



TIAGO FERREIRA BIRRO OLIVEIRA

**EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS E FONTES DE SELÊNIO NO
DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇA DE FRANGOS
DE CORTE**

LAVRAS – MG

2012

TIAGO FERREIRA BIRRO OLIVEIRA

**EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS E FONTES DE SELÊNIO NO
DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE FRANGOS
DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em nutrição de monogástricos, para obtenção do título de mestre.

Orientador

Dr. Antônio Gilberto Bertechini

LAVRAS – MG

2012

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Oliveira, Tiago Ferreira Birro.

Efeito de diferentes níveis e fontes de selênio no desempenho e características de carcaça de frangos de corte / Tiago Ferreira Birro Oliveira. – Lavras : UFLA, 2012.

83 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Antonio Gilberto Bertechini.

Bibliografia.

1. Antioxidante. 2. Desempenho. 3. Perda por gotejamento. 4. Qualidade de carne. 5. Deposição de minerais. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.513

TIAGO FERREIRA BIRRO OLIVEIRA

**EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS E FONTES DE SELÊNIO NO
DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇA DE FRANGOS
DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de pós-graduação em Zootecnia, área de concentração nutrição de monogástricos, para obtenção do título de mestre.

APROVADA em 17 de Fevereiro de 2012

Dr. Édison José Fassani	UFLA
Dr. Roberto Maciel de Oliveira	UFLA
Dr. Eduardo Mendes Ramos	UFLA

Dr. Antônio Gilberto Bertechini
Orientador

LAVRAS – MG

2012

Aos meus pais que se superaram em proporcionar, a mim e meus irmãos, as melhores das condições para que pudéssemos criar e aproveitar oportunidades com honestidade, compaixão, garra, força e determinação.

Aos meus irmãos, Rafael e Luciana, que me contagiam com sua felicidade, amizade e carinho.

Aos meus avós, tios e tias, que me apoiaram desde sempre e que me deram o grande prazer de tê-los como exemplos de vida e superação.

A minha namorada Renata, que sempre me apoiou nos momentos mais decisivos da minha vida. Sempre me encorajando a continuar lutando.

Aos meus amigos de república, Pink e Ricardo, que compartilhei dificuldades, alegrias e inúmeros momentos de descontração e seriedade, para que juntos, pudéssemos crescer como pessoas e profissionais. Devo agradecê-los também pela inesperada, mas fundamental, ajuda no meu experimento.

Ao Luciano Gago, Rodrigo Didu, Vitor Didi, Luciano Bacana e Gabriel Alemão que são grandes amigos e que desde sempre trocamos ideias e experiências, tentando assim nos tornar pessoas melhores. Dizem por aí que amigo não precisa estar perto, ele só precisa existir!

DEDICO

À Universidade Federal de Lavras - UFLA pela oportunidade de realização deste curso.

À FAPEMIG pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo financiamento da pesquisa.

Ao orientador Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini pela valiosa orientação, ensinamentos, confiança, incentivo, as quais possibilitaram a realização deste trabalho. Agradeço-o também por me permitir aproveitar a grande oportunidade de fazer o sanduíche na *University of Alberta* no Canadá.

Ao Prof. Dr. Doug Korver que me orientou durante 6 meses no Canadá. Oportunidade viabilizada por ele e a qual espero ter aproveitado ao máximo, deixando para trás uma boa impressão.

Ao Prof. Dr. Édison José Fassani e Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues pela ajuda e paciência durante todo o mestrado.

Ao Prof. Dr. Eduardo Ramos que de forma incondicional, cedeu seu laboratório, equipamentos e principalmente tempo, para que pudéssemos realizar este estudo.

Ao Prof. Dr. Renato e Roberto Maciel pela colaboração e participação na banca examinadora.

Aos companheiros de avicultura, Érika, Bussunda, Henrique, Fabrício, Nicole que me ajudaram de forma surpreendente durante todo o meu experimento.

Aos amigos Anderson e Maria que vem viabilizando de forma respeitosa e carinhosa todos os orientados do Prof. Bertechini.

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

E a todos que contribuíram para a concretização deste trabalho.

OFEREÇO.

RESUMO

O selênio (Se) é um nutriente essencial em dietas de frangos de corte e é uma prática comum na indústria avícola, suplementar dietas de frangos com selênio, porém existem dúvidas em relação a fontes e níveis para frangos de corte. O estudo foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos de níveis dietéticos de Se inorgânico e orgânico e a associação dessas fontes sobre o desempenho, qualidade de carne e características fisiológicas em frangos de corte. Foram utilizados 2880 pintos de corte de um dia de idade Cobb-500 distribuídos em 96 parcelas experimentais, com 30 aves cada, no sistema cama. Foram estudados 12 tratamentos experimentais no esquema fatorial 4 x 3, (níveis de selênio de 0,15; 0,30; 0,45; 0,60 ppm e fontes de selênio orgânica; inorgânica; associação das duas fontes), com 8 repetições no delineamento inteiramente casualizado. Não houve interação e nem efeitos dos níveis e das fontes ($P>0,05$) sobre os parâmetros de desempenho. Quanto às características físico-químicas da carne, houve efeito dos níveis e das fontes sobre a perda de peso por cozimento, sendo a maior para nível 0,15 ppm e a menor para a fonte orgânica ($P<0,05$). As fontes afetaram ($p<0,05$) a perda por gotejamento após 24 horas, sendo observados menores valores para a fonte orgânica. A perda por gotejamento após 48 horas para a fonte orgânica foi significativamente ($p<0,05$) menor que a fonte inorgânica, sendo que a associação não diferiu das outras fontes. Os níveis e fontes de selênio não influenciaram ($p>0,05$) no pH e na força de cisalhamento. Houve interação dos fatores para os valores de luminosidade do músculo *pectoralis* major, onde o nível de 0,15 ppm da fonte inorgânica e a associação das fontes resultaram em maiores valores. A maior deposição de Se na carne de peito das aves foi observada com a suplementação de 0,60 ppm de Se na forma orgânica ($p<0,05$). A deposição de selênio no fígado das aves foi significativamente ($p<0,05$) maior nos níveis 0,45 e 0,60, e menor ($P>0,05$) para a fonte inorgânica. O uso da fonte inorgânica resultou em maiores concentrações de Se nos segmentos do intestino delgado independente do nível suplementado. Os resultados reafirmam a necessidade da suplementação do nível de 0,30 ppm. A fonte orgânica resultou em melhores índices de qualidade de carne e características de carcaça que a fonte inorgânica. A associação das fontes indicou resultados intermediários para qualidade de carne, mas superiores à fonte inorgânica para características fisiológicas.

Palavras-chave: Qualidade de carne. Antioxidante. Desempenho. Perda por gotejamento. Deposição de selênio.

ABSTRACT

Selenium is an essential nutrient in broiler diets and its concentration in ingredients can vary greatly from region to region. For this reason, it is a common practice in the poultry industry supplement broiler diets with selenium. Some doubts still exist about the sources and level of supplementation for broilers. The study was conducted to evaluate the effects of dietary levels of inorganic and organic Se and their association on performance, meat quality, and physiological characteristics in broilers. 2880 1 day broilers Cobb- 500 strain were divided among 96 experimental boxes of 30 birds each. It was studied 12 experimental treatments in a factorial scheme of 4x3 (selenium levels of 0.15, 0.30, 0.45, 0.60 ppm and inorganic, organic source of selenium and their association), with 8 replicates in a completely randomized design. There was no interaction and no effect of levels and sources ($p>0.05$) on performance parameters. Significant difference was observed for sources and levels of selenium on cooking loss, which the the level of 0.15 ppm resulted in the highest loss and the organic source the lowest ($p<0.05$). The sources affected ($p<0.05$) drip loss after 24 hours, with lower values observed for the organic source. The drip loss after 48 hours for the organic source was significantly ($p<0.05$) lower than the inorganic source, and the association did not differ from the other sources. The levels and sources of selenium did not affect ($p>0.05$) pH and shear force. There was an interaction of the factors studied for the brightness values of muscle *pectoralis major*, where the level of 0.15 ppm of inorganic source and the association of the sources resulted in higher values. The greater deposition of selenium in the breast meat of the broiler was observed with the supplementation of 0.60 ppm of selenium in the organic form ($p<0.05$). The deposition of selenium in the liver was significantly ($p<0.05$) higher for the levels of 0.45 and 0.60 ppm, and lower for the organic source. The use of inorganic source resulted in higher concentrations of selenium in the small intestine segments (jejunum, duodenum and ileum) independently of the supplemented level. The results reaffirm the necessity of the supplementation of 0.30 ppm. The organic source resulted in better indices of meat quality and carcass characteristics than the inorganic source. The association of the sources obtained intermediate results for meat quality among the other sources, but better results than the inorganic source were observed for physiological characteristics.

Key words: Meat quality. Antioxidant. Performance. Drip loss. Selenium deposition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Formas minerais raras de selênio	16
Figura 2	Proteção da membrana lipídica pela GSH-Px. GSH-Px no citosol (A) evita a formação do composto destrutivo OH ⁻ e (B) destruindo hidroperóxidos que podem ser formados.....	30
Figura 3	Proteção da membrana lipídica pela GSH-Px. GSH-Px no citosol (A) evita a formação do composto destrutivo OH ⁻ e (B) destruindo hidroperóxidos que podem ser formados.....	56
Figura 4	Nível de Se (mg/kg) depositado no fígado de frangos de corte aos 42 dias de alimentados com diferentes fontes e níveis de Se (matéria seca)	60
Figura 5	Níveis de Se (mg/Kg) retido no Duodeno de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com diferentes fontes e níveis de Se (matéria seca)	62
Figura 6	Níveis de Se (mg/Kg) retido no Jejuno de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com diferentes fontes e níveis de Se (matéria seca)	63
Figura 7	Níveis de Se (mg/Kg) retido no Íleo de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com diferentes fontes e níveis de Se (matéria seca)	64
Figura 8	Níveis de Se (mg/Kg) depositado no peito de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com diferentes fontes e níveis de Se (matéria seca).	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Níveis de Selênio no milho cultivado em algumas cidades do Brasil	20
Tabela 2	Fontes endógenas e exógenas de geração de radicais livres.....	28
Tabela 3	Composição percentual das rações basais para frangos de corte de acordo com as fases de criação.....	38
Tabela 4	Composição analisada de selênio nas rações experimentais, na base de matéria seca	39
Tabela 5	Desempenho de frangos de corte na fase de 1 a 7 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações1	45
Tabela 6	Desempenho de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações1	46
Tabela 7	Desempenho de frangos de corte na fase de 1 a 35 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações1	47
Tabela 8	Desempenho de frangos de corte na fase de 1 a 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações1	49
Tabela 9	Rendimento da carcaça eviscerada, do peito e da coxa/sobrecoxa de aves aos 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações	51
Tabela 10	Características físico-químicas do peito das aves aos 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações	52
Tabela 11	Características físico-químicas do peito das aves aos 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações	53
Tabela 12	Características físico-químicas do peito das aves aos 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações	55
Tabela 13	Características físico-químicas do peito das aves aos 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Selênio	13
2.2	Distribuição Geológica	14
2.3	Selênio nos Solos	16
2.4	Se na planta	17
2.5	Funções Bioquímicas	20
2.5.1	Absorção, Transporte e Excreção do selênio	21
2.5.2	Retenção e distribuição de Selênio nos tecidos	22
2.6	Deficiência de selênio	23
2.7	Toxicidade de selênio	25
2.8	Propriedades da glutathione peroxidase	26
2.9	Selênio x Peroxidação lipídica	27
2.10	Se na nutrição de aves	31
2.11	Selênio e a Qualidade de Carne	33
2.12	Selênio na Saúde Humana	34
3	MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1	Local	36
3.2	Delineamento experimental	36
3.3	Criação das aves	37
3.4	Abate das aves e análise de carnes	40
3.5	Análise de teor de selênio	42
3.6	Análises estatísticas	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1	Desempenho das Aves	44
4.2	Rendimento de Carcaça	50
4.3	Características Físico-químicas da Carne do Peito	51
4.4	Características Fisiológicas	59
5	CONCLUSÕES	68
	REFERÊNCIAS	69
	ANEXOS	79

1 INTRODUÇÃO

O selênio (Se) é um nutriente essencial em dietas de frangos de corte e sua concentração nos ingredientes da ração, o qual varia grandemente de região para região. Devido a isso, é uma prática comum na indústria avícola, suplementar dietas de frangos com esse elemento. Geralmente, a forma inorgânica de selênio (selenito de sódio) é adicionada em dietas de frangos de corte. Desde 2000, quando o *FDA (Food and Drug Administration)* permitiu o uso de Se levedura como fonte orgânica de Se para frangos, produtos na forma orgânica de selênio têm sido disponibilizados de diversas formas. Desde então há interesse em substituir em parte ou totalmente a forma inorgânica de selênio por uma fonte orgânica.

O Se levedura é um produto derivado da fermentação de estirpes específicas de leveduras incubadas, com níveis elevados de selênio solubilizado durante a sua fase de crescimento por ser bioquimicamente semelhante ao enxofre, o selênio substitui essa molécula nas vias biossintéticas normais da célula de levedura sendo absorvido ativamente através do intestino pelo mesmo transportador do aminoácido.

Sua forma biologicamente ativa foi achada somente em 1973, quando a enzima Glutathione peroxidase (GSH-Px) foi identificada como um potente antioxidante que protege o corpo dos danos causados pela oxidação gerada por radicais livres. A formação de radicais livres afeta grandemente a qualidade dos produtos como carne e ovos, além de provocar redução na produtividade animal.

A elevação das concentrações teciduais de selênio não só diminuiu o estresse oxidativo, incluindo a proteção de ácidos graxos insaturados dos danos causados pela peroxidação, mas também pode reduzir a perda por gotejamento da carne de peito e da incidência de carne pálida, mole e exudativa em frangos de corte, melhorando a estabilidade oxidativa e qualidade de carne. Assim, o

objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de diferentes níveis, fontes e associação de fontes de selênio sobre o desempenho, qualidade físico-química da carne, deposição de Se no fígado, local de absorção do elemento e enriquecimento da carne do peito em frangos de corte.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Selênio

Em 1818, Jöns Jakob Berzelius em Gripsholm, Suécia, identificou o selênio (Se) como um novo elemento químico. Sua descoberta ocorreu 35 anos após o elemento telúrio, que possui propriedades similares. Por essa razão o nome Selênio vem do Grego *selene*, que significa lua, enquanto o telúrio havia anteriormente sido nomeado de terra, que no Grego é *tellus*. Sua importância biológica não foi reconhecida até seu princípio tóxico ser identificado, quando nos estados americanos de *Dakota* e *Wyoming*, o rebanho pastando em certas áreas apresenta manqueira e morte (FRANKE, 1934). A manqueira era resultado de inflamação nas patas, o que prejudicava o animal a procurar água e alimento, e como nessa época não existia armazenamento de forragem disponível, a morte era, em parte, atribuída a fome. Sinais similares foram descritos por Marco Polo (KOMROFF, 1926) nas suas viagens ao Oeste da China perto da fronteira com o Tibet por volta do ano de 1295.

A descoberta, em 1957 (SCHWARZ; FOLTZ, 1957), de que o Se era um nutriente essencial permitiu uma nova era para a pesquisa que se segue até os dias de hoje. Ao invés de se preocuparem primeiramente com a toxicidade do Se, nutricionistas voltaram sua atenção para as funções metabólicas do elemento e as consequências de sua deficiência. Em 1939, enquanto purificava dietas para o estudo de vitaminas no Instituto Max Planck em Heidelberg, Schwars observou necrose hepática em ratos associando a níveis inadequados de Se e vitamina E (SCHWARZ, 1976). Interessantemente, Alvin Moxon, aluno de pós-graduação na Universidade Estadual de Dakota do Sul, em meados de 1930, documentou uma resposta no crescimento de frangos alimentados com baixos níveis de Se, em uma série de experimentos desenvolvidos para estudar a

toxicidade do Se (OLDFIELD, 1981). Foi então que os pesquisadores do laboratório William Hoekstra na Universidade de Wisconsin (ROTRUCK, 1973) e o Dr. Flohé e seus associados, 1973, em Tubingen estabeleceram uma relação entre o Se e a enzima glutathiona peroxidase, uma importante conexão entre esse elemento e os processos metabólicos.

