

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA FACULDADE DE
MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

***SUPLEMENTAÇÃO DA DIETA DE POEDEIRAS COMERCIAIS COM
DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO: SAÚDE, DESEMPENHO E QUALIDADE
DE OVOS***

JULIANNA SANTOS BATISTIOLI

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título
de Mestre.

Botucatu - SP

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA FACULDADE DE
MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

***SUPLEMENTAÇÃO DA DIETA DE POEDEIRAS COMERCIAIS COM
DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO: SAÚDE, DESEMPENHO E QUALIDADE
DE OVOS***

JULIANNA SANTOS BATISTIOLI
Médica Veterinária

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Sartori

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título
de Mestre.

Botucatu - SP

B333s Batistioli, Julianna Santos
Suplementação da dieta de poedeiras comerciais com diferentes fontes de selênio : saúde, desempenho e qualidade de ovos / Julianna Santos Batistioli. -- Botucatu, 2019
64 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu
Orientador: José Roberto Sartori

1. Antioxidante. 2. Nutrição. 3. Poedeiras. 4. Selênio. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

JULIANNA SANTOS BATISTIOI, filha de Rosângela Aparecida dos Santos Batistioi e Lairto Batistioi, nasceu em 19 de setembro de 1992, na cidade de Jundiaí, Estado de São Paulo. Em 2009, iniciou o Técnico em agropecuária, pela ETEC Benedito Storani, Jundiaí, Estado de São Paulo, concluindo-o no ano de 2010. Em 2013, iniciou o Curso de Graduação em Medicina Veterinária, pela Universidade de Marília, Estado de São Paulo – Brasil, concluindo-o no ano de 2017. Em agosto de 2017, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, nível de Mestrado, área de Melhoramento e Nutrição Animal, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - FMVZ - Botucatu, Estado de São Paulo- Brasil.

A minha filha amada,
Catarina Batistioli de Barros

Aos meus pais,
Rosângela Aparecida dos Santos Batistioli e Lairto Batistioli

Aos meus avós
Jesus dos Santos e Sebatiana Adorno dos Santos

Ao meu companheiro,
Felipe de Barros.

Obrigada por todo amor e carinho!

A Deus por tudo que há e por tudo que sou, por me dar força para não desistir e continuar a minha caminhada.

À minha pequena, a flor mais bela do meu Jardim, Catarina, minha motivação diária.

À minha família, mãe Rosângela, pai Lairto, irmã Fabianne e avós Jesus e Sebastiana que sempre estiveram presentes e me apoiando em tudo, muito obrigada.

Ao meu marido Felipe, muito obrigada por toda a paciência e companheirismo.

Ao meu orientador prof. Dr. José Roberto Sartori, obrigada por todos os ensinamentos e pela oportunidade de fazer parte da equipe LabAves.

À toda equipe do laboratório de nutrição de aves, por toda ajuda na execução do trabalho. MUITÍSSIMO obrigada, todos os pós-graduandos, estagiários, vocês fazem parte desta conquista. Ao Thiago, Técnico do LabAves, ajudante e amigo, muito obrigada por todo carinho e ajuda.

À Doutora Juliana Célia Denadai, muito obrigada por toda ajuda, apoio e ensinamentos.

Ao Doutor Everton Moreno Muro, muito obrigada por toda ajuda, apoio e amizade.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, e especialmente Cláudia e Ellen por toda ajuda.

À Prof^a Dra. Regina e suas residentes e pós-graduandas que auxiliaram nas análises sanguíneas.

À Prof^a Dra. Margarida Maria de Barros, por ceder seu laboratório (AquaNutri) e toda sua equipe, sempre nos ajudando.

À Prof^a Dra. Maria Márcia Pereira Sartori do Dpto. de Produção e Melhoramento Vegetal–FCA, por toda ajuda nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Ricardo Orsi, por toda ajuda e paciência nos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Pedro Padilha e toda sua equipe, por toda ajuda nas análises de Selênio.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de Financiamento 001.

" Não existem sonhos impossíveis para aqueles que realmente acreditam que o poder realizador reside no interior de cada ser humano, sempre que alguém descobre esse poder algo antes considerado impossível se torna realidade." (Albert Einstein)

**SUPLEMENTAÇÃO DA DIETA DE POEDEIRAS COMERCIAIS COM
DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO: SAÚDE, DESEMPENHO E
QUALIDADE DE OVOS**

RESUMO: Para avaliar os efeitos de diferentes fontes de selênio nos parâmetros produtivos, de qualidade dos ovos e seu potencial antioxidante, imunidade das aves, bem como a concentração de selênio na musculatura (*Pectoralis major*) e nos ovos, foram utilizadas 150 poedeiras da linhagem Dekalb White de 35 semanas de idade, distribuídas ao acaso em aviário convencional com 3 tratamentos e 10 repetições cada: Dieta controle (DC); DC + Selenito de Sódio (0,2 mg de Se/kg de ração) e DC + Levedura Selenizada (0,2 mg de Se/kg de ração), formuladas segundo recomendações do manual da linhagem. Foram avaliados o consumo de ração, produção de ovos, peso de ovos, massa de ovos produzida e conversão alimentar. Para qualidade dos ovos foram avaliadas a gravidade específica, porcentagem e coloração de gema, resistência da casca à quebra, porcentagem e espessura de casca, porcentagem de albume, unidades Haugh e índice de gema. As quantificações de selênio foram realizadas por espectrometria de absorção atômica em forno de grafite (GF-AAS). A Unidade Haugh foi realizada nos dias 7, 14, 21, 28 dias pós-armazenamento dos ovos. A atividade da glutathiona peroxidase (GPx) no sangue e fígado foram analisadas ao término do período experimental. Foi realizado hemograma completo com diferencial de leucócitos e produção de reativos de oxigênio e nitrogênio por macrófagos peritoneais. Os dados foram submetidos a ANOVA seguida de teste de médias de Tukey (5%), as contagens sanguíneas foram submetidas ao teste de medianas de Kruskal-Wallis (5%). A suplementação de selênio na alimentação de galinhas poedeiras comerciais leves não afetou os parâmetros de desempenho e qualidade dos ovos ($P > 0,05$), exceto para Unidades Haugh dos ovos estocados, onde foi observada interação ($P < 0,05$) entre dieta \times período de armazenamento e período \times ambiente de armazenamento. Os ovos das aves alimentadas com selênio orgânico apresentaram maior concentração de Se ($P < 0,05$) que os ovos das aves que receberam selenito de sódio, sendo que os ovos do grupo controle, apresentaram menores teores de selênio, este mesmo efeito ocorreu na concentração de selênio no músculo. A utilização de diferentes fontes de selênio suplementadas nas dieta de poedeiras comerciais não influencia o desempenho, qualidade de ovos e parâmetros hematológicos e imunológicos no período experimental e não altera a qualidade dos ovos armazenados por um período de 28 dias, independente da temperatura de armazenamento, em contrapartida, as fontes orgânicas proporcionam melhor atividade do sistema antioxidante e melhora na concentração e eficiência de

transferência do mineral.

Palavras chave: antioxidante, nutrição, poedeiras, selênio.

COMMERCIAL LAYING HENS DIETS SUPPLEMENTATION WITH DIFFERENT SELENIUM SOURCES: HEALTH, PERFORMANCE AND EGG QUALITY

ABSTRACT: Aiming to evaluate the effects of different selenium sources on productive parameters, egg quality and its antioxidant potential, birds immunity, as well as the selenium concentration in the musculature (*Pectoralis major*) and eggs, 150 Dekalb White hens at 35 weeks of age were randomly assigned to 3 treatments with 10 replicates, in a conventional aviary: control diet (CD); CD + Sodium Selenite (0.2 mg Se / kg of feed) and CD + Selenized Yeast (0.2 mg Se / kg of feed), formulated according to recommendations of the lineage manual. The feed consumption, egg production, egg weight, egg mass produced and feed conversion were evaluated. The specific gravity, percentage and yolk color, shell strength at break, percentage and shell thickness, percentage of albumen, Haugh units and yolk index were evaluated for egg quality. The quantification of selenium was performed by graphite furnace atomic absorption spectrometry (GF-AAS). The Haugh units were evaluated on days 7, 14, 21, 28 days after egg storage. The glutathione peroxidase activity (GPx) in blood and liver was analyzed at the end of the experimental period. A complete blood count with leukocyte differential and the production of oxygen and nitrogen reactives by peritoneal macrophages were performed. Data were submitted to ANOVA followed by Tukey means test (5%), blood counts were submitted to Kruskal-Wallis median test (5%). Selenium supplementation in lightweight commercial laying hens feed did not affect egg quality and performance parameters ($P > 0.05$), except for Haugh Units of the stocked eggs, where interaction ($P < 0.05$) was observed between diet \times storage period and period \times storage environment. The eggs of the birds fed with organic selenium presented a higher concentration of Se ($P < 0.05$) than the eggs of the birds that received sodium selenite, whereas the eggs of the control group presented lower levels of selenium, this same effect occurred in the muscular concentration of selenium. The use of different selenium sources supplemented in commercial laying hens diets does not influence the performance, egg quality, hematological and immunological parameters in the experimental period and does not alter the quality of eggs stored for a period of 28 days, in contrast, organic sources provide better antioxidant system activity and improved concentration and transfer efficiency of the mineral.

Key words: antioxidant, laying hens, nutrition, selenium.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1	Página
Figura 1. Sistema glutathiona peroxidase/reductase.....	7
 CAPÍTULO 3	
Figura 1. Concentrações de selênio nos ovos aos 0, 8, 14 e média (54,55 e 56) dias de experimento.....	51
Figura 2. Eficiência de transferência de selênio (%) para o ovo aos 8, 14 e 56 dias de experimento.....	53

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2	Página
Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais.....	23
Tabela 2. Desempenho de poedeiras leves alimentadas com duas fontes de selênio no período de 0 56 dias de experimento.....	27
Tabela 3. Qualidade de ovos de poedeiras comerciais leves alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de selênio (média dos 2 ciclos de 28 dias).....	29
Tabela 4. Produção de malonaldeído (mg/kg) em gema de ovos e Unidade Haugh de ovos armazenados em diferentes períodos, com e sem refrigeração de poedeiras comerciais leves suplementadas com diferentes fontes de selênio.....	31
Tabela 5. Desdobramento da interação entre dieta e períodos de armazenamento para Unidade Haugh de ovos de poedeiras comerciais leves suplementadas com diferentes fontes de selênio.....	31
Tabela 6. Desdobramento da interação entre ambiente de armazenamento e períodos de armazenamento para Unidade Haugh de ovos de poedeiras comerciais leves suplementadas com diferentes fontes de selênio.....	32
CAPÍTULO 3	
Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais.....	44
Tabela 2. Efeitos de diferentes fontes de Selênio na concentração de selênio (mg/kg) no ovo e na musculatura (<i>Pectoralis major</i>) e eficiência de transferência de selênio no ovo.....	50
Tabela 3. Valores da atividade enzimática glutathiona peroxidase no sangue, fígado, concentração de Malonaldeido plasmático (TBARS plasmático - μmol de MDA/L) de poedeiras suplementadas com diferentes fontes de selênio.....	54
Tabela 4. Hemograma aos 56 dias de experimento de poedeiras suplementadas com diferentes fontes de selênio.....	56
Tabela 5. Hemograma aos 66 dias de experimento, pós desafio com LPS de <i>E. Coli</i> de poedeiras suplementadas com diferentes fontes de	

	selênio.....	57
Tabela 6.	Valores médios de intermediários reativos de nitrogênio (NO - micromols), e oxigênio (H ₂ O ₂ – nanomols) produzidos por macrófagos peritoneais de poedeiras suplementadas com diferentes fontes de selênio, submetidas ou não ao desafio (lipopolissacarídeo de <i>E. coli</i>).....	58

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUÇÃO.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Considerações gerais sobre os ovos.....	3
2.2 Antioxidantes.....	5
2.3 Selênio.....	6
2.4 Oxidação Lipídica.....	8
2.5 Selênio e o sistema imune das aves.....	9
3. REFERÊNCIAS.....	11
CAPÍTULO II	17
DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO.....	18
Resumo.....	18
PERFORMANCE AND EGG QUALITY OF COMMERCIAL LAYING HENS SUPPLEMENTED WITH DIFFERENT SELENIUM SOURCES.....	19
Abstract.....	19
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.1 Local do experimento e delineamento experimental.....	21
2.2 Animais e delineamento experimental.....	22
2.3 Dietas.....	23
2.4 Características Avaliadas.....	24
Desempenho.....	24
Qualidade de ovos.....	24
Unidade Haugh pós estocagem.....	26
2.5 Análise dos Resultados.....	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4. CONCLUSÃO.....	33

5. REFERÊNCIAS.....	33
CAPÍTULO 3.....	39
EFICIÊNCIA DE TRANSFERÊNCIA, BIODISPONIBILIDADE E AÇÃO IMUNOLÓGICA DE DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO EM POEDEIRAS SUPLEMENTADAS VIA DIETA.....	40
Resumo.....	40
TRANSFER EFFICIENCY, BIOAVAILABILITY AND IMMUNOLOGICAL ACTION OF DIFFERENT SELENIUM SOURCES IN COMMERCIAL LAYING HENS SUPPLEMENTED DIETS.....	41
Abstract.....	41
1. INTRODUÇÃO.....	42
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
2.1 Local do experimento.....	43
2.2 Animais e delineamento experimental.....	44
2.3 Dietas.....	44
2.4 Características Avaliadas.....	45
Análise de selênio em ovos e no músculo do peito (<i>Pectoralis major</i>)	45
Concentração de Malonaldeído Plasmático.....	46
Produção de reativos de oxigênio e nitrogênio por macrófagos peritoneais.....	47
Atividade da enzima glutathiona peroxidase (GPx) no fígado e sangue.....	47
Parâmetros hematológicos e imunológicos.....	48
2.5 Análise dos Resultados.....	49
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4. CONCLUSÃO.....	59
5. REFERÊNCIAS.....	59
CAPÍTULO 4.....	63
IMPLICAÇÕES.....	64

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

A avicultura de postura brasileira experimentou elevado crescimento nos últimos anos e a eficiência produtiva e econômica dessa atividade apresenta constante melhora por meio da exploração do potencial genético apresentado pelas linhagens comerciais, pela evolução nas instalações e ambiência, bem como no bem-estar animal.

De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal, em 2017 o Brasil produziu mais de 39 bilhões de unidades de ovos, situando-se entre os dez maiores produtores do mundo, sendo 99,74% dos ovos produzidos destinados ao consumo interno, com consumo de aproximadamente 192 ovos per capita por ano, com acréscimo de 29,7% quando comparado ao ano de 2010 (ABPA, 2018).

O Brasil é autossuficiente na produção de ovos para o consumo interno, entretanto, o ovo é considerado meio de cultura favorável para o crescimento de microrganismos patogênicos e, por ser um alimento rico em nutrientes, é altamente perecível, perdendo sua qualidade rapidamente (THERON et al., 2003). Várias reações enzimáticas ocorrem naturalmente no interior dos ovos, sendo a oxidação lipídica a que mais contribui para o decaimento da qualidade interna (GIAMPIETRO et al., 2008). A oxidação lipídica interfere, dessa maneira, na redução da vida de prateleira e valor nutritivo do ovo (SILVA et al., 1999).

Nas gemas, por serem ricas em gorduras, a oxidação lipídica é mais intensa, e aumenta de acordo com o tempo de estocagem do ovo. Sendo assim, ovos mais velhos possuem maiores quantidades de compostos indesejáveis formados pelas reações de oxidação, tais como o malonaldeído, tradicionalmente quantificado pela análise de Espécies Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico, TBARS (GIAMPIETRO et al., 2008).

Com a busca de maiores índices produtivos a seleção genética está cada vez mais apurada, tornando-as menos tolerantes às altas temperaturas, priorizando precocidade reprodutiva em detrimento ao desenvolvimento eficaz dos sistemas ligados à termorregulação, dentre eles o sistema cardiorrespiratório (HAVENSTEIN et al., 2003) (YAHAV et al., 2004). As poedeiras tornaram-se, então, menos eficientes em dissipar calor corporal, podendo levá-las ao estresse térmico (LETERRIER et al., 2009), sendo um motivo de preocupação no território brasileiro, onde a expansão da avicultura se dá em regiões de temperaturas elevadas e alta incidência de radiação solar na maior parte do ano (COLLIN et al., 2012).

O estresse térmico é deletério para o sistema imunológico das aves, causando

distúrbios na homeostase e fisiologia celular. Um dos fatores envolvido nesse processo é a peroxidação lipídica, que aumenta a concentração de radicais livres circulantes, culminando na formação de espécies reativas de oxigênio (E'ROS), causando estresse oxidativo celular (ALTAN et al., 2003).

As espécies reativas, quando formadas, promovem danos às proteínas, carboidratos, lipídios e biomoléculas de DNA (BRUSKOV et al., 2002). Quando o animal apresenta acúmulo excessivo de radicais livres circulantes, o sistema antioxidante fica limitado à sua eliminação (MORALES et al., 2004) (LIN et al., 2008), o que interfere na homeostase e sistemas fisiológicos do animal, interferindo em sua produtividade.

O sistema antioxidante inibe e/ou reduz os danos causados pela ação deletéria dos radicais livres ou das espécies reativas não-radicaais (BARBOSA et al., 2010), este sistema pode ser dividido em dois: sistema enzimático e não enzimático. O sistema enzimático é constituído pelas enzimas superóxido dismutase, catalase, glutathione peroxidase (selênio dependente) e glutathione reductase (MILINKOVIĆ-TUR, 2007); e o sistema não enzimático é constituído pela vitamina E, vitamina C, carotenóides, β -caroteno, glutathione e selênio (YU, 1994).

