

SURAMA FREITAS ZANINI

FONTES DE ÓLEO E NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA “E” NA RAÇÃO SOBRE
O DESEMPENHO PRODUTIVO E REPRODUTIVO DE GALOS LEVES

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL

2001

SURAMA FREITAS ZANINI

FONTES DE ÓLEO E NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA “E” NA RAÇÃO SOBRE
O DESEMPENHO PRODUTIVO E REPRODUTIVO DE GALOS LEVES

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

APROVADA: 27 de setembro de 2001.

Robledo de Almeida Torres
(Conselheiro)

Eduardo Paulino da Costa
(Conselheiro)

Luiz Fernando de Teixeira Albino

José Domingues Guimarães

Ciro Alexandre Alves Torres
(Orientador)

A minha avó, Raimunda Gonçalves Sabóia, *in memoriam*, que foi responsável pela saga da nossa Família;
Aos meus filhos, pai, mãe e marido, pelo estímulo, amor, carinho, convívio e pelo que sou

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, autor de nossa sabedoria e existência.

Ao povo brasileiro que por meio da UFV possibilitou financeiramente a realização do curso de Doutorado.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), particularmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do Curso.

Ao CNPq, pelo financiamento concedido para a realização do curso.

Ao professor Ciro Alexandre Alves Torres, pelo apoio, orientação e amizade, que tornaram possível o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores Robledo de Almeida Torres, Luiz Fernando Teixeira Albino, José Domingues Guimarães e Eduardo Paulino da Costa, pelas sugestões.

Às Pesquisadoras Neura Bragagnolo e Jane Turatti, pelo apoio técnico.

À Assistente Técnica de Pesquisa, Marta Gomes da Silva, do Centro de Química de Alimentos & Nutrição Aplicada (ITAL), pelo auxílio na realização das análises laboratoriais.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), pela oportunidade de realização das análises laboratoriais.

À empresa Basf Nutrição Animal, pela doação dos suplementos vitamínicos.

Às empresas Santista Alimentos e Ceval Alimentos, pela doação dos óleos vegetais.

À empresa Uniscience do Brasil pela doação de kits de diagnóstico de colesterol e triglicerídeos.

À Universidade Federal de Minas Gérias (UFMG), particularmente ao Laboratório de Nutrição Animal, pela realização das análises laboratoriais.

Aos funcionários do Setor de Avicultura e do Abatedouro, pelas várias contribuições na realização do experimento.

Aos meus filhos, Júlio e Felipe, pela compreensão e aceitação de meus afastamentos, necessários ao cumprimento de minhas atividades profissionais. Poucas e espaçadas foram as queixas deles, e jamais injustas, tendo em vista as singularidades da infância.

Ao meu marido, Marcos Santos Zanini, pelo amor e paciência dispensados a minha pessoa e aos meus filhos.

Ao meu pai, Ageu Sabóia Freitas, que sempre esteve ao meu lado e me apoiou nestes caminhos trilhados.

A minha mãe, Normiliana Azevedo Alves, que apesar da distância mora no meu coração.

Aos meus irmãos, Solange Azevedo Freitas, Ageu Freitas Filho, Darcy Azevedo Freitas e Sônia Suely Azevedo Freitas, pela amizade, apoio e incentivo.

Ao meu sogro, Flávio Zanini, pela amizade e encorajamento.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, professor Ciro e Celeste, pela dedicação.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

SURAMA FREITAS ZANINI, filha de Ageu Sabóia Freitas e Normiliana Azevedo Alves, nasceu em Tocantinópolis, Tocantins, em 06 de dezembro de 1969.

Em 1994, concluiu o curso de graduação em Medicina Veterinária na Universidade Federal de Goiás.

Em 1995, obteve o título de Especialista, na área de concentração em Produção Animal, no curso de Pós-graduação *Lacto Sensu* da Universidade Federal de Goiás.

Em 1997, obteve o título de Mestre em Zootecnia, na área de concentração em Nutrição Animal, no curso de Pós-graduação *Stricto Sensu*, da Universidade Federal de Minas Gerais.

Em 2001, obteve o título de Doutora em Zootecnia, na área de concentração em Nutrição e Reprodução Animal, no curso de Pós-graduação *Stricto Sensu*, da Universidade Federal de Viçosa.

CONTEÚDO

RESUMO	viii
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. Ácidos graxos: estrutura, síntese e importância no metabolismo animal	04
2.2. Fontes de ácidos graxos ômega 3	06
2.3. Desempenho produtivo animal	09
2.4. Deposição de lipídeos na carcaça	10
2.5. Desempenho reprodutivo animal	14
2.6. Importância de antioxidantes na prevenção da peroxidação de lipídeos	19
CAPÍTULO 1 – Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração e sua concentração na carne de coxa e de peito de galos leves	
RESUMO	23
ABSTRACT	24
INTRODUÇÃO	25

MATERIAL	E	MÉTODOS	26
.....			
RESULTADOS E DISCUSSÃO			30
CONCLUSÕES			53

CAPÍTULO 2 – Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração sobre o perfil de ácidos graxos, conteúdo de colesterol, triglicerídeos e vitamina “E” em espermatozoides de galos

RESUMO			54
ABSTRACT			55
INTRODUÇÃO			56
MATERIAL	E	MÉTODOS	57
.....			
RESULTADOS E DISCUSSÃO			61
CONCLUSÕES			69

CAPÍTULO 3 – Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração sobre as características seminais de galos

RESUMO			70
ABSTRACT			71
INTRODUÇÃO			72
MATERIAL	E	MÉTODOS	73
.....			
RESULTADOS E DISCUSSÃO			76
CONCLUSÕES			89

CAPÍTULO 4 – Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de galos

RESUMO			90
ABSTRACT			91
INTRODUÇÃO			92
MATERIAL	E	MÉTODOS	93

.....	
RESULTADOS E DISCUSSÃO	96
CONCLUSÕES	107
REFERÊNCIAS	108
ANEXOS	116

RESUMO

ZANINI, SURAMA FREITAS., D.S., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2001. **Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de galos leves.** Orientador: Ciro Alexandre Alves Torres. Conselheiros: Robledo de Almeida Torres, Luiz Fernando de Teixeira Albino, Eduardo Paulino da Costa e José Domingues Guimarães.

Objetivou-se com este estudo avaliar fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre o desempenho produtivo, reprodutivo, perfil de ácidos graxos e deposição de vitamina “E” em espermatozoides de galos da 38^a à 51^a—semana de idade. Foram utilizados 320 reprodutores da linhagem White Leghorn, com 30 semanas de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 5 X 3, com cinco fontes de óleo (girassol, soja, canola, linhaça e peixe) e três concentrações de antioxidantes (30, 200 e 400 mg de vitamina E/kg). O consumo de óleo de peixe e de canola induziu a redução ($P < 0,05$) do conteúdo de lipídeos totais, colesterol, ácidos graxos saturados, poliinsaturados e insaturados na carne de coxa. Entre os insaturados presentes na coxa, os óleos de peixe e de canola reduziram ($P < 0,05$) o conteúdo de ácidos graxos $\omega 6$ especificamente de C18:2 $\omega 6$ e C20:4 $\omega 6$, com conseqüente diminuição na relação de ácidos graxos $\omega 6:\omega 3$ na coxa. A ingestão de ração com óleo de peixe induziu ao aumento ($P < 0,05$) do conteúdo de C22:6 $\omega 3$ na coxa. Com exceção do conteúdo de C18:1 $\omega 9$ que aumentou quando utilizado óleo de canola ($P < 0,05$), o consumo de ração com óleo de peixe e de canola induziu a redução ($P < 0,05$) do conteúdo de C18:2 $\omega 6$, C20:4 $\omega 6$, ácidos graxos saturados e determinou nível intermediário de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) nos espermatozoides. A ração, com óleo de

canola, determinou na 50^a à 53^a e 41^a à 53^a semana de idade a maior taxa de fertilidade ($P < 0,05$) sendo observado efeito linear ($P < 0,05$) da vitamina “E” sobre a fertilidade desses galos na 44^a à 46^a e 50^a à 53^a semana de idade. O consumo de ração, com óleo de peixe, determinou a menor concentração de antioxidantes totais no sêmen ($P < 0,05$), entretanto, quando houve a suplementação com o maior nível de vitamina “E” foi verificado aumento linear ($P < 0,05$) do volume de sêmen, motilidade e vigor espermático. Na 50^a à 53^a semana de idade, foi verificado efeito linear crescente ($P < 0,05$) da vitamina “E” na taxa de fertilidade, quando foi fornecida a ração, com óleo de peixe. O consumo de ração, com óleo de linhaça, resultou em aumento ($P < 0,05$) na deposição de lipídeos totais, ácidos graxos saturados, poliinsaturados e insaturados na carne de coxa. Entre os ácidos graxos insaturados presentes na coxa, o uso de óleo de linhaça resultou em maior conteúdo ($P < 0,05$) total de ácidos graxos $\omega 3$ como de C18:3 $\omega 3$ e C20:5 $\omega 3$ e redução significativa de C18:2 $\omega 6$ e da relação $\omega 6:\omega 3$. Nos espermatozoides, o consumo de ração com óleo de linhaça resultou em redução ($P < 0,05$) do conteúdo de C18:1 $\omega 9$, C18:2 $\omega 6$, C20:4 $\omega 6$, de gordura saturada e determinou menor conteúdo de PUFA. O consumo desse óleo reduziu ($P < 0,05$) o volume seminal na 38^a semana de idade, entretanto durante este período, foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$) da vitamina “E” sobre a motilidade espermática sendo que a maior motilidade e vigor espermático foram obtidos no nível entre 30 e 400 mg de vitamina E/kg. Assim, a resposta da vitamina “E” não é crescente quando utilizado óleo de linhaça. Pelo contrário, pois, na 52^a semana de idade, houve efeito linear decrescente ($P < 0,05$) da vitamina “E” sobre a motilidade e vigor espermático quando utilizado óleo de linhaça. O uso de ração, com óleo de linhaça, resultou em menor taxa de fertilidade na 41^a à 53^a semana de idade ($P < 0,05$), entretanto este efeito foi revertido com o maior nível de suplementação de vitamina “E”, demonstrando efeito linear desta vitamina nesta fonte de óleo ($P < 0,05$). A ingestão de ração com óleo de soja induziu ao aumento ($P < 0,05$) do conteúdo de lipídeos totais, colesterol, gordura saturada, poliinsaturada e insaturada na coxa. Entre os ácidos graxos insaturados contidos na carne de coxa, o uso de óleo de soja e de girassol resultou em maior ($P < 0,05$) conteúdo total de ácidos graxos $\omega 6$, principalmente de C18:2 $\omega 6$, em ambos os casos e de C20:4 $\omega 6$, especificamente para ração com óleo de girassol. Ambos os óleos reduziram significativamente o conteúdo de ácidos graxos $\omega 3$ na carne de coxa. Ambas as rações, com óleo de soja e de girassol, aumentaram ($P < 0,05$) a concentração de C18:2 $\omega 6$ e C20:4 $\omega 6$ e, particularmente a ração com óleo de girassol determinou o maior ($P < 0,05$) conteúdo de gordura saturada e nível intermediário de PUFA nos espermatozoides. Por outro lado, a ração com óleo de soja determinou o maior conteúdo de PUFA ($P < 0,05$) nos espermatozoides, contudo apresentou o maior conteúdo de colesterol ($P < 0,05$), não diferindo dos alimentados com ração com óleo de peixe. Foi verificada a redução linear ($P < 0,05$) na fertilidade na 44^a à 46^a, 47^a à 49^a e na 41^a à 53^a semana de idade, quando foi fornecida a ração, com óleo de soja, suplementada com maior nível de vitamina “E”. Na 52^a semana de idade, foi verificado efeito quadrático ($P < 0,05$) da vitamina “E” na ração com óleo de girassol, com a maior motilidade e vigor espermático obtidos no nível entre 30 e 400 mg de vitamina E/kg. No mesmo período, houve efeito

linear da vitamina “E” ($P < 0,05$) demonstrado pela redução no volume de sêmen quando se utilizou óleo de girassol. Houve redução ($P < 0,05$) no conteúdo de C18:1 ω 9, C18:2 ω 6 e de PUFA's nos espermatozoides dos animais tratados com óleo de girassol e suplementados com maior nível de vitamina “E”. Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) da vitamina “E” sobre a fertilidade na 44^a à 46^a, 47^a à 49^a, 50^a à 53^a e 41^a à 53^a semana de idade, quando fornecido óleo de girassol, com a maior taxa de fertilidade sendo atingida no nível entre 30 e 400 mg de vitamina E/kg.