O Se é um elemento químico pertencente à família 6A da classificação periódica ou família dos calcogênios, possui número atômico 34, massa atômica 78,96 g mol⁻¹, ponto de fusão 220°C e ponto de ebulição de 685°C. Possui propriedades tanto metálicas quanto não metálicas. Como outros elementos da família 6A (Enxofre e Telúrio), o Se apresenta formas alotrópicas, existindo o estado amorfo e formas cristalinas. Como o enxofre (S), o Se possui quatro estados de oxidação (-2, 0, +4 e +6), sendo capaz de estar presente em grande número de substâncias. A coloração do elemento esta diretamente relacionada com suas formas alotrópicas, sendo a mais estável, a cristalina hexagonal que apresenta uma cor cinza metalizada, enquanto a forma monoclinica apresenta cor vermelha e o selênio amorfo tem coloração vermelha escura tendendo ao preto. Está localizado na tabela periódica, entre os metais telúrio e polônio, dos não metais oxigênio e enxofre pelo grupo e entre o metal arsênico e não metal bromo pelo período.

2.2 Distribuição Geológica

O Se é amplamente distribuído em quantidades reduzidas, em praticamente todos os materiais na crosta terrestre, apresentando uma abundância média de 0,09 ppm (LAKIN, 1972). Sua presença foi determinada em uma grande variedade de rochas, minerais, material vulcânico, combustível fóssil, solos, plantas e água. É raramente encontrado no seu estado nativo, mas é o principal constituinte de cerca de 40 minerais e faz parte de outros 37

(COOPER; BENNETT; CROXTON, 1970). Os minerais são dispersos sem formar o minério de selênio.

O Se é localizado em depósitos minerais e em solos onde a concentração de enxofre é alta (PAINTER, 1941). Grandes concentrações de Se são encontradas nas rochas ígneas, onde ocorre na forma de selenito. Em menor concentração, mas em grande quantidade, pode-se encontrar o Se isomorfo ao enxofre, em depósitos associados à prata, ouro e mercúrio (ELKIN; MARGRAVE, 1968). Foi estimado que 58% de todas as rochas sedimentares são xistos, o que torna comum a alta concentração de Se (ANDERSON et al., 1961). É interessante levar em consideração que as rochas sedimentares cobrem mais que três quartos da superfície da terra, portanto, é a principal fonte de material para os solos agricultáveis. A concentração de Se nessas rochas pode variar bastante, podendo partir de 0,24 ppm nos xistos paleozoicos do Japão, até 277 ppm nos xistos negros em *Wyoming*, nos Estados Unidos da América (EUA) (LAKIN; DAVIDSON, 1967).

É comum a presença do Se em combustíveis fósseis. Amostras obtidas em carvões americanos, continham de 1 a 5 ppm de Se e no petróleo texano de 0,06 a 0,35 ppm (COOPER; BENNETT; CROXTON, 1970). Amostras retiradas em jazidas de carvão mineral em regiões seleníferas da China apresentaram concentrações chegando a 90000 ppm de Se (LEVANDER, 1982).

Uma vez que os depósitos de Se são insuficientes para permitir a extração desse elemento separadamente, sua produção é realizada principalmente pela extração e refinaria do cobre e de metais preciosos (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1976). O Se ocorre em formas minerais raras como a benzelianite (Cu_2Se), naumanite (Ag_2Se) tiemanite (HgSe) e em menor quantidade, como elemento livre (figura 1). Na maioria dos solos e rochas o conteúdo de Se é baixo (inferior a 0,2 ppm), sendo os solos

ricos encontrados quase exclusivamente em regiões áridas em que aparecem plantas acumuladoras ou seleníferas (MALAVOLTA, 2006).

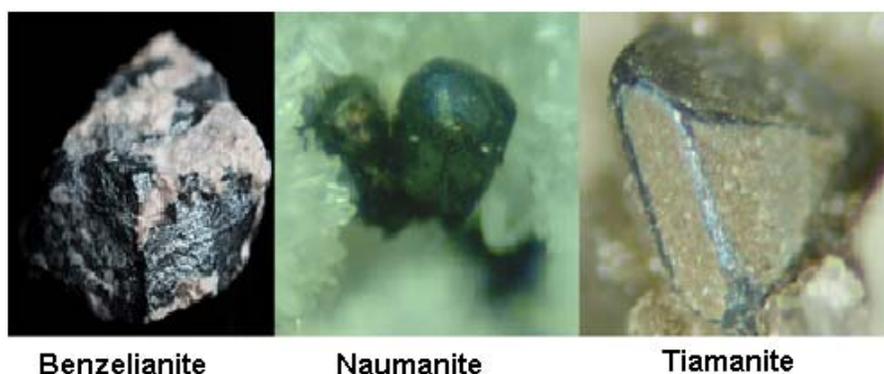


Figura 1 Formas minerais raras de selênio

Fonte: Lasmanis et al. (1981)

2.3 Selênio nos Solos

O teor de selênio da maioria dos solos situa-se entre 0,1 e 2 ppm (SWAINE, 1955). A quantidade máxima de selênio encontrado em milhares de amostras de solos nos Estados Unidos não excederam a 100 ppm, e a maioria dos solos seleníferos analisados continham, em média, menos de 2 ppm (ROSENFELD; BEATH, 1964). Solos dos estados americanos de *Dakota* do Sul, *Montana*, *Wyoming*, *Nebraska*, *Kansas*, *Utah*, *Colorado* e Novo México tendem a ser elevados em selênio, variando de 2 a 10 ppm (JACKSON, 1964).

Segundo Malavolta (2006), em solos alcalinos bem arejados é comum o Se aparecer na forma de Selenato (SeO_4^{2-}), a qual predomina a absorção pelas plantas, e em terras ácidas ou com pH próximo a neutralidade, o elemento frequentemente está presente como selenito (SeO_3^{2-}) podendo estar fixado ao

ferro e formar complexos com matéria orgânica e dependendo do pH, grau de aeração e da atividade microbiana, pode estar em diversos estados de oxidação.

Millar (1983) afirmou que o teor de Se é considerado deficiente em solos contendo menos de 0,5 mg por kg de solo seco ao ar. Por ser antagônico ao S, o emprego contínuo de fertilizantes sulfatados pode reduzir o teor assimilável nas forragens. De acordo com Pezzarossa et al. (2006), compostos orgânicos de elevado peso molecular encontrados no solo podem interagir com o Se, agentes ativos obrigatórios afetam sua disponibilidade no solo e conseqüentemente sua absorção pelas plantas. Desde 1984 o governo da Finlândia exige que o adubo para cereais contenha 16g de Se por tonelada de adubo, e foi comprovado que o selenito no solo se transforma rapidamente em formas pouco assimiláveis pelas plantas.

2.4 Se na planta

Diversos fatores influenciam o conteúdo de Se em plantas. Um dos mais importantes é o tipo de planta. Rosenfeld e Beath (1964) dividiram as plantas em três grupos, com base na habilidade de acumular Se quando desenvolvidas em solos com alto teor de Se. Os dois primeiros grupos de plantas são referidos como acumuladores de Se. As plantas do grupo 1 normalmente acumulam Se em elevados níveis, podendo chegar a milhares de ppm. As plantas do grupo 2 são as consideradas como absorvedoras secundárias de Se. Raramente as plantas desse grupo apresentam concentração maior que algumas centenas de ppm. As plantas do grupo 3 normalmente não acumulam Se mais do que 50 ppm. Plantas dos grupos 1 e 2 foram identificadas em 140 países e em 16 estados americanos (NRC, 1971). Entretanto, essas plantas provavelmente adicionam muito pouco no conteúdo de rações, pelo fato delas crescerem normalmente em áreas secas não agricultáveis.

Da mesma forma que o níquel, o Se saiu da categoria de elemento tóxico para a de essencial. Segundo Moraes (2008), a grande maioria dos nutrientes, comprovadamente essenciais ao homem e aos animais, também desempenha funções importantes no desenvolvimento vegetal e, em muitos casos, seus mecanismos são similares. Assim, há função antioxidante do Se na eliminação de radicais superóxidos, tanto na planta quanto no organismo animal. Todas as plantas cultivadas em solos contendo altos níveis de Se disponível, podem apresentar concentrações potencialmente tóxicas ($>5\text{ppm}$). Entretanto, Williams, Larkin e Byers (1941) observaram que menos de 10% de suas amostras de grãos como: o milho cultivados em áreas seminíferas nos EUA apresentaram concentrações acima de 5 ppm.

Conforme Correia (1986) e Gupta (2001), a disponibilidade de uma série de nutrientes às plantas é muito influenciada pelo pH dos solos. A mobilidade do Se do solo para as plantas, parece aumentar com o aumento do pH nos solos, assim, a alteração da concentração de nutrientes da planta em função do pH do solo depende muito dos solos e das espécies de plantas.

De acordo com Souza et al. (1998), o selenato e o selenito apresentaram taxas diferentes de absorção, translocação, assimilação e volatilização em plantas. Conforme Zanetti (2005), variações podem ocorrer em diferentes espécies, diferentes tipos de solo e estágios vegetativos da planta e em relação à idade da planta. Correia (1986) relatou que o Se tende a acumular-se de forma decrescente nas partes: sementes, folhas e caules, diminuindo o teor à medida que o estágio de maturação avança.

Nos vegetais, inclusive os grãos de cereais, o Se está associado a frações de proteínas e pode substituir o enxofre dos aminoácidos, tal como a cisteína, cistina e metionina. Quando encontrado na forma Se metionina é considerado mais biodisponível que quantidades iguais de selenito de sódio (ROGERS et al., 1990). Segundo Malavolta (2006), as propriedades químicas do Se são muito

parecidas com as do S, fazendo com que os dois elementos disputem pelos mesmos sítios de absorção, sendo que o Se é incorporado em aminoácidos análogos aos que contém S, enquanto Correia (1986) admitiu que as plantas procuram desintoxicar-se ligando o Se a aminoácidos não proteicos.

Áreas geográficas com baixo teor de Se tiveram animais com baixos teores de Se nos tecidos, ocorrendo o inverso nas áreas com alto teor (HINTZE et al., 2001). Recentemente foi conduzido um estudo pelo Professor Cromwell da Universidade de *Kentucky* e seus colaboradores, a respeito do conteúdo de Se no milho e soja produzido em diversos estados americanos. O milho e a soja foram obtidos em universidades em 13 estados ao longo de três anos e o teor de Se foi analisado por 6 laboratórios diferentes. Esse grupo de pesquisadores observou que o teor de Se no milho dos estados *Iowa*, *Dakota* do Sul, *Dakota* do Norte, *Missouri* e *Kansas* foram extremamente elevados ($>0,15$ ppm), e o milho dos estados de *Illinois*, *Wisconsin*, *Indiana*, *Michigan*, *Ohio* e *Kentucky* muito baixo ($<0,05$ ppm).

Diferentemente dos Estados Unidos e China, que possuem uma heterogeneidade de solos que produzem grãos tanto com altos quanto baixos teores de Se, no Brasil os níveis de Se nos grãos são de maneira geral deficientes, com exceção de algumas localidades no Pará e Pernambuco. Sendo o solo brasileiro relativamente pobre em Se, é de conhecimento comum a extrema necessidade de suplementar as dietas de aves com esse elemento. Sem a suplementação com Se, as aves acabam morrendo devido à deficiência do elemento (GOMES et al., 2011). Na tabela 1, tem-se como exemplo o nível de Se em milhos produzidos em alguns estados brasileiros.

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

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

Adaptado de Bertechini (2006)

2.5 Funções Bioquímicas

O pesquisador Schwarz (1965), no mesmo laboratório onde a essencialidade do Se em animais foi descoberta (SCHWARZ; FOLTZ, 1957) postulou que o Se funciona como um cofator essencial em locais específicos no metabolismo intermediário. As funções bioquímicas do Se são principalmente relacionadas com o fato desse elemento fazer parte da estrutura da enzima glutationa peroxidase (GSH-Px), que está presente nos animais. A deficiência de Se pode ser parcialmente explicada pela falta da enzima GSH-Px, mas isso não elimina a possibilidade do Se possuir outras funções nos animais, como melhorar a imunidade, aumentar a eficiência da vitamina E, etc.

2.5.1 Absorção, Transporte e Excreção do selênio

O Se tem propriedades similares as do S e Te, como descrito anteriormente, e geralmente é encontrado associado com S em compostos orgânicos e inorgânicos. Em alguns compostos o Se substitui o S, mas em outros eles são encontrados complexados pela ligação covalente. As formas comuns do Se são os Selenitos (SeO_3^{2-}) e Selenatos (SeO_4^{2-}), que são análogas ao sulfitos e sulafato respectivamente. Algumas plantas e microrganismos são capazes de substituir o S dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina por Se, produzindo dessa forma o composto selenocistina, selenocisteína e selenometionina (BURK, 1976).

Diversos fatores influenciam no metabolismo desse elemento. Dentre esses fatores, os principais são o nível de Se consumido e também a sua forma química. Em geral, a forma orgânica do Se é depositada em maiores concentrações nos tecidos do que a forma inorgânica (SURAI; SPARKS, 2000). Selenometionina, forma orgânica mais comumente utilizada na indústria avícola, é prontamente absorvida pelos enterócitos pelo mecanismo de transporte ativo, similar ao envolvido no transporte da metionina, fazendo com que a absorção fique em torno de 98%. Por outro lado compostos inorgânicos do Se e a selenocistina são absorvidos por difusão simples, podendo chegar a 90% de absorção. Por essa razão, o Se na forma inorgânica é retido em concentrações inferiores nos músculos, é absorvido com menos eficiência e é excretado em maiores concentrações que o Se na forma orgânica. O Se que não é imediatamente metabolizado, ele é incorporado em tecidos com alta síntese de proteína como os músculos esqueléticos, eritrócitos, pâncreas, fígado, rim, estômago e a mucosa gastrointestinal (SCHRAUZER, 2001).

A homeostasia do Se é atingida pela regulação da sua excreção renal. À medida que aumenta a quantidade de Se absorvida, a excreção dos metabólitos

do seleneto aumenta. Quando a concentração de Se, que entra no organismo, é muito elevada, pode haver excreção até mesmo sob a forma de composto volátil de Se que são exalados, apresentando um cheiro semelhante ao alho. Mas a rota primária da excreção de Se é pela urina em animais não ruminantes (HOPKINS, 1962), o qual a maior parte dos metabólitos do Se são excretados nas formas metiladas do seleneto, metilselenol e o trimetilselônio (LEESON; SUMMERS, 2001).

2.5.2 Retenção e distribuição de Selênio nos tecidos

Atendendo as doses recomendadas de Se, o rim é o órgão que possui maior concentração desse elemento, seguido pelo fígado e pelo pâncreas. Os tecidos do intestino e pulmão podem apresentar concentrações relativamente altas, assim como os cabelos. O músculo cardíaco contém maiores concentrações de Se que o músculo esquelético.

O Se é incorporado como selenocisteína no sítio ativo de uma vasta gama de proteínas. Sob condições fisiológicas, a selenocisteína é quase completamente ionizada e conseqüentemente é considerado um catalisador extremamente eficiente. Tem sido sugerida a existência de cerca de 100 selenoproteínas em mamíferos, sendo que 30 já foram identificadas e 75 foram fichadas *in vivo*. Dessas selenoproteínas identificadas, 15 foram purificadas e clonadas, permitindo um estudo aprofundado de suas funções biológicas. Dessas selenoproteínas, incluem-se quatro enzimas glutationa peroxidase: GSH-Px1 que está presente na maior parte das células; GSH-Px2 que se encontra majoritariamente nas células do trato gastrointestinal; GSH-Px3 que é uma glutationa peroxidase extracelular, elimina peróxidos no fluido extracelular; GSH-Px4 que se encontra na membrana celular. A GSH-Px4 detoxifica

hidroperóxidos fosfolipídicos, e em conjunto com o d-alfa-tocoferol previne o dano oxidativo das membranas (BROWN; ARTHUR, 2001).

2.6 Deficiência de selênio

As aves apresentam principalmente três deficiências consideradas selênio-doenças: diátese exsudativa, distrofia muscular e fibrose pancreática. Diátese exsudativa e fibrose pancreática podem ser completamente evitadas através de níveis adequados na dieta animal, enquanto a distrofia muscular depende também de níveis adequados de vitamina E.