O selênio destaca-se por ser cofator de mais de 25 selenoproteínas, incluindo-se a glutathione peroxidase (ZHOU et al., 2013). O selênio é considerado elemento traço essencial para a manutenção dos seres vivos, pode ser encontrado em duas formas nas dietas: orgânica e inorgânica. Na forma inorgânica o selenito de sódio é a principal forma utilizada para a suplementação nas dietas de aves (LEESON; SUMMERS, 2001).

Uma vez que o selênio possui diversas funções que contribuem na melhora da saúde e longevidade celular e atua no sistema antioxidante, pesquisas visando obter maiores conhecimentos em relação aos níveis e fontes de selênio para alimentação de poedeiras comerciais são interessantes pois podem propiciar melhorias nos índices zootécnicos, na resposta imunológica e qualidade do produto final, ovo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Considerações gerais sobre os ovos.

Considerado um dos alimentos mais completos, o ovo possui proteínas, gorduras, carboidratos, minerais e vitaminas (RÊGO et al., 2012), sendo altamente nutritivo e digestível para seres humanos.

O ovo é composto principalmente por quatro partes: membrana da casca, casca, gema e albúmen ou clara e, possui outras partes em menor volume como disco

germinativo, a câmara de ar, as calazas e a cutícula. A casca representa cerca de 10% do peso do ovo, enquanto a gema e albúmen representam aproximadamente 30% e 60% do peso total do ovo, respectivamente (BENITES et al., 2005).

Para se determinar a qualidade interna dos ovos, observa-se o albúmen, que deve apresentar aspecto límpido, transparente, consistente, denso e com pequena porção fluida. Com o passar do tempo a porção fluida da clara aumenta, fazendo com que ela se espalhe facilmente e alterando sua acidez. A gema deve ser bem amarela, com sabor e odor característicos e a câmara de ar, em ovos frescos, deve ser pequena (SARCINELLI et al., 2007).

Por ser excelente fonte de ácidos graxos poli-insaturados essenciais, principalmente os pertencentes à série do ácido linoleico e araquidônico (ômega 6), e contendo também moderadas quantidades da série ômega 3 (CHERIAN, 2008), o ovo torna-se muito susceptível a oxidação lipídica que pode ocorrer durante o seu processamento e estocagem. (O'KEEFE; WANG, 2006; MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007).

O ovo, como todos os produtos de origem animal, é perecível, e por seu caráter altamente nutritivo é um meio ideal para o crescimento de microrganismos, patogênicos inclusos, tornando-se um alimento que pode perder sua qualidade rapidamente quando armazenado sob cuidados inadequados, mesmo imediatamente após a postura (THERON et al., 2003). Entretanto, a perda da qualidade é um fenômeno inevitável que acontece continuamente ao longo do tempo e diversos fatores podem agravar esse fenômeno (BARBOSA et al., 2008).

Tempo e temperatura são fatores que devem ser observados para garantir a preservação das propriedades do ovo e, para tal fim, as empresas estão cada vez mais empregando tecnologias adequadas para prolongar a vida do ovo após a postura e de seus produtos derivados (SEIBEL, 2005).

O Brasil é um país que não exige a refrigeração dos ovos comerciais. Desde o momento da postura até a distribuição final, são acondicionados em temperatura ambiente, sendo que em alguns casos, os ovos são refrigerados apenas nas casas dos consumidores (XAVIER et al., 2008).

A oxidação lipídica que ocorre no interior dos ovos reduz a qualidade, pois afeta as características sensoriais deste alimento, e a temperatura interfere diretamente na velocidade das reações de oxidação e decaimento da qualidade. Com a finalidade de retardar essas reações, substâncias antioxidantes são adicionadas intencionalmente como

aditivos alimentares (ORDÓÑES et al., 2005) e este tem sido um importante recurso utilizado pela indústria de alimentos para garantir a qualidade do produto final (ABREU, 2013), sendo o selênio um importante aliado, que vai atuar inibindo a propagação de radicais livres (SAITO et al., 2004)

2.2 Antioxidantes

Segundo Duarte-Almeida et al. (2006), os antioxidantes são substâncias que retardam o processo de oxidação através da inibição da produção ou dos efeitos deletérios dos radicais livres presentes em alimentos e nos organismos dos seres vivos.

Os compostos antioxidantes naturais são encontrados em inúmeros materiais, que têm sido empregados em alimentos com poder de atuar em benefício da saúde do consumidor, controlando os potenciais efeitos negativos do estresse oxidativo, por intermédio do equilíbrio entre pró-oxidantes e antioxidantes, diminuindo os efeitos dos radicais livres e metabólitos tóxicos que podem prejudicar a reprodução, o crescimento e a capacidade de resposta imune dos animais (SURAI et al., 2006; COSTANTINI; MOLLER, 2009), além de serem efetivos no controle da oxidação lipídica dos alimentos.

Os radicais livres são átomos ou moléculas instáveis formadas durante os processos metabólicos e que atuam como mediadores para a transferência de elétrons em diversas reações bioquímicas com funções metabólicas. Algumas situações que geram radicais livres incluem: alguns xenobióticos, radiação ionizante, isquemia, exercício físico extenuante e ativação de fagócitos (neutrófilos, macrófagos, monócitos e eosinófilos) por microrganismos (BENZI, 1993; PEREIRA, 1994; YU, 1994).

Na produção animal a formação de radicais livres e a peroxidação lipídica são responsáveis pelo desenvolvimento de diversas patologias que prejudicam o desenvolvimento produtivo e interferem na qualidade dos produtos de origem animal (SURAI, 2002). O principal componente do sistema antioxidante é a vitamina E, e, por este motivo, essa classe de moléculas foi extensivamente estudada; entretanto, mesmo alguns subprodutos das reações dessa vitamina também apresentam toxidez e devem ser removidos das células. Para que isso aconteça o sistema antioxidante depende de um subsistema enzimático, que atua principalmente com a enzima glutathione peroxidase selênio dependente - GSH-Px (SURAI, 2002), sendo assim, a dieta contendo Selênio é de extrema importância para a regulação da atividade da GSH-Px e para eficiência do sistema antioxidante.

A utilização de antioxidantes na alimentação de poedeiras é um ponto a ser

elucidado, com intuito de manter a qualidade e aumentar a vida de prateleira dos ovos (SILVA et al., 2010), além de auxiliar no sistema imunológico das aves, reduzindo danos dos radicais livres nas membranas fosfolipídicas das células, através da enzima glutathione peroxidase e a interação com a vitamina E (LIMA et al., 2007).

2.3 Selênio

O selênio é um micromineral que pode ser adicionado à alimentação animal na forma inorgânica como selenito ou selenato de sódio e na forma orgânica como selênio metionina ou selênio cisteína, provenientes de alimentos vegetais e animais ou produzidos por microrganismos (SAAD, 2009).

O selenito de sódio é a fonte mais utilizada para a suplementação de Se nas rações animais; porém, se os animais fossem retirar o Se da natureza seria na forma selenometionina, como fonte orgânica (ZELENKA; FAJMONOVA, 2005). Quando comparadas as fontes, a disponibilidade é maior na forma orgânica (TOOD; HENDRIKS, 2005), porém alguns autores demonstraram que o selenito de sódio é mais eficiente no combate a diátese exsudativa e no restabelecimento da GSH-Px (CANTOR; SCOTT; NOGUCHI, 1975; GABRIELSEN; OPSTVEDT, 1980).

O selênio na forma orgânica (seleniometionina) é absorvido como aminoácido pelos enterócitos por transporte ativo e este processo é muito similar ao que ocorre com a metionina em todos os segmentos do intestino delgado, ocupando o lugar da metionina na síntese proteica, sendo o Se, nessa forma, armazenado nos músculos e tecidos. Já o selenito de sódio é absorvido como os outros minerais de maneira passiva, mais eficientemente no íleo, sendo grande parte excretada na urina (SURAI, 2002).

Por esse motivo, quando se avaliou a deposição do Se em ovos, verificou-se que ovos de poedeiras suplementadas com fontes orgânicas apresentaram maiores concentrações no albúmen, que é rico em proteínas, quando comparados com ovos de poedeiras suplementadas com fontes inorgânicas (SURAI et al., 2006).

A forma orgânica mais comercializada é a levedura enriquecida que cresce no substrato contendo enxofre e selênio. O selênio encontrado neste produto é basicamente o selênio metionina, podendo ter uma variação na concentração de selênio de 21 a 68% (UDEN et al., 2004).

O selênio derivado de leveduras tem demonstrado ser uma forma menos tóxica e assim, uma fonte preferida para suplementação na alimentação animal (ROEPCKE, 2007; OLIVEIRA, 2006). A levedura selenizada pode ser considerada mais biodisponível que

as formas inorgânicas de selênio, além de ser mais eficiente em promover maiores níveis de selênio nos tecidos ou sistemas orgânicos dos animais (BAULEZ; DUSSERT, 2011).

Segundo estudos de Paton et al. (2002), pode-se observar que aves alimentadas com selênio levedura produziram ovos com maiores concentrações de Se quando comparadas com ovos de poedeiras que foram alimentadas com selenito de sódio.

O selênio participa de diversas outras funções vitais, tais como: síntese de prostaglandinas, participação no metabolismo de ácidos graxos essenciais e ativação de hormônios da tireoide (SAAD, 2009).

A ação antioxidante da GSH-Px se dá na conversão da glutathiona reduzida (GSH) em glutathiona oxidada (GSSG), removendo H_2O_2 (peróxido de hidrogênio) e formando água (Figura 1) (SURAI et al., 2006). Desta maneira, as membranas celulares e as membranas das mitocôndrias e dos microsomas são protegidas da ação dos radicais livres.

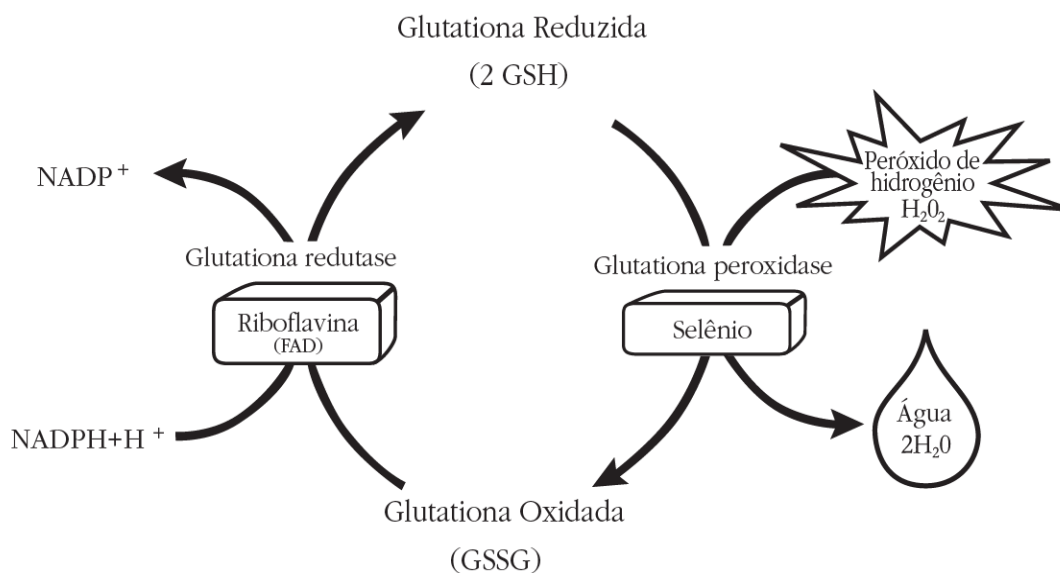


Figura 1. Sistema glutathiona peroxidase/reductase

Fonte: Barceloux (1999)

Desta maneira, as membranas celulares e as membranas das mitocôndrias e dos microsomas são protegidas da ação dos radicais livres. As ações antioxidativas dependem da interação do Se com a vitamina E, que é considerada um antioxidante natural, sendo essencial nos mecanismos de defesa celular (PEREIRA, 2005).

Desta forma, quando poedeiras são suplementadas com selênio nas rações, não

apenas se previnem os sintomas de sua deficiência, como também se melhora o status imunológico inibindo radicais livres circulantes (SALDANHA, 2008), além de aumentar os níveis deste mineral nos ovos, favorecendo maior potencial como alimento nutracêutico, possibilitando maior ingestão de selênio pelos consumidores e beneficiando diretamente o funcionamento dos sistemas antioxidantes e imunológicos (BRITO, 2007), sendo uma alternativa para suprir a deficiência de selênio que ocorre mundialmente (FISININ et al., 2009).

Davis e Fear (1996) discutiram sobre a importância do selênio na produção de ovos, uma vez que se observa relação linear entre o selênio da dieta das aves e sua concentração no ovo. O incremento dos níveis de selênio nos ovos possibilita a preservação da qualidade interna dos ovos durante os períodos de estocagem (FRANCO; SAKAMOTO, 2005).

2.4 Oxidação Lipídica

Os nutrientes provenientes dos alimentos consumidos pelos animais sofrem oxidação produzindo calor, com a finalidade de gerar energia para os processos metabólicos e a conversão de nutrientes em tecido corporal. O oxigênio é um elemento essencial para o metabolismo; no entanto, os sistemas biológicos proporcionam condições favoráveis para ocorrência de reações oxidativas, que podem destruir elementos importantes encontrados nos alimentos, como as vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) e ácidos graxos essenciais, além de ocasionar danos nas estruturas celulares e tecidos animais (ADAMS, 1999).

A gema é um alimento com cerca de 30 a 34% de gorduras e na sua porção lipídica as maiores concentrações são de ácidos graxos insaturados. Sua composição contém 5% de colesterol (do total gorduroso), 1% de ácidos graxos livres, 28% de fosfolipídicos e 66% de triglicerídeos (SARCINELLI et al., 2007). Os ácidos graxos insaturados ocasionam instabilidade dos ovos ao processo de oxidação lipídica fazendo com que se tenha perda da qualidade interna, limitando o tempo de conservação e vida de prateleira. Uma alternativa para retardar a velocidade da oxidação é a utilização de antioxidantes, que inibem a produção de radicais livres (RL).

Silva et al. (1999) observaram que é possível se distinguir as etapas da evolução oxidativa pelo desaparecimento dos substratos de oxidação (lipídio), pelo surgimento dos produtos primários de oxidação (peróxidos e hidro peróxidos), tendo sua estrutura alterada conforme a natureza dos ácidos graxos presentes e pelo aparecimento dos

produtos secundários de oxidação, sendo um dos principais o malonaldeído (MDA).

O malonaldeído é formado principalmente durante a oxidação do ácido araquidônico (LIMA; ABDALLA, 2001). Ele é classificado como um aldeído com três átomos de carbono, e é um importante marcador para avaliação da oxidação lipídica dos alimentos e do estresse oxidativo em amostras biológicas, por meio do teste de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (JORGE, 2009).

As reações oxidativas podem ser interrompidas por antioxidantes na cadeia de iniciação, quando o átomo de hidrogênio do antioxidante (AH) reage com radicais livres ($\text{ROO}\cdot$ e $\text{R}\cdot$) formando produtos não radicais e radical inerte ($\text{A}\cdot$). Assim, as substâncias antioxidantes podem inibir ou até mesmo eliminar radicais livres, impedindo a continuidade do processo na etapa de propagação (PODSEDEK, 2007).

2.5 Selênio e o sistema imune das aves

Animais com deficiência nutricional se tornam mais susceptíveis a desenvolver patologias. O ambiente é um fator que pode influenciar no sistema imunológico, sendo que ambientes não adequados podem atuar como imunossupressores deixando os animais mais susceptíveis a enfermidades (SQUIRES, 2003).

A nutrição e o sistema imunológico são dois segmentos que estão interligados. Nos últimos anos, vários estudos estão sendo realizados com o intuito de utilizar a nutrição como ferramenta para modular o sistema imune, buscando um estado ideal de imunidade para as aves (SILVA; RIBEIRO, 2009). Assim, a imunonutrição quando associada com outros fatores é vista como uma alternativa de atuar na estimulação do sistema imunológico, com a expectativa de tornar os animais mais resistentes às patologias e, conseqüentemente, melhorar os índices zootécnicos (CALDER et al., 2002).

Algumas características da dieta podem modular a resposta imune das aves. Modificações na matriz nutricional, tais como nos níveis nutricionais ou nos ingredientes usados podem tornar a ave mais ou menos susceptível às enfermidades. A nutrição está ligada ao sistema imunológico das aves desde o ovo, sendo que a deficiência de micronutrientes envolvidos no desenvolvimento e formação de órgãos linfoides, proliferação de linfócitos e o sistema imunológico como todo, podem ter impacto negativo na vida adulta da ave (KLASING, 1998).

Existe um equilíbrio entre o início da resposta imunológica das aves e os sinais que mantêm os níveis adequados de células e anticorpos. Quando ocorre a quebra do sistema regulatório pode ocorrer a imunossupressão ou uma imunoestimulação de forma

desacerbada. Aves imunossuprimidas são de grande preocupação para o seguimento avícola, pois estão em constante desafio por vários agentes infecciosos que desafiam o sistema imunológico acarretando perdas econômicas, uma vez que aves expostas a esses agentes podem apresentar perdas na produtividade e no seu desempenho zootécnico (FIGUEIREDO, 2006).