ABSTRACT

ZANINI, SURAMA FREITAS, D.S., Universidade Federal de Viçosa, september, 2001. **Oil sources and vitamin E levels in the diet on the productive and reproductive performance of roosters.** Adviser: Ciro Alexandre Alves Torres. Committee members: Robledo de Almeida Torres, Luiz Fernando de Teixeira Albino, Eduardo Paulino da Costa e José Domingues Guimarães.

The objective of this study was to evaluate oil sources and diet supplementation at the vitamin “E” on the productive, reproductive performance, profile of fatty acids and vitamin “E” deposition on spermatozoa of roosters from 38^a to 51^a week of age. Three hundred and twenty White Leghorn roosters, at 30 weeks of age, were housed in individual cages, distributed in a completely randomized factorial design of 5 X 3, with five oil sources (sunflower, soy, canola, linseed and fish) and three levels of antioxidants (30, 200 and 400 mg of vitamin E/kg). The intake of fish and canola oil in the diet reduced ($P < 0.05$) the total lipids content, cholesterol, saturated, polyunsaturated and unsaturated fatty acids in thigh meat. Among the unsaturated fatty acids in the thigh, the fish and canola oil reduced ($P < 0.05$) the level of ω 6 fatty acids specifically of C18:2 ω 6 and C20:4 ω 6, with

consequent decrease in the ω_6 : ω_3 ratio in the thigh. The diet with fish oil increased ($P < 0.05$) the level of C22:6 ω_3 in the thigh. Except for the level of C18:1 ω_9 that increased when using canola oil ($P < 0.05$), the use of fish and canola oil in the diet reduced ($P < 0.05$) the level of C18:2 ω_6 , C20:4 ω_6 , saturated fatty acids and showed intermediate level of polyunsaturated fatty acids in the spermatozoa. The diet, with canola oil, between the 50^a and 53^a and 41^a and 53^a week of age resulted in the largest fertility rate ($P < 0.05$), and a linear effect was observed ($P < 0.05$) of the vitamin "E" on the fertility of those roosters in the 44^a to 46^a and 50^a to 53^a week of age. The fish oil diet showed the smallest level of total antioxidants in the semen ($P < 0.05$) however, when supplemented with 400 mg of vitamin E/kg a linear increase was verified ($P < 0.05$) of the semen volume, motility and sperm vigor. The fish oil diet supplemented with vitamin E showed a linear effect in the fertility rate from 50^a to 53^a week of age. The use of linseed oil resulted in increase ($P < 0.05$) in the deposition of total lipids, saturated, polyunsaturated and unsaturated fatty acids in thigh meat. The use of linseed oil resulted in larger level ($P < 0.05$) of total fatty acids ω_3 as of C18:3 ω_3 and C20:5 ω_3 and significant reduction of C18:2 ω_6 and the ω_6 : ω_3 ratio on unsaturated fatty acids in the thigh. In the spermatozoa, the use of linseed oil reduced ($P < 0.05$) the level of C18:1 ω_9 , C18:2 ω_6 , C20:4 ω_6 , of saturated fat and induced small content of PUFAs. The use of linseed oil reduced ($P < 0.05$) the seminal volume at the 38 weeks of age however, during this period, quadratic effect was observed ($P < 0.05$) of the vitamin E on the sperm motility and the great motility and sperm vigor values were obtained when using the level between 30 and 400 mg of vitamin E/kg. Thus, there is no linear increase in the sperm motility or vigor, when vitamin E is added to the linseed oil diet. Indeed at 52 weeks of age, there was a decrease in sperm motility and vigor, when vitamin E was added to the linseed oil diet. The linseed showed the small fertility rate from 41-53^a week of age ($P < 0.05$) however, this effect was reverted by the use of 400 mg of vitamin E/kg, showing a linear effect of the vitamin in this oil source ($P < 0.05$). The soy oil diet increased ($P < 0.05$) the level of total lipids, cholesterol, saturated, polyunsaturated and unsaturated fatty acids in the thigh meat. Among the unsaturated fatty acids in thigh meat, the use of soy and sunflower oil resulted in higher ($P < 0.05$) total level of ω_6 fatty acids, mainly of C18:2 ω_6 , in both oils and of C20:4 ω_6 , specifically for diet with sunflower oil. Both oils reduced the level of ω_3 fatty acids significantly in thigh meat. Both diets, soy and sunflower oil increased ($P < 0.05$) the concentration of C18:2 ω_6 and C20:4 ω_6 and, particularly the diet with sunflower oil determined the largest ($P < 0.05$) level of saturated fat and intermediate level of polyunsaturated fatty acids in the spermatozoa. On the other hand, the diet with soy oil induced the great level of PUFAs ($P < 0.05$) in the spermatozoa however, it showed the largest cholesterol level ($P < 0.05$), not differing from the diet with fish oil. Linear reduction was shown ($P < 0.05$) in the fertility on 44-46^a, 47-49^a and 41-53^a week of age, when using diet with soy oil supplemented with 400 mg of vitamin E level. At the 52 weeks of age, quadratic effect was shown ($P < 0.05$) of the vitamin E in the diet with sunflower oil and the great motility and sperm

vigor were obtained when using the level between 30 and 400 mg of vitamin E/kg. Therefore, there is no linear increase in response when vitamin E is added to the sunflower oil diet. At the same period, there was linear effect of the vitamin E ($P < 0.05$) demonstrated by the reduction of the semen volume when using sunflower oil diet. There was reduction ($P < 0.05$) in the level of C18:1 ω 9, C18:2 ω 6 and of the polyunsaturated fatty acids in the spermatozoa of the animals fed with sunflower oil plus 400 mg of vitamin E/kg. There was quadratic effect ($P < 0.05$) of the vitamin E on the fertility rate on the 44-46^a, 47-49^a, 50-53^a and 41-53^a week of age when using sunflower oil, with the largest fertility rate being reached when using the level between 30 and 400 mg of vitamin E/kg.

1. INTRODUÇÃO

Um plantel de reprodutores bem manejado permite obter uma taxa de eclosão superior a 86%. Alcançar tal objetivo requer fertilidade média de 93-94%. Em aves domésticas, os machos desempenham importante papel na fertilidade. Quando se compara a contribuição da fêmea e do macho na fertilização do ovo, é importante lembrar que um galo é responsável pela fertilização dos ovos de 10 galinhas ou mais.

Sabe-se que a produção de espermatozóides e a fertilidade são influenciadas pela ração, tanto no período de crescimento, quanto no de produção. Entre os vários nutrientes estão os lipídeos que exercem efeito na biologia dos espermatozóides. Entretanto há poucas pesquisas relacionadas com a sua influência sobre as aves.

Os processos metabólicos dos espermatozóides durante seu ciclo de vida não foram completamente elucidados, podendo estas células utilizar monossacarídeos, como fonte de energia, contudo pequenas quantidades de glicose estão presentes no plasma seminal (Lake, 1984; Etches, 1996). Lipídeos ou compostos ligados a lipídeos representam uma alternativa de fonte de energia para o metabolismo destas células. Os espermatozóides e

o plasma seminal contém lipídeos e outros compostos associados com o metabolismo lipídico (Darin-Bennett et al., 1974; Lake, 1984), que são fontes de energia para a motilidade e viabilidade dos espermatozóides (Scott, 1973) que podem sobreviver no oviduto de sete a dez dias.

Além da função energética, os lipídeos também são componentes celulares de membranas biológicas. Em todas as espécies, os fosfolipídeos são os principais componentes lipídicos dos espermatozóides, caracterizados por conterem grande quantidade de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) (Scott, 1973). Os PUFAs da série ômega 3 (ω 3) e ômega 6 (ω 6) são ácidos graxos essenciais, uma vez que não podem ser sintetizados pelos animais e precisam ser fornecidos pela ração. Nas aves observa-se maior concentração dos ácidos graxos da série ω 6, principalmente, C20:4 ω 6 (ácido araquidônico) e C22:4 ω 6 (ácido docosatetranóico) e baixas concentrações de ácido docosahexanóico (DHA) e dos demais ácidos graxos da série ω 3 (Darin-Bennett et al., 1974; Ravie e Lake, 1985; Kelso et al., 1996). Há evidências de que tais ácidos graxos tenham importante papel na função espermática pela redução de motilidade e da capacidade de fertilização em mamíferos (Sebastian et al., 1987) e aves (Kelso et al., 1996) quando as quantidades de PUFAs presentes nos espermatozóides estão diminuídas.

A retina e o cérebro de mamíferos são muito sensíveis a dietas deficientes em PUFAs (Sardesai, 1992) e, provavelmente, a deficiência de PUFAs pode alterar a composição de ácidos graxos dos espermatozóides e suas funções biológicas. Segundo Nissen e Kreysel (1983), quantidades reduzidas de DHA, nos espermatozóides de mamíferos, estão relacionadas com a diminuição do número de espermatozóides, motilidade e capacidade de fertilização.

Portanto, o significado fisiológico dos ácidos graxos no metabolismo dos espermatozóides pode se relacionar a dois aspectos: 1) serem fontes de substratos endógenos para metabolismo oxidativo, podendo elevar a capacidade de sobrevivência no trato reprodutivo masculino e feminino; 2)

fazerem parte da constituição dos fosfolípidos, podendo influenciar nas propriedades funcionais das membranas biológicas.

Apesar dos efeitos benéficos dos ácidos graxos ω_3 , a presença de altas concentrações de PUFA dentro das frações lipídicas dos espermatozoides torna-os altamente susceptíveis à peroxidação com conseqüente risco de danos à estrutura celular (Niki et al., 1993). Portanto, há necessidade de um sistema antioxidante para protegê-los contra danos peroxidativos e uma possível disfunção dos espermatozoides (Cecil e Bakst, 1993; Aitken, 1994). Acredita-se que os danos causados pela peroxidação dos lipídeos dos espermatozoides seja a principal causa de subfertilidade dos machos (Hammerstedt, 1993; Sikka et al., 1995).

