 70%	0,030	0,030	0,030	0,030
Caulin*	0,030	0,030	0,030	0,030
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição nutricional calculada</b>				
Energia Metabolizável, kcal/kg	2950	3000	3100	3200
Proteína Bruta, %	22,04	20,96	19,41	17,98
Metionina+Cistina, digestível %	0,944	0,814	0,773	0,714
Lisina, digestível %	1,330	1,148	1,073	0,992
Treonina, digestível %	0,865	0,717	0,697	0,645
Triptofano, digestível %	0,249	0,235	0,182	0,191
Cálcio, %	0,939	0,884	0,824	0,761
Fósforo disponível, %	0,470	0,442	0,411	0,379
Sódio, %	0,223	0,214	0,205	0,195
<b>Composição nutricional analisada<sup>3</sup></b>				
Proteína Bruta <sup>3</sup> , %	22,09	20,57	19,68	18,05
Cálcio <sup>3</sup> , %	0,943	0,876	0,819	0,775
Fósforo disponível, %	0,462	0,4501	0,421	0,383
Sódio, %	0,230	0,218	0,212	0,186
Selênio <sup>4</sup> , ppm	0,034	0,044	0,049	0,037

<sup>1</sup>Suplementando por kg de ração: Vit. A 12.000 UI, Vit. D3 2400 UI, Vit. E 40 UI, Vit. K 31,8 mg, Vit. B<sub>1</sub> 2,5 mg, Vit. B<sub>2</sub> 4,0 mg, Vit. B<sub>6</sub> 2,0 mg, Vit. B<sub>12</sub> 15 µg, Biotina 60 µg, Niacina 30 mg, Ácido Fólico 1,8 mg.

<sup>2</sup>Suplementando por kg de ração: Ferro 80 mg, Zinco 70 mg, Manganês 70 mg, Iodo 1 mg, Cobre 10 mg.

<sup>3</sup>Análises realizadas no laboratório de Pesquisa Animal – DZO/UFLA.

<sup>4</sup>Analisado por espectrometria de absorção atômica com sistema de gerador de hidretos no DQI/UFSM - RS

\* Veículos utilizados para inclusão dos tratamentos.

TABELA 2 Composição analisada de Se nas rações experimentais.

Fase/ dias	Nível de suplementação, ppm <sup>1</sup>					
	Selenito de Sódio <sup>2</sup>		Fonte A <sup>3</sup>		Fonte B <sup>4</sup>	
	0,150	0,300	0,150	0,300	0,150	0,300
1 - 7	0,180	0,340	0,190	0,370	0,190	0,350
8 - 21	0,170	0,360	0,180	0,380	0,180	0,340
22 - 33	0,160	0,290	0,170	0,310	0,140	0,280
34 - 42	0,180	0,330	0,190	0,350	0,130	0,280

<sup>1</sup>Análises realizadas no laboratório de Química - DQI/UFLA.

<sup>2</sup>Part. N.º. FT025414 (Val.10/09/08); <sup>3</sup> Part. N.º. QC150106 (Val.15/10/08); <sup>4</sup> Part. N.º J125445 (Val.25/12/08).

As rações experimentais foram misturadas em misturador do tipo duplo cone em aço inoxidável (200 litros) até a fase de sete dias e, a partir desta data, misturador do tipo vertical com capacidade de 300 kg, com corpo em pvc (polivinil cloreto) e rosca em aço inoxidável. As fontes de Se foram adicionadas através de pré-misturas, onde preparou-se um suplemento de Se (Selemix), utilizando o caulim e calcário calcítico como veículo.

Foi utilizado um programa de alimentação com quatro rações (1 a 7, 8 a 21, 22 a 33, 34 a 42 dias de idade das aves), segundo recomendação de Rostagno et al. (2005) para alto desempenho, sendo a água e alimentação fornecidas *ad libitum*. O desempenho (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar e viabilidade) foi avaliado ao final de cada fase de criação, até o período total (1 - 42 dias), efetuando-se a pesagem das aves por boxe e das rações (fornecida e sobra). Ao final do experimento (42 dias), três aves por parcela foram submetidas a jejum por 6 horas, abatidas por insensibilização elétrica seguido de deslocamento cervical, sendo necropsiadas para observação de possíveis alterações.

A qualidade da carne do peito foi avaliada no Departamento de Ciências dos Alimentos - UFLA, através das análises físico-químicas utilizando o peito de duas aves por unidade experimental e descongelados a uma temperatura de 4 °C. As amostras de peito foram analisadas quanto ao pH, cor objetiva, perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC). O pH foi medido utilizando potenciômetro Digimed DM-20 de forma direta, sensibilidade 0,01 de pH dotado de eletrodo de punção penetrado na massa muscular e dispositivo calibrador de temperatura. Os valores de pH de cada amostra foram obtidos a partir das médias de seis leituras (replicatas), em diferentes posições.

A leitura da cor foi realizada na superfície dos peitos expostos por 30 minutos ao ar ambiente, fazendo-se uso de um colorímetro *Chroma Meters CR-300* (Konica Minolta Sensing Inc.). Para o cálculo dos índices de cor foi estabelecido o iluminante D65, o ângulo de 10° para o observador e o sistema de cor CIELAB. Os índices de cor luminosidade ( $L^*$ ), índice de vermelho ( $a^*$ ) e índice de amarelo ( $b^*$ ) foram obtidos considerando-se o valor médio de seis leituras realizadas em diferentes pontos do músculo. A saturação ( $C^*$ ) e o ângulo de tonalidade ( $h^*$ ) também foram calculados a partir dos índices de cor, da seguinte forma:  $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  e  $h^* = \arctan(b^*/a^*)$ . Após as leituras de cor objetiva, os peitos foram desossados e os músculos *pectoralis major* separados, pesados e envolvidos em papel alumínio. Em seguida, foram submetidos ao cozimento, em chapa elétrica previamente aquecida à temperatura de  $150 \pm 5$  °C. Após atingirem 35 °C, as amostras foram viradas e mantidas em cozimento até a temperatura interna atingir  $72 \pm 2$  °C. Após o cozimento, o papel alumínio foi retirado e as amostras resfriadas em temperatura ambiente por 30 minutos, quando foram novamente pesadas e o valor de PPC determinado (diferença entre os pesos antes e após o cozimento, convertidas em percentagem).

As amostras cozidas foram, então, cortadas em pedaços com dimensões de 2,0 x 1,0 x 1,0 cm, com o maior comprimento no sentido longitudinal das

fibras musculares, conforme metodologia descrita por Froning & Uijttenboogarte (1988). Após preparo, seis pedaços de cada amostra foram submetidos ao teste de FC, em texturômetro *TA.XT2i Texture Analysis (Stable Micro System Inc.)*, com célula de força de 5 kg, conectado a um computador equipado com o programa *Texture Expert*<sup>®</sup>. As amostras foram cisalhadas, no sentido transversal das fibras musculares, por uma lâmina de corte tipo Warner Bratzler, a uma velocidade de corte de 60 mm/min. O valor médio da FC, expresso em kg, foi determinado pela média das seis leituras.

#### 4.3 Delineamento experimental e análises estatísticas

O ensaio foi planejado em um esquema fatorial 2 x 3 + 1 (suplementação de Se em dois níveis, três fontes de Se e um tratamento controle sem suplementação) e sete repetições, em delineamento experimental inteiramente casualizado. Realizou-se uma análise de variância global de todas as medidas avaliadas, de acordo com o seguinte modelo estatístico.

$$Y_{ijk} = \mu + N_i + F_j + (NF)_{ij} + e_{ijk};$$

onde:

$Y_{ijk}$  = valor observado no nível i, na fonte j, na unidade experimental k;

$\mu$  = média geral;

$N_i$  = efeito do nível i, com i = 1 e 2;

$F_j$  = efeito do fonte j, com j = 1, 2 e 3;

$(NF)_{ij}$  = efeito da interação entre o nível i e a fonte j;

$e_{ijk}$  = efeito do erro experimental associado à observação de ordem ijk.

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o pacote computacional Sisvar (Ferreira, 2000), sendo as médias dos tratamentos com relação às fontes de Se comparadas através do teste SNK, os níveis de

suplementação pelo teste F da análise de variância e todos os tratamentos com suplementação em relação ao controle negativo, pelo teste de Dunnet. Foi utilizado para todas as comparações o nível de significância de 5% de probabilidade.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Desempenho das Aves

Os resultados de desempenho das aves suplementadas com diferentes fontes e níveis de Se na ração, para a fase de 1 a 7 dias de idade, estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 Desempenho de frangos de corte na fase de 1 a 7 dias de idade de acordo com níveis e fontes de Se nas rações.

Fonte <sup>1</sup>	Nível de Selênio (mg/kg) <sup>1</sup>		Média
	0,150	0,300	
<b>Consumo de Ração (g/ave)</b>			
<b>Selenito Sódio</b>	126	126	126
<b>Fonte A</b>	127	125	126
<b>Fonte B</b>	124	126	125
<b>Média</b>	126	126	
<b>Controle*</b>		121	
<b>Erro Padrão</b>		2,55	
<b>CV, %</b>		5,4	
<b>Ganho de Peso (g/ave)</b>			
<b>Selenito Sódio</b>	112	113	113
<b>Fonte A</b>	114	115	114
<b>Fonte B</b>	116	118	117
<b>Média</b>	114	115	
<b>Controle*</b>		109	
<b>Erro Padrão</b>		2,68	
<b>CV, %</b>		6,24	
<b>Conversão alimentar (kg/kg)</b>			
<b>Selenito Sódio</b>	1,125	1,115	1,120
<b>Fonte A</b>	1,114	1,087	1,100
<b>Fonte B</b>	1,070	1,068	1,070
<b>Média</b>	1,103	1,100	
<b>Controle*</b>		1,120	
<b>Erro Padrão</b>		0,023	
<b>CV, %</b>		5,44	

<sup>1</sup> Médias não diferem estatisticamente (p>0,05).

\* Ração controle contendo 0,031 ppm de Se proveniente da matriz nutricional.

Não houve interação ou efeito dos níveis de Se e de suas fontes ( $p>0,05$ ) sobre as características de desempenho avaliadas na fase de 1 a 7 dias de idade. As aves do tratamento controle quando comparadas com as aves dos demais tratamentos não apresentaram diferenças significativas ( $p>0,05$ )

Nesta fase, se supõe que existe uma boa contribuição de Se proveniente do ovo da matriz, que atende as necessidades práticas deste microelemento durante a primeira semana de vida dos pintinhos, haja vista que a não suplementação de Se resultou em desempenho semelhante aos tratamentos que receberam suplementação. De acordo com Utterback et al. (2005), a reserva de Se no ovo (clara e gema) corresponde a 30% das exigências de Se nas aves, preconizados pelo NRC (1994) em 0,150 ppm.

Os resultados de desempenho das aves suplementadas com diferentes fontes e níveis de Se na ração, para a fase de 1 a 21 dias de idade, estão apresentados na Tabela 4, onde se observa que houve interação significativa ( $p<0,05$ ) entre fontes e níveis de suplementação de Se sobre o consumo de ração pelas aves. As médias das aves do tratamento controle, quando comparadas isoladamente às médias dos demais tratamentos, apresentaram diferenças significativas ( $p<0,05$ ), mostrando a necessidade de suplementação deste mineral para as aves neste período avaliado.