Muitos minerais e vitaminas são elementos reconhecidos por atuarem no sistema fagocitário, na produção de imunoglobulinas e síntese de moléculas como interleucinas, atuando como imunomoduladores (BASTOS, 2008). As vitaminas mais estudadas como imunomoduladores são as vitaminas A, D, E e C. Em episódios de desafio, a vitamina C pode ser exigida em maiores quantidades e, mesmo que bioproduzida pelas aves, essa quantidade se torna insuficiente sendo ideal a suplementação (CHAMPE, 2006). Os minerais cromo, selênio e zinco podem estimular o sistema imune das aves, fazendo com que estas se tornem mais resistentes e melhorando os índices zootécnicos (SILVA et al., 2013).

O selênio é um mineral que tem grande importância no sistema imunológico dos animais, por apresentar efeito cardioprotetor, sendo importante para o crescimento e auxiliar no metabolismo melhorando a produtividade (BASTOS, 2008).

O Se é cofator e faz parte da enzima glutathione peroxidase e, por essa razão, protege as células contra o estresse oxidativo, realizando a desintoxicação do peróxido de hidrogênio e de hidroperóxidos de lipídios, oriundos do ataque das espécies reativas de oxigênio. Além disso o selênio é essencial para o crescimento e fertilidade dos animais, é um elemento que tem interação com a vitamina E prevenindo uma série de enfermidades (DANIELS, 1996).

Surai (2002) observou que em baixos níveis de Se, a atividade da GSH-Px fica comprometida, deixando as células mais vulneráveis a oxidação. Os efeitos da oxidação podem ser minimizados pela ação da vitamina E, pois, compõem a primeira linha de defesa, porém sem o Se compondo o sistema antioxidante, a oxidação celular se torna maior, diminuindo a sobrevivência. Quando se tem deficiência de Se, ocorre a peroxidação lipídica, sendo ele o principal responsável pelo surgimento de patologias associada a esse fenômeno.

Uma vez que o selênio possui diversas funções que melhoram a saúde e longevidade celular, atuando no sistema antioxidante, torna-se necessário obter maior conhecimento sobre as fontes de selênio que podem ser utilizadas na formulação de dietas para poedeiras e seus efeitos no organismo, buscando alcançar aproveitamento ótimo

deste mineral pelo animal e melhorias nos índices zootécnicos e qualidade do produto final. A partir dessas informações, o presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho, qualidade de ovos, concentração de malonaldeído plasmático, sistema imunológico, atividade da enzima glutathione peroxidase e concentração de selênio na musculatura e ovos de poedeiras suplementadas com diferentes fontes de selênio.

Capítulo II, denominado “**DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO**”, apresenta-se de acordo com as normas para publicação na Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, exceto pelo idioma e posicionamento de tabelas. O objetivo deste trabalho foi analisar parâmetros de qualidade, desempenho, oxidação e qualidade interna de ovos armazenados em diferentes temperaturas de poedeiras comerciais leves suplementadas com diferentes fontes de selênio e ração basal, comparando as fontes para sua substituição.

O Capítulo III, denominado “**EFICIÊNCIA DE TRANSFERÊNCIA, BIODISPONIBILIDADE E AÇÃO IMUNOLÓGICA DE DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO EM POEDEIRAS SUPLEMENTADAS VIA DIETA**”, apresenta-se de acordo com as normas para publicação na Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, exceto pelo idioma e posicionamento de tabelas. O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes fontes de selênio e dieta basal de poedeiras leves desafiadas com lipopolissacarídeo de E. coli e não desafiadas sobre as variáveis imunológicas, status antioxidante e análises de concentração de selênio em musculatura e ovos, comparando as fontes para sua substituição

3. REFERÊNCIAS

ABPA-Associação Brasileira de Proteína Animal. (2019). **Relatório anual de 2018**.

ABREU, V. K. G. **Efeito antioxidante do ácido anacárdico na estabilidade da gema de ovo in natura e desidratada, e da carne e mortadela de frango**. 2013. 88 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

ADAMS, C. A. **Nutricines: food components in health and nutrition**. Nottingham University Press, 1999.

ALTAN, Ö. et al. **Effect of heat stress on oxidative stress, lipid peroxidation and some stress parameters in broilers.** British Poultry Science, v. 44, n. 4, p. 545-550, 2003.

BARBOSA, N. A. A. et al. **Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes.** Ars Veterinaria, v. 24, n. 2, p. 127-133, 2008.

BASTOS, M. C. A. **Bioquímica básica:** introdução a bioquímica dos hormônios, sangue, sistema urinário, processos digestivos, absorptivos e micronutrientes. 2008.

BECKETT, GEOFFREY J.; ARTHUR, JOHN R. **Selenium and endocrine systems.** Journal of endocrinology, v. 184, n. 3, p. 455-465, 2005.

BENITES, C. I.; FURTADO, P. B. S.; SEIBEL, N. F. **Características e aspectos nutricionais do ovo.** In: SOUZ-SOARES, L. A.; SIEWERDT, F. Aves e ovos. Pelotas: UFPEL, 57- 64, 2005.

BENZI, G. **Aerobic performance and oxygen free radicals.** The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, v.33, 205-222, 1993.

BRITO C. **Importância do selênio sobre produção animal e saúde humana.** Art Tec-Pol Nutr. 2007. Disponível em: www.polinutri.com.br/upload/artigo/184.pdf. Acesso em: 04 fev. 2019.

BRUSKOV, V. I. et al. **Heat-induced formation of reactive oxygen species and 8-oxoguanine, a biomarker of damage to DNA.** Nucleic acids research, v. 30, n. 6, p. 1354-1363, 2002.

BAULEZ, M; DUSSERT, L. **Selênio orgânico na nutrição de ruminantes: podemos esperar benefícios além da saúde animal?** 2011. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/pecuaria-corte/artigos/nutricao-ruminantes-t37027.htm>>. Acesso em: abril, 2019.

CALDER, P. C.; FIELD, C. J.; GILL, H. S. **Nutrition and immune function.** In: **Fatty Acids, Inflammation and Immunity e Vitamin A, Infection and Immune Function.** Ed.: CAB International. 1º edição. 430 p., 2002.

CANTOR, A. H.; SCOTT, M. L.; NOGUCHI, T. **Biological availability of selenium in feedstuffs and selenium compounds for prevention of exudative diathesis in chicks.** The Journal of Nutrition, v. 105, n. 1, p. 96-105, 1975.

CARD, L. E. and NESHEIM, M. C. **Poultry production.** Philadelphia: Lea & Febiger, 1966. 399 p.

CHAMPE, P. C. **Bioquímica básica.** Rio de Janeiro: UFLA, 2006. 544p.

CHERIAN, G. **Egg quality and yolk polyunsaturated fatty acid status in relation to broiler breeder hen age and dietary n-3 oils.** Poultry Science, v. 87, n. 6, p. 1131-1137, 2008.

COLLIN, A. et al. **Adaptive response of chickens to hot environments induced by**

changing incubation temperature. In: 2012; 24th World Poultry Congress, Salvador de Bahia, BRA, 2012-08-05-2012-08-09, 1-7. 2012.

COSTANTINI, D.; MOLLER, A. P. **Does immune response cause oxidative stress in birds? A meta-analysis.** Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, v. 153, n. 3, p. 339-344, 2009.

DA SILVA, I. C. M. et al. **Broiler chicken responses to immunological stimuli as mediated by different levels of vitamin E in the diet.** Journal of Applied Poultry Research, v. 18, n. 4, p. 752-760, 2009.

DAVIS, R. H.; FEAR, J. **Incorporation of selenium into egg proteins from dietary selenite.** British poultry science, v. 37, n. 1, p. 197-211, 1996.

DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. **Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

FIGUEIREDO, D. F. **Efeito do estresse sobre a expressão de hsp70 em embriões e a resposta imune pós-eclosão em frangos de corte.** Tese de Doutorado. Tese. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio De Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006

FISININ, V. I.; PAPAZYAN, T. T.; SURAI, P. F. **Producing selenium-enriched eggs and meat to improve the selenium status of the general population.** Critical Reviews in Biotechnology, v. 29, n. 1, p. 18-28, 2009.

FRANCO, J. R. G.; SAKAMOTO, M. I. **Qualidade dos ovos: uma visão geral dos fatores que a influenciam.** Revista Ave World, v. 3, n. 16, p. 20-24, 2005.

GABRIELSEN, B. O.; OPSTVEDT, J. **Availability of selenium in fish meal in comparison with soybean meal, corn gluten meal and selenomethionine relative to selenium in sodiumselenite for restoring glutathione peroxidase activity in selenium-depleted chicks.** The Journal of Nutrition, v. 110, n. 6, p. 1096-1100, 1980.

GIAMPIETRO, A. et al. **Estudo da metodologia de TBARS em ovos.** Rev. Avisite, n. 13, p. 18-18, 2008.

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

KLASING, K. C. **Nutritional modulation of resistance to infectious diseases.** Poultry Science, v. 77, n. 8, p. 1119-1125, 1998.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Minerals.** Nutrition of the chicken, 4th ed. University Books, Guelph, Ontario, Canada, p. 394-397, 2001.

LETERRIER, C. et al. **Effets d'élévations tardives de la température ambiante sur la température corporelle et l'hyperventilation chez le poulet.** 8èmes Journ. Rech.

Avicole, St-Malo, France, v. 31, p. 90-94, 2009.

LIMA, E. S.; ABDALLA, D. S. P. **Peroxidação lipídica: mecanismos e avaliação em amostras biológicas.** Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, v. 37, n. 3, p. 293-303, 2001.

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

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. **Revisão: antioxidantes naturais da família lamiaceae. Aplicação em Produtos Alimentícios.** Brazilian Journal of Food Technology, v. 10, n. 2, p. 96-103, 2007.

MILINKOVIĆ-TUR, S. et al. **Effects of fasting and refeeding on the antioxidant system in cockerels and pullets.** Acta Veterinaria Hungarica, v. 55, n. 2, p. 181-189, 2007.

MORALES, A. E. et al. **Oxidative stress and antioxidant defenses after prolonged starvation in *Dentex dentex* liver.** Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, v. 139, n. 1-3, p. 153-161, 2004.

O'KEEFE, S. F.; WANG, H. **Effects of peanut skin extract on quality and storage stability of beef products.** Meat Science, v. 73, n. 2, p. 278-286, 2006.

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

ORDÓÑEZ, JUAN A. et al. **Tecnologia de alimentos.** Porto Alegre: Artmed, v. 2, p. 219-239, 2005.

PATON, N. D., CANTOR, A. H., PESCATORE, A. J., FORD, M. J., SMITH, C. A. **The effect of dietary selenium source and level on the uptake of selenium by developing chick embryos.** Poultry Science, v. 81, n. 10, p. 1548-1554, 2002.

PEREIRA, B. **Exercício físico como pró-oxidante.** Revista Paulista de Educação Física, v. 8, p.77-89, 1994.

PEREIRA, J. C. **Nutrição e alimentação: parte específica sais minerais (macro e microelementos).** Boletim dos Criadouros Campo das Caviúnas, n. 18, 10 p. 2005.

PITA, M. C. G. T et al. **Efeito da adição de ácidos graxos insaturados e de vitamina E à dieta de galinhas e seu reflexo na composição lipídica e incorporação de alfa-tocoferol na gema do ovo.** Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, v. 41, n. 1, p. 25-31, 2004.

PODSEDEK, A. **Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review.** LWT-Food Science and Technology, v. 40, n. 1, p. 1-11, 2007.

RÊGO, I. O. P. et al. **Influência do período de armazenamento na qualidade do ovo**

integral pasteurizado refrigerado. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec, v. 64, n. 3, p. 735-742, 2012.

ROEPCKE, C. B. S.; **Desenvolvimento de bioprocesso para produção de biomassa de levedura rica em zinco orgânico.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007, 150f.

SAAD, M. B. **Efeito da suplementação de selênio orgânico na resposta imunológica de frangos de corte.** 2009. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SALDANHA, E.S.P.B. **Efeitos de minerais orgânicos no desempenho e qualidade de ovos e qualidade óssea de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção.** 2008. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, 2008.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. **Características dos ovos.** Universidade Federal do Espírito Santo-UFES; Pró-reitoria de Extensão-Programa Institucional de Extensão. Boletim Técnico-PIE-UFES: 00707Editado, v. 20, n. 08, 2007.

SEIBEL, N. F. **Transformações bioquímicas durante o processamento do ovo.** In: SouzaSoares, L. A.; Siewerdt, F. **Aves e ovos** (p. 77- 90). UFPEL, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. 2005.

SILVA, Francisco AM; BORGES, M. Fernanda M.; FERREIRA, Margarida A. **Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante.** Química Nova, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.

SILVA, ICM; RIBEIRO, AML. **Interação entre a nutrição e a imunologia em aves.** Aviseite Produção Animal-Avicultura, n. 22, p. 18-25, 2009.

SILVA, M. L. C et al. **Compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante em produtos vegetais.** Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

SQUIRES, J. E. **Applied Animal Endocrinology.** Cambridger: GABI publishing, 2003, p. 250.

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

SURAI, P. F. et al. **Selenium in nutrition and health.** Nottingham: Nottingham university press, 2006.

THERON, H.; VENTER, P.; LUES, J. F. R. **Bacterial growth on chicken eggs in various storage environments.** Food Research International, v.36, p.969-975, 2003.

UDEN, P.C. et al. Selective detection and identification of Se containing compounds—review and recent developments. **Journal of Chromatography A**, v.1050, p.85–93, 2004

TODD, S.E.; HENDRIKS, W.H. **Comparative selenium metabolism in cats and dogs.** In: LYONS, T.P AND JACQUES, K.A (Eds). Nutrition Biotechnology in the Feed and Food Industries. 2005. Proceedings. Nottingham University Press, p 389-397, 2005

XAVIER, I. M. C. et al. **Qualidade de ovos de consumo submetidos a diferentes condições de armazenamento.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 60, n. 4, p. 953-959, 2008.

YAHAV, S. et al. **Thermal manipulations during broiler chick embryogenesis: effects of timing and temperature.** Poultry Science, v. 83, n. 12, p. 1959-1963, 2004.

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

ZELENKA, J.; FAJMONOVA, E. **Effect of age on utilization of selenium by chickens.** Poultry Science, v. 84, n. 4, p. 543-546, 2005.

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

CAPÍTULO 2

DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO

RESUMO: Para avaliar os efeitos de diferentes fontes de selênio nos parâmetros produtivos e qualidade dos ovos, foram utilizadas 150 poedeiras da linhagem Dekalb White de 35 semanas de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos e 10 repetições cada: Dieta controle (DC); DC + Selenito de Sódio (0,2 mg de Se/kg de ração) e DC + Levedura Selenizada (0,2 mg de Se/kg de ração). Foram avaliadas as variáveis de desempenho e qualidade de ovos em dois ciclos de 28 dias. Para determinação da qualidade de ovos em duas condições de armazenamento (ambiente e refrigeração), foi avaliada a Unidade Haugh nos dias 7, 14, 21, 28 dias pós-armazenamento dos ovos. Os dados foram submetidos a ANOVA seguida de teste de médias de Tukey (5%). As diferentes fontes de selênio quando suplementadas na alimentação de poedeiras comerciais não afetaram os parâmetros de desempenho e qualidade dos ovos, exceto para Unidades Haugh, no qual foi observada interação ($P < 0,05$) entre dieta x período de armazenamento e período x ambiente de armazenamento. O armazenamento dos ovos em temperatura ambiente não é uma forma eficaz em preservar a qualidade interna do ovo, sendo a refrigeração a melhor alternativa para manter a sua qualidade.

Palavras-chave: antioxidante, nutrição, poedeiras, selênio.

**PERFORMANCE AND EGG QUALITY OF COMMERCIAL LAYING HENS
SUPPLEMENTED WITH DIFFERENT SELENIUM SOURCES**

ABSTRACT: To evaluate the effects of different selenium sources on the productive parameters and egg quality, 150 Dekalb White laying hens at 35 weeks of age were distributed in a completely randomized design with 3 treatments and 10 repetitions each: Control diet (CD); CD + Sodium Selenite (0.2 mg Se / kg of feed) and CD + Selenized Yeast (0.2 mg Se / kg of feed). The performance and egg quality variables were evaluated in two 28-day cycles. To determine egg quality in two storage conditions (room temperature and refrigeration) the Haugh units were evaluated on days 7, 14, 21, 28 after egg storage. The data were submitted to ANOVA followed by Tukey means test (5%). The different sources of selenium when supplemented in the diet of commercial laying hens did not affect egg quality and performance parameters, except for Haugh Units, in which interaction ($P < 0.05$) was observed between diet x storage period and period x storage environment. The storage of eggs at room temperature is not an effective way to preserve the internal quality of the egg, and refrigeration is the best alternative to maintain its quality.

Key words: antioxidant, laying hens, nutrition, selenium.

1. INTRODUÇÃO

O segmento de postura comercial encontra-se em franca expansão no mercado nacional, e pesquisas que tragam melhor eficiência alimentar e aproveitamento de nutrientes das dietas, buscando ajustes nutricionais adequados na criação de poedeiras modernas, são fundamentais na manutenção da rentabilidade do setor. Dentre os elementos fundamentais numa boa formulação encontram-se os minerais, que demonstraram atuação em uma série de processos fisiológicos e metabólicos (GERALDO et al., 2012)

A aceitação do ovo pelo consumidor passa pelos atributos de sua qualidade interna, que não somente proporcionam características organolépticas adequadas, como odor, cor, sabor e aspecto visual, bem como são influenciados diretamente pela higiene no processo produtivos, como limpeza e integridade da casca (MENDES, 2010). A idade do ovo, temperatura de armazenamento e período de armazenamento ainda são fatores que influenciam na durabilidade e vida de prateleira do produto (BERARDINELLI et al., 2003).