Objetivou-se com este estudo avaliar fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre o desempenho produtivo, reprodutivo, perfil de ácidos graxos e deposição de vitamina “E” em espermatozoides de galos da 38^a à 51^a-semana de idade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ácidos graxos: estrutura, síntese e importância no metabolismo animal

A presença de gorduras e de óleos nas rações dos animais é proveniente de fontes vegetais (quebra dos grãos) e subprodutos de origem animal. Energeticamente, as rações das aves podem ser enriquecidas com até 8% de óleos ou de gorduras (North e Bell, 1990).

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos alifáticos obtidos, geralmente, da hidrólise de gorduras e óleos naturais.

A estrutura química de um ácido graxo é dada pelo número: (1) de átomos de carbono na cadeia, (2) de duplas ligações e (3) número ômega (ω), que indica a posição da primeira dupla-ligação a partir do grupo metila, por exemplo, no caso da série $\omega 3$ a primeira dupla-ligação ocorre entre o terceiro e quarto carbono, e na série $\omega 6$ ocorre entre o sexto e sétimo carbono. Os ácidos graxos que possuem o mesmo número ômega pertencem à mesma série. Os ácidos graxos linoléico e α -linolênico (séries ômega 6 e ômega 3, respectivamente) são considerados essenciais por não serem sintetizados no organismo animal e, portanto, devem ser providos na ração (McDowell, 1989), pois, sabe-se que os hepatócitos de mamíferos

podem introduzir rapidamente duplas ligações na posição Δ^9 dos ácidos graxos, mas não podem introduzir duplas-ligações adicionais na cadeia do ácido graxo entre C10 e a extremidade metila terminal (Lehninger et al. 1995).

Segundo Lehninger et al. (1995) o palmitato (C16:0), o principal produto da enzima ácido graxo sintase nas células animais, é o precursor de outros ácidos graxos de cadeia longa, podendo aumentar para formar tanto o estearato (C18:0) quanto os ácidos graxos ainda maiores, por adições de grupos acetila, pela ação dos sistemas de alongação dos ácidos graxos. O palmitato e o estearato servem como precursores dos dois ácidos graxos monoinsaturados, mais comuns nos tecidos animais: palmitoleato (C16:1) e oleato (C18:1 ω 9).

Nos mamíferos, os ácidos graxos de uma mesma série podem ser metabolicamente convertidos em outros ácidos graxos que possuem número maior de carbonos por meio de processos de alongação e dessaturação de suas cadeias. As séries ω 9 e ω 7 podem ser derivadas da síntese endógena a partir do ácido oléico (C18:1 ω 9) e do ácido palmitoléico (C16:1 ω 7), respectivamente. Assim, o ácido oléico (C18:1 ω 9) pode dar origem ao ácido eicosatrienóico (C20:3 ω 9). A série ω 6, por exemplo, o ácido araquidônico (C20:4 ω 6) é derivado do ácido linoléico (C18:2 ω 6) e a série ω 3, por exemplo o ácido eicosapentanoico (C20:5 ω 3; EPA), o ácido docosahecanoico (C22:6 ω 3; DHA) e ácido docosapentanoico (C22:5 ω 3; DPA) a partir do ácido alfa-linolênico (C18:3 ω 3) (McDowell, 1989). Portanto, cada um destes ácidos graxos origina uma série de PUFA's, entretanto isso não ocorre entre séries, porque o metabolismo animal não é capaz de dessaturar (adicionar duplas ligações) em direção da extremidade metila do ácido graxo (McDowell, 1989). Dentro de cada série, o processo de alongação e dessaturação ocorre sem alteração no grupo metila final da molécula (Neuringer et al., 1988) enquanto os passos da dessaturação vão em direção do grupo carboxílico (Conn e Stumpf, 1980). O sistema

enzimático que promove a alongação da cadeia (elongase), dessaturação (Δ -6 dessaturase, Δ -5 dessaturase, Δ -4 dessaturase) e inserção de ácidos graxos nas várias moléculas lipídicas, é o mesmo, havendo, por isso, uma competição pelas mesmas enzimas para formação de PUFA's (C_{20-22}), principalmente ácido araquidônico ($20:4\omega6$) e ácido docosahexanóico ($22:6\omega3$ ou DHA) (Neuringer et al., 1988; Briz, 1997). A série $\omega3$ suprime efetivamente o metabolismo da série $\omega6$. Do mesmo modo, a série $\omega6$ é capaz de suprimir o metabolismo da série $\omega3$, mas, menos efetivamente (McDowell, 1989). Portanto, um excesso de ômega 6 na ração, por exemplo, limita a formação dos ômega 3. Isto ocorre na dieta dos ocidentais (mais ainda entre os vegetarianos) pois a relação de ácidos graxos $\omega6:\omega3$ geralmente está entre 20 e 30 (Farrel, 1995 *apud* Briz, 1997). As dessaturases animais (Δ -6 dessaturase e Δ -5 dessaturase) têm maior afinidade pela série $\omega3$, seguida da $\omega6$ e, por último, pela $\omega9$ (Nunes, 1995).

Segundo Marshal et al. (1994) o papel dos PUFA's é muito importante. O ácido linoléico e o ácido araquidônico ajudam a promover a integridade da hipófise e o transporte de vitaminas lipossolúveis, sendo encontrados nos triglicérides de reserva. A série ômega 3 predomina nos fosfolipídeos das membranas celulares e regulam a permeabilidade e flexibilidade destas (Sirri et al. 1995). O DHA é encontrado particularmente no cérebro, na retina, nos testículos e espermatozóides.

2.2 Fontes de ácidos graxos ômega 3

Existem basicamente três tipos de ácidos graxos ômega 3: o α -linolênico, encontrado em folhas e sementes como a do linho e canola; os outros dois, o docosahexanóico e o eicosapentanóico, encontrados em óleos de peixe e sintetizados pelo homem e animais por meio da dessaturação e alongação da cadeia do α -linolênico, fornecido na dieta.

2.2.1 Algas e Zooplâncton

São os maiores produtores primários de ω_3 . As maiores concentrações (5-10% da matéria seca) são encontradas em microalgas de águas marinhas frias e nos alimentos de origem marinha. Em crustáceos e peixes de água doce são encontradas em pequenas quantidades (Mc Cance et al., 1978 *apud* Barlow e Pike, 1991).

2.2.2 Óleos de peixes

Seus teores em ω_3 variam grandemente de acordo com a espécie de origem, estado fisiológico do peixe e época de pesca. As espécies de maior interesse são de águas frias, pois se alimentam de fito e zooplâncton ricos em ω_3 , particularmente o atum, bonito, menhaden, cavala, anchova (máximo de EPA) e sardinha (máximo de DHA). Os métodos de processamento e refinamento desses óleos influem no teor de ω_3 , podendo variar entre 30 e 50%. Assim, técnicas modernas estão baseadas no emprego de lipases, pois os tratamentos térmicos aumentam a oxidação dos PUFA's (Sargent e Henderson, 1995).

2.2.3 Farinhas de peixes

Possui pouco ácido graxo linoléico e alfa-linolênico, entretanto sua composição se baseia nos derivados do alfa-linolênico, EPA e DHA. Assim a proporção de ω_3 oscila entre 20-35%, predominando o EPA (15-18%) nas farinhas de anchoveta, menhaden e sardinha. O teor de DHA é elevado (13-15%) nas farinhas de sardinha, anchoveta e arenque. São bastante disponíveis, mas é preciso incorporar níveis elevados para alcançar concentrações de ω_3 , comparáveis às dos óleos de peixe (Simopoulos e Salem, 1992).

2.2.4 Fontes vegetais

A mais conhecida é a linhaça. A espécie de linho mais rica em ω_3 é *Linum usitatissimum*. Aymond e Van Elswyk (1995) utilizaram a linhaça inteira ou moída, em proporções que variavam de 5 a 30% em dietas para

aves de postura. Os maiores níveis de inclusão tenderam a reduzir o consumo, a postura e o tamanho do ovo.

Estudos com semente de canola também são realizados, mas são necessários duas vezes mais que a linhaça para alcançar resultados semelhantes (Cherian e Sim, 1991).

O milheto é um grão rico em óleo, com um teor de lipídeos em torno de 5%, e o ácido graxo alfa-linolênico compreende 4% do total de ácidos graxos deste óleo (Rooney, 1978). Portanto, apresenta maior teor de ácidos graxos da série $\omega 3$ que outros grãos de cereais. O milho, alimento padrão nas dietas de aves, é deficiente de ácidos graxos $\omega 3$, e o teor de ácido alfa-linolênico compreende apenas cerca de 0,9% do total de ácidos graxos (Collins et al., 1997).

2.2.5 Óleos vegetais

Entre os mais citados está o óleo de linhaça (50-55% de alfa-linolênico) para aves de postura, sendo necessário um mínimo de 2% de óleo de linhaça para aumentar significativamente a concentração de alfa-linolênico nos lipídeos da gema.

Os óleos vegetais, além de apresentarem menor preço e maior estabilidade oxidativa (Briz, 1997) em relação à gordura animal, não causam aparecimento de sabor atípico na carcaça.

Um resumo do perfil de ácidos graxos de várias fontes de óleo está presente na Tabela 1.

Tabela 1. Perfil de ácidos graxos de diversos óleos vegetais e peixes

ÁCIDOS GRAXOS (%)	Canola	Linhaça	Fígado de Bacalhau	Menhaden	Sardinha
Palmítico (C16:0)	3,8	6,1	16,8	2,20	6,0
Oléico (C18:1 ω9)	62,6	17,3	22,0	11,0	12,0
Linoléico (C18:2 ω6)	19,5	19,1	2,1	1,5	1,0
Araquidônico (C20:4 ω6)	0,0	0,0	1,1	1,7	0,0
Alfa-linolênico (C18:3 ω3)	10,9	53,0	2,1	1,1	1,0
EPA (C20:5 ω3)	0,0	0,0	10,4	13,5	11,0
DPA (C22:5 ω3)	0,0	0,0	1,1	2,1	3,0
DHA (C22:6 ω3)	0,0	0,0	13,3	9,1	13,0
Saturados	6,3	10,7	28,3	36,0	29,0
Monoinsaturados	62,6	17,5	39,4	24,5	26,0
Poliinsaturados	30,4	72,1	29,9	28,5	22,0
Ômega 6 total	19,5	19,2	6,6	2,8	1,0
Ômega 3 total	10,9	52,9	22,6	25,7	21,0
Relação ω6:ω3	1,8	0,3	0,2	0,1	0,05

Fonte: Farrel, 1994, Marshal et al. 1994, Sargent e Henderson, 1994 *apud* Briz, 1997.

2.3 Desempenho produtivo animal

Olomu e Baracos (1991), em dois experimentos, suplementaram rações de frangos de corte com 6% de gordura animal e de óleo de linhaça nas respectivas proporções percentuais: (6 + 0), (4,5 + 1,5), (3 + 3), (1,5 + 4,5). Não se observaram diferenças entre os tratamentos quanto a ganho de peso, consumo e eficiência alimentar. Posteriormente, Fritsche e Cassity (1992), com a adição de 7% de gordura animal, óleo de milho, óleo de linhaça ou óleo de peixe na ração de frangos de corte, também não observaram influência no ganho de peso e conversão alimentar.

Chanmugan et al. (1992), trabalhando com três tipos de óleo (milho, linhaça e peixe) e três níveis de inclusão (1,0; 2,5 e 5,0%) na ração de frangos de corte não verificaram efeito sobre o consumo, eficiência alimentar e peso médio aos 54 dias.