Diátese exsudativa foi observada primeiramente por Dam e Glavind (1938). Ocorre em aves quando há deficiência de Se e vitamina E na dieta e caracteriza-se por um edema subcutâneo grave, particularmente no peito e abdômen. A causa desse edema é o aumento anormal da permeabilidade dos capilares sanguíneos, e que em estágios avançados pode ocorrer hemorragia nos tecidos com áreas edematosas. As regiões afetadas podem apresentar pele com coloração verde-azulada, que é facilmente identificável como um sinal de deficiência. O pinto com diátese exsudativa pode vir a ser anêmico e hipoproteinêmico, e conseqüentemente apresentar crescimento reduzido. Esses sinais são visíveis de 2 a 3 semanas de idade, quando as aves são alimentadas com dieta deficiente em Se e vitamina E. Caso não seja fornecido Se extra a essas aves, a diátese exsudativa pode levar a morte em 3 ou 4 semanas de idade em pintos saudáveis. Caso essas aves estejam fragilizadas, a morte pode ocorrer entre 6 e 10 dias de idade. A diátese exsudativa pode ser evitada com o nível de pelo menos 0,1 ppm de Se ou 100 IU de vitamina E/kg na dieta (NRC, 1994). Aves com diátese exsudativa apresentam atividade baixa da enzima GDH-Px na maioria dos tecidos, mas níveis elevados de glutatona reduzida, que pode ser explicado pela incapacidade de utilizar as características redutoras de peróxidos

(NEGUCCHI et al., 1973). A inter-relação entre Se e vitamina E é devido as suas funções complementares na proteção das membranas das células dos capilares da peroxidação lipídica.

Devido à função complementar, o Se pode poupar vitamina E de três maneiras: (1) preservando a integridade do pâncreas, o que permite a formação normal de sais biliares, digestão normal de gordura e conseqüentemente a absorção normal de vitamina E, que é uma vitamina lipossolúvel; (2) através da GSH-Px, a glutathiona reduzida é oxidada para destruir os peróxidos e formando alcoóis inofensivos, reduzindo a exigência de vitamina E para manter a integridade dessas membranas; (3) por poupar a vitamina E, o Se contribui com a retenção dessa vitamina no plasma.

Em contrapartida a vitamina E pode reduzir a exigência de Se em duas maneiras: (1) mantendo o Se sanguíneo na sua forma ativa ou prevenir sua perda pelo corpo; (2) através da prevenção da reação oxidativa em cadeia das membranas lipídicas, o que inibe a produção de hidroperóxidos, reduzindo dessa forma a quantidade de Se necessária, na forma de GSH-Px.

As aves possuem exigências específicas para manter normal a função exócrina do pâncreas. Em aves recebendo dieta deficiente em Se, pode resultar na perda da integridade da membrana celular, causando retração citoplasmática e infiltração de fibroblastos e macrófagos (GRIES; SCOTT, 1972). Essas mudanças histológicas são acompanhadas por uma perda progressiva de produção de lipase pancreática e proteases (NOGUCHI; CANTOR; SCOTT, 1973). Quantidades insuficientes de lipase podem comprometer a digestão de gorduras, prejudicando a solubilização de lipídios, e conseqüentemente a absorção da vitamina E. Dessa maneira, a deficiência de vitamina E pode ser conseqüência da deficiência de Se. Aves com dieta deficiente em Se podem apresentar sinais histológicos no pâncreas por volta dos 5 dias de idade. A

fibrose pancreática ocorre em média entre o dia 14 e 16 de idade, podendo levar a morte da ave após os 21 dias de idade.

Dietas com níveis deficientes em Se também podem causar distrofia muscular em aves. Essa doença é caracterizada pela distrófica dos músculos esqueléticos e é proeminente no músculo do peito (*Pectoralis major*), podendo apresentar estrias paralelas brancas no sentido longitudinal à direção das fibras musculares. Aves com músculos distróficos possuem níveis de glutatona reduzida podendo chegar a duas vezes o valor normal e podem apresentar fígados com concentrações baixas de GSH-Px (CALVERT; SCOTT, 1963). Essa doença pode ocorrer em aves recebendo dieta com nível adequado de Se, mas deficiente em Vitamina E. No entanto, como a ausência de Se prejudica a absorção de vitamina E, para evitar a distrofia muscular é necessário atender as exigências de ambos.

2.7 Toxicidade de selênio

A natureza tóxica de muitos compostos do Se permaneceu praticamente restrita ao laboratório até a década de 1930, quando se descobriu que o Se era o princípio ativo em forragens e grãos que causavam doenças em gados criados em áreas com solos alcalinos nas grandes planícies americanas. O caráter prático desse problema estimulou uma grande quantidade de pesquisas a respeito de selenoses crônicas e agudas (ROSENFELD; BEATH, 1964).

O nível de Se considerado tóxico pode variar amplamente entre os autores encontrados na literatura. Leeson e Summers (2001) consideram o nível de Se acima de 10 ppm tóxico, enquanto o NRC (1976) considera o nível de 4 a 5ppm suficiente para prejudicar o crescimento de animais. No entanto, a resistência ou suscetibilidade dos animais à intoxicação de Se pode ser sensivelmente alterado por uma série de fatores, como o animal, sua idade, seu

estado fisiológico, sua nutrição e a rota de administração (TINGG, 2003). No passado, os critérios mais utilizados para avaliar a toxicidade do Se utilizado era a inibição do crescimento e mortalidade. O critério utilizado para avaliar o grau de resposta a uma determinada dose de Se também é um fator que pode influenciar a interpretação da toxicidade de Se.

Um dos mecanismos pelo qual o Se exerce seus efeitos tóxicos nos animais parece ser através do efeito compensatório em componentes sulfurados, ou devido a sua forte afinidade pelo S na formação de complexos S-Se. A toxicidade do Se pode ser dividida em três categorias em termos de enzimas afetadas. Existem algumas enzimas que relativamente não são afetadas pelo selenito, como glicose, lactato e piruvato oxidases do cérebro, l-tirosinase, xantina oxidase e álcool oxidase do fígado. Algumas enzimas são inibidas pelo Se, pois suas partes ativas são destruídas, tornando-as inativas. Outras enzimas são diretamente inativadas, pois o Se se liga ao grupo ativo dessa enzima, inibindo-as.

Em aves com níveis excessivos de Se, podem apresentar redução na taxa de crescimento, produção de ovos, eclodibilidade, e anormalidades embriônicas.

2.8 Propriedades da glutathione peroxidase

A enzima GSH-Px1, que possui funções gerais antioxidativas, foi descoberta por Mills (1957), ao concluir que na presença da glutathione reduzida protege os eritrócitos contra a ação oxidante de radicais livres.

A função de proteger os animais da toxidez dos hidroperóxidos ingeridos é da enzima GSH-Px2. Em animais, a deficiência de Se aumenta a atividade dessa enzima, mas em humanos nenhum efeito foi relatado. A GSH-Px2 é considerada a selenoenzima antioxidante mais importante no colo, onde o

estresse oxidativo proporciona o desenvolvimento de tumores. Dessa maneira, é considerado que essa enzima fornece uma defesa inicial contra o câncer do colo.

GSH-Px3 é outra enzima com potencial antioxidante e é a única selenoproteína conhecida no plasma. Avissar et al. (1994) mostram que o mRNA da GSH-Px3 ocorre nas células epiteliais dos túbulos proximais do rim, e sendo a concentração de GSH-Px3 alta no rim, essa enzima possui uma função antioxidante específica nos túbulos renais e nos espaços extracelulares. Entretanto, enzimas como tioredoxina podem atuar como doadores de elétrons e apoiar o papel antioxidante da GSH-Px3 no plasma (HOLMGREN, 1989).

Identificada como a responsável direta pela destruição de hidroperóxidos lipídicos nas membranas (URSINI; MAIORINO; GREGOLIN, 1985), a enzima GSH-Px4, é um monômero e sua atividade, quando a oferta de Se na dieta é baixa, é preservada em detrimento de GSH-Px1 (BERMANO et al., 1995). A GSH-Px4 reage com os hidroperóxidos fosfolipídicos, assim como pequenos hidroperóxidos solúveis (WEITZEL; URSINI; WENDEL, 1990), e também é capaz de metabolizar colesterol em lipoproteínas de baixa densidade. Consequentemente, essa enzima é bem reconhecida como essencial para a destruição de hidroperóxido de ácido graxo, o qual se não reduzido a hidróxido, pode levar a uma incontrolável reação em cadeia, formando radicais livres que são extremamente prejudiciais às membranas celulares.

2.9 Selênio x Peroxidação lipídica

A peroxidação lipídica pode ser definida como uma cascata de eventos bioquímicos resultante da ação dos radicais livres sobre os lipídeos insaturados das membranas celulares, gerando principalmente radical alquila ($L\bullet$), alcóxila ($LO\bullet$) e peróxila ($LOO\bullet$). A peroxidação leva à destruição de sua estrutura da

membrana celular, falência dos mecanismos de troca de metabólitos e, numa condição extrema, à morte celular (BENZIE, 1996).

Na natureza existem duas importantes substâncias que podem gerar radicais livres, o oxigênio no estado fundamental (O_2) e o óxido nítrico (NO), que ocorre como poluente atmosférico, mas que também é sintetizado em diversas células. O estresse oxidativo, criado pelos radicais livres, podem ser gerados por diversas maneiras (tabela 2).

Tabela 2 Fontes endógenas e exógenas de geração de radicais livres

Endógeno	Exógeno
Respiração aeróbica	Ozônio
Inflamações	Radiações gama e ultravioleta
Peroxissomos	Medicamentos
Enzimas do citocromo P450	Dieta
	Cigarro

Fonte: Bianchi e Antunes (1999)

Como principal fonte de radicais livres o oxigênio pode dar origem a diversas espécies reativas, seja por absorção de energia ou por transferência de elétrons. A redução unieletrônica do oxigênio à água gera uma via de formação de espécies reativas do oxigênio, na qual a entrada de quatro elétrons na molécula de oxigênio promove o aparecimento do radical superóxido (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e do radical hidroxila (OH^\cdot) intermediários, parcialmente reduzidos do oxigênio molecular (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1999). O principal problema é que o H_2O_2 atravessa facilmente as membranas celulares e ao receber mais um elétron, normalmente proveniente do ferro ou do cobre, origina o radical hidroxila. Entre as espécies radicalares conhecidas, o

radical hidroxila é um dos mais reativos, pois necessita somente de mais um elétron para se estabilizar. Essas espécies reativas do oxigênio, para se estabilizarem devem doar ou receber elétrons de uma ou outra molécula, tornando esta última uma espécie também radicalar e a consequência disso é a oxidação dos fosfolípidios de membranas celulares e subcelulares, do DNA, e das proteínas (DURAN; CADENAS, 1987).

A peroxidação lipídica talvez se constitua no evento citotóxico primário que desencadeia uma sequência de lesões na célula. As alterações nas membranas levam a transtornos na permeabilidade, alterando o fluxo iônico e o fluxo de outras substâncias, o que resulta na perda da seletividade de entrada e/ou saída de nutrientes e substâncias tóxicas à célula, alterações do DNA, oxidação da Lipoproteína de baixa densidade (LDL) e comprometimento dos componentes da matriz extracelular (proteoglicanos, colágeno e elastina) (BABER; HARRIS, 1994).

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, este sendo 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).

O esquema representativo mostrando a ação da GSH-Px protegendo as membranas lipídicas esta demonstrado na figura 2. O Se é necessário para a prevenção das reações que resultam na destruição das membranas lipídicas de organelas vitais, como mitocôndrias e microsossomos, para o corpo animal. Na deficiência de Se, os peróxidos podem se mover dentro de todos os segmentos celulares, reagindo com as membranas e causando danos severos às células e aos processos vitais. Partindo da premissa que mitocôndrias e microsossomos (Ribossomos, etc.) agem na produção de anticorpos e outros mecanismos de defesa, fica claro que níveis adequados de Se é importante, além da prevenção de todos os sinais de deficiência, na preservação das organelas responsáveis por construir o sistema de defesa do animal contra doenças e outros tipos de desafios.

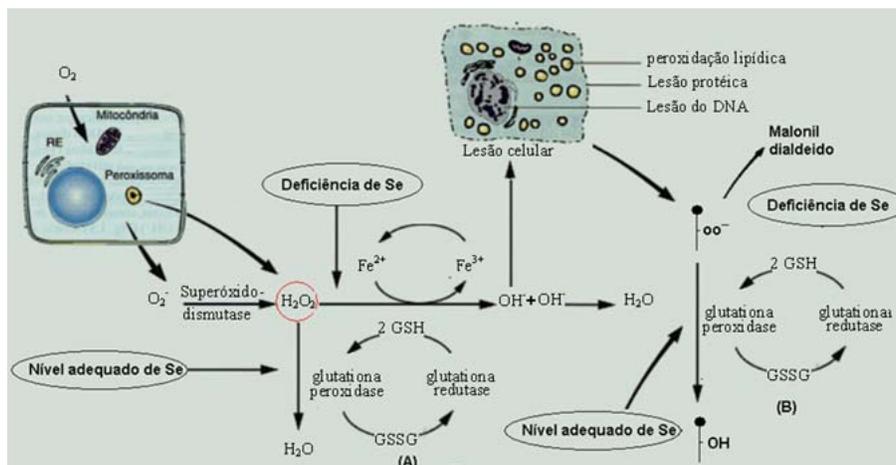


Figura 2 Proteção da membrana lipídica pela GSH-Px. GSH-Px no citosol (A) evita a formação do composto destrutivo OH^- e (B) destruindo hidroperóxidos que podem ser formados

2.10 Se na nutrição de aves

Em junho do ano 2000, o órgão americano *Food and Drug Administration(FDA)* aprovou a utilização de Se orgânico como suplemento em dietas de frango de corte. Até então a forma convencional utilizada como suplemento nas dietas era a forma inorgânica de Se (selenito de sódio – NaSe). Desde a aprovação do uso de Se orgânico em rações de frangos, inúmeras pesquisas têm sido realizadas com o foco em entender melhor a relação dessa fonte com o desempenho do animal.

A biodisponibilidade da forma orgânica de Se é considerada maior que a forma inorgânica por muitos pesquisadores (CANTOR; MOORHEAD; MUSSER, 1982; DOWNS; HESS; BILGILI, 2000; EDENS et al., 1996; NAYLOR et al., 2000; YOON; WERNER; BUTLER, 2007). A suplementação de selênio, especialmente na forma orgânica pode melhorar a qualidade da carne e o tempo de prateleira da carne de frango (SEVCIKOVA et al., 2006). Spears et al. (2003) reportaram que frangos alimentados com 0,15 ppm de Se metionina mostraram aumento da concentração de Se no peito comparando com o selenito de sódio.

Perić et al. (2009) concluíram que as aves alimentadas com dietas contendo 0,3 ppm de Se orgânico obtiveram significativamente menor taxa de gotejamento e menores danos oxidativos que a dieta com selênio inorgânico.

O uso de Se orgânico tem se mostrado mais eficiente do que o Se inorgânico na deposição de Se nos tecidos, mas não afeta o desempenho, o rendimento de carcaça ou a atividade da GSH-Px (YOON; WERNER; BUTLER, 2007).

Wang e Xu (2008) demonstraram que a suplementação com Se de diferentes fontes, orgânica e inorgânica, podem melhorar a conversão alimentar,

a atividade da GSH-Px e a concentração de Se em alguns tecidos. Os melhores resultados foram achados com Se orgânico.

Segundo Payne e Southern (2005a), frangos alimentados com dietas suplementadas com Se inorgânico ou sem suplementação, tiveram o Se retido no plasma e no fígado utilizado para manter a atividade da enzima GSH-Px. Dessa maneira a concentração de Se no fígado e no plasma conseqüentemente diminuiu, levando posteriormente a diminuição da atividade da GSH-Px. Para frangos alimentados com Se orgânico, os resultados sugeriram que o Se, inicialmente depositado no peito foi liberado durante o *turnover* proteico normal, sendo reciclado pelo corpo mantendo a concentração de Se no fígado, no plasma e conseqüentemente o nível da atividade da GSH-Px.

Diferenças significativas nos parâmetros de desempenho, qualidade de carne e atividade da GSH-Px não foram achadas por Payne e Southern (2005b). O teor de Se no peito e no plasma aumentaram com o tratamento suplementado com Se orgânico em relação ao tratamento sem Se e com Se inorgânico

Upton, Edens e Ferket (2008), avaliando quatro dietas: controle negativo, 0,2 ppm de Se inorgânico, 0,2 ppm de Se orgânico e 0,1 ppm de Se inorgânico + 0,1 ppm de Se orgânico, concluíram que o Se orgânico possui efeitos benéficos no desempenho e também nas respostas fisiológicas em frangos de corte. Melhores resultados foram achados para peso vivo, conversão alimentar, rendimento de carcaça e qualidade de carne, comparando a dieta suplementada com Se orgânico em relação à dieta com Se inorgânico.

Choct, Naylor e Reinke (2004) estudaram dois níveis (0,1 ppm e 0,25 ppm) e duas fontes (Orgânico e inorgânico) de Se. Frangos de corte macho recebendo dietas com 0,1 ppm de Se consumiram mais ração do que aqueles recebendo 0,25 ppm. Entretanto, a fonte não afetou o consumo de ração. Não houve diferença no ganho de peso aos 38 dias em todos os tratamentos. Dessa forma, a conversão alimentar do tratamento com maior teor de Se foi melhor. Os

tratamentos com Se inorgânico tenderam a aumentar a perda por cozimento e o gotejamento quando comparado aos tratamentos com Se orgânico.