De maneira semelhante, a nutrição adequada da poedeira influi diretamente na qualidade do produto ovo. Os minerais fornecidos via dieta depositam-se e participam de uma série de processos metabólicos e bioquímicos não somente no organismo da poedeira, mas também nos produtos de sua postura (MABE et al., 2003).

O estresse oxidativo ocorre naturalmente em sistemas intensivos de produção e suas consequências envolvem a queda de desempenho (EDENS & SEFTON, 2016). Os ovos in natura possuem grandes quantidades de ácidos graxos insaturados, tornando-os menos estáveis ao processo de oxidação lipídica, o que limita sua capacidade de conservação (PITA et al., 2004).

As pesquisas que envolvem o selênio têm foco principal no sistema antioxidante

dos organismos, devido à sua essencialidade no complexo glutathiona peroxidase. A glutathiona peroxidase preserva as membranas lipídicas das células e outros constituintes contra ação oxidativa nos ácidos graxos que os compõem (JOKIĆ et al., 2009). A concentração e deposição de selênio no ovo é diretamente proporcional à sua inclusão nas dietas, e esse aumento dos níveis de selênio nos ovos proporciona estabilidade na qualidade interna dos ovos armazenados (DAVIS; FEAR, 1996; FRANCO; SAKAMOTO, 2005).

A inclusão de fontes de minerais orgânicos nas dietas permite que esta seja feita em concentrações mais baixas (0,1 mg/kg), devido à sua maior biodisponibilidade, melhorando o desempenho animal e reduzindo o impacto das excreções de minerais ao meio ambiente. Além disso, a utilização de fontes orgânicas pode elucidar a complexa participação dos minerais em inúmeros processos metabólicos e sistemas enzimáticos que participam (ELKHAIREY et al., 2015).

Uma vez que o selênio possui diversas funções que melhoram a saúde e longevidade celular, torna-se necessário obter maior conhecimento sobre as fontes de selênio que podem ser utilizadas na formulação de dietas para poedeiras e seus efeitos no organismo e produtividade, buscando alcançar máximo aproveitamento deste elemento pelo animal e melhorias nos índices zootécnicos e na qualidade dos ovos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento e delineamento experimental:

O experimento foi conduzido na UNESP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, na Câmara Bioclimática do Laboratório de Nutrição de Aves (LabAves). Todos os procedimentos experimentais utilizados foram submetidos à avaliação pela Comissão de Ética no Uso de Animais desta Instituição (Protocolo CEUA

0029/2018).

2.2 Animais e delineamento experimental

Foram utilizadas 150 (cento e cinquenta) poedeiras leves da linhagem Dekalb White, com 35 (trinta e cinco) semanas de idade, vacinadas contra doenças de Gumboro, Boudouville, Marek, Pneumovirose, New Castle, Bronquite Infecciosa, Coccidiose, Coriza, Epitelioma, Síndrome da Queda de Postura e Salmonelose e com monitoramento sanitário segundo os critérios do Programa Nacional de Sanidade Avícola. As aves receberam ração basal (sem suplementação de selênio) da décima sexta semana à trigésima quarta semana de idade, para que as aves tivessem reservas mínimas de selênio. Um programa de luz de 16 (dezesesseis) horas diárias foi utilizado durante todo o experimento e as aves receberam o mesmo manejo alimentar com água e ração à vontade.

As galinhas foram pesadas individualmente, utilizando-se aves com variação de peso de mais ou menos 10% em relação ao peso médio do lote, de acordo com recomendações de Sakomura e Rostagno (2016) para a distribuição nas parcelas. As galinhas foram alojadas em 30 (trinta) gaiolas metálicas (50×45×45cm) num aviário convencional, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com 3 (três) tratamentos e dez repetições de 5 aves/gaiola.

Os tratamentos foram: Dieta controle (DC); DC + Selenito de Sódio (0,2 mg de Se/kg de ração) e DC + Levedura Selenizada (0,2 mg de Se/kg de ração). O período experimental foi de 56 (cinquenta e seis) dias, o qual foi dividido em dois períodos de 28 (vinte e oito) dias para coleta de dados de desempenho e qualidade dos ovos.

2.3 Dietas

As dietas basais foram formuladas segundo recomendações do Manual de Manejo das Poedeiras Dekalb White (2009) e de Rostagno et al. (2011) e o premix era isento de selênio. A suplementação de selênio das dietas experimentais foi calculada a partir do teor de selênio na fonte utilizada e nas matérias primas milho e farelo de soja, em uma inclusão de 0,2 mg de Se/kg de ração para cada tratamento (Tabela 1) para se obter nas dietas suplementadas 0,3 mg de selênio/kg de ração.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais

Ingredientes, %	Tratamentos		
	Controle ¹	Selenito de Sódio ²	Levedura Selenizada ³
Milho	57,584	57,584	57,584
Farelo de Soja 45%	28,440	28,440	28,440
Calcário fino	5,327	5,327	5,327
Calcário grosso	3,551	3,551	3,551
Fosfato bicálcico	1,945	1,945	1,945
Óleo de soja	2,31	2,31	2,31
DL-Metionina	0,173	0,173	0,173
Colina	0,06	0,06	0,06
Premix vitamínico ⁵	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ⁶	0,050	0,050	0,050
Sal comum	0,460	0,460	0,460
Total	100,00	100,00	100,00
Inclusão da fonte de Se (g/100kg)	0	0,045	10,00
Níveis nutricionais calculados			
EM, kcal/kg	2.800	2.800	2.800
Proteína bruta, %	17,50	17,50	17,50
Cálcio, %	4,00	4,00	4,00
Fósforo disponível, %	0,46	0,46	0,46
Potássio, %	0,69	0,69	0,69
Sódio, %	0,20	0,20	0,20
Cloro, %	0,32	0,32	0,32
Lisina digestível, %	0,84	0,84	0,84
Metionina digestível, %	0,41	0,41	0,41
AAS digestíveis, %	0,66	0,66	0,66
Triptofano digestível, %	0,19	0,19	0,19
Treonina digestível, %	0,60	0,60	0,60

¹Controle: dieta basal sem suplementação de Selênio; ²Selenito de Sódio (teor de Selênio de 45%); ³Levedura Selenizada (teor de Selênio de 0,2%); ⁴Selênio Orgânico (teor de Selênio de 25%); ⁵Suplemento mineral (níveis de garantia/kg de ração): Ferro (mín) 100 mg, Cobre (mín) 20 mg, Manganês (mín) 130 mg, Zinco (mín) 130 mg, Iodo (mín) 2 mg. ⁶Suplemento vitamínico (níveis de garantia/kg de ração): Vit. A 8.100,00 UI; Vit. D₃ 2.500,00 UI; Vit. E 7,00 UI; Vit. K₃ 2,00 mg; Vit. B₁ 1,00 mg; Vit. B₂ 3,50 mg; Vit. B₆ 1,00 mg; Vit. B₁₂ 10,00 µg; Ácido pantotênico 6,6 mg; Niacina 21,00 mg; Ácido fólico 0,40 mg; Biotina 0,015 mg; B.H.T 15 mg.

2.4 Características Avaliadas

Desempenho

A ração fornecida para cada parcela foi pesada semanalmente e acondicionada em baldes plásticos com tampa, as sobras foram pesadas ao final de cada semana e o consumo de ração foi expresso em gramas de ração por ave/dia.

A produção de ovos foi registrada diariamente em planilha e o cálculo foi realizado semanalmente e no final de cada ciclo de 28 dias com base na porcentagem de ovos produzidos por ave por dia.

Para a determinação do peso médio dos ovos foram realizadas três pesagens semanalmente de cada parcela experimental. O peso médio dos ovos foi obtido pelo peso total de ovos e dividido pelo número total de ovos produzidos no dia em cada parcela experimental.

A massa de ovos, em grama por ave por dia, foi obtida através da multiplicação do percentual de produção pelo respectivo peso médio dos ovos.

A conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos foi calculada semanalmente, dividindo-se o peso total de ração consumida por gaiola pelo respectivo número de dúzias de ovos produzidos na mesma semana. A conversão alimentar por quilograma de ovos produzidos foi calculada dividindo-se o peso total da ração consumida por gaiola pela massa de ovos postos no mesmo período, também expresso em quilogramas.

Qualidade de ovos

A variáveis de qualidade dos ovos foram obtidas aos 2, 4, 6, 14, 26, 27, 28, 54, 55 e 56 dias de experimento, sendo coletados dois ovos por parcela experimental para as variáveis de qualidade de ovos, exceto para resistência da casca à quebra, que foi obtida em um ovo por parcela experimental.

A gravidade específica dos ovos foi calculada pela imersão dos ovos em soluções salinas variando de 1,060 a 1,100 g/ml, segundo Stadelman e Cotterill (1996).

Resistência da casca à quebra foi obtida em texturômetro (TexturePro CT), equipado com a probe TA-MTP e base TA-CJ, com carga trigger de 0,05N e com 0,09 mm/s de velocidade.

A porcentagem de gema foi determinada pela relação entre o peso da gema e o peso do ovo inteiro. A porcentagem de casca foi determinada, após a lavagem e secagem em estufa de ventilação forçada à 55° por 24 horas, em seguida foram pesadas em balança digital de precisão. A porcentagem de casca foi obtida pela relação entre o peso da casca e o peso do ovo. Porcentagem de albúmen foi calculada pela diferença entre o peso da casca mais a gema e o peso do ovo.

A espessura da casca foi aferida após secagem das amostras, utilizando-se um micrômetro analógico de pressão, expressos em mm. Os valores de espessura foram obtidos a partir da realização de três leituras nos fragmentos da zona equatorial da casca, obtendo-se a espessura da casca pela média destes três pontos.

A Unidade Haugh (UH) foi calculada pela relação entre o peso do ovo (g) e altura do albúmen (mm) conforme metodologia descrita por Card & Nesheim (1966) e utilizando-se a fórmula proposta por HAUGH (1937): $UH = 100 \times \log (H + 7,57 - 1,7 \times W^{0,37})$, onde: H = altura do albúmen (mm) e W = peso do ovo (g). A altura do albúmen foi medida com paquímetro digital de precisão, posicionado na parte mais alta do albúmen.

A cor da gema foi classificada pela comparação da coloração da gema com o abanico colorimétrico da DSM de 15 cores.

O índice de gema foi determinado pela relação entre o valor médio da altura da gema pelo seu diâmetro obtidos com paquímetro digital de precisão.

Unidade Haugh pós estocagem

No final do segundo ciclo, 16 ovos por tratamento foram coletados, identificados e acondicionados em bandejas de papelão e em seguida foram armazenados em ambiente refrigerado (geladeira) e não refrigerado (ambiente) em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x4x2 (inclusão de selênio, período de armazenamento de 7, 14, 21 e 28 dias e temperatura ambiente e de refrigeração). A Unidade Haugh nos ovos foi determinada nos dias 7, 14, 21, 28 dias pós-armazenamento, conforme a metodologia proposta por Card & Nesheim (1966) .

2.5 Análise dos Resultados

A análise dos dados foi realizada pelo procedimento GLM (general linear model) do pacote estatístico MiniTab 2017, os dados foram submetidos a análise de variância e quando identificadas diferenças significativas, as medidas foram comparadas pelo teste de Tukey (5%).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis esperados de selênio foram confirmados nas dietas experimentais, sendo que a dieta basal sem inclusão de selênio apresentou concentração de Se de $0,097 \pm 0,001$ mg/kg, o que já era esperado, pois o selênio determinado foi o presente na matéria prima utilizada na formulação das rações. Na dieta basal com inclusão de 0,2mg/kg de Selenito do Sódio obteve-se a concentração de $0,286 \pm 0,009$ mg Se/kg de ração e na dieta basal com a inclusão de Levedura Selenizada, $0,286 \pm 0,009$ mg Se/kg de ração.

Os resultados de desempenho foram analisados por dois ciclos de 28 (vinte e oito) dias (tabela 2). As variáveis de desempenho analisadas não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelas diferentes fontes de selênio utilizadas e também não houve efeito da suplementação

de Se, pois os tratamentos que receberam 0,2 mg de Se/kg na ração não diferiram ($P>0,05$) do controle sem inclusão de Se, e que apresentava somente 0,1 mg de Se/kg de ração advindos das matérias primas, principalmente milho e farelo de soja.

Tabela 2. Desempenho de poedeiras leves alimentadas com duas fontes de selênio no período de 0 a 56 dias de experimento.

Variáveis	Tratamentos			P value	CV (%) ⁴
	Controle ¹	Selenito de Sódio ²	Levedura Selenizada ³		
CR (g/ave/dia)	109,7	109,0	110,2	0,695	3,20
PMO (g)	65,24	66,4	65,99	0,370	2,78
MO (g/ave/dia)	64,27	64,11	64,41	0,969	3,97
PP (%)	98,52	96,52	97,60	0,317	2,97
CA (kg/dz)	1,363	1,383	1,395	0,435	4,01
CA (kg/kg)	1,741	1,737	1,764	0,701	4,30
OAD (unid)	0,99	0,97	0,97	0,315	2,96

¹Controle: dieta basal sem suplementação de Selênio; ²Selenito de Sódio (teor de Selênio de 45%); ³Levedura Selenizada (teor de Selênio de 0,2%); ⁴CV(%) = coeficiente de variação; ⁶CR (g/ave/dia) = consumo de ração; ⁷PMO (g) = peso médio dos ovos; ⁸MO (g/ave/dia) = massa de ovos; ⁹PP (%) = porcentagem de postura; ¹⁰CA (kg/dz) = conversão alimentar por dúzia de ovos; ¹¹CA (kg/kg) = conversão alimentar por massa de ovos; ¹²OAD (unid) = ovos/ave/dia.

As concentrações de Se nas dietas foram suficientes para manutenção da postura e aproveitamento das rações pelas aves, não alterando os índices zootécnicos. O nível recomendado de selênio para poedeiras segundo NRC (1994) é de 0,1mg/kg de ração, mesmo nível observado na ração controle. Rostagno et al. (2017) recomendam 0,1mg de selênio por kg de ração para poedeiras suplementadas com fonte orgânica e 0,2 a 0,3 mg/kg para fontes inorgânicas. A suplementação máxima de selênio recomendada é de 0,2 a 0,5mg/kg (FDA, 2003).

A concentração de Se nas dietas do presente estudo variou de 0,09 a 0,29 mg/kg, indicando que as poedeiras receberam doses adequadas de Se em todos tratamentos experimentais. O tratamento controle ficou próximo da exigência mínima recomendada, e, em geral, segundo SEO et al. (2008), o desempenho das poedeiras não é alterado com a suplementação de selênio, mesmo quando adicionado em níveis de exigência ou acima do recomendado.

Outros autores, também verificaram que a suplementação de selênio e o uso em diferentes fontes de selênio nas dietas de poedeiras comerciais não foram efetivas para melhorar resultados de desempenho. Bennett & Cheng (2010) utilizando diferentes níveis de selênio orgânico associado com fonte inorgânica, não observaram efeito no consumo de ração, na produção de ovos e no peso dos ovos. Jlaila et al. (2013), que avaliaram diferentes fontes de selênio e diferentes níveis de inclusões, não observaram diferenças para consumo de ração, peso dos ovos, massa de ovos e taxa de postura. Chantiratikul et al. (2018) que, ao suplementarem a ração de poedeiras com 0,3 mg Se/kg, não observaram diferença para consumo de ração e produção de ovos e peso dos ovos.

Contudo, os resultados do presente estudo diferem dos resultados encontrados por Pan et al. (2010) ao avaliarem diferentes fontes de selênio na alimentação de poedeiras com 66 semanas de idade, nas quais a produção de ovos foi influenciada positivamente pela suplementação com selênio orgânico.

A melhora na produção de ovos de poedeiras suplementadas com selênio orgânico pode estar associada com a melhora na condição sanitária das aves ou com o sinergismo com a vitamina E, que proporcionando melhor estabilidade celular (SURAI, 2002), o que não foi observado neste experimento, onde as aves eram mais jovens e a vitamina E foi suplementada em níveis mínimos de 7 UI por kg de ração.

Não foi encontrado efeito da suplementação de selênio para conversão alimentar por dúzia de ovos, corroborando estudos de Payne et al. (2005) e Sechinato et al. (2006), nos quais não foram observados efeitos na conversão alimentar por dúzia em poedeiras recebendo Selênio orgânico. Em contrapartida, alguns autores indicaram que a utilização de selênio na dieta de poedeiras melhorou a conversão alimentar (INVERNIZZI et al., 2013; SKŘIVAN et al., 2013; CHANTIRATIKUL et al., 2018).

Assim como para os resultados de desempenho, não houve diferença para fonte de selênio e inclusão para a qualidade de ovos de poedeiras comerciais leves (Tabela 3), indicando que o Se presente na ração ou na reserva corporal das aves pode estar influenciando estes resultados neste curto período de tempo avaliado.