2.4 Deposição de lipídeos na carcaça

Alguns ácidos graxos da dieta são armazenados nos triglicerídeos e fosfolipídeos das células com pouca ou nenhuma modificação. Entretanto, a extensão da modificação dos ácidos graxos da dieta é maior em aves do que na maioria dos mamíferos, devido à rota de absorção intestinal. Em mamíferos, os ácidos graxos da dieta entram nos quilomícrons, que deixam os intestinos via linfa e posteriormente ganham a circulação sistêmica, onde muitos tecidos os retiram sem modificação prévia feita pelo fígado.

As aves, por possuírem um sistema linfático rudimentar, têm o fígado como o primeiro tecido exposto aos lipídeos absorvidos da dieta, ou seja, os lipídeos da dieta caem na circulação porta-hepática, por meio de portomícrons, e sua passagem pelo fígado faz com que este modifique a composição de ácidos graxos dos triglicerídeos antes de fornecê-los para outros tecidos por meio da lipoproteína de densidade muito baixa (VLDL). A modificação ocorre a partir da oxidação de alguns tipos de ácidos graxos e da esterificação de outros, em função da afinidade da proteína ligadora de ácidos graxos que libera os ácidos graxos para a oxidação mitocondrial e da enzima aciltransferase que participa da síntese de triglicerídeos a partir de lipídeos da dieta ou da síntese endógena. Os ácidos graxos linoléico e alfa-linolênico da dieta são bons substratos para diaciltransferase hepática, compondo as frações da VLDL e, conseqüentemente, os lipídeos teciduais. Esta enzima mostra ação contra PUFAs, como o EPA e, deste modo, o teor de PUFAs nos triglicerídeos é diluído em relação às suas concentrações na dieta. Contudo, é incompleta, pois as aves que consomem peixe, ou óleo de peixe, têm tecido adiposo que contém a maioria dos ácidos graxos prevalentes na dieta (Klasing, 1998).

O consumo prolongado de dietas ricas em carboidratos ou livres de gorduras determina aumento na síntese da enzima acetil CoA carboxilase, elevando, assim, a síntese de gordura. Por outro lado, uma dieta rica em gorduras causa uma redução na síntese de ácidos graxos (Champe e

Harvey, 1997). Posteriormente, Geelen et al. (2001) relataram que a alta ingestão de lipídeos na dieta diminui a síntese hepática de ácidos graxos por meio da redução da atividade da enzima acetyl-CoA carboxilase e da ácido graxo sintase, ao mesmo tempo que estimula o transporte de ácidos graxos pela membrana mitocondrial por aumento da atividade da carnitina palmitoiltransferase I e posterior oxidação de ácidos graxos pela citrato sintase, permitindo aumento da capacidade oxidativa dos músculos aeróbios.

Há outros fatores que também interferem na síntese de lipídeos pelo fígado como observado por Sanz et al. (2000) que verificaram que o uso de óleo de girassol na ração, comparado com uma gordura animal, determina menor deposição de lipídeos na carcaça devido à redução da lipogênese hepática, a partir da diminuição da atividade da sintase de ácidos graxos e aumento da β -oxidação pela maior atividade da carnitina palmitoiltransferase I.

De acordo com Myer et al. (1992), o método mais prático para manipulação da composição dos ácidos graxos nos produtos cárneos é via modificação da dieta alimentar.

Elevando os níveis de PUFAs na dieta de frangos, há um correspondente aumento no teor de EPA e DHA na carne. De acordo com Barlow e Pike (1991), existe relação linear entre o teor de DHA e EPA da dieta e seu teor na carcaça de frangos.

Ajuyah et al. (1991) compararam dietas com dois níveis (10 e 20%) de semente integral de canola (SC) ou semente integral de linhaça (SL) e a combinação de dois níveis (3,5 e 7%) de óleo de canola (OC) com farinha de canola (FC) ou de linhaça (FL) a 6,5% ou 13%, com um tratamento controle à base de milho e farelo de soja. As dietas foram isolipídicas. Observaram que o grupo controle apresentou maior deposição de ácidos graxos saturados do que os grupos alimentados com 20% de OC + FC e 20% de OC + FL. Os níveis de ácido araquidônico (C20:4 ω 6) foram menores nos grupos alimentados com SL que nos grupos controle, SC,

10% OC + FC, 20% OC + FL. A concentração tecidual de ácido alfa-linolênico (C18:3 ω 3) foi influenciada pela fonte lipídica e pelos níveis de sementes integrais, pois as aves alimentadas com 20% de SL possuíam maior quantidade desse ácido graxo que as alimentadas com a dieta-controle e com os outros tratamentos. Os altos níveis de FC, SL e OC aumentaram os níveis de ácido alfa-linolênico na carne branca. As aves alimentadas com 20% de SC e SL mostraram aumento na deposição de DPA e DHA, quando comparados com o grupo controle. O acúmulo tecidual do total de ácidos graxos ω 3 aumentou em proporção aos níveis de C18:3 ω 3 das dietas. As aves que receberam os tratamentos SL continham menos gordura que as alimentadas com SC, e tal fato pode indicar inibição da lipogênese devido aos níveis elevados de C18:3 ω 3 da SL.

Olomu e Baracos (1991) verificaram que as dietas com óleo de linhaça provocaram um decréscimo na quantidade de ácidos graxos saturados e monoinsaturados (principalmente C18:1) do músculo e um acréscimo no teor de ácidos graxos ω 3, com o aumento da duração do período de consumo do óleo de linhaça. A deposição dos ácidos graxos ω 3, C20:5 ω 3 (EPA), C22:5 ω 3 (DPA) e C22:6 ω 3 (DHA), ocorreu de acordo com níveis crescentes de óleo de linhaça nas rações. Houve redução da deposição de PUFAs da série ω 6 (C20:2 ω 6, C20:3 ω 6, C20:4 ω 6, C22:4 ω 6 e C22:5 ω 6) no músculo Sartorius, quando alimentados com dieta com óleo de linhaça. Provavelmente houve inibição da dessaturação do ácido linoléico (C18:2 ω 6) a araquidônico (C20:4 ω 6), devido à competição com o ácido alfa-linolênico (C18:3 ω 3) pela enzima Δ -6 dessaturase.

Chanmugam et al. (1992) verificaram que o teor de ácidos graxos ω 3 na coxa de frangos de corte pode ser aumentado pela suplementação das dietas com óleo de linhaça ou de menhaden. A relação ω 3: ω 6 na coxa foi maior nas aves alimentadas com óleo de linhaça, seguido pelo óleo de menhaden. E Ajuyah et al. (1993) verificaram que aves submetidas a dietas com semente de linhaça integral (15%) e antioxidantes (tocoferóis e

cataxantinas) apresentaram níveis elevados de C18:3 ω 3, C20:5 ω 3, C22:5 ω 3, C22:6 ω 3, níveis reduzidos de ácidos graxos saturados totais e diminuição da relação ω 6: ω 3 nos tecidos, comparados com dieta à base de milho e soja. A relação ω 6: ω 3 encontrada nos lipídeos da carne branca foi de 6,4:1 para o grupo-controle e de 1,3:1 a 1,5:1 na dieta teste.

Scaife et al. (1994) verificando influência da suplementação (50 g/kg ou seja 5%) de diferentes fontes lipídicas (sebo bovino, óleo de soja, óleo de colza, óleo de pescado e misturas destes óleos) sobre a concentração de lipídeos e composição de ácidos graxos da gordura abdominal, fígado e musculatura de peito, observaram que as proporções de C18:2 ω 6 e C20:4 ω 6 aumentaram significativamente nas aves alimentadas com óleo de soja, enquanto os teores de C18:1 ω 9 e C20:5 ω 3 reduziram. A inclusão de óleo de colza propiciou aumento nos níveis de C18:1 ω 9 e de C18:3 ω 3 e decréscimo nas concentrações de C16:0 e C20:5 ω 3. A relação ω 6: ω 3 foi aumentada pela inclusão de óleo de soja e reduzida pelo uso de óleo de pescado. Observou-se alta correlação entre C18:2 ω 6 da dieta e C20:4 ω 6 no tecido, sugerindo interconversão pela delta 6 dessaturase neste tecido. As concentrações teciduais de C18:1 ω 9, C18:2 ω 6, C20:1 ω 9, C20:5 ω 3, C22:5 ω 3 e C22:6 ω 3 foram correlacionadas com a composição de ácidos graxos da dieta.

Cherian et al. (1996) verificaram que dietas suplementadas com óleo de menhaden e linhaça determinam deposição de C20:5 ω 3 e C22:6 ω 3 e uma concomitante redução de C20:4 ω 6 no fígado, ovos, carne branca e vermelha. Por outro lado, dietas com óleo de girassol apresentaram deposição de C18:2 ω 6 e C20:4 ω 6 em todos os tecidos.

An et al. (1997) relataram que o teor de colesterol livre e triglicerídeos no fígado foi significativamente reduzido nas aves alimentadas com dieta que continham ácidos graxos ω 3 (óleo de linhaça ou de peixe). Níveis séricos de triglicerídeos também foram reduzidos pela adição de óleo de linhaça. Com o aumento nos níveis de óleo de linhaça, os valores de

ácidos graxos C18:2 ω 6 e C20:4 ω 6 nos lipídeos teciduais foram reduzidos e os níveis de C18:3 ω 3 e C20:5 ω 3 foram elevados. As concentrações de ácidos graxos ω 3 (C20:5 ω 3 e C22:6 ω 3) nas aves alimentadas com óleo de peixe + óleo de linhaça foram significativamente aumentadas, se comparadas com dieta que continha somente óleo de linhaça.

2.5 Desempenho reprodutivo animal

A quantidade e o tipo de ácidos graxos presentes na dieta têm efeito marcante no metabolismo lipídico das aves (Briz, 1997; Klasing, 1998) e, os órgãos reprodutivos masculinos são influenciados pelos níveis de ácidos graxos essenciais da dieta (Leathem, 1970).

Os espermatozóides contêm 6 a 7% do peso seco da célula em lipídeos e os fosfolipídeos são 60% do total de lipídeos (Howarth et al., 1977, Howarth, 1981b *apud* Lake (1984)). Os lipídeos e glicoproteínas complexos podem ser demonstrados ao redor dos espermatozóides, e sua presença no acrossoma pode estar relacionada à penetração do espermatozóides no gameta feminino (Hafez, 1995). Os fosfolipídeos são as principais fontes de substrato energético para os espermatozóides. Assim, a capacidade de o espermatozóide biossintetizar estes lipídeos, a partir de substratos externos, deve elevar sua habilidade de sobrevivência no trato reprodutivo do macho e da fêmea (Scott, 1973).

Durante a fase terminal da espermatogênese, o espermatozóide torna-se uma célula com capacidade metabólica simples. A entrada de nutrientes é limitada pela permeabilidade da membrana, sendo permeáveis as hexoses (glicose e frutose) e ácidos 3C e 4C (lactato, piruvato e/ou β -hidroxibutirato) que irão participar do ciclo glicolítico e tricarboxílico para gerar ATP e produtos finais ácidos (lactato) e gasosos (CO₂). Quando o oxigênio está presente, o metabolismo mitocondrial gera a maioria do ATP celular; neste caso as reservas endógenas, provavelmente lipídeos, podem ser usadas. Quando o oxigênio não está disponível, o espermatozóide pode utilizar substratos glicolíticos para produzir ATP e produtos finais ácidos; as

reservas endógenas não podem ser usadas. A motilidade do espermatozóides consome grande fração de ATP (Hammerstedt, 1993).