Independentemente da fonte, a suplementação dietética em 0,300 ppm proporcionou maiores consumos de ração pelas aves. Em contrapartida, independentemente do nível suplementar, a fonte inorgânica proporcionou menores consumos em relação às fontes orgânicas, as quais proporcionaram consumos de ração pelas aves semelhantes entre si, dentro dos níveis estudados.

TABELA 4 Desempenho de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade de acordo com níveis e fontes de Se nas rações.

Fonte <sup>2</sup>	Nível de Selênio (mg/kg) <sup>1</sup>		Média
	0,150	0,300	
<b>Consumo de ração (g/ave)</b>			
Selenito Sódio	768*bB	1087*bA	927
Fonte A	1143*aB	1287*aA	1215
Fonte B	1163*aB	1285*aA	1224
Média	1024	1219	
Controle <sup>3</sup>		666	
Erro Padrão		16,4	
CV, %		4,12	
<b>Ganho de peso (g/ave)</b>			
Selenito Sódio	564*bB	834*bA	803
Fonte A	909*aB	1062*aA	956
Fonte B	883*aB	1080*aA	979
Média	866	990	
Controle <sup>3</sup>		360	
Erro Padrão		15,88	
CV, %		5,16	
<b>Conversão alimentar (kg/kg)</b>			
Selenito Sódio	1,360*bA	1,304*bA	1,332
Fonte A	1,258*aA	1,217*aA	1,237
Fonte B	1,318*abB	1,164*aA	1,241
Média	1,312	1,228	
Controle <sup>3</sup>		1,856	
EP		0,025	
CV, %		4,98	
<b>Viabilidade (%)</b>			
Selenito Sódio	97,6*	98,6*	98
Fonte A	97,1*	98,1*	98
Fonte B	95,8*	96,2*	96
Média	97	98	
Controle <sup>3</sup>		80	
Erro Padrão		1,65	
CV, %		4,6	

\* Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnet (p<0,05).

<sup>1</sup> Médias minúsculas seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente SNK (p<0,05).

<sup>2</sup> Médias maiúsculas seguidas de letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste F (p<0,05).

<sup>3</sup> 0,04 ppm de Se via matriz nutricional + suplementação de 0,05 ppm.

Os resultados de consumo de ração para esta fase não corroboram com os encontrados por Moreira et al. (2001), que não observaram diferenças

significativas no consumo de ração em frangos aos 21 dias, quando suplementados com fonte orgânica e inorgânica de Se até o nível de suplementação de 0,750 ppm.

Tanto no presente experimento quanto nos resultados do autor supracitado, observou-se menor consumo de ração pelas aves submetidas ao tratamento controle, o que explica a essencialidade do Se nas primeiras semanas de idade, visto a necessidade de conferir suporte ao desenvolvimento locomotor e metabólico para manutenção de um desempenho normal e satisfatório.

Da mesma forma, observou-se interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre fontes e níveis de suplementação de Se sobre o ganho de peso das aves aos 21 dias de idade.

Assim como observado para o consumo de ração, o ganho de peso médio das aves do tratamento controle, quando comparado isoladamente às médias dos demais tratamentos, foi inferior, reflexo do baixo consumo de ração observado para esta fase. Estes resultados corroboram com o observados por Moreira et al. (2001).

O desdobramento da interação mostrou que, independentemente da fonte de Se, o nível suplementar dietético de 0,300 ppm proporcionou maiores ganhos de peso das aves quando comparado ao nível de 0,150 ppm.

Os resultados também indicaram que as aves recebendo as fontes orgânicas, obtiveram pesos semelhantes entre si e melhores ganhos de peso em relação aquelas que receberam a fonte inorgânica, independentemente do nível suplementar.

Moreira et al. (2001) também observaram em seu experimento com frangos aos 21 dias, maior ganho de peso nas aves suplementadas com Se orgânico comparado as suplementadas com Se inorgânico, independentemente dos níveis. O mesmo não foi observado por Ali et al. (1997) estudando a

necessidade de Se para frangos de corte alimentados a base de milho e farelo de soja até os 21 dias.

Estudando diferentes níveis e fontes de Se (orgânica e inorgânica) em frangos de corte, Yoon et al. (2007) não encontraram diferenças significativas entre níveis e fontes para o ganho de peso das aves aos 21 dias de idade, resultados contrários aos obtidos no presente experimento.

Também para a conversão alimentar notou-se interação ( $p < 0,05$ ) entre fontes e níveis de suplementação de Se em que as fontes orgânicas proporcionaram conversão alimentar semelhantes entre si, dentro de cada nível suplementar estudado, apresentando melhor conversão alimentar quando comparado à fonte inorgânica independentemente do nível suplementar de Se.

Por outro lado, a fonte orgânica B, dentro do nível de 0,300 ppm, resultou em melhora na conversão alimentar das aves quando comparado ao nível suplementar de 0,150 ppm.

Moreira et al. (2001), não encontraram diferenças significativas na conversão alimentar independentemente das fontes e níveis de Se suplementado em frangos de corte aos 21 dias, estando os resultados encontrados para conversão alimentar das aves, neste experimento, diferentes dos encontrados pelo autor supracitado.

Os resultados obtidos nesta pesquisa também são diferentes dos estudos de Payne & Southern (2005), onde avaliando fontes orgânicas (selênio levedura) e inorgânica (selenito de sódio) de Se no estado da Louisiana (EUA), não encontrando diferenças significativas para conversão alimentar em frangos de corte suplementados com 0,42 ppm até os 17 dias de idade.

Estudando diferentes níveis e fontes de Se (orgânica e inorgânica) em frangos de corte, Yoon et al. (2007) não encontraram diferenças significativas entre níveis e fontes para conversão alimentar em aves aos 21 dias de idade, resultados que também divergem dos obtidos no presente experimento.

As médias das aves submetidas ao tratamento controle, quando comparadas isoladamente às médias dos demais tratamentos, apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). A piora na conversão alimentar das aves do tratamento controle, quando comparado aos demais, ficou explícita nos resultados apresentados, sendo reflexo do baixo consumo de ração e o ganho de peso das aves observado para esta fase. Estes resultados não corroboram com os observados por Moreira et al. (2001).

Não houve interação significativa ( $p > 0,05$ ) entre fontes e níveis de suplementação de Se sobre a viabilidade das aves aos 21 dias de idade. As médias da viabilidade das aves do tratamento controle, quando comparadas isoladamente com as dos demais tratamentos, apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), onde o tratamento controle apresentou pior viabilidade.

Em síntese, a comparação do tratamento controle com os demais tratamentos em que houve suplementação de Se, verificou-se piora das aves para todas as características de desempenho aos 21 dias, indicando a essencialidade de suplementar esse micromineral na ração das aves.

Quando se avaliou o desempenho (Tabela 5) das aves suplementadas com diferentes fontes e níveis de Se na ração, para a fase de 1 a 33 dias de idade, encontrou-se interação significativa ( $p < 0,05$ ) das fontes e níveis de suplementação de Se sobre o consumo de ração.

Em contrapartida, independentemente do nível suplementar, a fonte inorgânica resultou em menores consumos de ração pelas aves. As aves suplementadas com fontes orgânicas tiveram resultados de consumo de ração semelhantes entre si dentro dos níveis estudados.

TABELA 5 Desempenho de frangos de corte na fase de 1 a 33 dias de idade de acordo com níveis e fontes de Se nas rações.

Fonte <sup>2</sup>	Nível de Selênio (mg/kg) <sup>1</sup>		Média
	0,150	0,300	
<b>Consumo de ração (g/ave)</b>			
<b>Selenito Sódio</b>	1898* <i>b</i> B	2541* <i>b</i> A	2219
<b>Fonte A</b>	2465* <i>a</i> B	2887* <i>a</i> A	2676
<b>Fonte B</b>	2473* <i>a</i> B	2831* <i>a</i> A	2652
<b>Média</b>	2278	2753	
<b>Controle<sup>3</sup></b>		1524	
<b>Erro Padrão</b>		27,5	
<b>CV, %</b>		3,06	
<b>Ganho de peso (g/ave)</b>			
<b>Selenito Sódio</b>	1135* <i>c</i> B	1703* <i>b</i> A	1419
<b>Fonte A</b>	1698* <i>a</i> B	1997* <i>a</i> A	1847
<b>Fonte B</b>	1631* <i>b</i> B	2002* <i>a</i> A	1816
<b>Média</b>	1488	1900	
<b>Controle<sup>3</sup></b>		856	
<b>EP</b>		22,65	
<b>CV, %</b>		3,81	
<b>Conversão alimentar (kg/kg)</b>			
<b>Selenito Sódio</b>	1,671* <i>b</i> B	1,493* <i>a</i> A	1,582
<b>Fonte A</b>	1,452* <i>a</i> A	1,446* <i>a</i> A	1,449
<b>Fonte B</b>	1,518* <i>a</i> B	1,415* <i>a</i> A	1,466
<b>Média</b>	1,547	1,451	
<b>Controle<sup>3</sup></b>		1,792	
<b>Erro Padrão</b>		0,036	
<b>CV, %</b>		6,16	

\* Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnet ( $p < 0,05$ ).

<sup>1</sup> Médias minúsculas seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente SNK ( $p < 0,05$ ).

<sup>2</sup> Médias maiúsculas seguidas de letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste F ( $p < 0,05$ ).

<sup>3</sup> 0,04 ppm de Se via matriz nutricional + suplementação de 0,05 ppm.

Ao avaliar o ganho de peso das aves neste período, encontrou-se interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre fontes e níveis de suplementação de Se, indicando que, independentemente da fonte de Se, o nível suplementar dietético de 0,300 ppm proporcionou maiores ganhos de peso das aves em relação à suplementação de 0,150 ppm.

Os resultados também mostraram que as fontes orgânicas, entre si, proporcionaram ganhos de peso semelhantes das aves que receberam o nível

suplementar dietético de 0,300 ppm, sendo este ganho superior ao daquelas que receberam a fonte inorgânica. Com relação ao nível suplementar de 0,150 ppm, a fonte orgânica A promoveu maior ganho de peso, comparativamente a fonte orgânica B e inorgânica. Neste nível de suplementação, a utilização de Se na forma inorgânica resultou em ganhos de peso das aves inferiores em relação as fontes orgânicas.

Para a conversão alimentar, houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre fontes e níveis de suplementação de Se no período de 1 a 33 dias de idade, observando que a conversão alimentar das aves recebendo o nível suplementar de 0,300 ppm, foi semelhante, independentemente da fonte de Se utilizada, o mesmo sendo observado para as fontes orgânicas dentro do nível suplementar de 0,150 ppm. Neste nível de suplementação, a fonte inorgânica proporcionou pior conversão alimentar das aves.

No nível de 0,300 ppm suplementar, a fonte orgânica B e a fonte inorgânica proporcionaram melhor conversão alimentar das aves quando comparada ao nível de suplementação de 0,150 ppm. Para o nível suplementar dietético de 0,150 ppm, fato não observado para a fonte A.

Com relação à comparação do tratamento controle com os tratamentos em que houve suplementação de Se, verificou-se piora das aves recebendo a ração sem suplementação para todas as características de desempenho aos 33 dias ( $p < 0,05$ ).

Quando se avalia os resultados de desempenho no período total de criação (1 a 42 dias), observa-se que, com exceção da viabilidade (Tabela 6) houve interação ( $p < 0,05$ ).

Houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre fontes e níveis de suplementação de Se para as demais características analisadas aos 42 dias de idade.



TABELA 6 Desempenho de frangos de corte na fase de 1 a 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de Se nas rações.