Tabela 3. Qualidade de ovos de poedeiras comerciais leves alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de selênio (média dos 2 ciclos de 28 dias)

Variáveis	Tratamentos			P value	CV (%) ⁴
	Controle ¹	Selenito de Sódio ²	Levedura Selenizada ³		
Albúmen (%)	64,61	65,51	64,61	0,315	2,22
Gema (%)	26,27	25,32	26,23	0,073	4,12
Casca (%)	10,00	10,00	10,04	0,751	3,64
Cor de gema	4,1	4,0	4,1	0,599	4,38
Índice de gema	0,40	0,41	0,41	0,529	2,66
Gravidade específica (g/ml)	1,090	1,090	1,090	0,891	2,20
Espessura de casca (mm)	0,39	0,39	0,39	0,463	3,08
Resistência à quebra (N)	34,99	34,31	35,37	0,718	9,13
Unidade Haugh	97,16	98,15	98,65	0,553	2,75

¹ Controle: dieta basal sem suplementação de Selênio; ² Selenito de Sódio (teor de Selênio de 45%); ³ Levedura Selenizada (teor de Selênio de 0,2%); ⁴ CV(%) = coeficiente de variação.

Não houve efeito da inclusão e fonte de selênio na qualidade da casca dos ovos, sendo que os resultados obtidos no presente estudo para gravidade específica e espessura da casca corroboram os de Correia et al. (2000), que ao avaliarem a suplementação de selênio orgânico na dieta de poedeiras, também não observaram diferenças para estas variáveis. Em contrapartida, Paton & Cantor (2000) observaram maior resistência da casca de ovos em poedeiras Babcock com 80 semanas de idade e suplementadas com selênio orgânico.

Nos ciclos de produção avaliados não houve efeito da inclusão e fonte de selênio para unidade Haugh (tabela 3). Chinrasri et al. (2009), Invernizzi et al. (2013) e Skřivan et al. (2013), ao analisarem ovos de poedeiras suplementadas com diferentes fontes de selênio, também observaram que aves que receberam selênio orgânico não apresentaram diferença para unidade Haugh quando comparadas com as aves que receberam

suplementação de selênio inorgânico e, este mesmo resultado também foi encontrado por Chantiratikul et al. (2018).

Por outro lado, Aljamal et al. (2008) e Arpásová et al. (2009), encontraram aumento nos valores de unidade Haugh dos ovos de galinhas suplementadas com fonte orgânica e, segundo PAN et al. (2000), a melhora nos valores da unidade Haugh pode estar associada com a ação permissiva do selênio orgânico, no qual o estrogênio e/ou progesterona desempenham a ação de deposição do albúmen com maior consistência no lúmen do magno.

Não foi observado influência do selênio para a cor da gema (Tabela 3), diferente do observado por Mohiti-Asli et al. (2010) e Pan (2010) que encontraram diferença para coloração de gema de ovos de galinhas suplementadas com selênio orgânico. Estes autores observaram que a atividade da enzima glutathiona peroxidase (GSH-Px) na gema foi aumentada, o que pode ter influenciado na coloração da gema de ovo durante o armazenamento evitando a oxidação de carotenóides.

Ocorreram interações significativas entre dieta x período de armazenamento e período de armazenamento x ambiente de armazenamento para Unidade Haugh de ovos de poedeiras comerciais leves suplementadas com diferentes fontes de selênio (Tabela 4) e armazenados em temperatura ambiente e refrigerada por 7, 14, 21 e 28 dias.

Tabela 4 Unidade Haugh de ovos armazenados em diferentes períodos, com e sem refrigeração de poedeiras comerciais leves suplementadas com diferentes fontes de selênio.

Dieta	Armazenamento	Período	Unidade Haugh
Controle			69,71
Selenito de Sódio			70,30
Levedura Selenizada			67,36
	Ambiente		52,47
	Refrigerado		85,77
		7 dias	76,46
		14 dias	67,13
		21 dias	67,65
		28 dias	65,25
<i>Valor de P</i>			
Dieta			ns
Período			**
Armazenamento			**
Dieta x Período			**
Dieta x Armazenamento			ns
Armazenamento x Período			**
Dieta x Período x Armazenamento			ns
CV (%)			8,55

O desdobramento da interação entre dieta x período de armazenamento para a variável Unidade Haugh está apresentado na tabela 5.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre dieta e períodos de armazenamento para Unidade Haugh de ovos de poedeiras comerciais leves suplementadas com diferentes fontes de selênio.

Dieta	Período (dias)			
	7	14	21	28
Controle	78,99a	72,06bA	64,11c	63,71c
Selenito de Sódio	75,97a	69,98abA	68,60b	66,63b
Levedura Selenizada	74,42a	59,35cB	70,26ab	65,40bc

a,b,c Nas interações, médias seguidas por letras minúsculas dentro de cada dieta, diferem entre si para período de armazenamento, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A,B Nas interações, médias seguidas por letras maiúsculas, dentro do mesmo período, diferem entre si para dieta pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

Não houve efeito da dieta para Unidade Haugh dos ovos armazenados aos 7, 21 e 28 dias. Já com 14 (quatorze) dias de armazenamento, pode-se observar diferença significativa entre as dietas, sendo que os ovos de poedeiras que receberam suplementação de levedura selenizada apresentaram piores valores. Para todas as dietas com o passar dos dias de armazenamento os valores da unidade Haugh foram reduzidos.

O desdobramento da interação entre período de armazenamento x ambiente de

armazenamento para a variável Unidade Haugh está apresentado na tabela 6.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre ambiente de armazenamento e períodos de armazenamento para Unidade Haugh de ovos de poedeiras comerciais levas suplementadas com diferentes fontes de selênio.

Período (dias)	Armazenamento	
	Ambiente	Refrigerado
7	65,25bA	87,67a
14	49,89bB	84,36a
21	47,77bB	87,54a
28	46,96bB	83,53a

a,b Nas interações, médias seguidas por letras minúsculas dentro do mesmo período (dias), diferem entre si para armazenamento, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A,B Nas interações, médias seguidas por letras maiúsculas, dentro do mesmo armazenamento, diferem entre si para período (dias) pelo teste F a 5% de probabilidade.

Observa-se que os ovos refrigerados independentemente do tempo de armazenamento não sofreram alterações na Unidade Haugh, indicando que a qualidade interna dos ovos foi mantida por todo período de 28 dias de armazenamento, com valores acima de 80, que indica ovos de qualidade segundo USDA Egg - Grading Manual (2000). Enquanto isso, os ovos que foram armazenados em temperatura ambiente apresentaram baixos valores para Unidade Haugh (65,25) já a partir de 7 dias de armazenamento, sendo que a partir de 14 dias foram atingidos os piores valores de unidade Haugh (menos que 50) indicando perda da qualidade interna dos ovos nesta condição de armazenamento. Quando comparado os ambientes de armazenamento nota-se que os ovos que foram armazenados em ambiente refrigerado apresentaram maiores valores para Unidade Haugh em todos períodos de armazenamento avaliados (7, 14, 21 e 28 dias).

A piora da qualidade interna dos ovos está associada diretamente com a perda de água e de dióxido de carbono durante o período de estocagem, sendo proporcional a elevação da temperatura do ambiente (Leandro et al., 2005).

Os resultados desta pesquisa na qual os ovos refrigerados apresentaram melhores valores para Unidade Haugh, condizem com os resultados encontrados por vários autores, entre eles, Vêras et al. (2000), Barbosa et al. (2008) e Santos (2009) que avaliaram o efeito do tempo de armazenamento e temperatura de estocagem na qualidade dos ovos e

observaram que o peso dos ovos e unidades Haugh foram reduzidos em função do tempo e da maior temperatura do ambiente de armazenamento.

Vários pesquisadores atribuem a diminuição da unidade Haugh em função do tempo de armazenamento ao aumento no pH, consequência da perda de CO₂ pela casca, que causa alterações no complexo lisozima-ovomucina, responsável da consistência gelatinosa da albumina (Akyurek; Okur, 2009; Englmaierová; Tumová, 2009; Aboonajmi et al., 2010; Jin et al., 2011; Menezes et al., 2012); levando a degradação da albumina e fazendo com que ela fique mais líquida e, conseqüentemente, reduzindo a altura do albúmen.

4. CONCLUSÃO

A utilização de diferentes fontes de selênio na suplementação da dieta de poedeiras comerciais não influencia o desempenho e qualidade de ovos no período experimental de 56 dias e não altera a qualidade dos ovos armazenados por um período de 28 dias, independente da temperatura de armazenamento. O armazenamento dos ovos em temperatura ambiente não é uma forma eficaz para preservar a qualidade interna dos ovos, sendo que a melhor alternativa é manter os ovos refrigerados.

5. REFERÊNCIAS

ABOONAJMI, M., AKRAM, A., NISHIZU, T., KONDO, N., SETAREHDAN, S. K., & RAJABIPOUR, A. An ultrasound based technique for the determination of poultry egg quality. **Research in Agricultural Engineering**, v. 56, n. 1, p. 26-32, 2010.

AKYUREK, H.; OKUR, A. A. Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layer hens. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 8, n. 10, p. 1953-1958, 2009.

ALJAMAL, A. A.; MASA'DEH, M. K.; SCHEIDELER, S. E. Vitamin E and selenium supplementation in laying hens. In: **Poultry Science**. 1111 N DUNLAP AVE, SAVOY, IL 61874-9604 USA: POULTRY SCIENCE ASSOC INC, p. 50-50. 2008.

ARPÁŠOVÁ, H., PETROVIČ, V., MELLEN, M., KAČÁNIOVÁ, M., ČOBANOVÁ, K., LENG, L. The effects of supplementing sodium selenite and selenized yeast to the

diet for laying hens on the quality and mineral content of eggs. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 18, p. 90-100, 2009.

BARBOSA, N. A. A., SAKOMURA, N. K., MENDONÇA, M. D. O., FREITAS, E. R., FERNANDES, J. B. K. Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. **Ars Veterinaria**, v. 24, n. 2, p. 127-133, 2009.

BENNETT, D. C; CHENG, K. M. Selenium enrichment of table eggs. **Poultry science**, v. 89, n. 10, p. 2166-2172, 2010.

BERARDINELLI, A., DONATI, V., GIUNCHI, A., GUARNIERI, A., RAGNI, L. Effects of transport vibrations on quality indices of shell eggs. **Biosystems Engineering**, v. 86, n. 4, p. 495-502, 2003.

CHANTIRATIKUL, A; CHINRASRI, O; CHANTIRATIKUL, P. Effect of selenium from selenium-enriched kale sprout versus other selenium sources on productivity and selenium concentrations in egg and tissue of laying hens. **Biological trace element research**, v. 182, n. 1, p. 105-110, 2018.

CHINRASRI, O., CHANTIRATIKUL, P., THOSAIKHAM, W., ATIWETIN, P., CHUMPAWADEE, S., SAENTHAWEESUK, S., CHANTIRATIKUL. Effect of selenium-enriched bean sprout and other selenium sources on productivity and selenium concentration in eggs of laying hens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 22, n. 12, p. 1661-1666, 2009.

CORREIA, G. M. G., TAKATA, F. N., MEDEIROS, J. P., BARROS, A. C. S., AGUIAR, J. F. C., EVÊNCIO NETO, J. Efeito do tempo de armazenamento sobre a qualidade de ovos de aves tratadas com selênio orgânico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 1440-1445, 2000

CRUZ, F. K. D., GARCIA, E. R. D. M., FERRAZ, A. L. J., SOUZA, K. M. R. D., FELICIANO, W. B., ROHOD, R. V. Quality and stability of eggs from laying hens fed with organic minerals and lycopene. **Ciência Rural**, v. 46, n. 1, p. 157-162, 2016.

DAVIS, R.H.; FEAR, J. Incorporation of selenium into egg proteins from dietary selenite. **British Poultry Science**, Harlow, v. 37, p. 197-211, 1996.

EGG grading manual. Washington: USDA, 2000. 56p. (Agricultural Handbook, 75)
ELKHAIREY, M. A. E; YAO, J.; ISHAG, H. Z. A; ELHASHMI, Y. H. A. Effect of Dietary Zinc and Manganese on Performance, Skin Quality and Meat Quality of Broilers: **A review**. **Veterinaria**, v. 3, n.2, p. 1-4, 2015.

ENGLMAIEROVÁ, M; TŮMOVÁ, E. The effect of housing system and storage time on egg quality characteristics. In: 19th European Symposium on Quality of Poultry Meat, 13th European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, Proceedings, **World Poultry Science Association**, Turku, Finland. 2009. p. 21-25.

FDA, U. S. Food additives permitted in feed and drinking water of animals. Methyl esters of higher fatty acids. **Code of Federal Regulations**, Title, v. 21, 2003.

FERNANDEZ, I. B.; TRAVA, C. M., CRUZ, V. C. Efeito da adição de minerais Selênio e Zinco orgânicos no desempenho de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. **Anais**. Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009.

FRANCO, J.R.G.; SAKAMOTO, M.I. Qualidade de ovos: uma visão geral dos fatores que a influenciam. **Ave World**, v,3, n.16, 2005.

GERALDO, A., PINTO, D. M., BRITO, J. A., BERNARDES, M. H., SILVA JUNIOR, A. L., & MACHADO, L. C. Diferentes programas de suplementação de microminerais para poedeiras semipesadas em primeiro ciclo de produção. **Arquivos de Pesquisa Animal**, v.1, p.48-57, 2012

GIAMPIETRO, A; SCATOLINI, A.M; BOIAGO, M.M; CORÓ, D.M.O; SOUZA, H.B.A; DE SOUZA, P.A; LIMA, T.M.A; PIZZOLANTE, C.C. Estudo da metodologia de TBARS em ovos. **Revista. Avisite**, n. 13, p. 18-18, 2008.

HAUGH, R.R. The Haugh unit for measuring egg quality. **United States Egg Poultry Magazine**, v.43, p.552-555, 1937.

INVERNIZZI, G., AGAZZI, A., FERRONI, M., REBUCCI, R., FANELLI, A., BALDI, A., DELL'ORTO, V., SAVOINI, G. Effects of inclusion of selenium-enriched yeast in the diet of laying hens on performance, eggshell quality, and selenium tissue deposition. **Italian Journal of Animal Science**, v. 12, n. 1, p. e1, 2013.

JIN, Y.H., K.T. LEE, W.I. LEE, Y.K. HAN. Effects of storage temperature and time on the quality of eggs from laying hens at peak production. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 24, n. 2, p. 279-284, 2011.

JLALI, M. et al. Effect of 2-hydroxy-4-methylselenobutanoic acid as a dietary selenium JLALI, M., BRIENS, M., ROUFFINEAU, F., MERCERAND, F., GERAERT, P. A., MERCIER, Y. Effect of 2-hydroxy-4-methylselenobutanoic acid as a dietary selenium supplement to improve the selenium concentration of table eggs. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 4, p. 1745-1752, 2013.

JOKIĆ, Z.; PAVLOVSKI, Z; MITROVIĆ, S.; DERMANOVIĆ, V. The effect of different levels of organic selenium on broiler slaughter traits. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 25, n. 1-2, p. 23-33, 2009.

JUNG, S., JO, C. R., KANG, M. G., AHN, D. U., NAM, K. C. Elucidation of antioxidant activity of phosvitin extracted from egg yolk using ground meat. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 32, n. 2, p. 162-167, 2012.

LATSHAW, J.D.; OSMAN, M. Distribution of selenium in egg white and yolk after feeding normal and synthetic selenium compounds. **Poultry Science**. v.54, p.1244-1252, 1975.

LEANDRO, N. S. M., DEUS, H. A. B. D., STRINGHINI, J. H., CAFÉ, M. B., ANDRADE, M. A., CARVALHO, F. B. D.. Aspectos de qualidade interna e externa de

ovos comercializados em diferentes estabelecimentos na região de Goiânia. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 2, p. 71-78, 2005.

MABE, I., RAPP, C., BAIN, M. M., NYS, Y. Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. **Poultry Science**, v. 82, n. 12, p. 1903-1913, 2003. MANEJO DAS POEDEIRAS DEKALB WHITE – **Modelo de Revisão 05**, 2009.

MENDES, F. R. **Qualidade física, química e microbiológica de ovos lavados armazenados sob duas temperaturas e experimentalmente contaminados com *Pseudomonasaeruginosa***. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

MENEZES, P. C. D., LIMA, E. R. D., MEDEIROS, J. P. D., OLIVEIRA, W. N. K. D., EVÊNCIO-NETO, J. Egg quality of laying hens in different conditions of storage, ages and housing densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 9, p. 2064-2069, 2012.

MOHITI-ASLI, M.; SHARIATMADARI, F.; LOTFOLLAHIAN, H. The influence of dietary vitamin E and selenium on egg production parameters, serum and yolk cholesterol and antibody response of laying hen exposed to high environmental temperature. **Archiv für Geflügelkunde**, v. 74, n. 1, p. 43-50, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) et al. Nutrient requirements of poultry: 1994. **National Academies Press**, 1994.

OLMEDO, RUBEN; NEPOTE, VALERIA; GROSSO, NELSON RUBEN. Antioxidant activity of fractions from oregano essential oils obtained by molecular distillation. **Food chemistry**, v. 156, p. 212-219, 2014.

PAN, C., HUANG, K., ZHAO, Y., QIN, S., CHEN, F., HU, Q. Effect of selenium source and level in hen's diet on tissue selenium deposition and egg selenium concentrations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 3, p. 1027-1032, 2007.

PAN, C., ZHAO, Y., LIAO, S. F., CHEN, F., QIN, S., WU, X., HONG, Z., HUANG, K. Effect of selenium-enriched probiotics on laying performance, egg quality, egg selenium content, and egg glutathione peroxidase activity. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 21, p. 11424-11431, 2011.