Os fosfolipídeos presentes nos espermatozóides fazem parte do complexo lipoprotéico da membrana celular (Scott, 1973) e são caracterizados por conterem maior proporção de PUFAs quando comparado aos encontrados nos triglicerídeos dos depósitos de gordura (NRC, 1994). Por outro lado, os fosfolipídeos e ésteres de colesterol que contêm uma alta proporção de ácidos graxos saturados tendem a ser mais rígidos ou menos fluidos que os componentes semelhantes que possuem elevadas proporções de PUFAs, pois uma das suas funções é fornecer lipídeos que sejam fluidos à temperatura corporal (McDowell, 1989).

As alterações que ocorrem no perfil de lipídeos do espermatozóides durante o período de maturação no epidídimo podem influenciar na estrutura e funções da membrana celular. O modo pelo qual estas diferenças na composição dos lipídeos influenciam a longevidade e a capacidade de fertilização de espermatozóides maduros é incerta, mas reflete na reorganização da membrana (Scott, 1973).

Kelso et al. (1996), avaliando a composição de lipídeos presentes nos espermatozóides e sua capacidade antioxidante de reprodutores pesados no início (25 semanas de idade) e no final (60 semanas de idade) do período reprodutivo encontraram redução significativa na concentração de espermatozóides e um aumento na concentração de lipídeos totais presentes nos espermatozóides e plasma seminal com a idade. Esta mudança na concentração de lipídeos totais foi caracterizada pela elevação nas proporções de fosfolipídeos, colesterol livre e ácidos graxos livres. Apesar do aumento nas concentrações de fosfolipídeos, houve redução em seu teor de PUFAs e acréscimo em ácidos graxos saturados. A redução no teor de poliinsaturados foi associada à diminuição da atividade da enzima antioxidante glutathione peroxidase. Sugeriram que as mudanças na composição de lipídeos pode ter ocorrido em razão de uma redução na capacidade enzimática dos testículos de sintetizar PUFAs, a partir de seus

precursores, ou de uma falha na incorporação destes PUFAs dentro das frações dos fosfolipídeos, durante a diferenciação dos espermatozóides.

Posteriormente, Kelso et al. (1997b) investigaram os efeitos da suplementação de ácido α -linolênico (18:3 ω 3) na dieta de reprodutores pesados, da linhagem Cobb e não encontraram influência no volume ou na concentração de espermatozóides entre a 24^a e a 72^a semana de idade, contudo houve queda na motilidade espermática do grupo-teste na 72^a semana de idade, associada com uma redução na relação de poliinsaturados:saturados dos fosfolipídeos de espermatozóides. Portanto, foi observado que a dieta suplementada com ácido α -linolênico induziu a um aumento na proporção de ácidos graxos saturados nos fosfolipídeos dos espermatozóides. Deste modo, o aumento na disponibilidade de ácidos graxos ω 3 inibiu a incorporação de ácidos graxos C20:4 ω 6 e C22:4 ω 6 nos fosfolipídeos sem, contudo, produzir um aumento correspondente de ácidos graxos C22:5 ω 3 e C22:6 ω 3. Assim, o déficit na incorporação de PUFAs foi preenchido por ácidos graxos saturados. A concentração de lipídeos totais presentes nos espermatozóides aumentou com a idade, para as aves de ambos os tratamentos, contudo houve diferença significativa entre os grupos na 72^a semana de idade (694 μ g no controle vs 556 μ g no grupo teste). Concluíram que, com a idade, ocorrem alterações nos parâmetros de qualidade de sêmen, como capacidade de fertilização e concentração espermática, sendo acompanhados por modificações na composição de lipídeos dos espermatozóides, principalmente, aumento na quantidade de lipídeos totais da célula, mais especificamente, colesterol e ácidos graxos livres; o perfil de ácidos graxos dos espermatozóides de ave exibe certa resistência quanto à sua manipulação e, portanto, difere filogeneticamente dos mamíferos apesar de discretas mudanças ocasionadas pela dieta; sugeriram que a conversão do DPA para DHA não ocorre neste sistema, uma vez que o produto final de alongamento e dessaturação do C18:2 ω 6 é o C22:4 ω 6 e não o C22:5 ω 6; a suplementação com ácido alfa-linolênico

conduziu a um aumento na fertilidade do sêmen (83 para 97%) na 39ª semana de idade. Esta mudança na fertilidade foi associada ao acréscimo na proporção de ácido docosapentanoico (precursor metabólico do DHA) nas 39ª e 54ª semanas de idade e com a redução na relação $\omega 6:\omega 3$ no sêmen durante o mesmo período.

Cerolini et al. (1997), estudando os componentes lipídicos presentes nos espermatozoides de galos, da linhagem Cobb, durante o período reprodutivo (24ª a 72ª semana de idade) fizeram mensuração da motilidade espermática, fertilidade (*in vivo*) e correlação entre os vários parâmetros. As proporções de C16:0, C18:0 e C18:1 ω 9 presentes nos fosfolípidos dos espermatozoides foram elevadas, em função da idade e os ácidos graxos C20:4 ω 6, C22:4 ω 6 e C22:6 ω 3 diminuíram. Correlações positivas foram encontradas entre fertilidade e total de fosfolípidos e fosfolípidos ligados a ácidos graxos C20:4 ω 6 e C22:4 ω 6. A motilidade espermática foi positivamente correlacionada com a proporção de fosfolípidos e com o teor em C22:4 ω 6 e C22:6 ω 3, porém negativamente com a quantidade de colesterol livre e ácidos graxos C16:0, C18:0 e C18:1 ω 9.

Blesbois et al. (1997a), avaliando o efeito da dieta lipídica na composição de ácidos graxos de espermatozoides e na capacidade de fertilização do sêmen de reprodutores pesados, alimentaram-nos com duas dietas que continha cada uma 5% de óleo de salmão e 5% de óleo de milho. Independente da dieta, a composição de ácidos graxos dos espermatozoides mostrou quantidades abundantes de 20:4 ω 6 (5-9%) e 22:4 ω 6 (15-21%). Esses ácidos graxos essenciais não foram detectados nas dietas, portanto foram sintetizados a partir do 18:2 ω 6, que foi abundante na dieta (15-16%), mas baixo nos espermatozoides (2-3%). Apresentaram quantidade elevada de ácidos graxos saturados (39%). Houve influência da dieta no perfil de ácidos graxos dos espermatozoides, pois a proporção de ácidos graxos $\omega 3$ nos espermatozoides de animais alimentados com óleo de salmão foi maior (9,6% vs 4,3%) e o teor de

ácidos graxos $\omega 6$ foi menor (22,4 vs 33,3) quando comparados com os animais alimentados com óleo de milho. Conseqüentemente, a relação $\omega 6:\omega 3$ foi menor nos machos tratados com dieta de óleo de salmão (2,3% no espermatozóide e 2,8% no plasma seminal), comparado com a dieta com óleo de milho (7,6% no espermatozóide e 15,4% no plasma seminal). A dieta com óleo de salmão apresentou maior taxa de fertilidade (96%) que o óleo de milho (91,6%). Uma vez que as duas dietas foram isolipídicas, a diferença no padrão de fertilidade pode ter sido resultado da diferença na relação $\omega 6:\omega 3$ que foram encontradas tanto nos espermatozoides quanto no plasma seminal.

Kelso et al. (1997a), verificando os efeitos da suplementação de ácido docosahexanóico na composição de ácidos graxos dos espermatozoides utilizaram reprodutores pesados, divididos em 3 grupos: um grupo recebeu uma dieta controle com 3% de óleo de milho e os dois outros grupos foram alimentados com dietas com 3% de óleo de peixe, suplementadas com 40 e 160 mg de vitamina E/kg de ração. As dietas foram isolipídicas e apresentaram relação $\omega 6:\omega 3$ de 13,9 e de 0,9, respectivamente. A dieta com óleo de peixe induziu um aumento na proporção de ácidos graxos 18:1 $\omega 9$, 20:5 $\omega 3$, 22:5 $\omega 3$ 22:6 $\omega 3$ e uma redução nas proporções de 18:2 $\omega 6$, 20:4 $\omega 6$ e 22:4 $\omega 6$. Estas mudanças resultaram numa diminuição da relação $\omega 6:\omega 3$.

Blesbois et al. (1997b), avaliando o efeito da criopreservação e da dieta (óleo de milho e de salmão) sobre a fertilidade de espermatozoides de galos verificaram que o sêmen fresco dos animais alimentados com óleo de salmão apresentou maior taxa de fertilidade (96%) que os tratados com óleo de milho (91,6%). Entretanto, o sêmen, submetido à criopreservação, dos animais tratados com óleo de milho apresentou maior fertilidade (32%) que os tratados com óleo de salmão (8%).

2.6 Importância de antioxidantes na prevenção da peroxidação de lipídeos

A vitamina “E” compreende a classe de substâncias químicas derivadas do deidrocromanol, sintetizada pelos vegetais. Dependendo da posição dos grupos metil no anel, os tocoferóis são denominados alfa (α), beta (β), gama (γ) e sigma (δ). São encontrados em altas concentrações nos óleos vegetais e praticamente ausentes na gordura animal. Durante as várias etapas de refinamento de óleos vegetais ocorre redução no teor de tocoferóis (31 a 47% da quantidade original). O alfa-tocoferol é um antioxidante natural que protege caroteno e outros materiais oxidáveis, presentes no alimento e no organismo (McDowell, 1989). Entre os materiais oxidáveis no organismo incluem-se PUFAs presentes nos fosfolipídeos das membranas celulares e subcelulares (mitocondrial, endoplasmática e reticular) e as proteínas de membrana celular (Hoppe, 1988). No alimento, os principais fatores que influenciam a estabilidade das vitaminas são a umidade, presença de PUFAs, peróxidos e elementos traços. Um grama de PUFAs destrói 3 IU de vitamina “E” e 3.000 IU de vitamina A (Coelho, 199-).

O teor de alfa-tocoferol presente no tecido aumenta proporcionalmente com a ingestão na dieta, entretanto os níveis de PUFAs encontrados nos óleos insaturados como, óleo de fígado de bacalhau, óleo de milho, óleo de semente de girassol e óleo de linhaça aumentam o requerimento de vitamina “E” e se estes ácidos graxos se tornarem completamente oxidados antes da ingestão, o único dano é a destruição da vitamina “E” presente no óleo e no alimento que contém o óleo rancificado, mas, se o processo de rancificação oxidativa ocorrer no momento da ingestão do alimento, haverá destruição dos estoques de vitamina “E” corporal (Klasing, 1998).

Os PUFAs contêm a configuração de $-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-$ em que o hidrogênio no átomo de carbono central é facilmente abstraído, resultando na formação de um radical livre. Os elétrons no radical reajustam-se e são adicionados ao oxigênio, proveniente do metabolismo normal, para formar

um peróxido. Os peróxidos podem romper-se para formar dois radicais livres, resultando numa reação em cadeia autopropagadora. Os antioxidantes, como a vitamina “E”, atuam fornecendo hidrogênio para o radical livre, estabilizando-o. O antioxidante torna-se um radical livre, mas tem a propriedade de poder reajustar-se em um composto estável e, dessa maneira, interromper a reação de propagação (Swenson e Reece, 1996).