Fonte <sup>2</sup>	Nível de Selênio (mg/kg) <sup>1</sup>		Média
	0,150	0,300	
<b>Consumo de ração (g/ave)</b>			
<b>Selenito Sódio</b>	3619* <b>bB</b>	4936* <b>bA</b>	4277
<b>Fonte A</b>	4731* <b>aB</b>	5601* <b>aA</b>	5166
<b>Fonte B</b>	4677* <b>aB</b>	5583* <b>aA</b>	5130
<b>Média</b>	4342	5373	
<b>Controle<sup>3</sup></b>		3525	
<b>EP</b>		50,97	
<b>CV, %</b>		2,92	
<b>Ganho de peso (g/ave)</b>			
<b>Selenito Sódio</b>	1881* <b>cB</b>	2892* <b>bA</b>	2386
<b>Fonte A</b>	2878* <b>aB</b>	3270* <b>aA</b>	3074
<b>Fonte B</b>	2699* <b>bB</b>	3322* <b>aA</b>	3010
<b>Média</b>	2486	3161	
<b>Controle<sup>3</sup></b>		1770	
<b>Erro Padrão</b>		51,08	
<b>CV, %</b>		5,01	
<b>Conversão Alimentar (kg/kg)</b>			
<b>Selenito Sódio</b>	1,926* <b>cB</b>	1,707* <b>aA</b>	1,816
<b>Fonte A</b>	1,645* <b>aA</b>	1,716* <b>aA</b>	1,680
<b>Fonte B</b>	1,735* <b>bA</b>	1,684* <b>aA</b>	1,709
<b>Média</b>	1,768	1,702	
<b>Controle<sup>3</sup></b>		1,995	
<b>Erro Padrão</b>		0,036	
<b>CV, %</b>		5,61	
<b>Viabilidade (%)</b>			
<b>Selenito Sódio</b>	90,0*	91,0*	90,5
<b>Fonte A</b>	87,2*	92,0*	89,5
<b>Fonte B</b>	88,7*	85,4*	87,1
<b>Média</b>	88,6	89,4	
<b>Controle<sup>3</sup></b>		41,4	
<b>Erro Padrão</b>		2,06	
<b>CV, %</b>		7,19	

\* Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnet (p<0,05).

<sup>1</sup> Médias minúsculas seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente SNK (p<0,05).

<sup>2</sup> Médias maiúsculas seguidas de letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste F (p<0,05).

<sup>3</sup> 0,03 ppm de Se via matriz nutricional + suplementação de 0,05 ppm.

Considerando o período total de criação das aves (1 a 42 dias), verificou-se, para o consumo de ração, efeitos semelhantes às fases anteriores com exceção para o período de 1 a 7 dias de idade.

Independentemente da fonte, a suplementação dietética em 0,300 ppm de Se proporcionou maiores consumos de ração pelas aves. Em contrapartida, independentemente do nível suplementar, a fonte inorgânica proporcionou menores consumos. As aves suplementadas com fontes orgânicas tiveram resultados de consumo de ração semelhantes ( $p > 0,05$ ) entre si dentro dos níveis estudados.

Os resultados para ganho de peso das aves foram semelhantes aos observados para o período de 1 a 33 dias de idade para ambos os níveis de suplementação e fontes de Se. O desdobramento da interação indicou que, independentemente da fonte de Se, o nível suplementar dietético de 0,300 ppm proporcionou maiores ganhos de peso das aves.

Os resultados também indicaram que as fontes orgânicas, entre si, proporcionaram melhores ganhos de peso das que receberam o nível suplementar dietético de 0,300 ppm de Se. Com relação ao nível suplementar de 0,150 ppm, a fonte orgânica A promoveu maior ganho de peso das aves comparativamente à fonte orgânica B e inorgânica. A fonte inorgânica, independentemente do nível suplementar, resultou em ganho de peso inferiores das aves.

Após desdobramento da interação observou-se que as fontes de Se utilizadas ocasionaram às aves conversão alimentar semelhantes entre si para o nível suplementar de 0,300 ppm. Com relação ao nível suplementar de 0,150 ppm, a fonte orgânica A promoveu melhor conversão alimentar das aves comparativamente a fonte orgânica B e inorgânica.

Para o nível suplementar dietético de 0,150 ppm, a fonte inorgânica levou as aves a uma piora na conversão alimentar.

Os resultados observados neste experimento para ganho de peso das aves corroboram com os encontrados por Moreira et al. (2001) em frangos de corte aos 42 dias, onde observaram melhores ganhos de peso para a fonte orgânica. Estes mesmos autores não observaram diferenças na conversão alimentar das aves suplementadas com diferentes fontes e níveis de Se, o que contradiz aos resultados deste trabalho.

Embora não tenham existido diferenças na conversão alimentar quando comparado as fontes utilizadas em seu maior nível, ficou nítida a maior eficiência das fontes orgânicas em promover maior consumo de ração e, por consequência, maior ganho de peso.

Esta superioridade vem como reflexo da fase inicial (1 a 21 dias), onde as aves suplementadas com 0,300 ppm de Se orgânico também apresentaram maior consumo de ração, maior ganho de peso e melhor conversão alimentar, evidenciando a fonte orgânica como melhor promotora da estabilidade metabólica, impulsionando as aves a uma melhor adaptação aos desafios inerentes ao sistema de produção, promovendo melhor desempenho.

Isso se deve ao fato, provavelmente, da potencialidade das fontes orgânicas em combater a ação destruidora de células, promovida pelos radicais livres, através da ativação da Glutathione Peroxidase e, também, pelo desvio e agregação do Se nos tecidos, evitando a sobrecarga hepática potencialmente tóxica já conhecida quando utilizada fontes inorgânicas, deixando o fígado com baixa deposição residual de Se e mais apto aos demais metabolismos vitais envolvidos no crescimento e desenvolvimento.

Rutz et al. (1990), em trabalho estudando a suplementação de Se e riboflavina para frangos de corte, encontraram efeitos significativos para consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, dados estes que corroboram com os encontrados neste estudo.

Os dados de desempenho obtidos neste experimento não estão de acordo com os resultados obtidos por Cantor et al. (1997), que mencionam não terem verificado diferenças para consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar em frangos de corte suplementados com Se nas formas orgânicas e inorgânicas, o mesmo acontece com os resultados obtidos por Duarte et al. (2004), Silva et al. (2004), Ryu et al. (2005) e Yoon et al. (2007).

No entanto, Moksnes & Norheim (1982), estudando fontes e níveis suplementares de selênio, observaram que concentrações de 1, 2, e 4 ppm de Se inorgânico também não influenciaram no peso corporal das aves, porém, o consumo de ração e o ganho de peso foram menores quando as aves foram alimentados com 9 ppm de selenito de sódio, o que sugere intoxicação neste nível.

Com relação à comparação do tratamento controle com os tratamentos em que houve suplementação de Se, verificou-se piora das aves recebendo a ração sem suplementação para todas as características de desempenho aos 42 dias ( $p < 0,05$ ).

Payne & Southern (2005), avaliando fontes orgânicas e inorgânicas de Se suplementar em frangos de corte no estado da Louisiana (EUA), não encontraram diferenças significativas para viabilidade entre o tratamento controle (sem suplementação) e os tratamentos com suplementação de Se, ressaltando que o Se analisado na ração basal foi de 0,180 ppm.

No presente experimento, o Se analisado na ração basal foi em média 0,041 ppm. É sabido que os níveis de Se no solo estão diretamente relacionados aos níveis de Se incorporado nas plantas e, por consequência, interferindo nos níveis incorporados no organismo dos animais que utilizam essas matérias primas como alimento. Esta afirmação sugere, em função da baixa ingestão de Se observado, o comprometimento metabólico fisiológico e, por consequência,

piora geral no desempenho das aves, influenciando diretamente na menor viabilidade do tratamento controle quando comparado aos demais tratamentos.

Com relação à comparação do tratamento controle e os tratamentos com suplementação de Se, verificou-se piora das aves para todas as características de desempenho aos 42 dias, indicando a essencialidade desse micromineral.

Conforme citado, houve a necessidade de suplementação de 0,05 ppm de Se no início da segunda semana de vida, visto a alta mortalidade das aves. Após suplementação houve redução na mortalidade, no entanto, observou-se piora no desempenho no decorrer das fases assim, acredita-se que a matriz nutricional não foi eficiente no fornecimento de Se a partir da segunda semana o que, mesmo após suplementação emergencial contínua durante as demais fases, houve um reflexo dessa carência especialmente na ingestão de nutrientes, ocasionando no metabolismo das aves transtornos irreparáveis, podendo ser visualizado danos a sistemas vitais, como o sistema locomotor, termoregulatório e imunitário, desencadeando distúrbios relacionados a formação óssea, empenamento e síndrome ascítica.

De forma geral, analisando o consumo de ração e ganho de peso nas fases de 1 a 33 e 1 a 42 dias, os resultados encontrados estão diretamente relacionados a temperatura de criação das aves, ao programa de alimentação utilizado e podem, especialmente, serem reflexos da suplementação de 0,300 ppm de Se dietético. Embora não tenham sido realizadas análises específicas sobre possíveis alterações nos hormônios da tireóide e de crescimento (testosterona), alterações nestes não podem ser descartadas ao se considerar a relação do Se no metabolismo dos mesmos.

Mais uma vez estas observações destacam a importância desse mineral na nutrição das aves. Estes resultados também indicam que apesar do Se ser um microelemento e não estar diretamente relacionado às teorias de controle de

consumo pela ave, ainda assim, exerce influência significativa no nível de consumo de ração, afetando com isto o desempenho.

## **5.2 Qualidades Físico-químicas da Carne do Peito**

Nas tabelas 7 e 8 estão apresentados os resultados referentes a qualidade físico-químicas da carne do peito dos frangos de corte aos 42 dias.

Não houve interação, bem como diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) para as fontes e níveis de suplementação de Se, incluindo o tratamento controle, sobre as qualidades físico-químicas da carne de peito (pH, perda de peso por cozimento - PPC, força de cisalhamento - FC e coloração).

Os resultados observados neste experimento estão de acordo com as observações de Ryu et al. (2005) que, mesmo ao suplementar a ração com níveis crescentes de Se inorgânico e  $\alpha$ -tocoferol, não encontraram interações nos valores de cor objetiva do peito e das coxas de frangos, mesmo após estocagem refrigerada de 12 dias.

Skrivanová et al. (2007) também não observaram diferenças nos índices de cor de carnes de vitelas não suplementadas e suplementadas com Se inorgânico e Se +  $\alpha$ -tocoferol. Entretanto, Boiago et al. (2007a) encontraram valores de luminosidade ( $L^*$ ) menores para frangos suplementados com 0,3 ppm de Se orgânico na ração, quando comparado com o Se inorgânico, embora para os demais índices de cor, nenhuma alteração significativa tenha sido observada. O mesmo foi observado por Mahan et al. (1999) quando da suplementação de suínos.

TABELA 7 Qualidade físico-químicas do peito das aves aos 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de Se nas rações.