PAN, E. A., RUTZ, F., DIONELLO, N. J., ANCIUTI, M., KRABBE, E. L. Desempenho de poedeiras semipesadas arraçadas com a suplementação de selênio orgânico. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 16, n. 1-4, 2010.

PATON, N.D.; CANTOR, A.H. Effects of dietary selenium source and storage on internal quality and shell strength of eggs. **Poultry Science**. v.70, n.1, p.116, 2000.

PAYNE, R. L.; LAVERGNE, T. K.; SOUTHERN, L. L. Effect of inorganic versus organic selenium on hen production and egg selenium concentration. **Poultry Science**, v. 84, p. 232- 237, 2005.

PITA, M. C. G., NETO, E. P., NAKAOKA, L. M., DE MENDONÇA JUNIOR, C. X. Efeito da adição de ácidos graxos insaturados e de vitamina E à dieta de galinhas e seu reflexo na composição lipídica e incorporação de alfa-tocoferol na gema do ovo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 41, n. 1, p. 25-31, 2004.

ROSTAGNO, H. S. ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Departamento de Zootecnia-UFV, Viçosa, MG, BR, 2017.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Departamento de Zootecnia-UFV, Viçosa, MG, BR, 2011.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2016. 21p.

SANTOS, M. D. S. V. D., ESPÍNDOLA, G. B., LÔBO, R. N. B., FREITAS, E. R., GUERRA, J. L. L., SANTOS, A. B. E. Effect of temperature and storage of eggs. **Food Science and Technology**, v. 29, n. 3, p. 513-517, 2009.

SCHEIDELER, S. E.; WEBER, P.; MONSALVE, D. Supplemental vitamin E and selenium effects on egg production, egg quality, and egg deposition of α -tocopherol and selenium. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 19, n. 4, p. 354-360, 2010.

SECHINATO A.S.; ALBUQUERQUE R.; NAKADA S. Efeito da suplementação dietética com micro minerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, n. 2, p. 159-166, 2006.

SEO, T. C., SPALLHOLZ, J. E., YUN, H. K., KIM, S. W. Selenium-enriched garlic and cabbage as a dietary selenium source for broilers. **Journal of medicinal food**, v. 11, n. 4, p. 687-692, 2008.

SKŘIVAN, M., MAROUNEK, M., ENGLMAIEROVÁ, M., & SKŘIVANOVÁ, V. Influence of dietary vitamin C and selenium, alone and in combination, on the performance of laying hens and quality of eggs. **Czech Journal of Animal Science**, v. 58, n. 2, p. 91-97, 2013.

STADELMAN, W.J.; COTTERILL, O.J.; SLEIGH, R. **Egg Science and Technology**. Trends in Food Science and Technology, v.7, n.10, p.341, 1996.

SURAI, P.F. **Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction**. 1.ed., Nottingham, UK: Nottingham University Press, 2002.

UBABEF - **Aviculturabrasil** - União Brasileira de Avicultura (UBABEF) - nº 1, 2012
UTTERBACK, P. L.; PARSONS, C. M.; YOON, I. Effect of supplementing selenium yeast in diets of laying hens on egg selenium content. **Poultry Science**, v. 84, n. 12, p. 1900-1901, 2005.

VÉRAS, A. L., VELLOSO, C., MATIOTTI, T. G., FARIA, T. C. Avaliação da qualidade interna de ovos armazenados em dois ambientes em diferentes tempos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 5, p. 55, 2000.

VICENZI, E. Fadiga de gaiola e qualidade da casca do ovo: aspectos nutricionais. **Simpósio Técnico de Produção de Ovos**, v. 6, p. 77-91, 1996.

CAPÍTULO 3

**EFICIÊNCIA DE TRANSFERÊNCIA, BIODISPONIBILIDADE E AÇÃO
IMUNOLÓGICA DE DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO EM POEDEIRAS
SUPLEMENTADAS VIA DIETA**

RESUMO: Para avaliar os efeitos de fontes de selênio na imunidade das aves e concentração de selênio na musculatura (*Pectoralis major*) e nos ovos, 150 poedeiras da linhagem Dekalb White aos 35 semanas de idade foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em 3 tratamentos com 10 repetições: Dieta controle (DC); DC + Selenito de Sódio (0,2 mg de Se/kg de ração) e DC + Levedura Selenizada (0,2 mg de Se/kg de ração). A quantificação de selênio foi realizada nos ovos e na musculatura. A determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foi realizada no plasma e a atividade da glutathione peroxidase foi determinada no fígado e no sangue. Hemograma completo com diferencial de leucócitos e produção de reativos de oxigênio e nitrogênio por macrófagos peritoneais foi realizado pós desafio com lipopolissacarídeo. Foi observada maior concentração de Se nos ovos das aves alimentadas com Se orgânico ($P < 0,05$) em comparação aos ovos das aves que receberam selenito de sódio e dieta controle. Este mesmo efeito ocorreu na concentração de Se no músculo. TBARS no plasma e produção de óxido nítrico e peróxido de hidrogênio não foram influenciados por dietas. A atividade de glutathione peroxidase no sangue pós período experimental e no fígado pós desafio diferiram entre tratamentos ($P < 0,05$). A utilização de diferentes fontes de selênio na suplementação da dieta de poedeiras comerciais não exerce influência na resposta imunológica das aves, em contrapartida, as fontes orgânicas proporcionam melhor atividade do sistema antioxidante e na concentração e eficiência de transferência do mineral.

Palavras-chave: antioxidante, nutrição, poedeiras, selênio, imunologia

**TRANSFER EFFICIENCY, BIOAVAILABILITY AND IMMUNOLOGICAL
ACTION OF DIFFERENT SELENIUM SOURCES IN COMMERCIAL LAYING
HENS SUPPLEMENTED DIETS**

ABSTRACT: To evaluate the effects of selenium sources on birds immunity and selenium concentration on the musculature (*Pectoralis major*) and eggs, 150 Dekalb White laying hens at 35 weeks of age were distributed in a completely randomized design in 3 treatments with 10 repetitions: Control diet (CD); CD + Sodium Selenite (0.2 mg Se / kg of feed) and CD + Selenized Yeast (0.2 mg Se / kg of feed). Selenium quantification was performed on eggs and musculature. The thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) determination was performed in blood plasma and the glutathione peroxidase activity was determined in the liver and blood. Complete blood count with leukocytes differential and production of oxygen and nitrogen reactives by peritoneal macrophages was performed after challenge with lipopolysaccharide. A higher concentration of Se was observed in the eggs of birds fed organic Se ($P < 0.05$) compared to the eggs of birds that received sodium selenite and control diet. This same effect occurred in Se concentration in the muscle. TBARS in plasma and production of nitric oxide and hydrogen peroxide were not influenced by diets. The glutathione peroxidase activity in the blood post experimental period and in liver post challenge differed between treatments ($P < 0.05$). The use of different selenium sources in the dietary supplementation of commercial laying hens does not influence the immune response of the birds, in contrast, organic sources provide better antioxidant system activity, concentration and transfer efficiency of the mineral.

Key words: antioxidant, immunology, laying hens, nutrition, selenium,

1 INTRODUÇÃO

A sanidade avícola e o desenvolvimento da nutrição animal são dois fatores que estão interligados, sendo assim, o fornecimento dos nutrientes na dieta deve suprir as exigências para o bom desenvolvimento e máxima produtividade de carne e ovos, bem como estimular e promover a saúde das aves, tão necessária para enfrentar os desafios encontrados no campo inerentes à produção intensiva (CARDOSO, 2004)

Diante de diversos fatores que influenciam na homeostase dos sistemas antioxidante e imune, as aves necessitam de alternativas de defesa contra a invasão de patógenos. Assim a imunonutrição é um dos segmentos que atrai cada vez mais a atenção dos profissionais do mercado avícola sendo que, diversas pesquisas já elucidaram os efeitos de vitaminas, minerais e aminoácidos sobre a imunidade humoral e celular das aves (CARDOSO, 2004).

A biodisponibilidade do selênio está interligada à sua estrutura física e a fonte mais utilizada para suplementação na alimentação animal é a forma inorgânica, o selenito de sódio. Já, a forma orgânica encontra-se como selênio levedura e selênio-metionina (MINISTRY OF AGRICULTURE, 2008), obtidos por processo de incorporação de Se em substituição ao enxofre na metionina ou cisteína formando selenometionina e selenocisteína, respectivamente (RUTZ et al., 2005).

A selenometionina é absorvida como aminoácido pelos enterócitos por transporte ativo e este processo é muito similar ao que ocorre com a metionina em todos os segmentos do intestino delgado. A selenometionina, por sua vez, ocupa o lugar da metionina na síntese proteica permanecendo armazenada nos músculos e nos tecidos. Já, o selenito de sódio é absorvido como os outros minerais de maneira passiva, mais eficientemente no íleo; entretanto, grande parte é excreta na urina (SURAI, 2002).

A deficiência de selênio pode ocasionar diversas patologias, causando alterações

histológicas em vários tecidos, incluindo órgãos imunes, tais como a bursa, o timo e o baço (MARSH et al., 1986), tornando o animal mais suscetível às doenças infecciosas e aumentando o estresse bioquímico em resposta à colonização de patógenos (SMITH et al., 2011).

O selênio exerce papel fundamental no sistema antioxidante. Existem três enzimas que estão ligadas à linha de defesa antioxidante das aves: superóxido dismutase, glutatona peroxidase (GSH-Px selênio dependente) e catalase. Após o esclarecimento da dependência da glutatona peroxidase em relação ao selênio, esse mineral entrou em foco nos estudos de nutrição, afim de esclarecer seu papel no metabolismo (SINGH et al., 2006).

Uma vez que o selênio possui diversas funções que melhoram a saúde e longevidade celular, torna-se necessário elucidar sua metabolização em diversas fontes de suplementação na formulação de dietas para poedeiras e seus efeitos no organismo, nos sistemas imunológico e antioxidante, além de seu potencial de armazenamento e biodisponibilidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido na UNESP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, na Câmara Bioclimática do Laboratório de Nutrição de Aves (LabAves). Todos os procedimentos experimentais utilizados foram submetidos à avaliação pela Comissão de Ética no Uso de Animais desta Instituição (Protocolo CEUA 0029/2018).

2.2 Animais e delineamento experimental

Foram utilizadas 150 poedeiras leves da linhagem Dekalb White, com 35 semanas de idade, vacinadas contra doenças de Gumboro, Bouda aviária, Marek, Pneumovirose, New Castle, Bronquite Infecciosa, Coccidiose, Coriza, Epitelioma, Síndrome da Queda de Postura e Salmonelose e com monitoramento sanitário segundo os critérios do Programa Nacional de Sanidade Avícola. As aves receberam ração basal (sem suplementação de selênio) da décima sexta semana à trigésima quinta semana, para que as aves tivessem reservas mínimas de selênio. Um programa de luz de 16 (dezesesseis) horas diárias foi utilizado durante todo o experimento e as aves receberam o mesmo manejo alimentar com água e ração à vontade.

As galinhas foram pesadas individualmente, utilizando-se aves com variação de peso de mais ou menos 10% em relação ao peso médio do lote, de acordo com recomendações de Sakomura; Rostagno (2016) para a distribuição nas parcelas. As galinhas foram alojadas em 30 gaiolas metálicas (50×45×45cm) num aviário convencional, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos e dez repetições de 5 aves/gaiola.

Os tratamentos foram: Dieta controle (DC); DC + Selenito de Sódio (0,2 mg de Se/kg de ração) e DC + Levedura Selenizada (0,2 mg de Se/kg de ração). O período experimental foi de 66 (sessenta e seis) dias, o qual foi dividido em dois períodos de 28 (vinte e oito) dias e para as análises imunológicas foram acrescentados dez dias após o término do segundo ciclo.

2.3 Dietas

As dietas basais foram formuladas segundo recomendações do Manual de Manejo das Poedeiras Dekalb White (2009) e de Rostagno et al. (2011) e o premix isento de

selênio. A suplementação de selênio das dietas experimentais foi calculada a partir do teor de selênio na fonte utilizada e nas matérias primas milho e farelo de soja, em uma inclusão de 0,2 mg de Se/kg de ração para cada tratamento (Tabela 1) para se obter nas dietas suplementadas 0,3 mg de selênio/kg de ração.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais

Ingredientes, %	Tratamentos		
	Controle ¹	Selenito de Sódio ²	Levedura Selenizada ³
Milho	57,584	57,584	57,584
Farelo de Soja 45%	28,440	28,440	28,440
Calcário fino	5,327	5,327	5,327
Calcário grosso	3,551	3,551	3,551
Fosfato bicálcico	1,945	1,945	1,945
Óleo de soja	2,31	2,31	2,31
DL-Metionina	0,173	0,173	0,173
Colina	0,06	0,06	0,06
Premix vitamínico ⁵	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ⁶	0,050	0,050	0,050
Sal comum	0,460	0,460	0,460
Total	100,00	100,00	100,00
Inclusão da fonte de Se (g/100kg)	0	0,045	10,00
Níveis nutricionais calculados			
EM, kcal/kg	2.800	2.800	2.800
Proteína bruta, %	17,50	17,50	17,50
Cálcio, %	4,00	4,00	4,00
Fósforo disponível, %	0,46	0,46	0,46
Potássio, %	0,69	0,69	0,69
Sódio, %	0,20	0,20	0,20
Cloro, %	0,32	0,32	0,32
Lisina digestível, %	0,84	0,84	0,84
Metionina digestível, %	0,41	0,41	0,41
AAS digestíveis, %	0,66	0,66	0,66
Triptofano digestível, %	0,19	0,19	0,19
Treonina digestível, %	0,60	0,60	0,60

¹Controle: dieta basal sem suplementação de Selênio; ²Selenito de Sódio (teor de Selênio de 45%); ³Levedura Selenizada (teor de Selênio de 0,2%); ⁴Selênio Orgânico (teor de Selênio de 25%); ⁵Suplemento mineral (níveis de garantia/kg de ração): Ferro (mín) 100 mg, Cobre (mín) 20 mg, Manganês (mín) 130 mg, Zinco (mín) 130 mg, Iodo (mín) 2 mg. ⁶Suplemento vitamínico (níveis de garantia/kg de ração): Vit. A 8.100,00 UI; Vit. D₃ 2.500,00 UI; Vit. E 7,00 UI; Vit. K₃ 2,00 mg; Vit. B₁ 1,00 mg; Vit. B₂ 3,50 mg; Vit. B₆ 1,00 mg; Vit. B₁₂ 10,00 µg; Ácido pantotênico 6,6 mg; Niacina 21,00 mg; Ácido fólico 0,40 mg; Biotina 0,015 mg; B.H.T 15 mg.

2.4 Características Avaliadas

Análise de selênio em ovos e no músculo do peito (*Pectoralis major*)

As análises de selênio foram realizadas por meio de espectrometria de absorção atômica em forno de grafite (GF-AAS) no ovo integral (gema + albúmen) e na

musculatura do peito (*Pectoralis major*) das aves, utilizando-se oito repetições por tratamento para musculatura do peito.

Para determinação de selênio no ovo foram amostrados dois ovos por repetição, totalizando 16 ovos por tratamento aos 0, 8 e 14 dias de experimento. Aos 54, 55 e 56 dias de experimento, foi amostrado um ovo por repetição, totalizando 8 ovos por tratamento e o resultado foi expresso como média de três dias.

As amostras foram previamente homogeneizadas e armazenadas em tubos identificados e mantidas congeladas (-80°C) e posteriormente liofilizadas e maceradas para serem submetidas às análises de selênio. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Para determinação da eficiência de transferência de selênio nos ovos foram utilizadas as variáveis: consumo de ração, consumo de selênio, peso do ovo, matéria seca dos ovos, estimada em 24% do peso dos ovos e concentração de selênio, utilizando-se as seguintes equações (JLALI et al., 2013):

Equação A: Se egg output = Concentração de Se no ovo x Peso do ovo na MS);

*Matéria seca do ovo = 24% do peso do ovo

Equação B: Eficiência de transferência de Se (%) = (Se egg output/consumo de Se)*100

Concentração de Malonaldeído Plasmático

Para a determinação de concentração de malonaldeído plasmático foram coletados 5 mL de sangue da veia jugular de 10 aves por tratamento aos 56 dias de experimento. O sangue foi coletado com seringas previamente heparinizadas e armazenado em tubo tipo falcon de 15 mL. O plasma foi obtido por centrifugação e estocado à -80°C, a lipoperoxidação foi determinada pelo método espectrofotométrico descrito por Buege e Aust (1978).

Produção de reativos de oxigênio e nitrogênio por macrófagos peritoneais

Foi realizado desafio com inoculação de lipopolissacarídeo de *Escherichia coli* (LPS, Sigma-Aldrich - ref. L2880) aos 63 dias de experimento. 14 aves por tratamento foram selecionadas e 7 aves por tratamento foram inoculadas com LPS na cavidade abdominal na dosagem de 1mg de LPS por quilo de peso vivo, diluído em soro fisiológico (1 mg/1 mL). O outro grupo de 7 aves foi inoculado com 1 mL/kg de peso vivo de soro fisiológico puro, esse grupo foi considerado não desafiado. Após 24 horas de inoculação das soluções, foi injetado, na cavidade abdominal das aves, 1 mL de solução de Sephadex (Sephadex G-50 Fine a 3% em solução salina 0,9%) para cada 200 gramas de peso corporal, com a finalidade de atrair macrófagos para a cavidade. Após 48 horas de inoculação de Sephadex, foi realizada a colheita e isolamento de macrófagos peritoneais para realização do teste produção de peróxido de hidrogênio e óxido nítrico.