Resultados controversos têm sido encontrados sobre os efeitos dos níveis de suplementação de Se em relação à qualidade de carne e principalmente ao desempenho. Experimentos recentes demonstram que melhores resultados são obtidos com o uso de fontes orgânicas de selênio, mas poucos foram conduzidos para avaliar o melhor nível de substituição do Se inorgânico pelo Se orgânico.

2.11 Selênio e a Qualidade de Carne

Nos últimos anos, a demanda dos consumidores quanto à qualidade da carne tem aumentado substancialmente. Os consumidores consideram a perda de água durante o manuseio e o cozimento como um indicador de baixa qualidade. Assim, a capacidade de reter água da carne do peito, é considerada uma das mais importantes características de qualidade de carne. Problemas relacionados com a perda por gotejamento (PPG), que é o vazamento do líquido dos tecidos é considerado um problema na qualidade da carne, pois reduz a aparência do produto na prateleira e a suculência do produto cozido.

A água é encontrada no tecido muscular de três possíveis formas: constituinte, intracelular e extracelular (HONIKEL; HAMM, 1994). A água constituinte (0,1% da água total do tecido) é encontrada nas moléculas de proteínas do músculo (intramiofibrilar), a água intracelular (5 a 10 % da água do tecido) está ligada à superfície da proteína muscular (intermiofibrilar) e a água extracelular (90 a 95% da água total) se localiza nos espaços extracelulares. Esta última é perdida muito mais facilmente que as demais. Altos níveis de oxidação das membranas celulares reduzem a capacidade de retenção de água permitindo o vazamento de fluidos intracelulares. Barbut (1998) relacionou carnes pálidas e

com baixa capacidade de reter água com baixos níveis de pH. Esse mesmo autor considerou a carne PSE (Pálida, mole e exsudativa) de frango similar com a de suínos. Onde a carne PSE é resultado da desnaturação de proteínas, (reduzindo a estabilidade e sua capacidade de retenção de água), causadas pela baixo pH (abaixo de 5,8) enquanto a carcaça ainda está quente (BENDALL; SWATLAND, 1988). Essa situação pode ocorrer devido à rápida glicólise, pH particularmente baixo, resfriamento lento da carcaça, entre outros fatores (LAACK et al., 2000).

Qualidade de carne é diretamente relacionada com antioxidantes como a vitamina E e o Se (MAHAN; KIN, 1999). A suplementação de dietas com níveis adequados de Se tem sido um método simples utilizado pela indústria avícola para melhorar a estabilidade oxidativa e conseqüentemente aumentar a vida útil da carne de frango.

2.12 Selênio na Saúde Humana

Um dos aspectos fascinantes da biologia do selênio está relacionado ao seu extremo potencial. A população humana obtém Se dietético em pães, cereais, carnes, etc. O órgão americano *RDA (Recommended Dietary Allowance)* recomendam o consumo de 0,055 mg de Se por dia para homens e mulheres acima de 14 anos. A recomendação de consumo diário de Se pela Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2002) é de 0,065 mg e 0,055 mg para homens e mulheres dos 19 aos 65 anos de idade respectivamente.

Os níveis de Se nos tecidos são diretamente influenciados pelo consumo de Se na dieta, e que por sua vez é governado pela localização geográfica do Se no solo. Em geral, os níveis de Se no sangue humano de certa população segue o mesmo padrão dos animais criados naquela região. Com algumas exceções, como nos Estados Unidos e China, onde os governos criaram uma estratégia de

comércio que distribui alimentos com níveis adequados de Se em algumas regiões que apresentam solos com baixo teor do mineral.

Ainda que os mecanismos não estejam completamente elucidados, já é estabelecido que o Se dietético é importante para a saúde da resposta imune (TAYLOR, 1995). Em indivíduos infectados com HIV, níveis diminuídos de Se são indicadores sensíveis da progressão e severidade da doença, mesmo antes da má nutrição se tornar um fator. Baixos níveis plasmáticos de Se são associados ao risco aumentado de morte por HIV. Um estado nutricional adequado de Se pode aumentar a resistência à infecção por HIV ao aumentar a função de importantes células do sistema imune, conhecidas como células T e modificar a sua produção de citocinas. Na infecção por HIV, um aumento do *stress* oxidativo parece favorecer a replicação viral, possivelmente pela ativação de vias específicas de transcrição. Por ser um componente das glutathionas peroxidases e da tioredoxina redutase, o Se tem uma função importante ao diminuir o *stress* oxidativo nas células infectadas por HIV e possivelmente diminuindo a replicação viral.

Mais de 90% dos experimentos relacionando Se na quimioprevenção do câncer utilizou selenito de sódio ou selenometionina como reagente de teste, pelo simples fato de serem comercialmente disponíveis (IP et al., 1991). Ambos os compostos são conhecidos por suprir a carcinogênese em muitos modelos animais (CLARK et al., 1996; EL-BAYOUMY, 1991). Esse efeito não é específico de um órgão, pois a inibição do tumor tem sido relatados em glândulas mamárias, fígado, pele, pâncreas, esôfago, colon e em outros órgãos. Em geral, há uma resposta dose-dependente, mas pode ser realizado na ausência da toxicidade (IP et al., 1991).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Lavras no estado de Minas Gerais, no período de outubro a dezembro de 2010.

Todos os procedimentos utilizados nesta pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Bioética da Universidade Federal de Lavras, de acordo com o protocolo número 001/2010.

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi realizado em um esquema fatorial 4x3, onde os fatores foram níveis de selênio (0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 ppm) e fonte de selênio (orgânico, inorgânico e mistura de 50% orgânico e 50% inorgânico)

Como o solo brasileiro é, no geral, deficiente em selênio, e conseqüentemente os grãos cultivados nestes solos. O tratamento controle, sem suplementação de selênio é inviável para a criação de aves nessa região, fato comprovado por experimentos conduzidos previamente na UFLA, onde a mortalidade das aves do tratamento controle somente cessou quando foi adicionado selênio na dieta (GOMES et al., 2011).

Os 12 tratamentos foram dispostos em um delineamento inteiramente casualizado, com 8 repetições, totalizando 96 unidades experimentais (EU). As repetições foram constituídas por frangos criados em diferentes parcelas, compostas por 30 aves cada.

As fontes de selênio utilizadas foram a selênio levedura (2000ppm) Selemax 2000[®], (Biorigin, Lot QG1 0412090) e o selenito de sódio (45,6%).

3.3 Criação das aves

Foram utilizados 2880 pintos de um dia, machos, da linhagem Cobb-500, com média de peso de 43,03 gramas, distribuídos em 96 boxes (2x1,1m), com bebedouro *nipple*, comedouro tubular e aquecimento de ambiente por fornalha aquecedora com controle de automático de temperatura. O galpão era forrado e com cortinas duplas para controle térmico no seu interior.

As rações utilizadas foram à base de milho e farelo de soja (Tabela 3) seguindo um programa alimentar com rações, pré-inicial (1-7 dias), inicial (8-21 dias), crescimento (22-35) e final (36-42 dias) de acordo com as recomendações nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2011).

Tabela 3 Composição percentual das rações basais para frangos de corte de acordo com as fases de criação

Ingredientes	1 a 7 dias	8 a 21 dias	22 a 34 dias	35 a 42 dias
Milho	56,274	58,700	60,608	54,950
Farelo de soja 46%	37,000	34,080	31,300	27,170
Óleo vegetal	2,162	3,072	4,240	4,158
Fosfato bicálcico	1,924	1,875	1,720	1,570
Calcário calcítico	0,875	0,816	0,774	0,740
Sal comum	0,470	0,460	0,440	0,420
DL-Metionina 99%	0,373	0,273	0,245	0,241
L-lisina HCl 78%	0,395	0,260	0,230	0,287
L-Treonina 98%	0,158	0,082	0,061	0,082
Supl. Vitamínico ¹	0,100	0,100	1,000	0,100
Supl. Mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto de Colina, (60%)	0,057	0,570	0,057	0,057
Salinomicina 12%	0,050	0,050	0,050	0,050
Bacitracina – Zn, 10%	0,500	0,025	0,025	0,025
Inerte*	0,050	0,050	0,050	0,050
Total	100	100	100	100
Composição nutricional calculada				
Energia Metab. kcal/kg	2956	3,050	3150	3200
Proteína Bruta %	22,35	20,98	19,80	18,32
Met. + Cist. digestível %	0,97	0,84	0,79	0,76
Lisina digestível %	1,36	1,19	1,10	1,05
Treonina digestível %	0,89	0,77	0,71	0,68
Triptofano digestível %	0,25	0,24	0,22	0,20
Arginina digestível %	1,39	1,30	1,22	1,10
Isoleucina digestível %	0,86	0,81	0,76	0,69
Glicina+Serina total, %	1,97	1,86	1,76	1,62
Sódio	0,22	0,22	0,21	0,20
Cálcio %	0,94	0,90	0,84	0,78
Fósforo Disponível, %	0,47	0,45	0,42	0,39

¹ Suplementando por kg de ração: Vit. A 12.000 UI, Vit. D3 2400 UI, Vit. E 40 mg, Vit. K 31,8 mg, Vit. B1 2,5 mg, Vit. B2 4,0 mg, Vit. B6 2,0 mg, Vit. B12 15 µg, Biotina 60 µg, Niacina 30 mg, Ácido Fólico 1,8 mg.

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

* Kaolin utilizados para inclusão dos tratamentos.

As análises das rações experimentais para definir o teor de selênio fornecido pelos tratamentos em cada período estão representados na tabela 4.

Tabela 4 Composição analisada de selênio nas rações experimentais, na base de matéria seca

Fase/dias	Nível de suplementação ppm ¹			
	Selênio Levedura (orgânico)			
	0,150	0,300	0,450	0,600
1 a 7	0,180	0,335	0,490	0,630
8 a 21	0,200	0,345	0,490	0,625
22 a 35	0,205	0,350	0,495	0,635
36 a 42	0,200	0,350	0,495	0,630
	Selênio levedura + Selenito de Sódio			
	0,150	0,300	0,450	0,600
1 a 7	0,170	0,320	0,475	0,630
8 a 21	0,185	0,330	0,480	0,620
22 a 35	0,195	0,340	0,485	0,630
36 a 42	0,185	0,340	0,480	0,630
	Selenito de Sódio (inorgânico)			
	0,150	0,300	0,450	0,600
1 a 7	0,170	0,325	0,480	0,625
8 a 21	0,170	0,320	0,470	0,620
22 a 35	0,180	0,330	0,480	0,625
36 a 42	0,175	0,330	0,475	0,620

¹ Analisado por espectrometria de absorção atômica com sistema de gerador de hidretos no DQI/UFMS - RS

O manejo das aves seguiu as recomendações do manual da linhagem, sendo a água e a ração fornecidas à vontade durante todo o período experimental. O programa de luz contínuo (24 horas de luz natural + artificial) foi adotado durante todo o período. Os registros de temperatura interna do galpão foram tomados diariamente às 8 horas em dois termômetros de máxima e mínima, colocados em diferentes partes da instalação à altura das aves. A temperatura máxima obtida foi de 35,9 °C, a mínima foi de 14,3 °C e a

temperatura média foi de 27,4 °C.

Foram avaliadas as medidas de desempenho (ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e mortalidade) nas fases de 1 a 7, 1 a 21, 1 a 35 e 1 a 42 dias, a partir da pesagem das aves por parcela e das rações (fornecida e sobra).

3.4 Abate das aves e análise de carnes

Aos 42 dias, duas aves por parcela foram submetidas a jejum por 6 horas e abatidas por deslocamento cervical, sangradas, escaldadas por 3 minutos a 54° C, depenadas e evisceradas. Após a pesagem das carcaças, os peitos e as pernas das aves (sem os pés) foram separados da carcaça e pesados para determinação do rendimento de carcaça, peito e coxa/sobrecoxa. Os peitos foram desossados e armazenados em gelo até serem levados para o Laboratório de Análise de Carnes e Derivados, do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, onde foram realizadas as análises referentes à qualidade da carne.

A qualidade de carne do peito foi avaliada através de análises físico-químicas utilizando os peitos de duas aves por unidade experimental. Após as aves serem depenadas e evisceradas, os peitos foram separados da carcaça e resfriados em gelo por uma hora e trinta minutos e deixados em temperatura ambiente para as análises. Um dos peitos de cada parcela foi selecionado para avaliação do pH e perda de peso por gotejamento (PPG) após 24 e 48 horas. O outro peito de cada parcela foi utilizado nas análises de cor objetiva, perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC).

O pH foi medido aproximadamente 4 horas após o abate com um potenciômetro Digimed DM-20, utilizando um eletrodo de punção e dispositivo calibrador de temperatura inseridos na massa muscular da carne do peito. Os

valores de pH de cada amostra foram obtidos a partir das médias de três leituras (triplicatas), em diferentes posições.

A PPG foi medida através de duas amostras por parcela de 2,5 cm³ retiradas do músculo *pectoralis major* e pesadas de acordo com Rasmussen e Andersson (1996). Cada cubo foi suspenso por um gancho de aço inoxidável preso à tampa de um pote de plástico vedado para que não houvesse perdas para o meio exterior. O cubo foi posicionado de forma que a direção das fibras ficasse paralela ao fundo do pote. Depois de vedado, os potes foram alocados em um refrigerador a 4°C. Após 24 horas uma amostra foi retirada do refrigerador e pesada para o cálculo da perda. Após 48 horas a segunda amostra da parcela foi retirada para a pesagem

A leitura de cor objetiva foi realizada na superfície do *pectoralis major* após expostos por 30 minutos ao ar ambiente, fazendo-se o uso do colorímetro Chroma Meters CR-300 (Konica Minolta Sensing Inc.) de acordo com o processo reportado por Ramos e Gomide (2007). 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 *pectoralis major*.

Após as leituras de cor objetiva, os peitos foram desossados e os músculos separados, pesados e envolvidos em papel alumínio. Em seguida, foram submetidos ao cozimento, em chapa elétrica previamente aquecida à temperatura de 150 ± 5 °C. Após atingirem 35 °C, as amostras foram viradas e mantidas em cozimento até a temperatura interna atingir 72 ± 2 °C (RODRIGUES et al., 2007). 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 (percentual da diferença entre os pesos antes e após o cozimento).

As amostras cozidas foram, então, cortadas em pedaços com dimensões de 2,0x1,0x1,0 cm, com maior comprimento no sentido longitudinal das fibras musculares, conforme metodologia descrita por Froning e Uijttenboogarte (1988). Quatro pedaços de cada amostra foram submetidos ao teste de FC, em texturômetro TA.XT2i (*Stable Micro System Inc.*) com célula de força de 5 kg, conectado a um computador equipado com o programa Texture Expert®. As amostras foram cisalhadas, perpendicularmente às fibras musculares, por 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 quatro leituras.

3.5 Análise de teor de selênio

Uma porção do peito, o fígado e segmentos individualizados do intestino delgado foram coletados de uma ave por parcela. As amostras foram liofilizadas por 72 horas e posteriormente moídas, para análises de teores de Se. Foi tomada uma alíquota entre 0,5 e 1,0 g da amostra desidratada, pesada com exatidão e colocada em tubo digestor com 10 ml de ácido nítrico. A mistura foi mantida a frio por 12 horas. Em seguida as amostras passaram por aquecimento brando (80 °C) por 2 horas e aquecimento a 100 °C até eliminação de vapores nitrosos. Adição de peróxido de hidrogênio (2 mL) foi feita para completar a digestão. A mistura foi diluída a 50 mL para a pré-redução do Se VI a Se IV através do tratamento com brometo de sódio e Ácido Sulfâmico (o ácido sulfâmico tem a função de garantir a ausência de nitrosos que interferem na medida por absorção atômica). O teor de selênio total foi determinado por absorção atômica com geração de hidretos (HGAAS), utilizando a atomização em tubo de quartzo (QTA) com temperatura de 850°C. Utilizou-se o espectrômetro de absorção

atômica da VARIAN, modelo SpectrAA-2000 e gerador de hidretos Varian, modelo VGA 77. O reagente redutor adotado foi o borohidreto de sódio (solução alcalina). A fonte de radiação eletromagnética foi uma Lâmpada de Cátodo Ôco de Se marca PHOTRON e o comprimento de onda utilizado foi 196,0 nm.