Fonte*	Nível de Selênio (mg/kg)*		Média
	0,150	0,300	
	<b>pH</b>		
<b>Selenito Sódio</b>	5,88	5,93	5,9
<b>Fonte A</b>	5,94	5,90	5,9
<b>Fonte B</b>	5,86	5,91	5,8
<b>Média</b>	5,89	5,91	
<b>Controle</b>		5,9	
<b>Erro Padrão</b>		0,0316	
<b>CV, %</b>		1,42	
	<b>Perda de Peso por Cozimento – PPC (%)</b>		
<b>Selenito Sódio</b>	25,84	25,23	25,53
<b>Fonte A</b>	26,55	28,38	24,46
<b>Fonte B</b>	27,81	24,15	25,98
<b>Média</b>	26,73	25,92	
<b>Controle</b>		27,96	
<b>Erro Padrão</b>		1,3185	
<b>CV, %</b>		13,13	
	<b>Força de Cisalhamento – FC (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>		
<b>Selenito Sódio</b>	2,17	2,27	2,22
<b>Fonte A</b>	2,27	2,50	2,38
<b>Fonte B</b>	2,31	2,27	2,29
<b>Média</b>	2,25	2,34	
<b>Controle</b>		2,73	
<b>Erro Padrão</b>		0,15032	
<b>CV, %</b>		16,87	

\* Médias não diferem estatisticamente (p>0,05).

TABELA 8 Qualidade físico-químicas do peito das aves aos 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de Se nas rações.

Fonte*	Nível de Selênio (mg/kg)*		Média
	0,150	0,300	
	<b>Cor (L)</b>		
<b>Selenito Sódio</b>	42,23	43,29	42,76
<b>Fonte A</b>	43,43	42,88	43,15
<b>Fonte B</b>	44,22	40,35	42,28
<b>Média</b>	42,96	42,17	
<b>Controle</b>		44,38	
<b>Erro Padrão</b>		1,2841	
<b>CV, %</b>		7,91	
	<b>Cor (a)</b>		
<b>Selenito Sódio</b>	3,51	4,51	4,01
<b>Fonte A</b>	4,64	4,14	4,39
<b>Fonte B</b>	4,08	3,87	3,97
<b>Média</b>	4,07	4,17	
<b>Controle</b>		4,9	
<b>Erro Padrão</b>		0,3306	
<b>CV, %</b>		20,64	
	<b>Cor (b)</b>		
<b>Selenito Sódio</b>	4,50	5,11	4,80
<b>Fonte A</b>	4,63	4,88	4,75
<b>Fonte B</b>	4,94	4,15	4,54
<b>Média</b>	4,69	4,71	
<b>Controle</b>		5,28	
<b>Erro Padrão</b>		0,5565	
<b>CV, %</b>		30,76	

\* Médias não diferem estatisticamente ( $p > 0,05$ )

Quanto aos valores de pH, PPC e FC (Tabela 7), os resultados observados para os valores de pH corroboram as observações de Skrivanová et al. (2007) para carne de vitelas. Embora Boiago et al. (2007b) também não tenha encontrado diferenças significativas entre animais suplementados com Se orgânico e inorgânico para o PPC, estes autores observaram maiores valores de pH e menor FC para carne de animais suplementados com a fonte orgânica de Se. Entretanto, os menores valores de FC foram observados em animais



suplementados com níveis de Se maiores (0,5 ppm) do que o utilizado neste experimento.

Segundo Edens (1996), parece provável que o efeito estabilizante do Se também está associado à manutenção da integridade da membrana muscular, resultando em menores perdas de água por gotejamento durante o armazenamento da carne, o que favorece melhores resultados na carne ao se realizar as análises de força de cisalhamento (FC) e perda de peso por cozimento (PPC). A substituição do Se inorgânico pelo Se orgânico, segundo o mesmo autor, resulta em uma série de melhoras na resposta relacionada a antioxidantes, variando desde menor perda por gotejamento no período post mortem até coloração da carne. Estes resultados não foram observados no presente experimento.

## 6 CONCLUSÕES

Nas condições em que este experimento foi conduzido, os resultados sugerem que o nível de suplementação de 0,150 ppm de Se recomendado pelo NRC (1994), em rações a base de milho e farelo de soja, não atende satisfatoriamente as exigências para o melhor desempenho de marcas atuais dos frangos de corte.

Quanto às fontes estudadas, ficou evidenciada a superioridade das fontes orgânicas para o desempenho das aves em relação à inorgânica.

Considerando o desempenho observado para o tratamento controle, fica evidente a importância de suplementação do micromineral Se na dietas de frangos de corte modernos.

Os níveis de Se e as fontes testadas não influenciaram nas medidas de qualidade de carne de peito avaliadas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, J.; LEDOUX, D.R.; BERMUDEZ, A.J.; SUNDE, R.A. Selenium requirement of broilers fed corn-soybean meal diets from day 1 to 21. **Poultry Science**, Champaign, v.76, n.1, p.58-59, 1997. Supplement.

BOIAGO, M.M.; SCATOLINI, A.M.; LEONEL, F.R.; SOUZA, P.A.; SOUZA, H.B.A.; SOUZA, R.A. Coloração da carne do peito de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes fontes e concentrações de selênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 2007a. p.3.

BOIAGO, M.M.; SCATOLINI, A.M.; LEONEL, F.R.; SOUZA, P.A.; SOUZA, H.B.A.; SOUZA, R.A. Características qualitativas da carne do peito de frangos alimentados com diferentes fontes e concentrações de selênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 2007b. p.3.

CANTOR, A.H.; PESCATORE, A.J.; STRAW, M.L.; FORD, M.J.; DUNLAP, M.K. Tissue selenium concentrations of broilers fed diets supplemented with selenized yeast and sodium selenite. **Poultry Science**, Champaign, v.76, n.1, p.60-61, 1997. Supplement.

DUARTE, A.D.; RIBEIRO, C.L.G.; ZAUK, N.H.F. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo selênio orgânico. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPEL-CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 12., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPel, 2004. 1 CD-ROM.

DUARTE, K.F. **Aspectos práticos do metabolismo do selênio e sua importância na nutrição animal e na saúde humana**. 2002. 74p. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

EDENS, F.W. Organic selenium: from feathers to muscle integrity to drip loss: five years onward: no more selenite. In: \_\_\_\_\_. **Biotechnology in the feed industry**. Nottingham: Nottingham University, 1996. v.1, p.165-185.

FERREIRA, D.F. **SISVAR - Sistema para análise de variância**. Lavras: UFLA, 2000. Software.

FRONING, G.W.; UIJTENBOOGAART, T.G. Effect of post mortem electrical stimulation on color, texture, pH and cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breastmeat. **Poultry Science**, Champaign, v.67, n.11, p.1536-1544, Nov. 1988.

MAHAN, D.C.; CLINE, T.R.; RICHERT, B. Effect 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 of Animal Science**, Champaign, v.77, n.3, p.2172-2179, Mar. 1999.

MOKSNES, K.; NORHEIM, G. Se concentrations in tissues and eggs of growing and laying chickens fed sodium selenite at different levels. **Acta Veterinária Scandinavica**, Copenhagen, v.23, n.2, p.368-379, 1982.

MOREIRA, J.; SANTOS, C.D.; ABREU, C.M.P.; BERTECHINI, A.G.; OLIVEIRA, D.F.; CARDOSO, M.G. Efeito de fontes e níveis de selênio na atividade enzimática da glutathione peroxidase e no desempenho de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.3, p.661-666, maio/jun. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy, 1994. 155p.

PAYNE, R.L.; SOUTHERN, L.L. Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.84, n.1, p.898-902, Jan. 2005.

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. **Tabela brasileira para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186p.

RUTZ, F.; CANTOR, A.H.; PESCATORE, A.J.; JOHNSON, T.H. Interaction of dietary riboflavin and selenium on metabolism of floor-raised broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.69, n.1, p.124-128, Jan. 1990.

RYU, Y.C.; RHEE, M.S.; LEE, K.M.; KIM, B.C. Effects of different levels of dietary supplemental selenium on performance, lipid oxidation, and color stability of broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v.84, n.1, p.809-815, Jan. 2005.

SILVA, L.A.; SILVA, R.R.; ZAUK, N.H.F. Características seminais qualitativas em galos recebendo dietas contendo selênio inorgânico suplementado ou não com orgânico. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPel-CIÊNCIAS AGRÁRIA, 12., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPel, 2004. 1 CD-ROM.

SKRIVANOVÁ, E.; MAROUNEK, M.; SMET, S.; RAES, K. Influence of dietary selenium and vitamin E on quality of veal. **Meat Science**, Barking, v.76, n.1, p.495-500, Jan. 2007.

UTTERBACK, P.L.; PARSONS, C.M.; YOON, I.; BUTLER, J. Effect of supplementing selenium yeast in diets of laying hens on egg selenium content. **Poultry Science**, Champaign, v.85, n.2, p.1900-1901, Feb. 2005.

YOON, I.; WERNER, T.M.; BUTLER, J.M. Effect of source and concentration of selenium on growth performance and selenium retention in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v.86, n.1, p.727-730, Jan. 2007.

**CAPÍTULO 3**  
**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS EM FRANGOS DE CORTE**  
**SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES E NÍVEIS DE**  
**SELÊNIO**

## 1 RESUMO

Um experimento foi conduzido na Universidade Federal de Lavras - UFLA, Minas Gerais, com objetivo de avaliar a retenção aparente, a deposição hepática, tecidual e plasmática, bem como a eficiência da enzima Glutathione Peroxidase hepática e plasmática em frangos de corte alimentados com diferentes fontes e níveis de selênio. Utilizou-se 300 pintos machos Cobb - 500 com 14 dias de idade, alojados em 60 gaiolas de metabolismo, submetidos a um esquema fatorial  $3 \times 3 + 1$  (três níveis de selênio - 0,150; 0,300; 0,450 ppm, três fontes comerciais – uma inorgânica e duas orgânicas (A - 2000 ppm e B - 1000 ppm) + um tratamento controle (sem suplementação)), em delineamento inteiramente casualizado, totalizando dez tratamentos e seis repetições de cinco aves. As dietas foram a base de milho e farelo de soja. A partir do primeiro dia de idade as aves receberam rações basais para adaptação (fase pré-experimental), sem suplementação de selênio (período de depleção). Aos 14 dias, com início da fase experimental, as aves receberam as dietas para avaliação da suplementação de níveis e fontes de selênio, por um período de 14 dias, sendo adotado o método de coleta total de excretas nos últimos quatro dias desta fase. No final do período experimental (28 dias) duas aves por parcela foram abatidas, coletando-se os fígados, peitos e sangue para as respectivas análises. O trabalho evidenciou que as retenções de selênio foram relativamente altas para as fontes utilizadas, sendo que o uso da fonte orgânica A, em níveis crescentes, apresentou menor queda na retenção aparente de selênio. As fontes orgânicas participam mais ativamente nas atividades de tecidos de forma geral e a fonte inorgânica, por ter potencialidades de toxidez, é neutralizada no tecido hepático somente. Os resultados evidenciaram que a maior suplementação de selênio possibilitou manutenção na eficiência na atividade da Glutathione Peroxidase hepática somente para a fonte inorgânica. A eficiência desta enzima no plasma foi aumentada linearmente quando se elevou os níveis dietéticos sendo que, para a fonte inorgânica, não houve mudança nesta eficiência.