A peroxidação de lipídeos destrói a estrutura da matriz lipídica, resultando em instabilidade da membrana. Mesmo danos mínimos alteram a viscosidade da membrana (Ohyashiki et al., 1988 *apud* Hammerstedt, 1993) e estimula a atividade da fosfolipase A₂ (Sevanian et al., 1988 *apud* Hammerstedt, 1993). Uma vez que o espermatozóide não pode realizar reparos, qualquer alteração irreversível altera a função do espermatozóide (Hammerstedt, 1993).

Nssen e Kreysel (1983) avaliaram, em sêmen humano, a relação entre PUFA's e motilidade do espermatozóides e observaram correlação linear significativa entre a quantidade de DHA ($\mu\text{g/ml}$ do ejaculado) e a concentração de espermatozóides ($10^6/\text{ml}$) e entre o teor de DHA ($\mu\text{g/ml}$ do ejaculado) e o número de espermatozóides normais móveis (10^6 espermatozóides/ml). Observaram que os espermatozóides que apresentaram baixa motilidade mostraram maior taxa de peroxidação de lipídeos endógenos, obtido a partir da produção de malonaldeído ($\text{nmol}/10^8$ espermatozóides). E Alvarez e Storey (1984) relataram que a porcentagem de espermatozóides imóveis aumentou linearmente com a produção de malonaldeído, que é produto de reações oxidativas e toda a atividade flagelar dos espermatozóides cessou quando o nível de malonaldeído alcançou $0,80 \text{ nmol}/10^8$ de células. Wishart (1984) verificou associação entre altas concentrações de malonaldeído e perda parcial ou total da capacidade de fertilização, mensurada a partir da porcentagem de ovos férteis. E houve aumento no número de espermatozóides anormais (defeitos de acrossoma) com a elevação dos níveis de malonaldeído (Slaweta et al., 1988). Anteriormente, Fujihara e Howarth (1978) *apud* Lake

(1984) observaram, em galos, uma redução de motilidade espermática associada à peroxidação de PUFA's de fosfolipídeos quando submetidos a temperaturas de 0°C, 40°C e 41°C durante 24 horas em meio aeróbio *in vitro*.

Leat et al (1983) avaliaram o efeito da suplementação com ácido linoléico e alfa-linolênico no desenvolvimento testicular de ratos e observaram desenvolvimento normal de testículos e capacidade de fertilização nos animais submetidos à dieta com ácido graxo linoléico. Porém, nos animais alimentados com dieta com ácido graxo alfa-linolênico houve redução no tamanho de testículos, degeneração de túbulos seminíferos, perda progressiva de células germinativas e ausência de espermatozoides no lúmen dos túbulos seminíferos e epidídimo.

Siegel et al (1986) observaram inibição da motilidade espermática e aglutinação de espermatozoides quando houve a adição de ácidos graxos livres ao sêmen. De acordo com estes autores, o ácido oléico é menos tóxico que o linoléico e o ácido alfa-linolênico é mais tóxico que o linoléico.

Posteriormente, Aitken (1994) citou que os espermatozoides são altamente dependentes das propriedades antioxidantes do plasma seminal, pois possuem capacidade limitada de resistir ao estresse oxidativo.

Ibrahim et al. (1997), comparando animais com e sem suplementação de vitamina "E", observaram que os não-suplementados apresentaram maiores índices de peroxidação (TBARS) quando submetidos à dieta com óleo de peixe, mas o mesmo não ocorreu com a gordura de porco. Além disso, verificaram menores concentrações de alfa-tocoferol e da enzima superóxido dismutase no fígado de ratos tratados com óleo de peixe e vitamina "E", comparados àqueles com gordura de porco e vitamina "E". Concluíram que dietas com óleo de peixe são pro-oxidantes, porém a vitamina "E" protege contra danos peroxidativos.

Cherian e Sim (1997) observaram que entre os grupos de pintinhos recém-eclodidos que foram suplementados com vitamina "E", os que apresentaram menor taxa de incorporação nos tecidos foram aqueles

oriundos de galinhas alimentadas com óleo de peixe, comparados a outros óleos (palma, linhaça e girassol).

De acordo com Marin-Guzman et al. (1997), animais tratados com dietas não-suplementadas com vitamina “E” apresentaram redução na motilidade espermática, aumento na percentagem de espermatozoides com defeito de cauda e, conseqüentemente, menor taxa de fertilização. A atividade da glutathiona peroxidase e a concentração de alfa-tocoferol foram elevadas quando houve suplementação de vitamina “E”.

Surai et al. (1997) verificaram o efeito da suplementação com α -tocoferol (0, 20, 200 e 1000 mg α -tocoferol/kg) sobre a composição de lipídeos e suscetibilidade à peroxidação em sêmen de galos. A concentração de α -tocoferol no sêmen foi aproximadamente duas vezes maior na suplementação com 200 mg, comparado com 20 mg de α -tocoferol (1043ng/ml vs 535ng/ml), entretanto 1000 mg de α -tocoferol não diferiu significativamente de 200mg demonstrando que provavelmente houve saturação do meio. De acordo com Parker (1992) *apud* Surai et al. (1997), a concentração máxima de α -tocoferol que pode ser alojado nas membranas celulares é geralmente muito baixa. Há, portanto, uma limitação biológica em aumentar a concentração de α -tocoferol no espermatozoide. A suplementação de α -tocoferol na dieta resultou em aumento nas proporções de PUFA nos espermatozoides, principalmente de 20:4 ω 6 e 22:4 ω 6 devido à redução na suscetibilidade do sêmen à peroxidação de lipídeos.

Lii et al. (1998) observaram que a suplementação de vitamina “E” (0, 100 e 1500 ppm) conduziu ao aumento nos níveis plasmáticos de alfa-tocoferol e o índice de peroxidação de lipídeos foi significativamente maior nos ratos tratados com dieta sem vitamina “E”. A suplementação de vitamina “E” determinou aumento na atividade da GSH redutase e da superóxido dismutase hepática.

Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração e sua concentração na carne de coxa e de peito de galos

Resumo - Foram utilizados 240 reprodutores da linhagem White Leghorn, com 30 semanas de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 5 X 2, sendo cinco fontes de óleo (girassol, soja, canola, linhaça e peixe) e dois níveis de antioxidantes (30 e 400 mg de vitamina E/kg). Objetivou-se com este estudo avaliar a inclusão de fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração sobre a concentração de lipídeos totais, colesterol, vitamina “E” e composição de ácidos graxos na carne de coxa e de peito de galos. O consumo de óleo de peixe e de canola na ração reduziu ($P < 0,05$) o teor de lipídeos totais, colesterol, ácidos graxos saturados, poliinsaturados e insaturados na carne de coxa. Entre os insaturados presentes na coxa, os óleos de peixe e de canola reduziram ($P < 0,05$) o teor de ácidos graxos $\omega 6$ especificamente de C18:2 $\omega 6$ e C20:4 $\omega 6$, com conseqüente diminuição na relação $\omega 6:\omega 3$ na coxa. Especificamente, a ração com óleo de peixe aumentou ($P < 0,05$) o teor de C22:6 $\omega 3$ na coxa. A ingestão de ração com óleo de linhaça resultou em aumento ($P < 0,05$) na deposição de lipídeos totais, ácidos graxos saturados, poliinsaturados e insaturados na carne de coxa. Entre os ácidos graxos insaturados presentes na coxa, o uso de óleo de linhaça resultou em maior teor ($P < 0,05$) total de ácidos graxos $\omega 3$ como de C18:3 $\omega 3$ e C20:5 $\omega 3$ e redução significativa de C18:2 $\omega 6$ e da relação $\omega 6:\omega 3$. O consumo de óleo de soja na ração induziu ao aumento ($P < 0,05$) no teor de lipídeos totais, colesterol, gordura saturada, poliinsaturada e insaturada na coxa. Entre os ácidos graxos insaturados contidos na carne de coxa, o uso de óleo de soja e de girassol resultou em maior ($P < 0,05$) teor total de ácidos graxos $\omega 6$, principalmente de C18:2 $\omega 6$, em ambos os casos e de C20:4 $\omega 6$, especificamente para ração com óleo de girassol. Ambos os óleos reduziram significativamente o teor de ácidos graxos $\omega 3$ na

carne de coxa. Verificou-se maior teor de vitamina "E" na carne de coxa dos animais alimentados com óleo de canola comparado com óleo de peixe.

Palavras-chave: galos, carcaça, ácidos graxos e vitamina "E"

Oil sources and vitamin "E" levels in the diet and your concentration in thigh and chest meat of roosters

Abstract – Two hundred and forty White Leghorn roosters, at 30 weeks of age, were housed in individual cages and distributed in a completely randomized factorial design of 5 X 2, with five oil sources (sunflower, soy, canola, linseed and fish) and two levels of antioxidants (30 and 400 mg of vitamin E/kg). The objective of this study was to evaluate the inclusion of oil sources and dietary supplementation of the vitamin E on the concentration of total lipids, cholesterol, vitamin E and composition of fatty acids in thigh and chest meat of roosters. The intake of fish and canola oil in the diet reduced ($P < 0.05$) the total lipids content, cholesterol, saturated, polyunsaturated and unsaturated fatty acids in thigh meat. Among the unsaturated fatty acids in the thigh, the fish and canola oil reduced ($P < 0.05$) the level of ω_6 fatty acids specifically of C18:2 ω_6 and C20:4 ω_6 , with consequent decrease in the ω_6 : ω_3 ratio in the thigh. The diet with fish oil increased ($P < 0.05$) the content of C22:6 ω_3 in the thigh. The intake of linseed oil resulted in increase ($P < 0.05$) in the total lipids deposition, saturated, polyunsaturated and unsaturated fatty acids in thigh meat. Among the unsaturated fatty acids in the thigh, the use of linseed oil resulted in larger total content ($P < 0.05$) of fatty acids ω_3 as C18:3 ω_3 and C20:5 ω_3 and significant reduction of C18:2 ω_6 and of the ratio of ω_6 : ω_3 fatty acids. The use of soy oil in the diet increased ($P < 0.05$) the total lipids, cholesterol, saturated, polyunsaturated and unsaturated fatty acids content in the thigh. Among the unsaturated fatty acids contained in thigh meat, the use of soy and sunflower oil resulted in higher ($P < 0.05$) total content of ω_6 fatty acids, mainly of C18:2 ω_6 , in both oils and of C20:4 ω_6 , specifically for diet with

sunflower oil. Both oils reduced the level of $\omega 3$ fatty acids significantly in thigh meat. Vitamin E level was larger in the thigh meat of the animals fed with canola oil than with fish oil.

Keywords: roosters, carcasses, vitamin E, fatty acids

INTRODUÇÃO

A maior parte da energia da dieta que é consumida em excesso, com relação à necessidade imediata, é armazenada como triglicerídeos. Os tipos de ácidos graxos esterificados presentes nos triglicerídeos e fosfolípidos, são extremamente variáveis. Influências genéticas e ambientais podem ser responsáveis por alguma variabilidade, mas os principais fatores de variação decorrem da nutrição, estando relacionados principalmente com a lipogênese hepática versus a quantidade e o tipo de lípidos consumidos na dieta.