3.6 Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme procedimentos do pacote estatístico SAS[®] (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 2001) para comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Quando aplicável, utilizou-se da regressão polinomial e múltipla para os níveis de suplementação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho das Aves

Não foi observada interação significativa ($p > 0,05$) entre níveis e fontes de Se para o desempenho das aves de 1 a 7 dias de idade. As fontes de Se estudadas não influenciaram ($p > 0,05$) no desempenho das aves nessa fase. Por outro lado, observou-se maior consumo, maior ganho de peso, e melhor conversão alimentar com a utilização de 0,45 ppm de Se independentemente da fonte (tabela 5).

Payne e Southern (2005b) não encontraram diferenças significativas entre a fonte orgânica e inorgânica aos 10 dias de idade das aves, com níveis de Se de 0,30 ppm.

Nessa fase, a diferença encontrada no desempenho pode ser devido ao desperdício ou mesmo uma possível heterogeneidade em algumas parcelas.

Tabela 5 Desempenho de frangos de corte na fase de 1 a 7 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações¹

Consumo de ração (g/ave)				
Níveis ppm	Fontes			Média²
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	157	156	157	157 a
0,30	159	162	159	160 ab
0,45	163	161	163	163 b
0,60	154	161	157	158 a
Média	159	160	159	
CV(%)	3,94			
Ganho de peso (g/ave)				
	Fontes			Média²
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	140	137	140	139 b
0,30	139	142	139	140 b
0,45	144	144	144	144 a
0,60	140	141	138	140 b
Média	140,7	141	140	
CV(%)	3,46			
Conversão alimentar (kg/kg)				
	Fontes			Média²
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	1,307	1,314	1,306	1,309 b
0,30	1,304	1,306	1,310	1,307 ab
0,45	1,301	1,294	1,300	1,299 a
0,60	1,309	1,307	1,311	1,309 b
Média	1,305	1,305	1,307	
CV(%)	0,90			

¹Interação não significativa para fontes x níveis ($p > 0,05$)

²Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Da mesma forma que a fase anterior, não foi observada interação significativa ($p > 0,05$) entre os fatores em estudo para o desempenho de 1 a 21 dias de idade das aves. Também não foram observados efeitos ($p > 0,05$) dos níveis e fontes de Se sobre as médias de desempenho nessa fase (Tabela 6).

Tabela 6 Desempenho de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações¹

Consumo de ração (g/ave)				
Nível ² ppm	Fonte ²			
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	Média
0,15	1153	1151	1158	1154
0,30	1146	1168	1169	1161
0,45	1183	1169	1159	1170
0,60	1124	1204	1142	1157
Média	1151	1173	1157	
CV(%)	5,71			
Ganho de peso (g/ave)				
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	Média
0,15	853	869	856	859
0,30	849	860	857	856
0,45	854	863	870	862
0,60	860	856	865	860
Média	853,7	861,8	862,1	
CV(%)	5,86			
Conversão alimentar (kg/kg)				
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	Média
0,15	1,354	1,378	1,354	1,345
0,30	1,351	1,358	1,365	1,358
0,45	1,384	1,357	1,333	1,358
0,60	1,309	1,383	1,321	1,338
Média	1,349	1,357	1,343	
CV(%)	4,11			

¹ Interação não significativa para fontes x níveis ($p > 0,05$)

² Médias não diferem estatisticamente ($p > 0,05$)

Deniz, Genzen e Turkmen (2005) e Payne e Southern (2005b) encontraram resultados semelhantes quando comparando a fonte orgânica com inorgânica em um único nível de Se (0,30 ppm). No entanto Ryu et al. (2005) encontraram diferenças significativas entre níveis na fonte inorgânica de Se para ganho de peso e conversão alimentar para a fase semelhante de criação,

indicando o nível de 1,00 ppm para maior ganho de peso e o nível de 4,00 ppm a melhor conversão alimentar.

Avaliando-se o desempenho das aves suplementadas com diferentes fontes e níveis de Se na ração, para a fase de 1 a 35 dias de idade, não foi encontrada interação ($p>0,05$) entre os fatores, bem como não foi encontrada das fontes e dos níveis de Se sobre os parâmetros de desempenho (Tabela 7).

Tabela 7 Desempenho de frangos de corte na fase de 1 a 35 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações¹

Consumo de Ração (g/ave)				
Nível ² ppm	Fonte ²			Média
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	3115	3131	3097	3114
0,30	3044	3115	3145	3201
0,45	3032	3054	3115	3067
0,60	3106	3164	3121	3130
Média	3074	3116	3120	
CV(%)	4,36			
Ganho de Peso (g/ave)				
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	Média
0,15	2156	2208	2182	2182
0,30	2130	2153	2184	2156
0,45	2177	2136	2144	2152
0,60	2150	2160	2169	2160
Média	2153,2	2164,3	2169,7	
CV(%)	2,83			
Conversão Alimentar (kg/kg)				
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	Média
0,15	1,444	1,419	1,419	1,427
0,30	1,429	1,446	1,439	1,438
0,45	1,393	1,429	1,453	1,435
0,60	1,443	1,465	1,439	1,449
Média	1,427	1,440	1,437	
CV(%)	3,72			

¹ Interação não significativa para fontes x níveis ($p>0,05$)

² Médias não diferem estatisticamente ($p>0,05$)

Os resultados do presente estudo foram semelhantes dos obtidos por Payne e Southern (2005b) que utilizaram nível de Se de 0,30 ppm e as fontes orgânica e inorgânica de Se. Os resultados de Ryu et al. (2005) também foram semelhantes porém, com o uso de altos níveis de Se.

Considerando o período experimental total (1 a 42 dias), também não foram verificadas interações significativas ($p>0,05$) entre os níveis e fontes de Se estudadas, sobre as medidas de desempenho das aves (tabela 8).

Os resultados observados neste experimento estão de acordo com os encontrados por Peric et al. (2009), que estudando as suplementações de 0,00, 0,10, 0,20 e 0,30 ppm nas fontes orgânica e inorgânica, não observaram efeitos sobre medidas de desempenho aos 42 dias de idade. O mesmo aconteceu com os resultados obtidos por Ryu et al. (2005) e Wang e Xu (2007).

Choct, Naylor e Reinke (2004) também observaram resultados similares quanto às fontes, mas não em relação aos níveis. A utilização 0,25 ppm de Se dietético resultou em menor consumo de ração e melhor conversão alimentar que o tratamento com 0,10 ppm de Se.

Os resultados de desempenho obtidos neste estudo não estão de acordo com os resultados obtidos por Upton, Edens e Ferket (2008), que encontraram melhor conversão alimentar para o tratamento com a associação da fonte orgânica e inorgânica em relação ao tratamento com a fonte somente inorgânica.

Tabela 8 Desempenho de frangos de corte na fase de 1 a 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações¹

Consumo de Ração (g/ave)				
Nível ² ppm	Fonte ²			Média
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	4510	4563	4473	4516
0,30	4404	4449	4504	4452
0,45	4516	4440	4449	4469
0,60	4463	4555	4462	4493
Média	4473	4502	4472	
CV(%)	2,70			
Ganho de Peso (g/ave)				
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	Média
0,15	2673	2664	2669	2669
0,30	2603	2654	2681	2646
0,45	2663	2608	2643	2638
0,60	2660	2636	2659	2652
Média	2649,9	2640,7	2663,0	
CV(%)	2,52			
Conversão Alimentar (kg/kg)				
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	Média
0,15	1,675	1,700	1,685	1,687
0,30	1,686	1,676	1,680	1,681
0,45	1,681	1,695	1,683	1,686
0,60	1,670	1,716	1,659	1,682
Média	1,678	1,697	1,677	
CV(%)	2,24			

¹ Interação não significativa para fontes x níveis (p>0,05)

² Médias não diferem estatisticamente (p>0,05)

No presente experimento não houve interação ou diferenças significativas (p>0,05) entre as fontes e entre os níveis para o índice de mortalidade, que foi de 4,68%.

As medidas de desempenho em frangos de corte são prejudicadas quando o nível de Se na dieta é insuficiente para atender suas exigências. Entretanto, os resultados sugerem que o nível mínimo utilizado, 0,15 ppm de Se,

atende as exigências das aves para essas medidas, pois não houve diferenças significativas de desempenho aos 42 dias.

4.2 Rendimento de Carcaça

Na tabela 9 estão demonstrados os rendimentos de carcaça eviscerada, de peito e coxa/sobrecoxa de acordo com as fontes e os níveis estudados desse microelemento, onde se observa que não houve interação significativa entre as fontes e níveis de suplementação de Se na ração para os rendimentos de carcaça eviscerada e coxa/sobrecoxa. Observou-se interação entre os fatores para rendimento de peito, onde para a associação das fontes o nível de 0,60 ppm apresentou maiores valores que o nível de 0,15 ppm. É possível que a menor capacidade antioxidativa das enzimas causada pela menor inclusão de Se, seja a explicação para essa diferença de rendimento de peito.

Upton, Edens e Ferket (2008) não observaram, assim como neste estudo, diferença significativa ($p > 0,05$) para diferentes fontes de Se sobre o peso do peito. Mas de forma contrária encontraram diferença das fontes para o peso das vísceras, o qual a fonte orgânica apresentou maior peso que a associação das fontes ao nível de 0,20 ppm de Se. Esses autores avaliando o peso da coxa/sobrecoxa não encontraram diferença significativa entre as fontes, o que contraria os resultados encontrados no presente experimento.

Os dados de rendimento de carcaça obtido neste experimento estão de acordo com o encontrado por Deniz, Genzen e Turkmen (2005), que mencionaram não terem verificado diferenças entre a fonte orgânica e inorgânica de Se.

Choct, Naylor e Reinke (2004) e Payne e Southern (2005b), estudando a fonte orgânica e inorgânica de Se encontraram resultados para rendimento de carcaça e rendimento do peito que corroboram com o presente estudo.

Tabela 9 Rendimento da carcaça eviscerada, do peito e da coxa/sobrecoxa de aves aos 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações

Rendimento de carcaça sem vísceras (%)				
Nível (ppm)	Fonte			Média
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	70,10	67,74	70,61	69,48
0,30	70,39	70,08	69,42	69,96
0,45	69,04	68,22	70,43	69,23
0,60	69,21	70,25	70,29	69,92
Média	69,69	69,07	70,19	
CV(%)	3,30			
Rendimento de Peito (%)				
Nível (ppm)	Fonte ¹			Média
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	26,77 a	24,20b	26,05 a	25,67
0,30	26,59 a	25,27 ab	26,56 a	26,14
0,45	25,98 a	25,71 ab	25,36 a	25,68
0,60	24,98 a	26,42 a	26,38 a	25,93
Média	26,08	25,40	26,09	
CV(%)	6,17			
Rendimento de coxa/sobrecoxa (%)				
Nível (ppm)	Fonte			Média
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	22,52	22,41	22,82	22,59
0,30	22,65	22,89	22,53	22,69
0,45	22,32	22,66	23,45	22,48
0,60	22,06	22,55	22,94	22,52
Média	22,39	22,38	22,94	
CV(%)	5,07			

¹Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

4.3 Características Físico-químicas da Carne do Peito

Os dados referentes ao pH do músculo do peito estão representados na tabela 10.

Tabela 10 Características físico-químicas do peito das aves aos 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações

Nível (ppm)	pH			Média
	Fonte			
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	5,83	5,75	5,77	5,79
0,30	5,79	5,78	5,83	5,80
0,45	5,79	5,74	5,79	5,77
0,60	5,76	5,76	5,80	5,78
Média	5,80	5,76	5,80	
CV(%)	1,53			

¹Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

²Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância

Não houve interação significativa ($p > 0,05$) dos fatores estudando, bem como efeito não significativo ($p > 0,05$) dos fatores separadamente sobre o pH (tabela 9).

Os resultados para pH observados por Jiang, Ganther e Lu (2000), Mikulski et al. (2009) e Peric et al. (2009) em frangos estão de acordo com os encontrados no presente experimento. Mateo et al. (2007) e Wolter, Socorro e Houdré (1998), avaliando o pH em suínos não encontraram diferença significativa entre as fontes orgânica e inorgânica.

De forma contrária ao presente experimento, Boiago (2006), quando avaliando o pH em frangos de corte aos 42 dias, observou diferença significativa ($p < 0,05$) entre as fontes de Se, o qual a fonte orgânica obteve maior pH.

Não houve interação significativa ($p > 0,05$) para perda por gotejamento após 24 horas (PPG 24 h) e perda por gotejamento após 48 horas (PPG 48 h) do peito de frango aos 42 dias (Tabela 11). Os resultados sugerem que a suplementação com Se orgânico, independente do nível, possivelmente melhorou as atividades antioxidantes das enzimas, diminuindo dessa maneira a

peroxidação lipídica e proteica da carne do peito. Como consequência disso, a carne do peito teve sua capacidade de reter líquido aumentada, e consequentemente do ponto de vista do consumidor sua qualidade da carne.

Tabela 11 Características físico-químicas do peito das aves aos 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações

Perda Por Gotejamento 24 h (%)				
Nível (ppm)	Fonte ¹			Média
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	2,60	2,65	2,59	2,61
0,30	2,28	2,59	2,83	2,57
0,45	2,19	2,56	3,80	2,52
0,60	2,46	2,53	2,44	2,48
Média ²	2,39 A	2,58 B	2,69 B	
CV(%)	17,53			
Perda Por Gotejamento 48 h (%)				
Nível (ppm)	Fonte ¹			Média
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	4,10	4,16	5,41	4,56
0,30	4,41	4,81	4,88	4,70
0,45	4,14	5,16	4,51	4,61
0,60	4,40	4,05	4,74	4,40
Média ²	4,30 A	4,55 AB	4,89 B	
CV(%)	20,05			

¹Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

²Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância

Não houve influência significativa ($p > 0,05$) dos níveis sobre a PPG 24h, mas observa-se que o uso da fonte orgânica resultou em perda significativamente ($p < 0,05$) menor que a fonte inorgânica e a associação entre as duas fontes.

Os resultados observados por Peric et al. (2009) e Wang et al. (2011) reforçam os encontrados no presente experimento, o qual a fonte orgânica

possibilitou significativamente ($p < 0,05$) menor PPG 24h comparada com a fonte inorgânica. Porém, esses autores observaram que a associação das duas fontes não resultou em diferença estatística ($p > 0,05$) entre as fontes separadamente.

De maneira similar ao presente experimento, Choct, Naylor e Reinke (2004) observaram significativamente menor PPG 24h para a fonte orgânica do que a inorgânica e maior PPG 24h para o menor nível de Se (0,15 ppm) quando comparado com o nível de 0,25 ppm de suplementação de Se.

Jiang, Ganther e Lu (2000) não observaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre os níveis de 0,075, 0,150 e 0,225 ppm de Se orgânico e 0,150 ppm de Se inorgânico, o que não condiz com os resultados encontrados no presente experimento.

O uso da fonte orgânica resultou em menor PPG 48h do que a fonte e inorgânica ($p < 0,05$). A associação das fontes não influenciou nessa medida, sendo os resultados semelhantes às fontes separadamente. Não houve interação entre os níveis e fontes e não se observou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os níveis de Se suplementados.

Avaliando PPG 48h em suínos de 130 Kg, Mateo et al. (2007) não observaram diferenças entre as fontes orgânica e inorgânica, e também entre os níveis 0,10, 0,20 e 0,30 ppm de Se.

Contradizendo o presente experimento, Mikulski et al. (2009) não encontraram diferenças entre as fontes orgânica e inorgânica. Da mesma forma, Naylor et al. (2009) não encontraram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre a fonte orgânica e inorgânica de Se e entre os níveis de 0,20, 0,30 e 0,40 ppm Se.

Wang et al. (2011), estudando diferentes fontes de Se em frangos de corte aos 49 dias, também observaram para a fonte orgânica menor PPG 48h que a fonte inorgânica.

Os dados referentes à força de cisalhamento da carne do peito de frangos de corte aos 42 dias de idade estão representados na tabela 12.