## 2 ABSTRACT

An experiment was undertaken at the Federal University of Lavras - UFLA, Minas Gerais, with the purpose of evaluating the apparent retention, the hepatic, tissue and plasmatic deposition as well as the efficiency of the enzyme hepatic and plasmatic Glutathione Peroxidase in broiler chickens fed different sources and levels of selenium. 300 male Cobb- 500 chicks aged 14 days housed in 60 metabolism, submitted to a factorial scheme  $3 \times 3 + 1$  (three levels – 0.150; 0.300; 0.450 ppm, three commercial sources –one inorganic and two organic (A – 2,000 ppm and B – 1,000 ppm) + one control treatment without a supplementation) in CRD with ten treatments and six replicates of five birds, the diets were on the basis of corn and soybean. From the first day of age on, the birds were given basal diets on the basis of corn and soybean meal for adaptation (pre-experimental phase), without any supplementation of selenium (depletion period). At 14 days, with the onset of the experimental phase, the birds were given the diets for evaluation of the supplementation of levels and sources of selenium for a period for 14 days, the method of total collection of excreta being adopted in the last four days of this phase. At the end of the experimental period (28 days), two birds per plot were slaughtered, collecting the livers, breasts and blood for the respective analyses. The work stressed that the selenium retentions were relatively high from the utilized sources, being that the use of the organic source A at growing levels presented lower fall in apparent retention of selenium. The organic sources participated more actively in the activities of tissues in general; the inorganic source for having toxicity potentialities is neutralized in the hepatic tissue only. The results stood out that the greatest selenium supplementation enable the maintenance in the efficiency of the activity of hepatic Glutathione Peroxidase only for the inorganic source. The efficiency of this enzyme in plasma was increased linearly when the dietary levels were raised; being that for the inorganic source, there was change in this efficiency.



### 3 INTRODUÇÃO

A suplementação da ração com microminerais há muito é usada no intuito de atender as necessidades nutricionais das aves, com reflexos positivos sobre o desempenho e qualidade dos produtos. Porém, o uso de suplementações de maneira indiscriminada, passam a requerer um alto custo metabólico do organismo da ave, o que acaba predispondo estes animais ao surgimento de alterações metabólicas

Pesquisas sobre fontes e níveis de selênio (Se) tem sido realizadas ao nível mundial, sendo a forma inorgânica tradicionalmente utilizada, no entanto, a forma tida como orgânica foi aprovada para utilização apenas no ano 2000, pelo Food and Drug Administration (FDA). A partir daí, várias fontes de Se leveduras tem sido testadas sob alguns parâmetros fisiológicos importantes, com resultados interessantes para as aves.

Neste contexto, a partir da descoberta da ação do Se em modular a ação da enzima Glutationa Peroxidase (GSH-Px) e que, sua associação com a vitamina E e outros agentes antioxidantes é capaz de reduzir os efeitos destrutivos das reações peroxidativas nas células vivas, muitas pesquisas foram realizadas com estes nutrientes, sendo que mais recentemente foi descoberta a ação sobre radicais livres e peróxidos *in vivo* que podem afetar o desempenho dos aves. Apesar de muitos trabalhos já terem sido realizados com fontes de Se, os resultados ainda são conflitantes quanto aos efeitos de níveis, bem como de fontes de Se em parâmetros fisiológicos em frangos de corte (Moreira et al, 2001).

O objetivo do presente trabalho foi determinar a retenção aparente de Se, deposição de Se hepático, tecidual e plasmático, bem como a eficiência da enzima Glutationa Peroxidase (GSH-Px) hepática e plasmática em frangos de corte alimentados com diferentes fontes e níveis de Se.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local e período do experimento**

O ensaio foi desenvolvido na sala de metabolismo do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, localizada no município de Lavras, estado de Minas Gerais, no período de julho a agosto de 2008. A sala de metabolismo possuía ambiente com controles parciais de temperatura e ventilação.

### **4.2 Tratamentos, procedimentos e variáveis analisadas**

Neste ensaio foram utilizados 300 pintos machos Cobb-500, com 14 dias de idade, alojados em 60 gaiolas experimentais de metabolismo, onde receberam dez tratamentos com seis repetições de cinco aves cada. Os tratamentos foram constituídos de suplementação de Se em três níveis (0,150; 0,300; 0,450 ppm), três fontes, sendo uma inorgânica (Selenito de Sódio - 45,6%) e duas orgânicas (Fonte A 2000 ppm e Fonte B 1000 ppm) e um tratamento controle negativo, sem suplementação.

A partir do primeiro dia de idade as aves receberam uma ração basal para adaptação (fase pré-experimental), sem suplementação de Se (período de depleção). Aos 14 dias, com início da fase experimental, as aves receberam as dietas para avaliação da suplementação de níveis e fontes de Se, por um período de 14 dias, sendo adotado o método de coleta total de excretas. O período de coleta de excretas ocorreu nos últimos quatro dias desta fase, sendo pesado todo o material coletado e armazenado em freezer para análises de Se.

Os dados de análises de Se nas rações e nas excretas foram utilizados para a determinação da retenção aparente de Se (RA), sendo calculada como a

percentagem de Se retido em relação ao consumido  $\{(RA = (\text{consumo de Se} - \text{excreção de Se}) / \text{consumo de Se} * 100)\}$ .

Para o cálculo da retenção aparente, Se depositado no fígado e Plasma e eficiência da enzima Glutathione Peroxidase plasmática foram utilizadas regressões simples (não incluindo o tratamento controle) e para deposição de Se no peito das aves e eficiência da enzima Glutathione Peroxidase hepática, foram utilizadas regressões múltiplas, considerando a linearidade dos resultados (incluindo o tratamento controle e retirando o nível 0,450 ppm). A partir das equações lineares múltiplas de deposição de Se no peito e eficiência enzimática no fígado foram determinadas a biodisponibilidade das fontes, considerando os coeficientes angulares das retas, comparando-se as deposições e eficiência enzimática entre a fonte inorgânica (100%) e as fontes orgânicas, estudadas através da ferramenta estatística *Slope Ratio*.

Logo após o período de coleta, as amostras de excretas foram descongeladas, homogeneizadas, retirada alíquota de 500 g e realizada pré-secagem em estufa ventilada a 55° C por 72 horas. Após realização do procedimento de pré-secagem, as amostras foram moídas em moinho analítico com peneira de 1 mm e acondicionadas em frascos vedados para posteriores análises. Foram coletadas também amostras das rações experimentais utilizadas no período para análise de Se.

A ração basal (Tabela 1) foi suplementada com vitaminas e minerais, com exceção do Se, sendo adicionado de acordo com os tratamentos experimentais e formulada seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2005) para alto desempenho de frangos de corte machos. As composições em Se analisado das rações tratamento encontram-se descritos na Tabela 2.

TABELA 1 Composição percentual da ração basal para frangos de corte na fase de 14 a 28 dias de idade.

<b>Ingredientes</b>	<b>Quantidade</b>
Milho	61,228
Farelo de soja	31,665
Óleo vegetal	3,322
Fosfato bicálcico	1,694
Calcário calcítico*	0,843
Sal comum	0,472
Supl. vitamínico <sup>1</sup>	0,100
Supl. mineral <sup>2</sup>	0,100
DL-metionina 99%	0,223
L-lisina, 99%	0,176
L-treonina, 98%	0,035
Salinomicina, 12%	0,050
Colistina sulfato, 8%	0,013
Colina cloreto, 70%	0,030
Caulin*	0,050
<b>Total</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição nutricional calculada</b>	
Energia Metabolizável, kcal/kg	3100
Proteína Bruta, %	19,41
Metionina + Cistina digestível, %	0,773
Lisina digestível, %	1,073
Treonina digestível, %	0,697
Triptofano digestível, %	0,182
Cálcio, %	0,824
Fósforo disponível, %	0,411
Sódio, %	0,205
<b>Composição nutricional analisada<sup>3</sup></b>	
Proteína Bruta <sup>3</sup> , %	18,97
Cálcio <sup>3</sup> , %	0,858
Selênio <sup>4</sup> , ppm	0,040

<sup>1</sup>Suplementando por kg de ração: Vitamina A 12.000 UI, Vitamina D3 2400 UI, Vitamina E 40 UI, Vitamina K 31,8 mg, Vitamina B<sub>1</sub> 2,5 mg, Vitamina B<sub>2</sub> 4,0 mg, Vitamina B<sub>6</sub> 2,0 mg, Vitamina B<sub>12</sub> 15 µg, Biotina 60 µg, Niacina 30 mg, Ácido Fólico 1,8 mg.

<sup>2</sup>Suplementando por kg de ração: Ferro 80 mg, Zinco 70 mg, Manganês 70 mg, Iodo 1 mg, Cobre 10 mg.

<sup>3</sup>Análises realizadas no laboratório de Pesquisa Animal – DZO/UFLA.

<sup>4</sup>Analisado por espectrometria de absorção atômica com sistema de gerador de hidretos no DQI/UFSM - RS

\* Veículos utilizados para inclusão dos tratamentos.

TABELA 2 Composição analisada de Se nas rações experimentais.

<b>Tratamento</b>	<b>Fase 14 – 28 dias</b>
<b>Selenito de Sódio (ppm)<sup>1</sup></b>	<b>Selênio analisado, ppm*</b>
<b>0,150</b>	0,190
<b>0,300</b>	0,340
<b>0,450</b>	0,410
<b>Fonte A (ppm)<sup>2</sup></b>	
<b>0,150</b>	0,180
<b>0,300</b>	0,320
<b>0,450</b>	0,460
<b>Fonte B (ppm)<sup>3</sup></b>	
<b>0,150</b>	0,160
<b>0,300</b>	0,340
<b>0,450</b>	0,430

\* Análises realizadas no laboratório de Química - DQI/UFLA.

<sup>1</sup> Part. N.º FT025414 (Val.10/09/08); <sup>2</sup> Part. N.º. QC150106 (Val.15/10/08); <sup>3</sup> Part. N.º J125445 (Val.25/12/08).

As rações experimentais foram misturadas em misturador do tipo vertical com capacidade de 300 kg, com corpo em pvc e rosca em aço inoxidável. As fontes de Se foram adicionadas através de pré-misturas, onde preparou-se um suplemento de Se (Selemix), utilizando o caulin e calcário calcítico como veículo. Foi utilizado um programa de alimentação de 14 a 28 dias de idade, sendo a água e ração fornecidas *ad libitum*.

Ao final do período experimental experimental (28 dias de idade), duas aves por parcela foram submetidas a jejum por 6 horas e realizado procedimento de coleta de sangue por punção cardíaca em tubos *vacutainer* de 7 ml com heparina sódica, sendo todo o material coletado centrifugado imediatamente em centrífuga (Sigma 2-5) a 3000x durante 10 minutos. Após finalização do processo, a porção plasmática foi pipetada, acondicionada em microtubo *eppendorf* graduado (1,5 ml) e congelado a -20°C para posteriores análises. Em seguida, as aves foram abatidas por insensibilização elétrica seguido de deslocamento cervical, coletando-se os fígados e peitos. Todo o material foi

pesado e acondicionado em freezer -20° C para posteriores análises de Se e eficiência da enzima Glutathione Peroxidase (GSH-Px).

#### **4.3 Metodologias das análises de precisão**

As análises de conteúdo de Se nas rações foram feitas através de espectrofotometria de absorção atômica em aparelho SpectrAA 2000 (Varian, Austrália), equipado com VGA 77 System para Gerador de Hidretos e lâmpada de cátodo 10 mA (Varian, Melbourne, Austrália). A digestão foi realizada em forno digestor para simples digestão (Merck Darmstadt, Germany).

Para leitura dos conteúdos de Se no fígado e peito desossado foram realizadas liofilizações em liofilizador L202 (Liobrás), considerando os pesos iniciais e finais das amostras. Para preparo das amostras de plasma foi utilizado metodologia para amostras úmidas. Todos os processos analíticos quantitativos (digestão e leitura) foram realizados conforme supramencionado.