A síntese endógena de gordura feita pela ave alimentada com ração isenta de lípidos é caracterizada principalmente pelos ácidos graxos palmítico (C16:0) e oléico (C18:1), com quantidades menores de ácidos palmitoléico (C16:1) e esteárico (C18:0). Quando lípidos são adicionados à ração, os ácidos graxos presentes nesta dieta podem ser depositados, diluindo os sintetizados endogenamente. Três parâmetros determinam a extensão da relação entre os tipos de ácidos graxos depositados na carcaça com os presentes na dieta: 1) oxidação ou esterificação de alguns tipos de ácidos graxos com fins de armazenamento; 2) modificação dos ácidos graxos da dieta por meio da elongação e/ou dessaturação e 3) quantidade de ácidos graxos da dieta em relação à quantidade sintetizada pela via *de novo* (Blem, 1976; Bartov, 1979; Walzem, 1996 *apud* Klasing, 1998). Cada vez mais estão presentes no mercado alimentos conhecidos como nutracêuticos, que contêm nutrientes ou substâncias que podem prevenir e/ou tratar certas enfermidades. Por seu potencial de crescimento no mercado e maior valor agregado, a indústria de alimentos tem

encontrado estímulos para desenvolver alimentos enriquecidos com componentes que tenham estas propriedades. Entre os produtos nutracêuticos mais recentes no mercado estão os alimentos enriquecidos com ácidos graxos poliinsaturados ômega 3.

De acordo com Myer et al. (1992), o método mais prático para manipulação da composição dos ácidos graxos nos produtos cárneos é via modificação da dieta alimentar. Assim, pode-se aumentar o teor de ácidos graxos ômega 3 no animal e, conseqüentemente, elevar o consumo destes ácidos graxos na alimentação humana, a partir de outras fontes que não seja o peixe. Portanto, a carne de frango pode tornar-se uma excelente fonte alternativa de ácido graxos ômega 3. Em associação com as recomendações para o aumento do consumo de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3, ênfase especial é dada à importância do consumo de mais antioxidantes, com o objetivo de evitar peroxidação de lipídeos.

Objetivou-se com este estudo avaliar a inclusão de fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina "E" na ração sobre a concentração de lipídeos totais, colesterol, vitamina "E" e composição de ácidos graxos na carne de coxa e de peito de galos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, município de Viçosa, Minas Gerais, no período de 22 de janeiro a 25 de junho de 1999. As análises laboratoriais foram realizadas no Centro de Química de Alimentos e Nutrição Aplicada do ITAL, em Campinas, SP.

Foram utilizados 240 reprodutores da linhagem White Leghorn, com 30 semanas de idade, alojados em gaiolas metálicas individuais, com fotoperíodo diário de 16 horas de luz. Os galos foram distribuídos num delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 5 X 2, com cinco

fontes de óleo (girassol, soja, canola, linhaça e peixe) e duas concentrações de antioxidantes (30 e 400 mg de vitamina E/kg). Foram adicionados 6% de óleo (total da composição da ração), independentemente da fonte utilizada, e as rações experimentais tiveram em média 8% de lipídeos totais (isolipídicas), originando-se todas de uma mesma ração à base de milho e farelo de soja. Sua composição centesimal foi baseada nas exigências nutricionais segundo Nutrient (1994) e Leeson (1996) e se encontra na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição centesimal da ração experimental

INGREDIENTES	QUANTIDADE (kg)
Milho	70,181
Farelo de soja	16,176
Fosfato bicálcico	1,934
Calcário	1,256
Óleo	6,000
Sal	0,379
BHT	0,010
Cloreto de colina	0,040
DL-metionina	0,122
Suplemento vitamínico ²	0,100
Suplemento mineral ³	0,050
Inerte (Ca ulin)	3,752
Total	100,00
Composição calculada	
Matéria Seca (%)	89,204
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.300
Proteína Bruta (%)	13,00
Cálcio (%)	1,00
Fósforo disponível (%)	0,450
Gordura (%)	8,430
Metionina (%)	0,340
Metionina+ cistina (%)	0,572
Lisina (%)	0,600

^{1/} Óleos de soja, de girassol, de canola, de linhaça e de peixe foram adicionados na mesma proporção, sendo considerado o nível calórico único de 8.800 kcal/kg.

^{2/} Suplemento vitamínico (conteúdo/kg): vit. A, 15.000 UI; vit. D₃, 2.000 UI; vit. K₃, 3 mg; vit. B₁, 3 mg vit. B₂, 5 mg; vit. B₆, 5 mg; vit. B₁₂, 20 µg; ácido nicotínico, 25 mg; ácido fólico, 2 mg, ácido pantotênico, 8 mg; biotina, 100 µg, selênio, 0,1 mg; e veículo q.s.p. - 1000 g. Este suplemento vitamínico foi baseado nos níveis utilizados pela ROCHE (Rovimix- aves reprodução), variando apenas no nível de vitamina "E" (30, 200 e 400 mg/kg). Os níveis de 30 e 200 mg de vitamina "E" foram obtidos a partir de misturas de suplementos vitamínicos com 0 e 400 mg de vitamina E/kg. As vitaminas foram cedidas pela Basf Nutrição Animal.

^{3/} Suplemento mineral (conteúdo/kg): ferro, 80 mg, cobre, 10 mg, cobalto, 2 mg, manganês, 80 mg, zinco, 50 mg, iodo, 1 mg, q.s.p. - 500 g.

Os lipídeos presentes nos óleos e rações foram extraídos pela técnica de Folch et al. (1957) e a composição de ácidos graxos presentes nos óleos e rações foi determinada por cromatografia gasosa segundo Firestone (1998). As amostras foram transmetiladas com base na metodologia de Hartman e Lago (1973), que consiste de saponificação e conversão dos ácidos graxos em ésteres metílicos. Foi utilizado um cromatógrafo gasoso (Pye Unicam PU 4550, Philips), equipado com detector por ionização em chama, injetor split vazão de 100:1; coluna capilar de sílica fundida, 50 m de comprimento x 0,25 mm de diâmetro interno, com 0,2 µm de polietileno glicol (CP-Sil 88, Chrompack WCOT, Holanda), acoplado a um software (Borwin, JMBS Developments). As condições cromatográficas foram: temperatura da coluna, 180°C (isotérmica); gás de arraste, hidrogênio numa vazão de 2,0 ml/min e temperatura do detector de 300°C e do injetor de 270°C.

A identificação dos ácidos graxos foi feita por comparação dos tempos de retenção dos padrões de ésteres metílicos com os da amostra, e a quantificação feita por normalização.

A metodologia utilizada para determinação do conteúdo de vitamina “E” nas diversas fontes de óleo e rações experimentais foi proposta por Brubacher et al. (1985).

As temperaturas e umidades relativas no galpão experimental foram registradas cinco vezes ao dia, por meio de termômetros de bulbo seco e úmido e de globo negro. As médias das temperaturas e umidade relativa do ar foram registradas na parte interior e central do galpão durante o período experimental. Posteriormente, foi calculado o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), que se encontra na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros ambientais médios observadas na instalação avícola durante o período experimental

PARÂMETROS	MÉDIA
Umidade relativa do ar (%)	74,76
Temperatura de globo negro (°C)	25,81
Temperatura de bulbo seco (°C)	23,64
Temperatura de bulbo úmido (°C)	20,46
Índice de temperatura e umidade (ITU)	72,36
Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU)	73,92

Na 54ª semana de idade, os animais foram sacrificados, sendo retiradas 4 aves/tratamento para coleta de tecidos, totalizando 40 amostras de peito e de coxa, que foram analisadas quanto à composição tecidual em ácidos graxos, colesterol e lipídeos totais. Com relação ao teor de vitamina “E”, depositado na carcaça, foram coletadas amostras somente dos animais alimentados com óleo de peixe e canola, suplementados com 400 mg de vitamina E/kg de ração, totalizando oito amostras das quais quatro para cada fonte de óleo. Os peitos e as coxas foram colocados em sacos plásticos e armazenados a uma temperatura de -20°C.

Separados os peitos e as coxas, suas peles foram removidas, bem como toda gordura visível e todo o tecido conectivo. A carne foi moída em processador até ficar com consistência pastosa e as amostras foram novamente congeladas a -20°C para serem utilizadas posteriormente na determinação do perfil de ácidos graxos.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises dos parâmetros avaliados foram realizadas com utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, versão 7.0), desenvolvido pela UFV (1997). Foi utilizado o teste SNK para comparação de médias entre as fontes de óleo, com nível de significância de 5% e análise de regressão para os níveis de antioxidantes usados.

Modelo estatístico

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + N_j + FN_{ij} + e_{ijk} \text{ onde,}$$

Y_{ijk} = observação k do nível j da fonte i;

μ = média geral do experimento

F_i = efeito das fontes lipídicas i, (i=1,...,5)

N_j = efeito da suplementação de antioxidante (j = 30 e 400)

FN_{ij} = efeito da interação fonte lipídica i e nível de antioxidante j

e_{ijk} = erro aleatório associado às observações

Quando houve interação ($P < 0,05$) foi determinado o efeito da fonte de óleo e do nível de antioxidante dentro de cada fonte.

Modelo estatístico

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + N/F_{(ij)} + e_{ijk} \text{ onde,}$$

Y_{ijk} = observação k do nível j da fonte i;

μ = média geral do experimento

F_i = efeito das fontes lipídicas i, (i=1,...,5)

$N/F_{(ij)}$ = efeito do nível de antioxidante j dentro de cada fonte i, (j = 30 e 400)

e_{ijk} = erro aleatório associado às observações

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfil de ácidos graxos e teor de vitamina “E”, encontrados nos óleos e rações experimentais

Os principais ácidos graxos encontrados nos óleos e nas rações podem ser observados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. O perfil de ácidos graxos das rações refletiu a composição de seus principais ingredientes, milho e farelo de soja. Pequenas diferenças na concentração de C18:1 ω 9 e C18:2 ω 6 entre os óleos e as respectivas rações foram provenientes do milho moído e do farelo de soja. O total de ácidos graxos monoinsaturados nos óleos e rações refletiu a concentração de C18:1 ω 9.

A composição do óleo de soja revelou 59,9% de ácidos graxos poliinsaturados e, deste total, 54,8% foram compostos por ácido graxo

linoléico. Apesar de apresentar quase a mesma quantidade de PUFA que o óleo de linhaça, que foi de 61,4%, a diferença entre estas duas fontes de óleo se deu por valores distintos de ácido alfa-linolênico. Com relação à ração com óleo de soja foi verificado menor valor percentual de ácidos graxos ômega 3 quando comparado aos óleos de canola, linhaça e peixe, resultando numa relação $\omega 6:\omega 3$ de 12,31. Seu teor de lipídeos insaturados:saturados foi menor que nas demais que continham outras fontes de óleos vegetais (girassol, canola e linhaça), indicando possivelmente uma maior estabilidade oxidativa, uma vez que a gordura saturada é mais estável que a insaturada.

O óleo de girassol apresentou o maior teor de ácidos graxos poliinsaturados (68,4%), dentre as fontes testadas, e a ração com óleo de girassol apresentou maior relação $\omega 6:\omega 3$.