Tabela 12 Características físico-químicas do peito das aves aos 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações

Nível (ppm)	Força de Cisalhamento (Kgf)			Média
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	28,07	30,53	30,92	29,98
0,30	29,29	30,67	31,76	30,69
0,45	31,06	29,10	27,19	28,83
0,60	25,04	31,72	36,07	31,57
Média	28,39	30,51	31,34	
CV(%)	21,01			

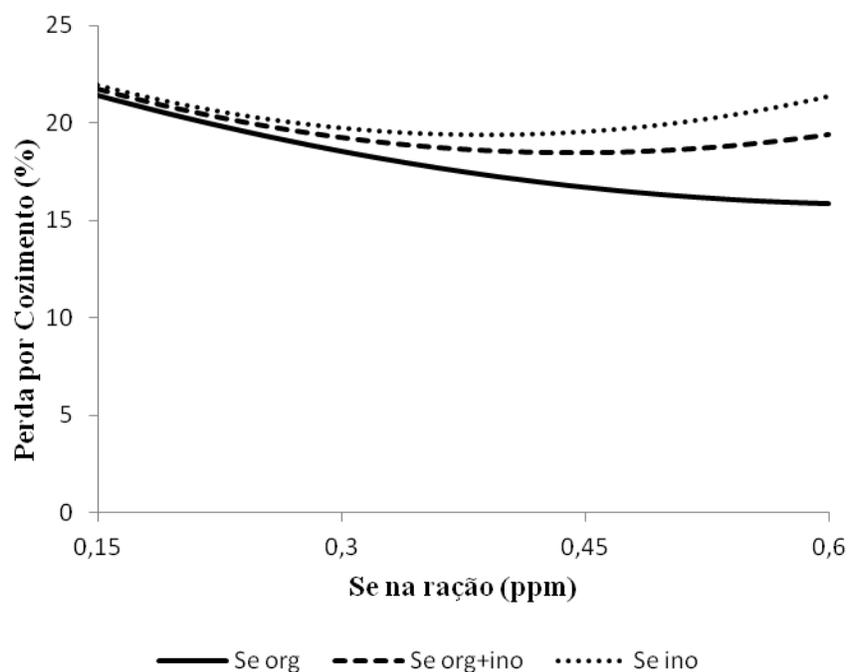
¹Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

²Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância

Com a manutenção da integridade da membrana celular encontrada com PPG e PPC ao suplementar a ração com Se orgânico, se esperava que melhores resultados fossem obtidos na carne ao realizar as análises de Fc. A Fc mede a textura da carne, e carnes que sofreram os efeitos da oxidação tendem a ser mais moles.

Sevcíková et al. (2006), avaliando fontes orgânicas e inorgânicas de Se suplementar em frangos de corte na República Tcheca, observou maior Fc para o tratamento suplementado com fonte orgânica de Se.

Não houve interação entre as fontes e os níveis ($p > 0,05$) para PPC, mas houve diferença significativa ($p < 0,05$) das fontes e dos níveis separadamente. O uso do nível de 0,15 ppm resultou maior PPC, mostrando que esse nível não é o melhor para manter a qualidade da carne nesse parâmetro. Já a fonte orgânica proporcionou menor PPC que as outras fontes, mostrando-se melhor em proteger a carne do peito dos efeitos deletérios da oxidação (figura 3).



$$\begin{aligned} \text{Se Orgânico } y &= 25,276803 - 29,138442x + 22,440097x^2 & R^2 &= 99,53\% \\ \text{Se Org+Inor } y &= 25,997792 - 33,941205x + 38,274514x^2 & R^2 &= 84,88\% \\ \text{Se Inorgânico } y &= 26,105563 - 34,520585x + 44,333319x^2 & R^2 &= 91,86\% \end{aligned}$$

Figura 3 Proteção da membrana lipídica pela GSH-Px. GSH-Px no citosol (A) evita a formação do composto destrutivo OH⁻ e (B) destruindo hidroperóxidos que podem ser formados

Wolter, Socorro e Houdré (1998) não observaram diferenças de PPC entre a fonte orgânica e inorgânica nos suínos em crescimento. Conduzido um experimento com perus Mikulski et al. (2009) também não acharam diferenças de PPC entre a fonte orgânica e inorgânica. Miezeliene et al. (2011) não encontraram diferenças significativas entre os níveis 0,15 e 0,50 ppm de Se orgânico para PPC em frangos de corte. Boiago (2006), avaliando dois níveis, 0,30 e 0,50 ppm de Se orgânico e inorgânico em cada nível, não encontrou interação ou diferença significativa entre fontes e entre níveis.

Os resultados encontrados neste experimento estão de acordo com as observações de Naylor et al. (2009) que, avaliando o uso 0,20, 0,30, 0,40 ppm de Se orgânico e 0,30 ppm de Se inorgânico, encontraram menores PPC com 0,30 e 0,40 ppm de Se orgânico.

Não houve interação, bem como diferenças significativas ($p > 0,05$) para as fontes e níveis de suplementação de Se, sobre o índice de vermelho (a^*) e índice de amarelo (b^*). A interação entre os fatores foi significativa ($p < 0,05$) para o índice de cor luminosidade (L^*). O nível de 0,15 ppm apresentou maiores valores de luminosidade (L^*) para a fonte inorgânica e a associação das fontes orgânica e inorgânica. A fonte orgânica apresentou menor índice luminosidade dentro do nível 0,15 ppm de Se. A fonte inorgânica obteve maior índice luminosidade dentro do nível 0,30 ppm (Tabela 13)

O índice L^* da carne depende da quantidade de luz absorvida e dispersa, sendo assim, carne pálida tem uma maior quantidade de luz dispersa e uma menor absorção, fazendo com que o índice L^* seja maior que uma carne normal. A alteração dos ácidos graxos causado pela oxidação pode ter mudado a aparência da carne.

Comparando peitos de frango pálidos e com coloração normal, Laack et al. (2000) observaram que os peitos pálidos apresentaram índice L^* (60,0) similar ao encontrado neste estudo para o nível 0,15 ppm de Se inorgânico e a associação das duas fontes. O índice L^* para os peitos com coloração normal apresentaram valores (55,1) similares aos outros tratamentos do presente experimento. Esses autores ainda encontraram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os peitos normais e pálidos para o índice a^* . Não foi encontrada diferença para o índice b^* .

Jiang, Ganther e Lu (2000) não observaram diferenças significativas ($p > 0,05$) para nenhum dos índices de cor (a^* , b^* e L^*) em peitos de frango aos 42 dias de idade. Wang e Xu (2011), avaliando o índice a^* em peitos de frango

aos 49 dias com 8 horas *post-mortem* não encontraram diferença significativa ($p < 0,05$).

Tabela 13 Características físico-químicas do peito das aves aos 42 dias de idade de acordo com níveis e fontes de selênio nas rações

L*				
Nível (ppm)	Fonte			Média
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	56,118 aA	62,738 bB	62,188 bB	60,348
0,30	54,643 aA	54,698 aA	56,492 aB	55,707
0,45	55,331 aA	55,916 aA	56,492 aA	56,489
0,60	56,240 aA	57,645 aA	56,134 aA	56,096
Média	55,583	57,749	58,148	
CV(%)	3,94			
a*				
Nível (ppm)	Fonte			Média
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	2,270	2,250	2,061	2,193
0,30	2,155	1,952	2,417	2,175
0,45	2,032	1,923	2,268	2,075
0,60	2,132	2,291	2,018	2,147
Média	2,147	2,104	2,191	
CV(%)	39,12			
b*				
Nível (ppm)	Fonte			Média
	Orgânico	Orgânico + Inorgânico	Inorgânico	
0,15	-0,555	0,540	-0,171	-0,062
0,30	0,0587	-1,116	0,870	-0,062
0,45	0,425	-0,125	-0,426	-0,042
0,60	-0,198	-0,0557	-0,542	-0,042
Média	-0,067	-0,314	0,067	
CV(%)	-1019,15			

¹Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

²Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância

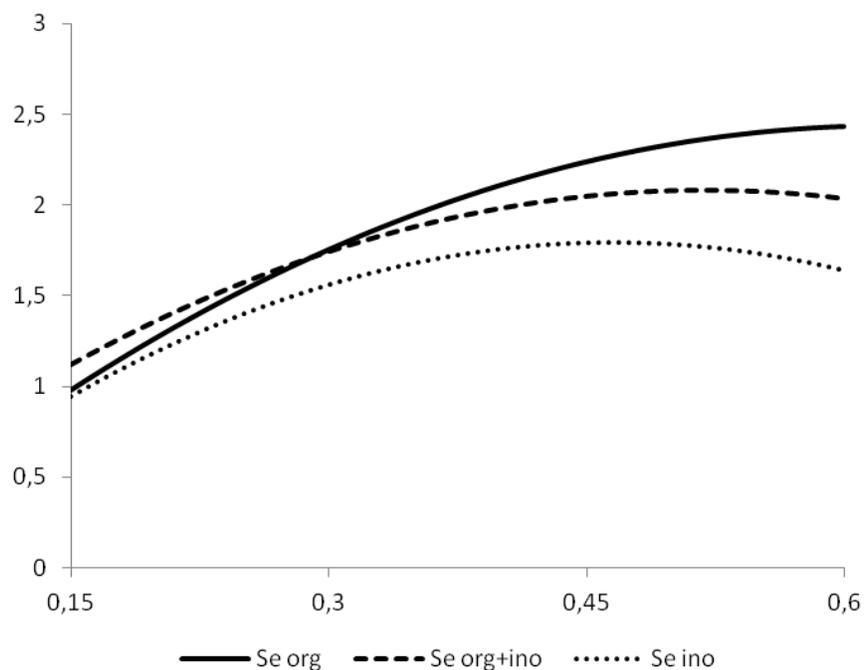
A qualidade da carne é afetada principalmente pela fonte de Se suplementada, sendo que a fonte orgânica apresentou em muitos dos parâmetros de qualidade de carne avaliados, melhores índices que a fonte orgânica e a associação das fontes de Se. De uma maneira menos expressiva que a fonte, os níveis de Se avaliados também afetaram a qualidade de carne, onde o nível de 0,15 ppm de Se obteve os piores resultados dentre os níveis.

4.4 Características Fisiológicas

Para os teores de Se hepático não houve interação entre fontes e os níveis de Se estudados, mas houve efeito significativo ($p < 0,05$) das fontes e dos níveis separadamente (Figura 4).

Independentemente da fonte, a deposição de Se no fígado é crescente até o nível de 0,45 ppm desse elemento. A partir desse nível a deposição de Se decresce quando a ração é suplementada com Se inorgânico até o nível de 0,60 ppm. Com o aumento dos níveis de suplementação de Se, fica mais claro a superioridade de retenção da fonte orgânica sobre a inorgânica. Interessantemente a associação das fontes ocupou uma posição intermediária, não apresentando diferenças estatísticas ($p > 0,05$) para as outras fontes.

O maior teor de Se no fígado depositado pela fonte orgânica em relação à fonte inorgânica, pode ser explicado pela habilidade do selênio metionina, não utilizado na síntese de selenoproteínas, poder ser retido nos tecidos, como o fígado, em altas taxas. O selênio inorgânico é retido menos eficientemente, sendo excretado pela urina (KIM; MAHAN, 2003).



Se Orgânico $y = -0,089000 + 8,071167x - 6,450000x^2$ $R^2 = 97,65\%$
 Se Org+Inor $y = 0,178875 - 7,331833x + -7,061111x^2$ $R^2 = 92,04\%$
 Se Inorgânico $y = -0,050063 + 7,916583x - 8,502778x^2$ $R^2 = 98,12\%$

Figura 4 Nível de Se (mg/kg) depositado no fígado de frangos de corte aos 42 dias de alimentados com diferentes fontes e níveis de Se (matéria seca)

Comparando duas fontes de Se (orgânica e inorgânica) no nível de 0,20 ppm e dois níveis (0,20 e 0,70 ppm) de Se na fonte orgânica, Kuricová et al. (2003) encontraram que os teores de Se no fígado foram maiores quando utilizando a fonte orgânica e com o nível de 0,70 ppm em frangos de corte. Esses dados reforçam os encontrados neste estudo.

Avaliando a fonte orgânica e inorgânica de Se, no nível de 0,2 ppm de suplementação, Wang e Xu (2008) encontraram dados que corroboram com os do presente experimento, onde o teor de Se no fígado das aves alimentadas com Se orgânico foram superiores aos das aves alimentadas com Se inorgânico.

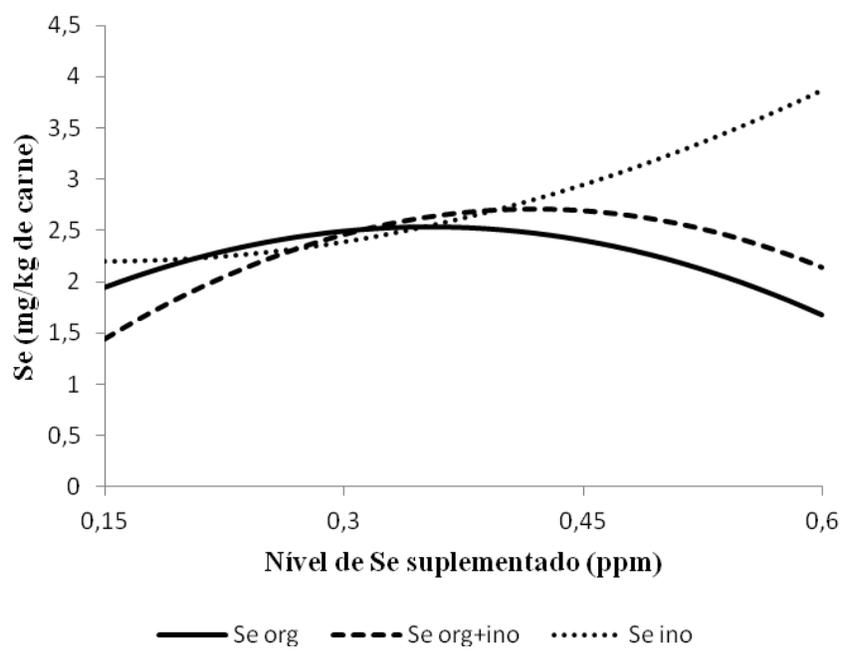
Resultados similares foram encontrados por Pan et al. (2007), quando comparando à fonte orgânica da inorgânica em poedeiras.

Baowei et al. (2011), estudando a resposta de níveis (0,0; 0,1; 0,3; 0,5 ppm) de Se orgânico em gansos, concluíram que o teor de Se depositado no fígado é crescente sendo dose dependente.

A maior deposição de Se no fígado é interessante por que em caso de deficiência de Se posteriormente, a ave terá de onde mobilizar o elemento para atender suas funções vitais sem prejudicar o seu desempenho.

Para os segmentos do intestino delgado, duodeno, jejuno e íleo, foi verificado efeito significativo da interação entre fontes e níveis de Se suplementados na deposição desse mineral (Figuras 5,6 e 7)

Com exceção no duodeno em níveis de suplementação menor que 0,45 ppm foi observado maiores concentrações de Se em todos os segmentos do intestino. Os níveis, com exceção da fonte de aves alimentadas com Se inorgânico. A inorgânica no duodeno e íleo teve uma fase crescente chegando a um máximo e diminuindo em seguida, mostrando que o nível máximo prejudicou a retenção de Se pelos segmentos do intestino.