As leituras da eficiência da enzima Glutathione Peroxidase (GSH-Px), foram realizadas no Departamento de Bioquímica – DQI, da Universidade Federal de Lavras, seguindo a metodologia descrita por Levander (1983), adaptado por Moreira (2000). As leituras da eficiência enzimática foram monitoradas pela variação das absorbâncias em espectrofotômetro em função da oxidação do NADPH a 340 nm, sendo a atividade da enzima expressa como a quantidade de enzima que oxida 1 µmol de NADPH por minuto, tendo controles sem substrato (branco de enzima) como comparativos.

#### **4.4 Delineamento experimental e análises estatísticas**

O ensaio foi realizado em um esquema fatorial 3 x 3 + 1 (suplementação de Se em três níveis, três fontes de Se e um tratamento testemunha negativo sem suplementação) e seis repetições, em delineamento experimental inteiramente

casualizado. A análise de variância de todos os parâmetros avaliados foi realizada de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + N_i + F_j + (NF)_{ij} + e_{ijk};$$

onde:

$Y_{ijk}$  = valor observado no nível i, na fonte j, na unidade experimental k;

$\mu$  = média geral;

$N_i$  = efeito do nível i, com i = 1, 2 e 3;

$F_j$  = efeito do fonte j, com j = 1, 2 e 3;

$(NF)_{ij}$  = efeito da interação entre o nível i e a fonte j;

$e_{ijk}$  = efeito do erro experimental associado à observação de ordem ijk.

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o pacote computacional Sisvar (Ferreira, 2000), sendo as médias dos tratamentos com relação às fontes de Se comparadas através do teste Tukey e os níveis de suplementação pelo uso da regressão simples e múltipla (em função da linearidade) na análise de variância. Os tratamentos foram comparados em relação ao controle negativo pelo teste de Dunnet. Foi utilizado para todas as comparações o nível de significância de 5% de probabilidade.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre fontes e níveis de suplementação de Se na ração sobre a retenção aparente deste mineral (Tabela 3) pelas aves aos 28 dias de idade. Para o menor nível de Se suplementar (0,150 ppm), o uso da fonte orgânica B resultou em maior retenção, não sendo observada diferença entre a fonte orgânica A e inorgânica. No nível de 0,300 ppm de suplementação, a retenção aparente foi semelhante para todas as fontes testadas, enquanto a fonte inorgânica apresentou retenção inferior quando a suplementação foi de 0,450 ppm.

TABELA 3 Percentual de Retenção Aparente (%) de Se em frangos de corte aos 28 dias alimentados com diferentes fontes e níveis na dieta, com base na matéria seca\*.

Fonte <sup>1</sup>	Níveis de Selênio suplementar (mg/kg)			Média
	0,150	0,300	0,450	
Selenito Sódio <sup>2</sup>	82,64b	81,34a	71,59*b	78,52
Fonte A <sup>3</sup>	82,13b	80,11a	79,98a	80,74
Fonte B <sup>4</sup>	85,71a	81,73a	79,34a	82,26
Média	83,49	81,06	76,97	
Controle	83,51			
CV, %	2,34			

<sup>1</sup>Letras diferentes, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ )

<sup>2</sup>Efeito linear :  $Y = 89,5755 - 36,8222x$   $r^2 = 83,67\%$

<sup>3</sup>Efeito linear :  $Y = 82,8905 - 7,1611x$   $r^2 = 79,64\%$

<sup>4</sup>Efeito linear :  $Y = 88,6361 - 21,2277x$   $r^2 = 97,97\%$

\*Média diferente do controle pelo teste de Dunnet ( $p < 0,05$ )

Considerando cada fonte de Se, observaram-se nas aves comportamentos semelhantes quanto à retenção deste micromineral quando foi



incrementada a suplementação. Houve redução linear ( $p < 0,05$ ) na retenção aparente de Se pelas aves à medida que se elevou os níveis dietéticos entre todas as fontes.

É sabido que diversos fatores influenciam diretamente a retenção do Se, por exemplo, quantidade de Se ingerido, origem alimentar do Se ingerido, formação de compostos absorvíveis de Se, eficiência dos processos digestíveis, tempo de trânsito intestinal, estado nutricional do organismo em relação ao Se e outros nutrientes, estado sanitário do plantel, dentre outros. Desta forma, a grande dificuldade em padronização de resultados quando se comparam estudos envolvendo especialmente microminerais estão diretamente relacionados aos desafios impostos pelos ambientes nos quais os animais estão inseridos, dada a especificidade destes no organismo. Payne & Southern (2005), estudando diferentes fontes de Se em frangos de corte aos 49 dias, também observaram para a fonte orgânica uma maior taxa de retenção nas aves quando comparada a fonte inorgânica, sendo o mesmo observado por Yoon et al. (2007). Os resultados apresentados neste experimento estão de acordo com ambos autores supracitados.

Na Tabela 4 estão apresentados os teores de Se hepático de acordo com as fontes e os níveis estudados deste microelemento, onde se observa interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre fontes e níveis de suplementação de Se na ração.

Os teores de Se no fígado das aves foram diferentes entre as fontes e os níveis estudados, sendo que a maior deposição de Se no fígado das aves foi obtida com o uso da fonte inorgânica, independentemente do nível utilizado. Esse comportamento de acúmulo, considerando os aspectos fisiológicos, denota risco em potencial quando se avalia a sobrecarga hepática desse elemento, podendo desencadear processos irreversíveis de intoxicação.

TABELA 4 Níveis de Se (mg/kg) depositado no fígado de frangos de corte aos 28 dias alimentados com diferentes fontes e níveis de Se (matéria seca).

Fonte <sup>1</sup>	Níveis de Selênio suplementar (mg/kg)			Média
	0,150	0,300	0,450	
<b>Selenito Sódio<sup>3</sup></b>	0,722a	0,962*a	0,982*a	0,889
<b>Fonte A</b>	0,362b	0,229c	0,343b	0,311
<b>Fonte B</b>	0,378b	0,313b	0,377b	0,356
<b>Média</b>	0,488	0,501	0,567	
<b>Controle</b>	0,960			
<b>CV, %</b>	6,63			

<sup>1</sup>Letras diferentes, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste Tukey (p<0,05).

<sup>3</sup>Efeito linear :  $Y = 0,6294 + 0,8655X$   $r^2 = 80,88\%$

\*Médias iguais ao controle pelo teste de Dunnet (p>0,05)

O uso das fontes orgânicas resultou em menores deposições hepáticas nas aves quando comparadas a fonte inorgânica, resultado este que confirma a diminuição nos efeitos de sobrecarga supracitados.

Considerando as fontes, somente o uso do selenito de sódio resultou em elevação linear de Se (p<0,05) nos níveis hepáticos das aves quando se incrementou o Se na dieta. As fontes orgânicas não apresentaram este efeito nas aves, tendo deposições médias semelhantes independentemente dos níveis utilizados e as fontes estudadas. Estes resultados encontrados estão em conformidade com os encontrados por Yoon et al. (2007).

Quanto à dieta controle, os resultados indicaram nas aves alta deposição de Se hepático, semelhante à fonte inorgânica nos níveis de 0,300 e 0,450 ppm de suplementação, podendo ser este um mecanismo metabólico singular do organismo no intuito de resguardar-se diante o não atendimento correto das exigências de Se.

Os resultados de deposição de Se na carne de peito dos frangos de corte aos 28 dias de idade, de acordo com as fontes e níveis estudados (Tabela 5), mostraram interação significativa ( $p < 0,05$ )

TABELA 5 Níveis de Se (mg/kg) depositado no peito de frangos de corte aos 28 dias alimentados com diferentes fontes e níveis de Se (matéria seca).

Fonte <sup>1</sup>	Níveis de Selênio (mg/kg) <sup>2</sup>			Média
	0,150	0,300	0,450	
<b>Selenito Sódio</b>	0,070*c	0,083*c	0,151*b	0,103
<b>Fonte A</b>	0,301*a	0,590*a	0,518*a	0,472
<b>Fonte B</b>	0,198*b	0,548*b	0,516*a	0,421
<b>Média</b>	0,192	0,407	0,397	
<b>Controle</b>	0,019			
<b>CV, %</b>	6,35			

<sup>1</sup>Letras diferentes, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ )

<sup>2</sup> Regressão Múltipla:  $Y = -17,7284 + 2,5063 \text{ SeNa} + 13,5787 \text{ Fonte A} + 11,4929 \text{ Fonte B}$

$R^2 = 98,22\%$ , onde: Y = Se no peito ( $\mu\text{kg/peito}$ ) e X = Consumo de Se ( $\mu\text{ave/dia}$  no período de coleta)

\*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnet ( $p < 0,05$ )

As maiores deposições de Se na carne de peito das aves foram observadas com o uso da fonte orgânica A, quando se suplementou as rações com 0,150 e 0,300 ppm de Se, sendo que para o maior nível de suplementação, as duas fontes orgânicas apresentaram resultados semelhantes.

Independentemente do nível dietético, as fontes orgânicas permitiram maiores deposições de Se na carne de peito das aves quando comparadas com a fonte inorgânica, resultados estes condizente com Payne & Southern (2005), que observaram nas aves deposição tecidual de Se oriundo da fonte orgânica duas vezes maior quando comparado à fonte inorgânica. No presente trabalho, a

deposição média observada em cada nível para as fontes orgânicas foi de magnitude superior à dos referidos autores.

O efeito acumulativo tecidual pode refletiu benefícios consideráveis nos diversos aspectos da cadeia produtiva, como por exemplo: diminuição de sobrecarga hepática e riscos de intoxicação na criação das aves e, pós abate, considerando os potenciais antioxidantes do Se, maior incremento deste elemento na carne do peito, o que representa uma estratégia importante na questão de conservação do produto, bem como repercussão direta na qualidade nutricional do mesmo.

Várias selenoproteínas, além da Glutathione Peroxidase, contribuem para a atividade antioxidante, muitas de maneiras ainda não esclarecidas. O que está claro é que a melhora do status antioxidante em resposta a Se-levedura afeta a qualidade da carne, refletindo-se na conservação dos produtos (Lyons, 1999). Neste contexto, uma das abordagens mais comuns para aumentar a estabilidade oxidativa da carne é a de adicionar antioxidantes, como por exemplo o Se, durante o processamento ou na dieta do animal.

Quando se avalia as fontes isoladamente em relação aos níveis de suplementação nota-se que, de acordo com o diferencial do *Slope Ratio* encontrado para Biodisponibilidade de Se para deposição na carne de peito das aves, a fonte orgânica A apresentou resultados 5,4 vezes maiores do que a fonte inorgânica. Isto significa que a fonte orgânica A apresenta biodisponibilidade relativa de 540% em relação ao Selenito de Sódio (100%) para deposição tecidual no peito das aves. Para a fonte orgânica B, verifica-se que a deposição de Se no peito foi 4,6 vezes maior em relação a fonte inorgânica. Comparando as duas fontes orgânicas entre si e considerando a fonte orgânica B como 100%, verifica-se que a fonte orgânica A foi 18% mais eficiente na deposição de Se na carne do peito das aves em relação a fonte orgânica B. De acordo com Tapiero (2003), a biodisponibilidade é definida como a proporção de um nutriente

ingerido que é retido para utilização em funções fisiológicas normais ou para armazenagem.