A produção de NO por macrófagos abdominais foi determinada pelo método colorimétrico, baseado na reação de Griess (GREEN et al., 1982), combinando 100µL do sobrenadante da amostra teste com 100µL do reagente Griess (Need 0,1% e sulfanilamida 1,0% em H₃PO₄ 5,0%). As leituras foram efetuadas em micro leitor de ELISA a 540nm. Os resultados foram expressos em µmoles de NO/2,0x10⁵ células, comparando-se a densidade óptica com a curva padrão de NO₂.

A liberação de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) pelos macrófagos foi determinada, baseada na oxidação do vermelho de fenol pela H₂O₂, dependente de peroxidase, segundo método adaptado por Pick e Mizel (1981) e modificado por Russo et al. (1989).

Atividade da enzima glutathiona peroxidase (GPx) no fígado e sangue

Foi determinada a atividade da enzima glutathiona peroxidase no sangue seguindo a metodologia de Paglia e Valentine (1967) e fígado no final do segundo ciclo

experimental e no fígado pós desafio com LPS (66 dias) baseado no método descrito por Flohé; Güzler (1984). Para tal, foram coletados sangue da veia jugular e fígado de 8 aves por tratamento aos 56 dias para determinar a atividade enzimática pós tratamento, e fígado de sete aves por tratamento aos 66 dias para determinação da atividade enzimática pós desafio com LPS de *E.coli* na cavidade peritoneal.

Parâmetros hematológicos e imunológicos

Foram determinados aos 56 e 66 dias de experimento. Para a realização dos exames, foram coletados 3 mL de sangue da veia jugular aos 56 dias de experimento de 7 aves por tratamento e pós desafio com LPS de *E.Coli* na cavidade peritoneal de 7 aves por tratamento, aos 66 dias de experimento. O sangue foi acondicionado em tubos devidamente identificados por tratamento, contendo EDTA a 5%, para hemograma completo.

O hematócrito foi obtido por meio da técnica de microhematócrito, com uso de microcentrifugação por cinco minutos à 12.000G e o volume globular (VG), dado em porcentagem. A proteína plasmática total foi mensurada pela técnica de refratometria. A concentração da hemoglobina foi determinada pelo método de cianometahemoglobina. O VG e a concentração de hemoglobina foram usadas, juntamente com a contagem global de hemácias, para os cálculos de volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM).

Para contagem global de células (hemácias, leucócitos e trombócitos) foi realizada a contagem manual em hemocitometro. O fator de multiplicação utilizado para hemácias foi 5.050 e de leucócitos 252,5, diferindo apenas a área de contagem.

Os trombócitos foram contados juntamente com os leucócitos em hemocitometro devido à dificuldade de diferenciar os trombócitos de pequenos linfócitos. O número de

trombócitos obtidos no diferencial de 100 leucócitos foi descontado do valor contado no hemocitometro, como a seguir: $\text{Trombócitos/mm}^3 = (\text{Contagem total de leucócitos} \times 100) / (100 + \text{número de trombócitos contados por 100 leucócitos})$

Portanto, o número de leucócitos real foi calculado subtraindo-se da contagem global de leucócitos (leucócitos + trombócitos) o número de trombócitos/mm³. Na avaliação do esfregaço sanguíneo o diferencial de leucócitos foi realizado em 100 células na monocamada, nas laterais do esfregaço. A estimativa do número de leucócitos foi feita em menor aumento (200x), e o diferencial de leucócitos, assim como a morfologia de eritrócitos foi avaliada no aumento de 1000x (lente sobre óleo de imersão). As lâminas do esfregaço sanguíneo foram coradas pelo método de Wright-Giemsa .

2.5 Análise dos Resultados

A análise foi realizada pelo procedimento GLM (general linear model) do pacote estatístico MiniTab 2017, os dados foram submetidos a análise de variância e quando identificadas diferenças significativas, as medidas foram comparadas pelo teste de Tukey (5%) e as contagens sanguíneas foram submetidas ao teste de medianas de Kruskal-Wallis (5%).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis esperados de selênio foram confirmados nas dietas experimentais. A dieta basal sem inclusão de selênio apresentou concentração de $0,097 \pm 0,001$ (mg/kg), sendo o esperado, referente ao selênio presente somente na matéria prima utilizada na formulação das rações; na dieta basal com inclusão de 0,2mg/kg de Selenito do Sódio obteve-se a concentração de $0,286 \pm 0,009$ (mg/kg) e na dieta basal com a inclusão de Levedura Selenizada com o resultado de $0,286 \pm 0,009$.

Quando se observa as concentrações de selênio nos ovos (tabela 2 e figura 1), verifica-se que aos 8 e 14 dias de experimento, os ovos das galinhas que receberam suplementação com selênio na dieta, independente da fonte, apresentaram maiores ($P<0,05$) concentrações de Se quando comparados com o tratamento controle e que não houve diferença entre as fontes ($P>0,05$).

Tabela 2. Efeitos de diferentes fontes de Selênio na concentração de selênio (mg/kg) no ovo e na musculatura (*Pectoralis major*) e eficiência de transferência de selênio no ovo

Variáveis	Tratamentos			p value	CV (%) ⁴
	Controle ¹	Selenito de Sódio ²	Levedura Selenizada ³		
Se Ovo - Dia 0	0,137	0,130	0,152	-	18,10
Se Ovo - Dia 8	0,188B	0,615A	0,661A	<0,001	49,62
Se Ovo - Dia 14	0,196B	0,622A	0,660A	<0,001	47,88
Se Ovo - Dia 56	0,234C	0,714B	0,743A	<0,001	44,28
Se Musculatura	0,343B	0,358B	0,425A	<0,009	15,59
Ef. transf. (%) ⁵ - dia 8	28,054C	32,308B	34,003A	<0,001	9,02
Ef. transf. (%) - dia 14	29,018B	32,273A	33,049A	<0,001	8,06
Ef. transf. (%) - dia 56)	34,522B	36,699AB	38,243A	<0,001	7,35

Controle: dieta basal sem suplementação de Selênio; ² Selenito de Sódio (teor de Selênio de 45%); ³ Levedura Selenizada (teor de Selênio de 0,2%); ⁴ CV(%) = coeficiente de variação; Ef. transf. (%)⁵: Eficiência de transferência do selênio para o ovo em porcentagem; Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Contudo, aos 56 dias de experimento, os ovos das aves que receberam selênio orgânico na dieta (Levedura Selenizada) apresentaram maior concentração de Se que os ovos das aves que receberam selenito de sódio, sendo que as aves do grupo controle, sem suplementação, apresentaram ovos com os menores teores, indicando que a concentração de selênio no ovo é fortemente influenciada pela quantidade de selênio na ração e pela disponibilidade de Se da fonte utilizada. Esses resultados corroboram os encontrados por Pan et al. (2007) que relataram que a suplementação de selênio orgânico na dieta de poedeiras aumentou a concentração desse mineral nos ovos, quando comparado com ovos de poedeiras suplementadas com fontes inorgânicas.

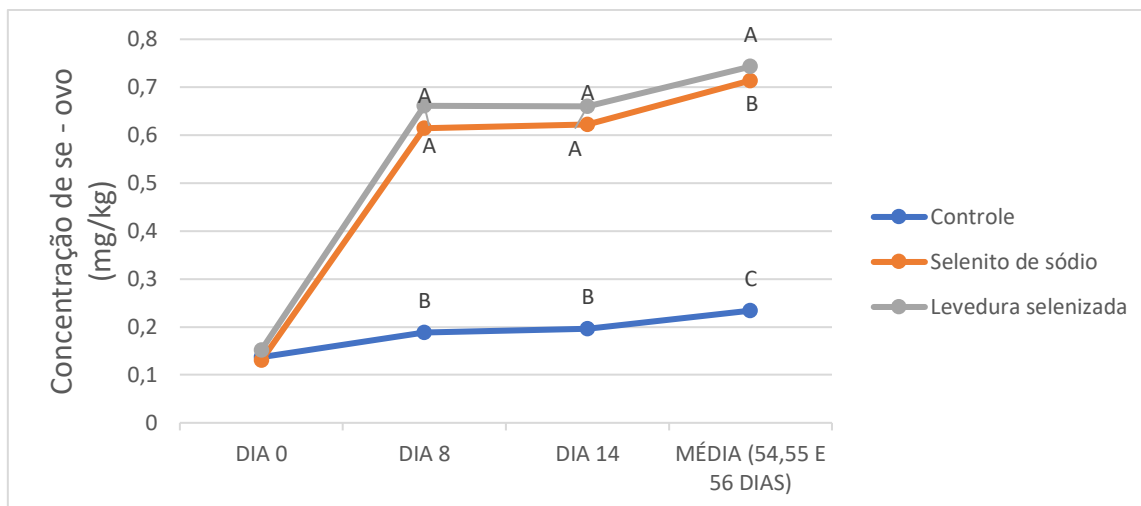


Figura 1. Concentrações de selênio nos ovos aos 0, 8, 14 e 56 dias de experimento.

Controle: dieta basal sem suplementação de Selênio; Selenito de Sódio (teor de Selênio de 45%); Levedura Selenizada (teor de Selênio de 0,2%); Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A concentração de selênio no músculo apresentou o mesmo padrão de resultados observado nos ovos, de forma que o teor de selênio na musculatura peitoral também foi afetado pela fonte, sendo que as galinhas que receberam suplementação de Se na dieta com a fonte orgânica (Levedura Selenizada) apresentaram maiores ($P < 0,05$) teores de Se no músculo que as que receberam selenito de sódio e não suplementadas (controle), estas, por sua vez, não diferiram entre si ($P > 0,05$).

A fonte inorgânica do selênio possui alta taxa de absorção, tendo uma maior deposição no fígado; por sua vez, a fonte orgânica apresenta uma taxa de absorção também elevada, mas com maior deposição nos tecidos não hepático (SAKOMURA et al., 2014).

Estes resultados podem estar associados com a equivalência entre as moléculas de selenometionina e da metionina, que propicia que as aves utilizem estes compostos igualmente na síntese de proteínas, pois o RNA transportador específico para metionina não consegue diferenciar entre a selenometionina e a metionina (SCHRAUZER, 2003). Dessa forma, pode-se observar maior acúmulo de selênio orgânico na musculatura das aves, quando comparado com a fonte inorgânica.

Os resultados encontrados neste estudo são similares aos encontrados por Jlali et al. (2013) que, analisando diferentes fontes de selênio, observaram que aves suplementadas com fontes de selênio tiveram maior eficiência de transferência e deposição deste mineral em ovos. Zan et al. (2017) observaram que poedeiras suplementadas com selênio orgânico tiveram aumento de concentração deste mineral no fígado, soro e rim.

Aos 8 dias de experimento, houve efeito ($P < 0,05$) de fonte de Se na eficiência de transferência para o ovo (tabela 2 e figura 2). O tratamento Levedura Selenizada proporcionou maior eficiência de transferência que o Selenito de Sódio, que, por sua vez, foi superior ao controle sem suplementação. Já aos 14 (quatorze) dias a eficiência de transferência de selênio para os ovos dos tratamentos com inclusão de selênio não diferiram entre si, mas foram superiores do grupo controle (sem suplementação). Aos 56 dias de experimento, a eficiência de transferência de selênio das aves do tratamento Levedura Selenizada foi maior quando comparado com as aves do grupo controle, porém não diferindo do grupo das aves que foram suplementadas com Selenito de Sódio.

A levedura selenizada é considerada uma fonte orgânica de selênio, a qual é composta predominantemente por selenometionina, sendo que esse composto apresenta maior taxa de deposição em proteínas na musculatura e no albúmen (LEESON et al., 2008), corroborando com os dados encontrados no presente estudo.

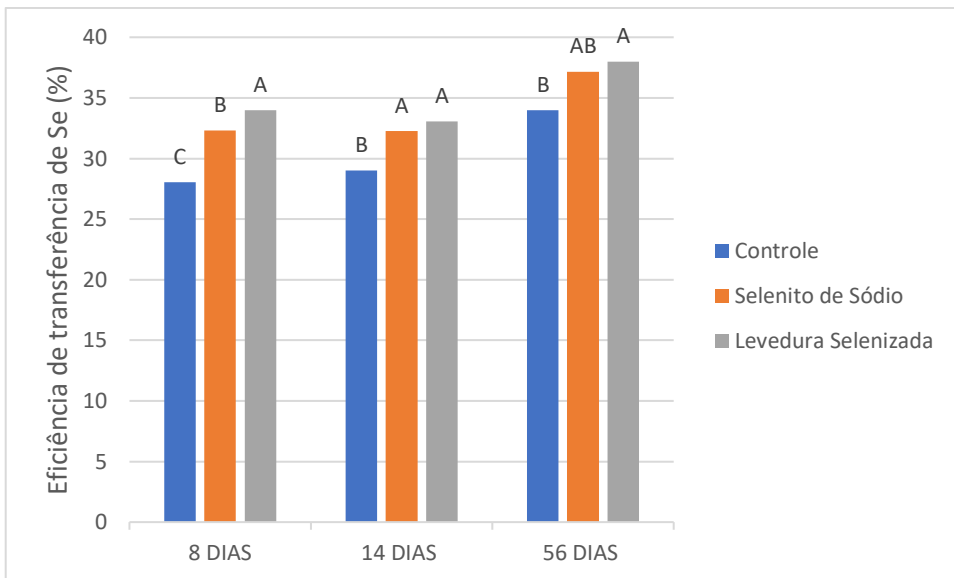


Figura 2. Eficiência de transferência de selênio (%) para o ovo aos 8, 14 e 56 dias de experimento.

Controle: dieta basal sem suplementação de Selênio; Selenito de Sódio (teor de Selênio de 45%); Levedura Selenizada (teor de Selênio de 0,2%); Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Para os valores médios de TBARS (mg de malonaldeído/kg de amostra) no plasma sanguíneo (tabela 4) verifica-se que não houve diferença entre os tratamentos, mas observa-se redução na concentração de malonaldeído de aproximadamente 18% quando se compara o tratamento controle com o tratamento Levedura Selenizada. Esse mesmo comportamento ocorre com a atividade da enzima glutathione peroxidase quantificada no fígado pois, embora não haja diferença estatística ($P > 0,05$), observa-se aumento de aproximadamente 21% e 63% na atividade da enzima glutathione peroxidase no fígado das aves suplementadas com selenito de sódio e levedura selenizada, respectivamente, em relação ao grupo controle sem suplementação.

Os radicais livres induzem a peroxidação plasmática e, uma forma de controlar este fenômeno é a utilização de antioxidantes na alimentação dos animais (FELLENBERG e SPEISKY, 2006). Um dos produtos finais da peroxidação dos ácidos graxos poliinsaturados nas células é o malonaldeído, que pode ser utilizado como marcador de estresse oxidativo (GAWEL et al., 2004). A concentração de malonaldeído está associada com a produção de metabólitos tóxicos da peroxidação de lipídios e é

negativamente correlacionada com a atividade da glutathiona peroxidase (AHMAD et al., 2012).

Tabela 3. Valores da atividade enzimática glutathiona peroxidase no sangue, fígado, concentração de Malonaldeído plasmático (TBARS plasmático - μmol de MDA/L) de poedeiras suplementadas com diferentes fontes de selênio.

Variáveis	Tratamentos			<i>P value</i>	CV (%) ⁵
	Controle ¹	Selenito de Sódio ²	Levedura Selenizada ³		
GPx [U/mL] sangue	8,507B	12,386A	11,928A	<0,001	22,43
GPx [U/mgHb] sangue	0,131B	0,179A	0,180A	<0,018	25,15
TBARS plasmático	4,126	4,080	3,348	0,754	61,87
GPx fígado	0,361	0,437	0,587	0,166	50,70
GPx fígado pós desafio	1,035B	1,297A	1,307A	<0,006	15,16

Controle: dieta basal sem suplementação de Selênio; Selenito de Sódio (teor de Selênio de 45%); Levedura Selenizada (teor de Selênio de 0,2%); Selênio Orgânico (teor de Selênio de 25%); Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Jiang et al. (2009) avaliando diferentes fontes de selênio observaram que aves que receberam suplementação de selênio orgânico reduziram a produção de reativos de oxigênio e peroxidação de proteínas e lipídeos no plasma e musculatura, além apresentar aumento na atividade das enzimas do sistema antioxidante.

Analisando-se os dados obtidos no presente estudo, pode-se observar (tabela 4) que aves suplementadas com selênio apresentaram melhores valores para atividade da GPx [U/mL] ($P < 0,001$) e GPx [U/mgHb] ($P < 0,018$) no sangue, quando comparado ao grupo controle e não diferindo entre as fontes. Nossos resultados concordam parcialmente com os obtidos por Gomes et al. (2011), que observaram que nas aves do tratamento controle (sem suplementação de selênio) e do tratamento com suplementação de fonte inorgânica de selênio, que a atividade da enzima glutathiona peroxidase plasmática apresentou-se menor que nas aves suplementadas com fonte orgânica.

Os melhores valores para atividade da GPx [U/mL] ($P < 0,001$) e GPx [U/mgHb] ($P < 0,018$) no sangue, quando comparado ao grupo controle obtidos neste estudo corroboram os resultados de Chen et al. (2013) e Leskovec et al. (2018) que verificaram

que a suplementação de selênio e a suplementação de selênio em combinação com antioxidantes resultaram em aumento da atividade da glutathione peroxidase sérica, respectivamente.