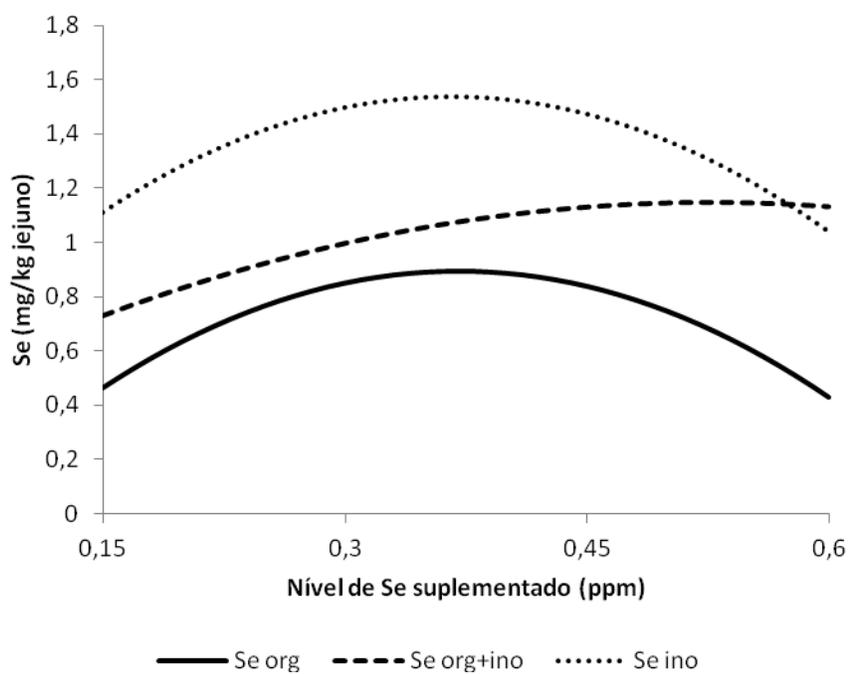


$$\text{Se Orgânico } y = 0,75425 + 10,0818x - 14,2388x^2 \quad R^2 = 93.09\%$$

$$\text{Se Org+Inor } y = -0,3592 + 14,6235x - 17,4277x^2 \quad R^2 = 89.24\%$$

$$\text{Se Inorgânico } y = 2,3721 - 2,4051x + 8,1611x^2 \quad R^2 = 98.36\%$$

Figura 5 Níveis de Se (mg/Kg) retido no Duodeno de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com diferentes fontes e níveis de Se (matéria seca)

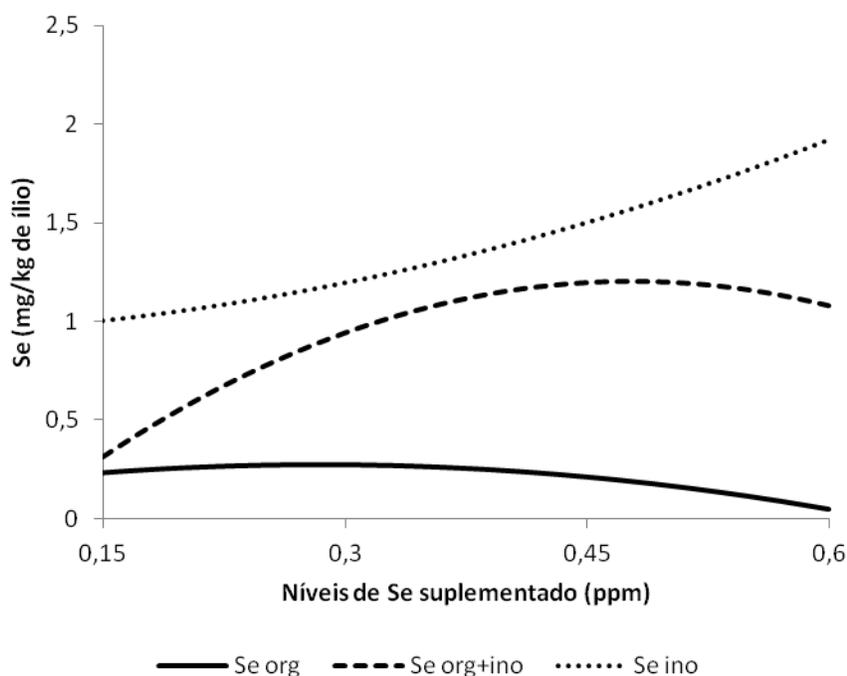


$$\text{Se Orgânico } y = -0,3250 + 6,5749x - 8,8694x^2 \quad R^2 = 99,18\%$$

$$\text{Se Org+Inor } y = 0,3285 + 3,1188x - 2,9611x^2 \quad R^2 = 83,66\%$$

$$\text{Se Inorgânico } y = 0,3182 + 6,6628x - 9,0944x^2 \quad R^2 = 94,99\%$$

Figura 6 Níveis de Se (mg/Kg) retido no Jejuno de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com diferentes fontes e níveis de Se (matéria seca)



$$\text{Se Orgânico } y = -0,0905 + 1,2823x - 2,2555x^2 \quad R^2 = 73.13\%$$

$$\text{Se Org+Inor } y = -0,6923 + 7,9275x - 8,2944x^2 \quad R^2 = 94.91\%$$

$$\text{Se Inorgânico } y = 0,9225 + 0,1462x + 2,5305x^2 \quad R^2 = 73.20\%$$

Figura 7 Níveis de Se (mg/Kg) retido no Óleo de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com diferentes fontes e níveis de Se (matéria seca)

Independente da fonte e do nível estudado, o duodeno foi o segmento do intestino delgado onde ocorreu maior concentração de Se na sua estrutura, seguido pelo jejuno e íleo. Isso sugere que a absorção de Se ocorre, em ordem decrescente, no duodeno, jejuno e íleo, o que está de acordo com estudos conduzidos em ratos (WHANGER et al., 1976) e em galos (HUMALOJA; MYKKANEN, 1985).

Avaliando a retenção aparente de duas fontes de Se (orgânica e inorgânica) em frangos de corte, Gomes et al. (2011) e Yoon, Werner e Butler (2007) encontraram maior retenção para fonte orgânica. Os resultados

observados por esses autores aliado aos deste estudo (figuras 2,3 e 4), corroboram o fato de que a absorção do Se na fonte orgânica é maior que da fonte inorgânica com os teores de Se orgânico retido no intestino, sendo menor devido a sua maior transferência da parede intestinal para o corpo.

Essa afirmativa justifica os dados obtidos pela deposição de Se no fígado (figura 3), o qual estudos anteriores, conduzidos em humanos (PATTERSON; SMITH, 1985; PATTERSON; ZECH, 1992; SWANSON et al., 1991), sugerem que 89% do Se orgânico absorvido é transportado para o fígado enquanto esse valor para o Se inorgânico é de 77%.

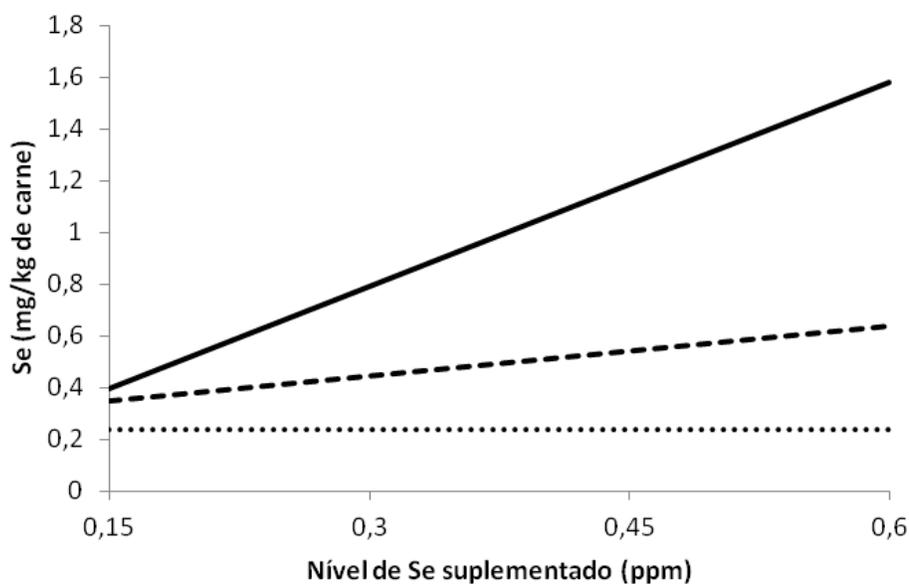
Houve interação significativa ($p < 0,05$) entre as fontes e níveis de Se estudado para a deposição de Se na carne de peito de frangos de corte aos 42 dias de idade (figura 7).

A maior deposição de Se na carne de peito das aves foi observada com a suplementação de 0,60 ppm de Se na forma orgânica. No nível de 0,15 ppm de Se não encontrou-se diferenças significativas entre as fontes ($p > 0,05$). A fonte inorgânica obteve significativamente ($p < 0,05$) menor deposição de Se no peito que as outras fontes. A fonte orgânica resultou em maior deposição de Se no peito, seguida pela associação das duas fontes e por último a fonte inorgânica.

Com exceção da fonte inorgânica de Se, onde a concentração de Se no peito permaneceu constante com o aumento do nível de Se na dieta. A fonte orgânica e a associação entre as fontes orgânica e inorgânica depositaram de forma linearmente crescente Se no peito, como representados na figura 8. A média de deposição de Se no peito das aves que consumiram rações suplementadas com Se orgânico foi 68,15% e 246,86% superior do que as aves que consumiram rações suplementadas com a associação das fontes e a fonte inorgânica respectivamente.

Considerando a suplementação de 0,30 ppm de Se orgânico, associação das fontes e inorgânico na ração, um consumo diário de 150 g de carne seria

suficiente para fornecer 117,00% e 138,27 %; 114,92 % e 135,81%; 38,31% e 45,27% das recomendações diárias para homens e mulheres respectivamente. Assim como o nível de 0,30 ppm, o consumo de 150 g de carne de frango que teve sua ração suplementada com 0,45 e 0,60 ppm de Se levedura e associação das fontes é suficiente para fornecer todo o Se diário que um indivíduo adulto necessita. Mas a carne referente a esses níveis fornecem uma quantidade de Se muito superior ao recomendado pela FAO. As recomendações de consumo diário de Se pela FAO (FAO, 2002) é de 0,065 e 0,055 mg para homens e mulheres de 19 a 65 anos respectivamente.



— Se org - - - Se org+ino Se ino
 Fonte orgânica $y = -0.156750 + 2.629667x$ $r^2 = 97,13\%$
 Fonte org+ino $y = 0.247625 + 0.653833x$ $r^2 = 91,81$
 Fonte inorgânica $y = 0,239$

Figura 8 Níveis de Se (mg/Kg) depositado no peito de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com diferentes fontes e níveis de Se (matéria seca).

Os níveis de Se na dieta, com exceção da fonte inorgânica, favoreceu a deposição de Se no peito, possivelmente devido ao aumento da disponibilidade do elemento para ser incorporado no músculo. A fonte orgânica de Se, por ser predominantemente formada por selenometionina, tem sua incorporação no músculo em uma velocidade similar a do aminoácido metionina. Dessa forma o Se orgânico é depositado mais eficientemente que Se inorgânico em tecidos com *turnover* proteico lento, como o músculo. O comportamento observado reforça essa teoria, podendo-se concluir que a fonte orgânica favoreceu a deposição de Se no peito enquanto a inorgânica não teve efeito.

Os dados do presente experimento estão de acordo com Cantor, Moorhead e Musser (1982), que comparando a fonte orgânica e inorgânica, observaram que somente a fonte orgânica respondeu ao aumento do nível de Se na deposição do elemento na carne do peito. Payne e Southern (2005a) encontraram respostas com o aumento dos níveis de Se para ambas as fontes. Downs, Hess e Bilgili (2000) observaram que a fonte orgânica de Se depositou 2,2 vezes mais Se na carne do peito do que a fonte inorgânica. Sevcíková et al. (2006) encontraram que a fonte orgânica deposita significativamente ($p < 0,05$) mais Se que a fonte inorgânica.

5 CONCLUSÃO

Os resultados sugerem que a suplementação de 0,15 ppm de selênio, independente da fonte, em rações à base de milho e farelo de soja, atende às exigências das aves para manter um desempenho normal.

Para proporcionar melhor qualidade físico-químico da carne de frango, o nível de 0,30 ppm na fonte orgânica é recomendado.

A fonte orgânica foi superior tanto na deposição de Se no fígado quanto na velocidade de absorção no intestino delgado.

A carne do peito foi superiormente enriquecida com a fonte orgânica, mas a suplementação da ração com o nível de 0,30 ppm da associação das fontes é suficiente para fornecer todo o Se diário necessário a ao ser humano adulto.

Devido à grande influência das fontes e níveis de selênio dietéticos sobre a qualidade da carcaça dos frangos de corte sugere-se mais pesquisas para verificar a necessidade ou não de suplementação do selênio orgânico e associações, durante toda a fase de criação dessas aves.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, M. S. et al. **Selenium in agriculture**. Washington: USDA, 1961. 65 p. (U. S. Department of Agriculture, Handbook, 200).

AVISSAR, N. et al. Human kidney proximal tubules are the main source of plasma glutathione peroxidase. **American Journal of Physiology**, Rockville, v. 266, n. 2, p. 367-375, Feb. 1994.

BAOWEI, W. H. et al. Effects of yeast selenium supplementation on the growth performance, meat quality, immunity, and antioxidant capacity of goose. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 95, p. 440-448, July 2011.

BARBER, A. D.; HARRIS, S. R. Oxygen free radicals and oxidants: a review. **American Pharmacology**, Basel, v. 34, n. 9, p. 26-35, Sept. 1994.

BARBUT, S. Estimating the magnitude of the PSE problem in poultry. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 9, n. 1, p. 35-49, Feb. 1998.

BENDALL, J. R.; SWATLAND, H. J. A review of the relationship of pH with physical aspects of pork quality. **Meat Science**, Barking, v. 24, n. 1, p. 85-96. Mar. 1988.

BENZIE, I. F. F. Lipid peroxidation: a review of causes, consequences, measurements and dietary influences. **International Journal of Food Science Nutrition**, Hants, v. 47, n. 3, p. 233-261, Feb. 1996.

BERMANO, G. et al. Tissue-specific regulation of selenoenzyme gene expression during selenium deficiency in rats. **Biochemistry Journal**, New York, v. 311, n. 2, p. 425-430, Oct. 1995.

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

BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-130, maio/ago. 1999.

BOIAGO, J. M. **Características produtivas e qualitativas da carne de frangos alimentados com diferentes concentrações e fontes de selênio**. 2006. 60 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

BROWN, K. M.; ARTHUR, J. R. Selenium, selenoproteins and human health: a review. **Public Health Nutrition**, Cambridge, v. 4, n. 2B, p. 593-599, 2001.

BURK, R. F. Selenium in man. In: PRASAD, A. S.; OBERLEAS, D. (Ed.). **Trace elements in human health and disease**. New York: Academic, 1976. p. 105-133.

CALVERT, C. C.; SCOTT, M. L. Effect of selenium on requirement for vitamin E and cystine for the prevention of nutritional muscular dystrophy in the chick. **Federation Proceedings**, Bethesda, v. 22, p. 944, 1963. Abstract.

CANTOR, A. H.; MOORHEAD, P. D.; MUSSER, M. A. Comparative effects of sodium selenite and selenomethionine upon nutritional muscular-dystrophy, selenium dependent glutathione-peroxidase, and tissue selenium concentrations of turkey poult. **Poultry Science**, Champaign, v. 61, n. 3, p. 478-484, June 1982.

CHOCT, M.; NAYLOR, A. J.; REINKE, N. Selenium supplementation affects broiler growth performance, meat yield and feather coverage. **British Poultry Science**, London, v. 45, n. 5, p. 677-683, Oct. 2004.

CLARK, L. C. et al. Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin: a randomized controlled trial. **Journal of the American Medicine Association**, Chicago, v. 276, n. 24, p. 1957-1963, Dec. 1996.

COOPER, W. C.; BENNETT, K. G.; CROXTON, F. The history, occurrence, and properties of selenium. In: ZINGARO, R. A.; COOPER, W. C. (Ed.). **Selenium**. New York: V. N. Reinhold, 1970. p. 517-547.

CORREIRA, A. A. D. **Bioquímica nos solos, nas pastagens e forragens**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1986. 254 p.

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

DAM, H.; GLAVIND, J. Alimentary exudative diathesis. **Nature**, London, v. 142, p. 1077, 1938.

DENIZ, G.; GENZEN, S. S.; TURKMEN, I. I. Effects of two supplemental dietary selenium sources (mineral and organic) on broiler performance and drip-loss. **Revue Medicin Veterinaire**, Toulouse, v. 156, p. 423-426, 2005.

DOWNS, K. M.; HESS, J. B.; BILGILI, S. F. Selenium source effect on broiler carcass characteristics, meat quality and drip loss. **Journal of Applied Animal Research**, Janakpuri, v. 18, n. 1, p. 61-72, 2000.

DURAN, N.; CADENAS, E. The role of singlet oxygen and triplet carbonyls in biological systems. **Reviews of Chemical Intermediates**, Amsterdam, v. 8, n. 2, p. 147-187, June 1987.

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, 12., 1996, Nottingham. **Proceedings...** Nottingham: Nottingham University, 1996. p. 165-185.

EL-BAYOUMY, K. The role of selenium in cancer prevention. In: DEVITA, V. T.; HELLMAN, S.; ROSENBERG, S. S. (Ed.). **Cancer principles and practice of oncology**. 4th ed. Philadelphia: Lippincott, 1991. p. 1-15.

ELKIN, E. M.; MARGRAVE, J. L. Kirk-Othmer. In: DUKES, E. P. (Ed.). **Encyclopedia of chemical technology**. 2nd ed. New York: Interscience, 1968. v. 17, p. 809.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Human vitamin and mineral requirements**. Rome, 286 p.

FRANKE, K. W. A new toxicant occurring naturally in certain samples of plant foodstuffs: I., results obtained in preliminary feeding trials. **Journal Nutrition**, Philadelphia, v. 8, p. 597, 1934.

FRONING, G. W.; UIJTENBOOGART, T. G. Effect of postmortem electrical stimulation on color, texture, pH, and cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. **Poultry Science**, Champaign, v. 67, n. 2, p. 1536-1540, Feb. 1988.

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

GRIES, C. L.; SCOTT, M. L. Pathology of selenium deficiency in the chick. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 102, p. 1287, 1972.

GUPTA, U. C. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. In: FERREIRA, M. E. et al. (Ed.). **Micronutrientes elementos tóxicos em plantas e animais**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 13-31.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in biology and medicine**. Oxford: Clarendon, 1991. 543 p.