Segundo Surai (2000), a eficiência da Glutathione Peroxidase (ativada pelo Se) nos músculos não alterou significativamente durante a armazenagem da carne bovina por oito dias significando que, uma vez ocorrendo o aumento da atividade desta enzima, esta seria mantida durante o período de armazenagem, sendo por esta razão possível esperar um efeito de estabilização decorrente da suplementação de Se. Ainda segundo o mesmo autor, a suplementação da dieta de frangos com 0,250 ppm de Se aumentou significativamente, em relação ao tratamento controle, a eficiência da Glutathione Peroxidase nos músculos do peito (2,1 vezes) e sobrecoxa (4,1 vezes), reduzindo a peroxidação lipídica nos músculos (2,5 vezes no músculo do peito e 3,3 vezes na sobrecoxa) após 4 dias de armazenamento a 4°C. Estes dados indicam claramente que a Glutathione Peroxidase contribui significativamente para a defesa antioxidante geral do músculo, reduzindo a susceptibilidade do tecido à peroxidação lipídica e que a estabilidade oxidativa de músculos esqueléticos pode ser aumentada pela suplementação de Se na dieta. Parece provável que o efeito estabilizante do Se também está associado à manutenção da integridade da membrana muscular.

Com base nos resultados obtidos neste experimento, verifica-se que a etapa limitante na determinação da retenção de Se da dieta não parece ser a absorção mas, sim, a conversão para a forma biologicamente ativa nos tecidos, afirmação esta feita observando os complexos de Se orgânico com maiores potenciais de retenção no peito. Esta mesma afirmação está condizente com os estudos feitos por Suhajda et al. (2000).

Pela Tabela 6 observa-se interação ( $p < 0,05$ ) das fontes e níveis de Se, em que os maiores teores de Se no plasma das aves foram obtidos com a fonte orgânica B, no nível de 0,150 ppm.

TABELA 6 Níveis de Se (mg/100ml) circulante no plasma sanguíneo de frangos de corte aos 28 dias alimentados com diferentes fontes e níveis de Se.

Fonte <sup>1</sup>	Níveis de Selênio (mg/kg)			Média
	0,150	0,300	0,450	
<b>Selenito Sódio</b> <sup>3</sup>	0,037c	0,172a	0,206c	0,138
<b>Fonte A</b> <sup>4</sup>	0,131b	0,121*c	0,262a	0,171
<b>Fonte B</b> <sup>5</sup>	0,139a	0,163b	0,212b	0,172
<b>Média</b>	0,102	0,150	0,227	
<b>Controle</b>	0,115			
<b>CV, %</b>	2,80			

<sup>1</sup>Letras diferentes, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste Tukey (p<0,05)

<sup>3</sup>Efeito linear :  $Y = -0,0295 + 0,5611x$   $r^2 = 89,35\%$

<sup>4</sup>Efeito linear :  $Y = 0,0399 + 0,4394x$   $r^2 = 69,62\%$

<sup>5</sup>Efeito linear :  $Y = 0,0989 + 0,2438x$   $r^2 = 96,30\%$

\*Média igual ao controle pelo teste de Dunnet (p>0,05)

A suplementação com selenito de sódio resultou em maior quantidade de Se circulante no plasma no nível de 0,300 ppm e, no nível de 0,450 ppm de suplementação, os maiores valores de Se no plasma foram observados para a fonte orgânica A.

O aumento dos níveis de Se suplementar dietético resultou em aumentos lineares (p<0,05) na concentração plasmática das aves. Comparando as fontes, verificaram-se maiores coeficientes angulares de resposta das aves para as fontes orgânicas em relação à inorgânica. Resultados estes que revelam a preferencial destinação do Se orgânico para o metabolismo extra hepático.

Yoon et al. (2007), estudando respostas fisiológicas de frangos de corte aos 42 dias suplementados com diferentes fontes de níveis de Se, verificaram maiores concentrações plasmáticas deste mineral nas aves que ingeriram fontes orgânicas, sendo o mesmo observado por Payne & Southern (2005) quando estudados frangos de corte aos 49 dias.

Quando se avaliou a eficiência da enzima Glutathione Peroxidase hepática aos 28 dias de idade, notou-se interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre fontes e níveis de suplementação de Se na ração, encontrando-se maior eficiência na atividade da enzima Glutathione Peroxidase para a fonte orgânica B, quando o nível de suplementação foi de 0,150 ppm (Tabela 7). A interpretação neste estudo, de acordo com metodologia de Levander (1983), utilizada por Yoon et al. (2007), foi feita em função da quantidade/eficiência da enzima necessária para oxidar 1  $\mu\text{mol}$  NADPH/min, desta forma, menores valores indicam maior eficiência.

TABELA 7 Eficiência da enzima Glutathione Peroxidase (1  $\mu\text{mol}$  NADPH/min) em fígado de frangos de corte aos 28 dias alimentados com diferentes fontes e níveis de Se.

Fonte <sup>1</sup>	Níveis de Selênio (mg/kg) <sup>2</sup>			Média
	0,150	0,300	0,450	
<b>Selenito Sódio</b>	14,38*c	14,55*a	14,46*a	14,46
<b>Fonte A</b>	13,79*b	15,31*b	18,50*c	15,87
<b>Fonte B</b>	13,05*a	16,02*c	17,61*b	15,56
<b>Média</b>	13,74	15,29	16,86	
<b>Controle</b>	13,57			
<b>CV, %</b>	0,20			

<sup>1</sup>Letras diferentes, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ )

<sup>2</sup> Regressão Múltipla:  $Y = 13,1819 + 0,0339 \text{ SeNa} + 0,0429 \text{ Fonte A} + 0,0484 \text{ Fonte B}$

$R^2 = 67\%$ , onde: Y = Atividade enzimática hepática e X = Consumo de Se ( $\mu\text{ave}/\text{dia}$  no período de coleta)

\*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ )

Quando avaliou-se o nível de 0,150 ppm, as fontes orgânicas proporcionaram melhor eficiência da enzima. Coincidentemente, o fígado foi o tecido de maior deposição hepática de Se para a fonte inorgânica. Este fato

permite pressupor que os efeitos da fonte inorgânica está voltado mais para o metabolismo hepático.

Os resultados para os níveis intermediário e maior de suplementação de Se mostrou maior eficiência para Glutathione Peroxidase para a fonte inorgânica. Quando se elevou os níveis de Se suplementar, somente as fontes orgânicas responderam em diminuir a eficiência da enzima, apresentando resposta linear.

De acordo com o diferencial do *Slope Ratio* encontrado, considerando o selenito de sódio como 100% de eficiência, os valores relativos para a fonte orgânica B foi 42% superior a fonte inorgânica, seguido pela fonte orgânica A, de 26%.

Comparando as duas fontes orgânicas ( $\frac{\text{fonte B}}{\text{fonte A}} \times 100$ ) pode-se verificar que a fonte orgânica B apresentou incrementos médios maiores que a fonte orgânica A da ordem de 12%, mostrando-se mais eficiente.

Em trabalhos encontrados na literatura (Mahan et al., 1999; Ali et al., 1997; Moreira et al., 2001) são observadas repostas de fontes inorgânicas em promover uma maior eficiência na viabilização da Glutathione Peroxidase hepática em relação as fontes orgânicas, no entanto, a explicação para tal fato ainda não é muito clara, existindo apenas a suposição em função da maior eficiência da fonte inorgânica em promover um efeito acumulativo de Se hepático (que é uma condição de risco), mantendo o Se por mais tempo no fígado e, por consequência, não suprindo corretamente as exigências. Tal comportamento foi observado neste trabalho quando se elevou os níveis de Se orgânico suplementar, mantendo a fonte inorgânica maior eficiência desta enzima no fígado.

Na Glutathione Peroxidase hepática, foi encontrado menor eficiência a medida que se elevou os níveis para as fontes orgânicas, podendo ser justificada por ser este órgão o primeiro depositário, pós absorção, de Se no organismo. O acúmulo deste elemento condiciona maior síntese enzimática que, em função do



estado fisiológico, poderá ou não ser utilizada pelo organismo. A partir daí, o Se orgânico foi mais bem distribuído pelo organismo, com um efeito benéfico acumulativo nos tecidos, enquanto que o Se inorgânico tendeu a manter-se no fígado destinando-se aos fins supracitados.

Segundo Moreira et al. (2001), ao avaliar fontes orgânicas e inorgânicas de Se suplementar para frangos de corte, não foi observado diferenças significativas para eficiência da Glutathione Peroxidase hepática aos 21 dias, resultados estes não condizentes com os observados neste experimento. Porém, aos 42 dias, o autor supramencionado relata que os fígados extraídos das aves alimentadas com ração contendo Se inorgânico apresentaram, em seus sobrenadantes, maior eficiência do que aqueles extraídos das aves alimentadas com ração contendo Se orgânico.

Ainda segundo o mesmo autor, para as aves alimentadas com ração contendo Se orgânico, aos 21 dias, os níveis de Se não diferiram entre si em relação a eficiência da Glutathione Peroxidase, em contrapartida, no presente experimento foi observado efeito linear crescente a medida que se aumentou os níveis de Se orgânico nas dietas, reduzindo a eficiência da enzima.

Os dados de eficiência da Glutathione Peroxidase plasmática de acordo com as fontes e níveis de Se suplementar estão apresentados na Tabela 8.

Interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre fontes e níveis de suplementação de Se na ração também foi observada para a atividade da enzima Glutathione Peroxidase plasmática das aves aos 28 dias de idade (Tabela 8), onde se observa que o selenito de sódio, como fonte de Se, resultou em menor ( $p < 0,05$ ) eficiência da Glutathione Peroxidase no plasma dos frangos de corte, independentemente do nível de Se dietético suplementar.

TABELA 8 Eficiência da enzima Glutaciona Peroxidase (1  $\mu$ mol NADPH/min) em plasma sanguíneo de frangos de corte aos 28 dias alimentados com diferentes fontes e níveis de Se.

Fonte <sup>1</sup>	Níveis de Selênio (mg/kg)			Média
	0,150	0,300	0,450	
<b>Selenito Sódio</b>	6,97*b	6,96*b	6,96*b	6,96
<b>Fonte A<sup>2</sup></b>	5,67*a	5,48*a	5,39*a	5,51
<b>Fonte B<sup>3</sup></b>	5,61*a	5,49*a	5,37*a	5,49
<b>Média</b>	6,08	5,98	5,91	
<b>Controle</b>	6,00			
<b>CV, %</b>	0,95			

<sup>1</sup>Letras diferentes, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste Tukey (p<0,05)

<sup>2</sup>Efeito linear : Y= 5,7916 - 0,9111x r<sup>2</sup>= 96,51%

<sup>3</sup>Efeito linear : Y= 5,7333 - 0,8027x r<sup>2</sup>= 100,00%

\*Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnet (p<0,05)

As fontes orgânicas se comportaram de maneira semelhante entre si (p>0,05), ocorrendo respostas lineares (p<0,05) com melhoria na eficiência à medida que se elevaram a suplementação dietética de Se. Os resultados encontrados neste experimento corroboram com Yoon et al. (2007), que observaram aumentos lineares na eficiência desta enzima quando se aumentaram os níveis de suplementação de Se dietéticos em frangos de corte aos 42 dias.

Em animais onde a exigência de Se é atendida e, por consequência, os aspectos imunitários, bioquímicos (radicais livres) e metabólicos estão em equilíbrio/homeostase, pressupõe-se atividade de Glutaciona Peroxidase mais eficientes, visto o organismo entender desnecessário níveis mais elevados de Se no plasma, pois é sabido que toda enzima possui substrato-dependência, ou seja, neste caso não seria justificável altos níveis em função de condições fisiológicas de homeostase.