O selênio plasmático e a atividade da glutathione peroxidase, podem ser considerados marcadores para estabelecer status de selênio de um indivíduo saudável, demonstrando que a concentração de selênio e a atividade da glutathione peroxidase pode ser usada para determinar o estado nutricional do mineral (STEFANOWICZ et al., 2013). No presente estudo, os grupos que foram suplementados com selênio apresentaram maiores valores para a atividade da glutathione peroxidase sanguínea, mostrando esta relação entre o consumo de selênio e a atividade da enzima selênio dependente.

Os resultados obtidos para atividade da GPx no fígado pós desafio (tabela 3) das aves suplementadas com fontes de selênio foram maiores ($P < 0,004$) quando comparado com o grupo controle, sem diferença entre fontes.

Os tratamentos suplementados com selênio foram eficientes para manter a homeostase do sistema antioxidante diante do desafio com LPS de *E. Coli* e este resultado pode ser explicado pelo fato do organismo em condições de desafio aumentam a síntese de glutathione reduzida (GSH), que vai atuar junto com a glutathione peroxidase na eliminação dos peróxidos de hidrogênio produzidos pelos radicais livres. A enzima glutathione peroxidase atua convertendo a glutathione reduzida (GSH) em glutathione oxidada (GSSG), eliminando peróxido de hidrogênio e formando água (SURAI, 2006).

O aumento da atividade da GPx no fígado das aves desafiadas é um resultado interessante pois é um indicativo de melhora a atividade do sistema antioxidante nesta situação de maior produção de radicais livres pelo pelo sistema imune (LARSEN et al., 1997), promovendo efeito benéficos para a saúde das poedeiras.

A inclusão e as fontes de selênio não interferiram nos parâmetros hematológicos das poedeiras aos 56 dias de experimento (tabela 4) e após desafio, aos 66 dias de experimento (tabela 5).

Tabela 4. Hemograma aos 56 dias de experimento de poedeiras suplementadas com diferentes fontes de selênio

Variáveis	Tratamentos			<i>P</i> <i>value</i>
	Controle ¹	Selenito de Sódio ²	Levedura Selenizada ³	
Hemácias/ul x 10 ⁶	2,080	2,350	2,470	0,095
Hemoglobina g/dl	7	9	9	0,139
Hematócrito %	25	28	26	0,055
VCM fl	123	116	113	0,330
CHCM %	34	34	34	0,688
PT g/dl	8	8	8	0,769
Plaquetas /ul	31.458	28.409	23.900	0,637
Leucócitos /ul	30.789	27.700	24.500	0,396
Segmentados %	22	20	22	0,927
Linfócitos %	55	62	64	0,244
Eosinófilos %	3	2	2	0,320
Basófilos %	0	0	0	0,809
Monócitos %	13	12	12	0,461
Segmentados ul	6.888	5.652	5.122	0,639
Linfócitos ul	16.945	16.066	16.259	0,982
Eosinófilos ul	596	614	445	0,480
Basófilos ul	0	0	0	0,810
Monócitos ul	3.966	2.948	3.352	0,406

Controle: dieta basal sem suplementação de Selênio; Selenito de Sódio (teor de Selênio de 45%); Levedura Selenizada (teor de Selênio de 0,2%); Medianas seguidas de letras diferentes na linha diferem pelo teste de Kruskal-Wallis (P<0,05).

Tabela 5. Hemograma aos 66 dias de experimento, pós desafio com LPS de E. Coli de poedeiras suplementadas com diferentes fontes de selênio

Variáveis	Tratamentos			<i>P value</i>
	Controle ¹	Selenito de Sódio ²	Levedura Selenizada ³	
Hemácias/ul x 10 ⁶	2,580	2,605	2,170	0,203
Hemoglobina g/dl	9,700	9,550	9,200	0,791
Hematócrito %	29	29	27	0,767
VCM fl	105	111	112	0,347
CHCM %	33	34	34	0,340
PT g/dl	7	6	7	0,531
Plaquetas /ul	39.460	32.780	33.310	0,420
Leucócitos /ul	32.800	27.945	26.300	0,130
Segmentados %	37	40	39	0,765
Linfócitos %	44	50	52	0,990
Eosinófilos %	3	1	3	0,150
Basófilos %	3	3	2	0,719
Monócitos %	7	9	9	0,459
Segmentados ul	10.591	9.406	9.430	0,703
Linfócitos ul	16.915	11.437	13.866	0,415
Eosinófilos ul	1.315	324,5	949	0,129
Basófilos ul	1.056	824	495	0,860
Monócitos ul	2.149	2.077	3.075	0,575

¹ Controle: dieta basal sem suplementação de Selênio; Selenito de Sódio (teor de Selênio de 45%); Levedura Selenizada (teor de Selênio de 0,2%); Medianas seguidas de letras diferentes na linha diferem pelo teste de Kruskal-Wallis (P<0,05).

Existem alguns estudos com aves que elucidaram a relação do selênio com o sistema imune, porém quando se avalia as respostas hematológicas e sorológicas, esta relação não se apresenta tão clara (SAAD, 2009). Não foram encontrados valores de referência para hemograma de poedeiras comerciais leves em fase de postura na literatura que pudessem ser utilizados como comparativo para determinação de normalidade dos parâmetros avaliados.

Os resultados encontrados no presente estudo, indicam que a suplementação de selênio não influenciou nos parâmetros hematológicos das poedeiras comerciais e

corroboram os resultados encontrados por Daza et al. (2000) que, ao suplementarem rações de leitões com 0,3 ppm de selênio, não observaram diferença nos parâmetros hematológicos, os quais permaneceram dentro da normalidade para a espécie.

O não efeito da suplementação de selênio e fontes nos valores encontrados no eritograma deste estudo corroboram os resultados encontrados por Pisek et al. (2008) em ovelhas suplementadas com diferentes fontes de selênio pré e pós-partos e que não apresentaram diferenças no eritograma em função da suplementação.

Os resultados da produção de intermediários reativos do oxigênio (H_2O_2), estão expressos em nanomols de H_2O_2 por 2×10^5 células e reativos do nitrogênio (NO) apresentados em micromols de NO por 2×10^5 células, são mostrados na tabela 8. Não houve diferença entre os tratamentos, para as aves com desafio com LPS bacteriano e nem sem desafio.

Tabela 6. Valores médios de intermediários reativos de nitrogênio (NO - micromols), e oxigênio (H_2O_2 - nanomols) produzidos por macrófagos peritoneais de poedeiras suplementadas com diferentes fontes de selênio, submetidas ou não ao desafio com LPS (lipopolissacarídeo de *E. coli.*)

Variáveis	Tratamentos				CV (%) ⁵
	Controle ¹	Selenito de Sódio ²	Levedura Selenizada ³	P value	
NO - sem desafio	18,83	13,32	12,44	0,522	72,49
NO - com desafio	11,13	22,72	15,82	0,442	93,71
H_2O_2 - sem desafio	1,829	2,700	2,545	0,318	33,19
H_2O_2 - com desafio	2,703	3,047	2,572	0,603	28,01

¹ Controle: dieta basal sem suplementação de Selênio; Selenito de Sódio (teor de Selênio de 45%); Levedura Selenizada (teor de Selênio de 0,2%);⁵CV (%) = coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os valores de produção de peróxido de hidrogênio das aves sem desafio não foram influenciados pela suplementação com selênio na dieta e estes resultados foram semelhantes aos de Putarov (2014), que não observou diferença significativa nos níveis de H_2O_2 produzidos por neutrófilos ao estudar diferentes fontes de selênio na suplementação de cães

adultos, mostrando que as fontes e os níveis de selênio utilizados não influenciaram a produção de espécies reativas do oxigênio (ROS) por neutrófilos.

Em estudos com camundongos, Prabhu et al. (2002) encontraram maiores níveis de reativos de nitrogênio (NO) no tratamento com baixa inclusão de selênio, sendo que resultado é diferente do encontrado no presente estudo para as aves não desafiadas, nas quais os valores de NO não foram influenciados pela suplementação com selênio.

4 CONCLUSÃO

A suplementação de selênio (0,2 mg Se/kg ração) na dieta de poedeiras comerciais não exerce influência na resposta hematológica e imunológica da aves, mas melhora a atividade do sistema antioxidante, efeito benéfico para a saúde das poedeiras. A fonte orgânica de selênio aumenta a deposição de Se na musculatura e nos ovos e proporciona maior eficiência de transferência do mineral para os ovos, indicando vantagens no uso do Se de fonte orgânica em relação à sua fonte inorgânica comumente mais utilizada.

5 REFERÊNCIAS

AHMAD, H., TIAN, J., WANG, J., KHAN, M. A., WANG, Y., ZHANG, L., WANG, T. Effects of dietary sodium selenite and selenium yeast on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of chicken breast meat. **Journal of agricultural and food chemistry**,

BERTECHINI, A. G. **Exigências de minerais para aves**. In: SAKOMURA, N.K. et al. *Nutrição de Não Ruminantes*. Jaboticabal: Funep. 2014.

BUEGE, J. A.; AUST, S. D. **Microsomal lipid peroxidation**. *Methods in Enzymology*, Pasadena, v.52, p.302-310, 1978.

CARDOSO, A.L.S.P. **Influência de níveis de zinco e vitamina E, isolados e associados, sobre o desempenho e a resposta imunológica humoral em frangos de corte**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2004.

CHEN, G.; WU, J.; LI, C. The effect of different selenium levels on production performance and biochemical parameters of broilers. **Italian Journal of Animal Science**, v. 12, n. 4, p. e79, 2013.

DAZA, A., SALADO, S., GÁLVEZ, J.F., GUTIÉRREZ-BARQUÍN, M. Efecto de la suplementación con vitamina E y Selenio sobre el sistema inmune, parâmetros hematológicos y parâmetros productivos de lechones recién destetados. *Invest. Agr.: Produção. Sanidade. Animal.*, vol. 15, n. 1-2, 2000.

FELLENBERG, M. A.; SPEISKY, H. Antioxidants: their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability. *World's Poultry Science Journal*, v. 62, n. 1, p. 53-70, 2006.

FLOHÉ, L.; GÜNZLER, W.A. Assays of glutathione peroxidase. In: *Methods in enzymology*. Academic Press, p. 114-120, 1984

GAWEŁ, S., et al. Malondialdehyde (MDA) as a lipid peroxidation marker. *Wiadomosci lekarskie* (Warsaw, Poland: 1960), v. 57, n. 9-10, p. 453-455, 2004.

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

GREEN, L.C. et al. Analysis of nitrate, nitrite and (15N) nitrate in biological fluids. *Anal. Biochem.*, v. 126, 131-133. 1982

HAN, X. J., QIN, P., LI, W. X., MA, Q. G., JI, C., ZHANG, J. Y., ZHAO, L. H. Effect of sodium selenite and selenium yeast on performance, egg quality, antioxidant capacity, and selenium deposition of laying hens. *Poultry Science*, v. 96, n. 11, p. 3973-3980, 2017.

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

JLALI, M., BRIENS, M., ROUFFINEAU, F., MERCERAND, F., GERAERT, P. A., MERCIER, Y. Effect of 2-hydroxy-4-methylselenobutanoic acid as a dietary selenium supplement to improve the selenium concentration of table eggs. *Journal of Animal Science*, v. 91, n. 4, p. 1745-1752, 2013.

LARSEN, C.T.; PIERSON, F.W.; GROSS, W.B. Effect of dietary selenium on the response of stressed and unstressed chickens to *Escherichia coli* challenge and antigen. *Biological trace element research*, v. 58, n. 3, p. 169-176, 1997.

LEESON, S. et al. Comparison of selenium levels and sources and dietary fat quality in diets for broiler breeders and layer hens. *Poultry Science*, v. 87, n. 12, p. 2605-2612, 2008.

LESKOVEC, J., LEVART, A., NEMEC SVETE, A., PERIĆ, L., ĐUKIĆ STOJČIĆ, M., ŽIKIĆ, D. REZAR, V. Effects of supplementation with α -tocopherol, ascorbic acid, selenium, or their combination in linseed oil-enriched diets on the oxidative status in broilers. *Poultry Science*, v. 97, n. 5, p. 1641-1650, 2018.

MANEJO DAS POEDEIRAS DEKALB WHITE – **Modelo de Revisão 05**, 2009.

MARSH, J. A.; COMBS JR., G. F.; WHITRAKE, M. E.; DIERTERT, R. R. Effect of selenium and vitamin E dietary deficiencies on chicken lymphoid organ development. **Proceedings Society Experimental Biology Medical**, v. 166, p. 228-230, 1986.

MINISTRY OF AGRICULTURE. Ministry of Agriculture of People's Republic of China Bulletin. **Approved feed additives**. 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) et al. Nutrient requirements of poultry: 1994. **National Academies Press**, 1994.

PAGLIA, D.E.; VALENTINE, W.N. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. **The Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, v. 70, n. 1, p. 158-169, 1967.

PAN, C., HUANG, K., ZHAO, Y., QIN, S., CHEN, F., HU, Q. Effect of selenium source and level in hen's diet on tissue selenium deposition and egg selenium concentrations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 3, p. 1027-1032, 2007.

PICK, E.; MIZEL, D. Rapid microassay for measurement of superoxide and hydrogen Peroxide produced by macrophages in culture using an automatic enzyme Immunoassay reader. **Journal of Immunological Methods**, v. 46, p. 211-226, 1981.

PISEK, L., TRAVNICEK, J., SALAT, J., KROUPOVA, V., SOCH, M. Changes in white blood cells in sheep blood during selenium supplementation. **Veterinarni Medicina-Praha**, v. 53, n. 5, p. 255, 2008.

PRABHU, K. S. et al. Selenium deficiency increases the expression of inducible nitric oxide synthase in RAW 264.7 macrophages: role of nuclear factor- κ B in up-regulation. **Biochemical Journal**, v. 366, n. 1, p. 203-209, 2002.

PUTAROV, T. C. **Ações antioxidantes e imunológicas do selênio em cães**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu. 2014.

ROSTAGNO, H. S. ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Departamento de Zootecnia-UFV, Viçosa, MG, BR, 2017.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Departamento de Zootecnia-UFV, Viçosa, MG, BR, 2011.

RUSSO, M.; TEIXEIRA, H.C.; MARCONDES, M.C. Superoxide-independent hydrogen peroxide release by macrophages. **Brazilian Journal of medical and Biological research** Brazil. J. of Med. and Biolog. Res., v. 22, p. 1271-1273, 1989.

RUTZ, F.; ANCIUTI, M. A., RECH, J. L.; RECH, C. L. S.; ROSSI, P. Impacto da utilização de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho das aves. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas. **Trabalhos de Pesquisa...** Santos: FACTA, 2005.

SAAD, M. B. **Efeito da suplementação de selênio orgânico na resposta imunológica de frangos de corte.** 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009

SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não-ruminantes.** Jaboticabal: FUNEP; 2014.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal: FUNEP, 2016. 21p.

SCHRAUZER, G.N. The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine. **Advances in Food and Nutrition Research.** v. 47, p. 73–112. 2003.

SINGH, H.; SODHI, S.; KAUR, R. Effects of dietary supplements of selenium, vitamin E or combinations of the two on antibody responses of broilers. **British Poultry Science,** v. 47, n. 6, p. 714-719, 2006.

SMITH, ALLEN D.; BOTERO, S., SHEA-DONOHUE, T; URBAN, J. F. The pathogenicity of an enteric *Citrobacter rodentium* infection is enhanced by deficiencies in the antioxidants selenium and vitamin E. **Infection and Immunity,** v. 79, n. 4, p. 1471-1478, 2011.

STEFANOWICZ, F. A., TALWAR, D., O'REILLY, D. S., DICKINSON, N., ATKINSON, J., HURSTHOUSE, A. S.; DUNCAN, A. Erythrocyte selenium concentration as a marker of selenium status. **Clinical nutrition,** v. 32, n. 5, p. 837-842, 2013.

SURAI, P.F. et al. **Selenium in nutrition and health.** Nottingham: Nottingham University Press, 2006.

SURAI, P.F. **Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction.** 1.ed., Nottingham, UK: Nottingham University Press, 2002

CAPÍTULO 4

IMPLICAÇÕES

A não observação de efeitos da suplementação de selênio na dieta das poedeiras comerciais sobre o desempenho, qualidade de ovos, parâmetros hematológicos e imunológicos devem ser considerados em função das condições em que foi efetuado este experimento, ou seja, com a utilização de aves jovens na primeira fase de postura e durante um período experimental composto somente de dois ciclos de 28 dias acrescidos 10 (dez dias) em função do desafio, pode ter sido muito pequeno para que fossem observadas alterações nos resultados.

Talvez, em aves mais velhas, com um período de experimentação maior e utilizando-se rações com produtos de origem animal para aumentar o desafio de oxidação, haja diferenças na absorção ou mesmo nas exigências de selênio, em função de alterações metabólicas e aumento do desafio oxidativo e produção de radicais livres no organismo.

O selenito de sódio é a fonte de selênio mais utilizada na suplementação de rações para animais, além desta fonte, podemos constatar que a levedura selenizada vem sendo uma das alternativas para a substituição desta fonte, porém o teor de selênio na levedura selenizada é inferior, sendo necessário aumentar a sua inclusão para atender as exigências das aves, o que deve ser considerado em termos de custo-benefício do uso do produto.