HINTZE, K. J. et al. Areas with high concentrations of selenium in the soil and forage produce beef with enhanced concentrations of selenium. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 2, p. 1062-1067, Jan. 2001.

HOLMGREN, A. Thioredoxin and glutaredoxin systems. **Journal of Biology Chemistry**, Bethesda, v. 264, n. 24, p. 13963-13966, Aug. 1989.

HONIKEL, K. O.; HAMM, R. Measurement of water holding capacity and juiciness. In: _____. **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products: advances in meat research**. London: Blackie Academic and Professional, 1994. p. 125-159.

HOPKINS, L. L. **Contrasting nutritional responses to vitamin E and selenium**. 1962. 176 f. Thesis (Ph.D. in Crop Science) - University of Wisconsin, Ann Arbor, 1962.

HUMALOJA, T.; MYKKANEN, H. M. Intestinal-absorption of se-75 labeled sodium selenite and selenomethionine in chicks: effects of time, segment, selenium concentration and method of measurement. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 116, n. 2, p. 142-148, June 1986.

IP, C. et al. Chemical form of selenium, critical metabolites, and cancer prevention. **Cancer Research**, Baltimore, v. 51, n. 4, p. 595-600, Jan. 1991.

JACKSON, M. L. **Chemistry of the soil**. 2nd ed. New York: Reinhold, 1964. 141 p. (ACS Monography, 160).

JIANG, C.; GANTHER, H.; LU, J. X. Monomethyl selenium-specific inhibition of MMP-2 and VEGF expression: implications for angiogenic switch regulation. **Molecular Carcinogenesis**, Oxford, v. 29, n. 4, p. 236-250, Dec. 2000.

KIM, Y. Y.; MAHAN, D. C. Biological aspects of selenium in farm animals. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 16, n. 3, p. 435-444, Jan. 2003.

KOMROFF, M. **The travels of Marco Polo**: revised from marsden's translation. New York: Liveright, 1926. 81 p.

KURICOVA, S. et al. Chicken selenium status when fed a diet supplemented with Se-yeast. **Acta Veterinaria**, Brno, v. 72, p. 339-346, 2003.

LAACK, R. L. J. M. van et al. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, n. 7, p. 1057-1061, July 2000.

LAKIN, H. W. Selenium accumulation in soils and its absorption by plants and animals. **Geological Society American Bulletin**, New York, v. 83, p. 181-182, 1972.

LAKIN, H. W.; DAVIDSON, D. F. The relation of the geochemistry of selenium to its occurrence in soils. In: MUTH, O. H. (Ed.). **Selenium in biomedicine**: a symposium. Westport: AVI, 1967. p. 27-30.

LASMANIS, R. et al. Mandarinite from the de Lamar Silver mine. **Canadian Mineral**, Idaho, v. 19, p. 409-410, 1981.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of chicken**. 4th ed. Guelph: Guelph University Books, 2001. 415 p.

LEVANDER, O. A. Clinical consequences of low selenium intake and its relationship to vitamin E. **Annals of the New York Academy Science**, New York, v. 393, p. 70-82, 1982.

MAHAN, D. C.; KIM, Y. Y. The role of vitamin and minerals in the production of high quality pork. **Asian-Australian Journal Animal Science**, Seoul, v. 12, n. 2, p. 287-294, Apr. 1999.

MALAVOLTA, E. Selênio. In: _____. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronomia Ceres, 2006. p. 396-401.

MATEO, R. D. et al. Efficacy of dietary selenium sources on growth and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets containing high endogenous selenium. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 5, p. 1177-1183, May 2007.

MIEZELIENE, A. et al. The effect of dietary selenium supplementation on meat quality of broiler chickens. **Biotechnologie Agronomie Societe et Environnement**, Gembloux, v. 15, n. 1, p. 61-69, Feb. 2011.

MIKULSKI, D. et al. The effect of selenium source on performance, carcass traits, oxidative status of the organism, and meat quality of turkeys. **Journal of Animal and Feed Sciences**, Champaign, v. 18, n. 3, p. 518-530, June 2009.

MILLAR, K. R. Selenium. In: _____. GRACE, N. D. (Ed.). **The mineral requirements of grazing ruminants**. Melbourne: New Zealand Society of Animal Production, 1983. p. 38-47.

MILLS, G. C.; RANDALL, H. P. Hemoglobin catabolism: II., the protection of hemoglobin from oxidative breakdown in the intact erythrocyte. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 232, p. 589-598, 1958.

MORAES, M. F. Relação entre nutrição de plantas, qualidade de produtos agrícolas e saúde humana. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 123, p. 21-23, set. 2008.

MOREIRA, J. et al. Efeito de fonte e níveis de selênio na atividade enzimática da glutatona peroxidase e no desempenho de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 664-666, set./out. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9th ed. Washington: National Academy, 1994. 83 p.

_____. **Selenium**: assembly of life sciences, committee on medical and biologic effects of environmental pollutants. Washington: National Academy of Sciences, 1976. 176 p.

_____. **Selenium in nutrition**: agricultural board, committee on animal nutrition. Washington: National Academy of Sciences, 1971. 295 p.

NAYLOR, A. J. et al. **Effect of feeding Sel-Plex TM organic selenium in diets of broiler chickens on liver selenium concentrations**. Atlanta: Southern Poultry Science, 2000. 111 p.

NOGUCHI, T.; CANTOR, A. H.; SCOTT, M. L. Mode of action of selenium and vitamin E in prevention of exudative diathesis. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 103, n. 1, p. 1502-1506, Sept. 1973.

OLDFIELD, J. E. The selenium story: a second chapter. In: SPALLHOLZ, J. E.; MARTIN, J. L.; GANTHER, H. L. (Ed.). **Selenium in biology and medicine**. Westport: AVI, 1981. p. 1-9.

PAINTER, E. P. The chemistry and toxicity of selenium compounds with special reference to the selenium problem. **Chemistry Review**, Paris, v. 28, p. 179, 1941.

PAN, C. L. et al. Effect of selenium source and level in hen's diet on tissue selenium deposition and egg selenium concentrations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 17, p. 1027-1032, Jan. 2007.

PATTERSON, B. H.; SMITH, P. J. Asymptotic and finite-sample behavior of the time on test estimator under random censorship when lifetimes are not exponential. **Communications in Statistics-Theory and Methods**, New York, v. 14, n. 7, p. 1643-1658, Aug. 1985.

PATTERSON, B. H.; ZECH, L. A. Development of a model for selenite metabolism in humans. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 122, n. 141, p. 709-714, Feb. 1992.

PAYNE, R. L.; SOUTHERN, L. L. Changes in glutathione peroxidase and tissue selenium concentrations of broilers after consuming a diet adequate in selenium. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, n. 8, p. 1268-1276, Aug. 2005a.

_____. Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, n. 6, p. 898-902, June 2005b.

PERIĆ, L. et al. Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, Champaign, v. 18, n. 3, p. 403-409, June 2009.

PEZZAROSSA, B. et al. Absorption of selenium by *Latuca sativa* as affected by carboxymethyl cellulose. **Chemosphere**, Oxford, v. 67, n. 2, p. 322-329, 2006.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Piracicaba: FEALQ, 2007. 72 p.

RASMUSSEN, A.; ANDERSSON, M. New methods for determination of drip loss in pork muscles. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, LILLEHAMMER, 42., 1996, Norway. **Proceedings...** Norway: Hildrum & Risvik, 1996. p. 286-287.

RODRIGUES, E. C. et al. Qualidade da carne do peito de frangos suplementados com diferentes fontes e concentrações de selênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 4., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: ITAL, 2007. v. 1, p. 327-329.

ROGERS, P. A. M. et al. Selenium toxicity in farm animals: treatment and prevention. **Irish Veterinary Journal**, Dublin, v. 43, p. 151-153, 1990.

ROSENFELD, I.; BEATH, O. A. **Selenium**: geobotany, biochemistry, toxicity and nutrition. New York: Academic, 1964. 411 p.

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

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

RYU, Y. C. et al. Effects of different levels of dietary supplemental selenium on performance, lipid oxidation, and color stability of broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, n. 5, p. 809-815, May 2005.

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

SCHWARZ, K. Discovery of the essentiality of selenium and related topics: a personal account. In: SYMPOSIUM SELENIUM-TELLURIUM IN THE ENVIRONMENT, 1., 1976, Pittsburgh. **Proceedings...** Pittsburgh: Industrial Health Foundation, 1976. p. 349-369.

_____. Role of vitamin E, selenium and related factors in experimental nutritional liver disease. **Federation Proceedings**, Bethesda, v. 24, p. 58-67, 1965.

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

SEVCIKOVA, S. et al. The effect of selenium source on the performance and meat quality of broiler chickens. **Czech Journal of Animal Science**, Praha, v. 51, n. 10, p. 449-457, Oct. 2006.

SOUZA, M. P. et al. Rate-limiting steps in selenium assimilation and volatilization by indian mustard. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 117, n. 4, p. 1487-1494, Aug. 1998.

SPEARS, J. W. et al. Efficacy of a novel organic selenium compound (zinc-1-selenomethionine, available Se) in broiler chicks. LATIN AMERICAN CONGRESSO ANIMAL NUTRITION, 1., 2003, Cancun. **Proceedings...** Cancun: LACAN, 2003. p. 197-198.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. **SAS user's guide:** statistics. Version 8.02. Cary, 2001. 772 p.

SURAI, P. F.; SPARKS, N. H. C. Tissue-specific fatty acid and α -tocopherol profiles in male chickens depending on dietary tuna oil and vitamin E provision. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, n. 8, p. 1132-1142, Aug. 2000.

SWAINE, D. J. The trace-element content of soils. **Common Soil Science Technology Communication**, Harpenden, v. 48, p. 91-92, 1955.

SWANSON, C. A. et al. Human (^{74}Se) selenomethionine metabolism: a kinetic model. **American Journal Clinical Nutritional**, Chicago, v. 54, n. 5, p. 917-926, Nov. 1991.

TAYLOR, E. W. Selenium and cellular immunity \pm evidence that selenoproteins may be encoded in the +1 reading frame overlapping the human CD4, CD8, and HLA-DR genes. **Biology Trace Elementary Research**, Clifton, v. 49, n. 1, p. 85-95, 1995.

TINGGI, U. Essentiality and toxicity of selenium and its status in Australia: a review. **Toxicology Letters**, Amsterdam, v. 137, n. 1, p. 103-110, Jan. 2003.

UPTON, J. R.; EDENS, F. W.; FERKET, P. R. The effects of dietary oxidized fat and selenium source on performance, glutathione peroxidase, and glutathione reductase activity in broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 18, n. 2, p. 193-202, 2009.

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

WANG, Y. B.; XU, B. H. Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 144, n. 3/4, p. 306-314, July 2008.

WANG, Y. X. et al. Influence of dietary selenomethionine supplementation on performance and selenium status of broiler breeders and their subsequent progeny. **Biological Trace Element Research**, Clifton, v. 143, n. 3, p. 1497-1507, Dec. 2011.

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

WHANGER, P. D. et al. Effects of selenium, cadmium, mercury, tellurium, arsenic, silver and cobalt on white muscle disease in lambs and effect of dietary forms of arsenic on its accumulation in tissues. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 14, p. 63-72, 1976.

WILLIAMS, K. T.; LARKIN, H. W.; BYERS, H. G. **Selenium occurrence in certain soils of the united states, with a discussion of related topics**. Washington: USDA, 1941. 447 p. (U. S. Department of Agriculture Technical Bulletin, 758).

WOLTER, R.; SOCORRO, E. P.; HOUDRÉ, C. Digestibilité totale et iléale d'aliments à haute teneur en amidon de blé ou de manioc chez le chien. **Recent Médecine Vétérinaire**, Paris, v. 174, n. 1, p. 45-55, 1998.

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. 4, p. 727-730, Apr. 2007.

ZANETTI, M. A. Novas técnicas e estratégias de suplementação mineral para bovinos em pastagem. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2005. p. 330-336.

ANEXOS

ANEXO

Tabela 1A Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) de frangos de corte aos 7 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio 81

Tabela 2A Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) de frangos de corte aos 21 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio .. 81

Tabela 3A Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) de frangos de corte aos 35 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio .. 81

Tabela 4A Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio. . 81

Tabela 5A Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio .. 82

Tabela 6A Quadrados médios da análise de variância da PPC, PPG24h e PPG48ha da carne do peito de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio..... 82

Tabela 7A Quadrados médios da análise de variância da cor (L, a, b) da carne do peito de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio..... 82

Tabela 8A Quadrados médios da análise de variância do pH da carne do peito de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio..... 82

Tabela 9A Quadrados médios da análise de variância da força de cisalhamento (Fc) da carne do peito de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio..... 83

Tabela 10A Quadrados médios da análise de variância do rendimento de carcaça, peito e coxa/sobrecoxa de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio.....83

Tabela 11A Quadrados médios da análise de variância do teor de Se no peito e fígado de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio83

Tabela 12A Quadrados médios da análise de variância do teor de Se no Duodeno, Jejuno e Íleo de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio.....83

Tabela 14A Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) de frangos de corte aos 7 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio

Fv	GL	CA	CR	GP
Nível	3	0,000595	0,000149	0,000134
Fonte	2	0,000017	0,000017	0,000006
Nível x Fonte	6	0,000130	0,000047	0,000016
Erro	84	0,000139	0,000039	0,000024

Tabela 15A Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) de frangos de corte aos 21 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio

Fv	GL	CA	CR	GP
Nível	3	0,003773	0,001220	0,000191
Fonte	2	0,006379	0,004020	0,000728
Nível x Fonte	6	0,055365	0,004222	0,000289
Erro	84	0,302564	0,004388	0,002534

Tabela 16A Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) de frangos de corte aos 35 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio

Fv	GL	CA	CR	GP
Nível	3	0,008851	0,017372	0,004292
Fonte	2	0,002835	0,020645	0,002248
Nível x Fonte	6	0,019177	0,008509	0,004519
Erro	84	0,239329	0,018327	0,003744

Tabela 17A Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio

Fv	GL	CA	CR	GP
Nível	3	0,000668	0,018565	0,004020
Fonte	2	0,008220	0,009149	0,004014
Nível x Fonte	6	0,010042	0,021360	0,005442
Erro	84	0,119198	0,014621	0,004454

Tabela 18A Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio

Fv	GL	Mortalidade
Nível	3	2,236111
Fonte	2	3,010417
Nível x Fonte	6	4,621528
Erro	84	3,458333

Tabela 19A Quadrados médios da análise de variância da PPC, PPG24h e PPG48h da carne do peito de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio

Fv	GL	PPC	PPG24h	PPG48h
Nível	3	55,724742	0,079644	0,380173
Fonte	2	51,427464	0,672597	3,110319
Nível x Fonte	6	11,879439	0,234429	1,630106
Erro	84	5,878220	0,172927	0,839509

Tabela 20A Quadrados médios da análise de variância da cor (L, a, b) da carne do peito de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio

Fv	GL	L	a	b
Nível	3	110,835596	0,065209	0,856587
Fonte	2	60,982663	0,060816	0,651751
Nível x Fonte	6	27,901644	0,292974	3,872116
Erro	84	5,059478	0,705949	2,333737

Tabela 21A Quadrados médios da análise de variância do pH da carne do peito de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio.

Fv	GL	pH
Nível	3	0,004359
Fonte	2	0,016440
Nível x Fonte	6	0,005111
Erro	84	0,007828

Tabela 22A Quadrados médios da análise de variância da força de cisalhamento (Fc) da carne do peito de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio

Fv	GL	Fc
Nível	3	12,6072732
Fonte	2	63,1795232
Nível x Fonte	6	56,0842263
Erro	80	40.433272

Tabela 23A Quadrados médios da análise de variância do rendimento de carcaça, peito e coxa/sobrecoxa de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio

Fv	GL	carcaça	peito	coxa/sobrecoxa
Nível	3	2,964799	1,196119	0,202388
Fonte	2	10,038009	5,000992	3,251839
Nível x Fonte	6	7,891161	6,609085	1,825668
Erro	84	5,294860	2,549952	1,310584

Tabela 24A Quadrados médios da análise de variância do teor de Se no peito e fígado de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio

Fv	GL	Peito	Fígado
Nível	3	0,599468	2,755159
Fonte	2	1,402175	0,560475
Nível x Fonte	6	0,276318	0,174597
Erro	36	0,025022	0,092223

Tabela 25A Quadrados médios da análise de variância do teor de Se no Duodeno, Jejuno e Íleo de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com diferentes fontes e níveis de selênio

Fv	GL	Duodeno	Jejuno	Íleo
Nível	3	1,631386	0,434551	0,638437
Fonte	2	2,546130	1,636457	5,929029
Nível x Fonte	6	1,313320	0,096215	0,349738
Erro	36	0,000307	0,000217	0,000041