A menor eficiência da enzima Glutathione Peroxidase no tratamento controle e fonte inorgânica, comparado as fontes orgânicas, pode ser justificada em função da maior demanda dessa enzima para oxidação do NADPH, mecanismo necessário para ativação da mesma para o combate direto aos substratos metabólicos residuais gerados pelo não e/ou ineficiente atendimento das exigências, visto os animais se encontrarem em condições de não homeostase. Neste contexto, salienta-se também a maior quantidade de Se acumulado e direcionado para o metabolismo hepático.

Segundo Ali et al. (1997), a exigência de Se para frangos de corte no NRC (1994) é de 0,150 ppm, o que seria suficiente para otimizar a atividade da Glutathione Peroxidase até os 21 dias de idade. Esta afirmação está de acordo com os resultados obtidos neste experimento, onde para o aumento do nível de suplementação da fonte orgânica, manteve-se a mesma eficiência para enzima no plasma sanguíneo. Com relação à fonte inorgânica, o nível de 0,150 ppm também foi suficiente e satisfatório em manter melhor eficiência na atividade desta enzima no fígado, podendo ser explicado também pelo maior acúmulo de Se neste órgão quando comparado as fontes orgânicas.

De forma geral, Moreira et al. (2001) verificaram que as fontes de Se orgânico e inorgânico não diferiram para atividade total da Glutathione Peroxidase ao final do experimento, o que não foi observado no presente estudo. Com relação aos níveis de Se avaliados, o mesmo autor destaca que o nível 1,05 ppm foi o que melhor contribuiu para aumentar a atividade da enzima, o que não pôde ser comprovado neste experimento em função dos níveis pesquisados.

## 6 CONCLUSÕES

O uso das fontes orgânicas suplementares de Se em substituição a fonte inorgânica, em frangos de corte, mostrou-se melhores no que se refere a retenção aparente, deposição tecidual e plasmática deste mineral.

A maior eficiência da enzima Glutationa Peroxidase plasmática ficou evidenciada com o uso suplementar de Se orgânico, o que fornece uma melhor idéia da importante atividade desta enzima nos demais tecidos corpóreos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, J.; LEDOUX, D.R.; BERMUDEZ, A.J.; SUNDE, R.A. Selenium requirement of broilers fed corn-soybean meal diets from day 1 to 21. **Poultry Science**, Champaign, v.76, n.1, p.58-59, 1997. Supplement.

FERREIRA, D.F. **SISVAR - Sistema para análise de variância**. Lavras: UFLA, 2000. Software.

LEVANDER, O.A. Platelet glutathione peroxidase activity as an index of selenium status in rats. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.113, n.1, p.55-63, 1983.

LYONS, P. Busca de novas alternativas e soluções: como moldar a cultura de nossa indústria e empresas para as mudanças necessárias no próximo milênio sob o microscópio: uma visão para o novo milênio. In: RONDA LATINO-AMERICANA DA ALLTECH, 9., 1999, Nevada. **Anais...** Nevada: Alltech, 1999. v.1, p.1-32.

MAHAN, D.C.; CLINE, T.R.; RICHERT, B. Effect 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 of Animal Science**, Champaign, v.77, n.3, p.2172-2179, Mar. 1999.

MOREIRA, J. **Efeito do selênio e aflatoxinas sobre o desempenho e a atividade de oxidases e transferase em frangos de corte normais e ascíticos**. 2000. 105p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MOREIRA, J.; SANTOS, C.D.; ABREU, C.M.P.; BERTECHINI, A.G.; OLIVEIRA, D.F.; CARDOSO, M.G. Efeito de fontes e níveis de selênio na atividade enzimática da glutathione peroxidase e no desempenho de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.3, p.661-666, maio/jun. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy, 1994. 155p.

PAYNE, R.L.; SOUTHERN, L.L. Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.84, n.1, p.898-902, Jan. 2005.

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. **Tabela brasileira para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186p.

SUHAJDA, A.; HEGÓCZKI, J.; JANZSÓ, B.; PAIS, I.; VERECZKEY, G. Preparation of selenium yeasts: I., preparation of selenium-enriched *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, Clifton, v.14, n.2, p.43-47, Apr. 2000.

SURAI, P.F. Effect of selenium and vitamin E content of the maternal diet on the antioxidant system of the yolk and the developing chick. **British Poultry Science**, London, v.41, n.2, p.235-243, Feb. 2000.

TAPIERO, H. The antioxidant role of selenium and seleno-compounds. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, Paris, v.57, n.1, p.134-144, Jan. 2003.

YOON, I.; WERNER, T.M.; BUTLER, J.M. Effect of source and concentration of selenium on growth performance and selenium retention in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v.86, n.1, p.727-730, Jan. 2007.

## ANEXOS

### ANEXO A

TABELA 1A	Temperaturas médias no interior do galpão de desempenho durante as fases do experimento.....	86
TABELA 2A	Temperaturas médias no interior da sala de metabolismo durante o experimento.....	86
TABELA 3A	Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte aos 7 dias suplementados com diferentes fontes e níveis de Se.....	86
TABELA 4A	Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e Viabilidade (Vb) de frangos de corte aos 21 dias suplementados com diferentes fontes e níveis de Se.....	87
TABELA 5A	Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte aos 33 dias suplementados com diferentes fontes e níveis de Se.....	87
TABELA 6A	Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e Viabilidade (Vb) de frangos de corte aos 42 dias suplementados com diferentes fontes e níveis de Se.....	88
TABELA 7A	Quadrados médios da análise de variância do pH, perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC) e cor (L, a, b) da carne do peito de frangos de corte aos 42 dias suplementados com diferentes fontes e níveis de Se.....	88

TABELA 8A	Quadrados médios da análise de variância da retenção aparente (RA), deposição de Se no fígado (Se F), plasma (Se PI) e eficiência da GSH-Px no plasma (GSH-Px PI) de frangos de corte aos 28 dias suplementados com diferentes fontes e níveis de Se.....	89
TABELA 9A	Anava da Regressão Múltipla para deposição de Se no peito.....	89
TABELA 10A	Anava da Regressão Múltipla para eficiência da enzima glutatona peroxidase no fígado.....	89



TABELA 1A Temperaturas médias no interior do galpão de desempenho durante as fases do experimento.

FASES	TEMPERATURA °C	
	Mínima	Máxima
1 – 7 dias	24,7	30,2
8 – 21 dias	22,7	26,9
22 – 33 dias	18,3	26,4
34 – 42 dias	19,9	24,1
Média	21,4	26,9

TABELA 2A Temperaturas médias no interior da sala de metabolismo durante o experimento.

FASES	TEMPERATURA °C	
	Mínima	Máxima
1 – 13 dias	25,7	29,5
14 – 28 dias	23,3	28,7
Média	24,5	29,1

TABELA 3A Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte aos 7 dias suplementados com diferentes fontes e níveis de Se.

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	CR	GP	CA
Tratamentos	(6)	26,012799	58,076913	0,004079
Fonte	2	4,638751	65,573611	0,009653
Nível	1	0,072017	12,689605	0,001441
Fonte x Nível	2	9,351105	0,092279	0,000835
Adicional x Fatorial	1	128,024164	204,440091	0,00206
Erro	42	45,354172	50,450771	0,003573

TABELA 4A Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e Viabilidade (Vb) de frangos de corte aos 21 dias suplementados com diferentes fontes e níveis de Se.

<b>CAUSAS DE VARIACÃO</b>	<b>GL</b>	<b>CR</b>	<b>GP</b>	<b>CA</b>	<b>Vb</b>
Tratamentos	(6)	404640,18	476755,00	0,340656	305,245766
Fonte	2	378750,53	377988,07	0,040447	17,147246
Nível	1	3618,6786	447494,41	0,073501	6,533315
Fonte x Nível	2	49274,57	12129,82	0,013466	0,335237
Adicional x Fatorial	1	1209923,03	1632799,83	1,86261	1789,98
Erro	42	1881,79	1766,83	0,004514	19,025878

TABELA 5A Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte aos 33 dias suplementados com diferentes fontes e níveis de Se.

<b>CAUSAS DE VARIACÃO</b>	<b>GL</b>	<b>CR</b>	<b>GP</b>	<b>CA</b>
Tratamentos	(6)	1693215,92	1306350,04	0,155314
Fonte	2	926207,43	799611,33	0,072668
Nível	1	2361514,12	1789245,27	0,09581
Fonte x Nível	2	78646,96	67151,62	0,026076
Adicional x Fatorial	1	5788072,62	4315329,09	0,633859
Erro	42	5276,60	3591,49	0,009077

TABELA 6A Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e Viabilidade (Vb) de frangos de corte aos 42 dias suplementados com diferentes fontes e níveis de Se.

<b>CAUSAS DE VARIACÃO</b>	<b>GL</b>	<b>CR</b>	<b>GP</b>	<b>CA</b>	<b>Vb</b>
Tratamento	(6)	5999634,36	2365728,60	0,065619	2296,02
Fonte	2	3538863,80	2023515,58	0,072156	42,089825
Nível	1	11152217,41	4792270,64	0,046135	7,424769
Fonte x Nível	2	215998,13	342401,80	0,073405	58,416799
Adicional x Fatorial	1	17335864,89	4670266,25	0,05645	13567,730
Erro	42	18184,41	18264,61	0,009320	29,631689

TABELA 7A Quadrados médios da análise de variância do pH, perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC) e cor (L, a, b) da carne de peito de frangos de corte aos 42 dias suplementados com diferentes fontes e níveis de Se.

<b>CAUSAS DE VARIACÃO</b>	<b>GL</b>	<b>pH</b>	<b>PPC</b>	<b>FC</b>	<b>Cor (L)</b>	<b>Cor (a)</b>	<b>Cor (b)</b>
Tratamento	(6)	0,005918	17,419137	0,295081	13,149614	1,617964	1,036623
Erro	42	0,007007	12,169957	0,164469	11,543748	0,765406	2,167980

TABELA 8A Quadrados médios da análise de variância da retenção aparente (RA), deposição de Se no fígado (Se F), plasma (Se PI) e eficiência da GSH-Px no plasma (GSH-Px PI) de frangos de corte aos 28 dias suplementados com diferentes fontes e níveis de Se.

<b>CAUSAS DE VARIAÇÃO</b>	<b>GL</b>	<b>RA</b>	<b>Se F</b>	<b>Se PI</b>	<b>GSH-Px PI</b>
Tratamento	(9)	83,883230	0,566019	0,023429	2,903721
Fonte	2	63,616363	1,856983	0,006601	12,863267
Nível	2	195,500941	0,032752	0,070626	0,139945
Fonte x Nível	4	47,029996	0,065923	0,011364	0,031707
Adicional x Fatorial	1	48,594480	31,051010	0,010950	0,000230
Erro	50	3,564410	0,001396	0,000019	0,003275

TABELA 9A Anava da Regressão Múltipla para deposição de Se no peito.

<b>CAUSAS DE VARIAÇÃO</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>F de significação</b>
Regressão	(3)	2445390,696	815130,232	981,0482296	2,11541E-44
Resíduo	50	41543,84094	830,8768188	-	-
Total	53	2486934,537	-	-	-

TABELA 10A Anava da Regressão Múltipla para eficiência da enzima glutatona peroxidase no fígado.

<b>CAUSAS DE VARIAÇÃO</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>F de significação</b>
Regressão	(3)	30,2401256	10,08004	36,15407607	1,43034E-12
Resíduo	50	13,9403948	0,278808	-	-
Total	53	44,1805204	-	-	-