Tabela 3 - Perfil de ácidos graxos encontrados nos óleos adicionados às rações experimentais (%)

ÁCIDOS GRAXOS (%)	ÓLEOS				
	SOJA	GIRASSOL	CANOLA	PEIXE	LINHAÇA
C14:0 (Ac. mirístico)	ND	ND	ND	1,0	0,3
C15:0 (Ác. pentadec anóico)	ND	ND	ND	0,1	ND
C16:0 (Ac. palmítico)	11,6	6,1	5,1	13,1	8,2
C16:1 ω 7 (Ác. palmitoléico)	0,1	0,1	0,2	1,5	0,3
C17:0 (Ac. margárico)	ND	ND	ND	ND	0,1
C18:0 (Ac. esteárico)	3,8	3,5	2,6	4,1	6,0
C18:1 ω 9 (Ac. oléico)	24,2	21,9	64,1	27,7	23,2
C18:2 ω 6 (Ac. linoléico)	54,8	68,3	19,4	44,0	21,1
C18:3 ω 3 α (Ac. alfa-linolênico)	4,5	0,1	6,1	5,1	39,9
C18:3 ω 6 γ (Ác gama -linolênico)	0,6	ND	1,2	0,2	ND
C18:4 (Ác. octadecatetraenóico)	ND	ND	ND	0,2	ND
C20:0 (Ác. Araquídico)	0,2	ND	0,2	0,2	0,2
C20:1 ω 11 (Ác. eicosanóico)	0,2	ND	1,1	ND	ND
C20:4 ω 6 (Ac. Araquidônico)	ND	ND	ND	ND	0,4
C20:5 ω 3 (EPA)	ND	ND	ND	1,6	ND
C22:6 ω 3 (DHA)	ND	ND	ND	1,2	ND
NI	----	----	----	----	0,3
Saturados	15,6	9,6	7,9	18,5	14,8
Monoinsaturados	24,5	22,0	65,4	29,2	23,5
Poliinsaturados	59,9	68,4	26,7	52,3	61,4
Ômega 6	55,4	68,3	20,6	44,2	21,5
Ômega 3	4,5	0,1	6,1	7,9	39,9
Ômega 6:Ômega 3	12,31	683,00	3,37	5,59	0,54
Insaturados:Saturados (I:S)	5,41	9,42	11,66	4,40	5,74

ND = não detectado

NI = não identificado

O óleo de canola apresentou teor de ácidos graxos mono e poliinsaturados de 65,4 e 26,7%, respectivamente, num total de 92,1% de gordura insaturada e 7,9% de gordura saturada que resultou na relação de lipídeos insaturados:saturados de 11,66 (Tabela 4). De acordo com Lopez-Bote et al. (1997), a inclusão de ácidos graxos monoinsaturados nas rações pode reduzir o grau de saturação da gordura animal, sem os efeitos negativos da oxidação de lipídeos e características odoríferas indesejáveis, causados por fontes ricas em PUFA's.

Tabela 4 - Perfil de ácidos graxos encontrados nas rações experimentais (%)

ACIDOS GRAXOS (%)	RAÇÕES COM ÓLEO DE				
	SOJA	GIRASSOL	CANOLA	PEIXE	LINHAÇA
C14:0 (Ac. mirístico)	0,1	ND	ND	0,7	0,1
C15:0 (Ác. pentadecanóico)	ND	ND	ND	0,1	ND
C16:0 (Ac. palmítico)	12,5	7,3	8,0	13,4	8,3
C16:1 ω 7 (Ác. palmitoléico)	0,1	ND	ND	1,1	0,1
C18:0 (Ac. esteárico)	3,4	2,9	2,5	3,3	4,3
C18:1 ω 9 (Ac. oléico)	27,9	26,2	55,0	29,7	26,3
C18:2 ω 6 (Ac. linoléico)	51,9	63,1	29,1	46,0	28,6
C18:3 ω 3 α (Ác. alfa-linolênico)	3,8	0,5	4,5	4,0	32,3
C18:3 ω 6 γ (Ác.gama-linolênico)	ND	ND	0,7	0,1	ND
C18:4(Ac.octadecatetraenóico)	ND	ND	ND	0,1	ND
C20:0 (Ác. araquídico)	0,2	ND	ND	ND	ND
C20:1 ω 11 (Ác. eicosanóico)	0,1	ND	0,2	ND	ND
C20:5 ω 3 (EPA)	ND	ND	ND	0,8	ND
C22:6 ω 3 (DHA)	ND	ND	ND	0,7	ND
Saturados	16,2	10,2	10,5	17,5	12,7
Monoinsaturados	28,1	26,2	55,2	30,8	26,4
Poliinsaturados	55,7	63,6	34,3	51,7	60,9
Ômega 6	51,9	63,1	29,8	46,1	28,6
Ômega 3	3,8	0,5	4,5	5,5	32,3
Ômega 6:Ômega 3	13,6	126,2	6,62	8,38	0,88
Insaturados:Saturados (I:S)	5,17	8,80	8,52	4,71	6,87

ND = não detectado

O óleo de peixe apresentou cerca de 52,3% de ácidos graxos poliinsaturados, dos quais 7,9% foram representados pelo ácido graxo alfa-linolênico e derivados, eicosapentanóico (C20:5 ω 3) e docosahexanóico (C22:6 ω 3). O óleo de peixe e a respectiva ração foram os únicos a apresentar ácidos graxos EPA e DHA entre os demais, contudo suas

quantidades foram pequenas quando comparadas com outras fontes de óleo de peixe (Briz, 1997). Aliado a isso, foi verificado elevado teor de ácido graxo linoléico (C18:2 ω 6), normalmente não-observado, exceto, no óleo de soja e girassol, o que pode pressupor uma mistura prévia do óleo de peixe com o de soja ou girassol pelo fornecedor. Apesar disso, a ração com óleo de peixe apresentou valor intermediário entre as rações acrescidas de óleo de girassol e de linhaça, na relação ω 6: ω 3 (8,38), podendo proporcionar balanço adequado de ω 6: ω 3 no metabolismo animal.

As rações com óleo de peixe e óleo de canola tiveram teor similar de C18:3 ω 3, contudo a relação ω 6: ω 3 foi maior na ração com óleo de peixe do que com o de canola, devido à maior quantidade de ômega 6 apresentada pelo óleo de peixe. Por outro lado, a ração com óleo de canola foi caracterizada pela elevada quantidade de C18:1 ω 9, o que resultou em maior relação de lipídeos insaturados:saturados comparada com a ração com óleo de peixe, cuja estabilidade oxidativa é menor que as fontes de óleo de origem vegetal (Briz, 1997). O óleo de peixe é muito insaturado e de difícil controle quanto à auto-oxidação (Araújo, 1999).

A composição do óleo de linhaça revelou teor de 61,4% de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) e, deste total, 39,9% foram compostos por ácido graxo alfa-linolênico. A ração com óleo de linhaça apresentou maior percentual de C18:3 ω 3 e relação ω 6: ω 3 menor que as demais rações. O elevado teor de C18:3 ω 3 da ração, conferiu-lhe alta susceptibilidade à oxidação uma vez que os ácidos graxos insaturados são oxidados a velocidades diferentes, sendo o ácido linoléico e linolênico, oxidado 64 e 100 vezes mais rápido que o oléico, respectivamente (Araújo, 1999).

Durante a oxidação ocorre incorporação de oxigênio aos ácidos graxos poliinsaturados, em virtude da alta instabilidade de suas duplas ligações, que são facilmente atacadas por peróxidos e outras formas de oxigênio ativo, levando a reações em cadeia, em que mais radicais livres e hidroperóxidos são formados (Valenzuela, 1996). O processo de

rancificação oxidativa prejudica o valor energético e nutricional, por destruir os nutrientes oxidáveis (carotenos e vitaminas) e induzir à formação de compostos tóxicos reativos como hidroperóxidos, etc (Rutz, 1994).

Os valores de vitamina “E” analisados nos óleos e nas rações experimentais podem ser observados nas Tabela 5 e 6.

Tabela 5 - Níveis percentuais de vitamina “E” encontrados nos óleos utilizados nas rações experimentais

Conteúdo	Fontes de óleo				
	SOJA	GIRASSOL	CANOLA	LINHAÇA	PEIXE
Alfa-tocoferol (mg/100g)	15,26	62,26	18,82	4,45	8,88
Beta-tocoferol (mg/100g)	ND < 0,01	2,35	ND < 0,01	ND < 0,01	1,52
Gama-tocoferol(mg/100 g)	57,70	0,97	38,03	49,05	58,78
Delta-tocoferol (mg/100 g)	15,70	ND < 0,01	2,19	5,18	17,06
Tocoferol total (mg/100 g)	88,66	65,58	59,04	58,68	86,24
Vitamina “E” (UI/100g)	26	69	26	12	19

ND = não detectado

Tabela 6 - Níveis percentuais de vitamina “E” (mg/kg) encontrados nas rações experimentais

Fontes de óleo	Níveis de Vitamina “E” (mg/kg)		
	30	200	400
SOJA	30,3	200,3	349,5
GIRASSOL	48,5	215,3	421,5
CANOLA	32,3	173,5	356,2
LINHAÇA	24,5	220,2	404,0
PEIXE	30,8	201,5	346,2

Teor de lipídeos totais, colesterol e composição tecidual em ácidos graxos na carne de coxa e de peito

Os teores de lipídeos totais na carne de coxa e de peito de galos se encontram na Tabela 7. Em valores absolutos, o teor de lipídeos totais foi maior para a carne de coxa do que para o peito. Estes dados corroboram Ajuyah et al. (1991).

Provavelmente as diferenças na composição muscular, quanto ao teor de lipídeos na carne de coxa e de peito, estão relacionadas com as várias funções dos músculos e a necessidade de fornecer suporte

esquelético e de movimento, pois as fibras musculares do tipo I, caracterizadas como de contração lenta e de metabolismo oxidativo, utilizam os lipídeos como principal substrato para o metabolismo oxidativo ao contrário das fibras do tipo II, que possuem menor metabolismo oxidativo, mioglobina e mitocôndria, mas possui maior teor de glicogênio. Nos músculos do peito das aves domésticas, que nunca são usados para voar, encontra-se maior quantidade de fibras musculares do tipo IIB.

Tabela 7 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre o teor de lipídeos totais na carne de coxa e de peito de galos

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA “E” (mg/kg)			CV (%)
	30	400	MÉDIA	
TEOR DE LÍPÍDEOS TOTAIS NA CARNE DE COXA (%)				
SOJA	2,515	2,340	2,427 ^A	
CANOLA	1,357	1,520	1,438 ^B	
GIRASSOL	2,057	2,225	2,141 ^A	
LINHAÇA ¹	2,936	1,893	2,415 ^A	
PEIXE	1,304	1,558	1,431 ^B	
MÉDIA	2,033	1,907	1,970	12,68
TEOR DE LÍPÍDEOS TOTAIS NA CARNE DE PEITO (%)				
SOJA	0,781	1,075	0,928 ^{AB}	
CANOLA ¹	0,733	1,501	1,117 ^{AB}	
GIRASSOL	0,787	0,877	0,832 ^B	
LINHAÇA ¹	1,545	0,760	1,152 ^A	
PEIXE	0,941	1,238	1,089 ^{AB}	
MÉDIA	0,957	1,090	1,024	21,23

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls (P < 0,05)

^{1/}Efeito significativo (P < 0,05)

Os resultados de colesterol depositados na carne de coxa e de peito são apresentados na Tabela 8 e corroboram os valores publicados por Araújo (1999). Anteriormente, Ajuyah et al. (1991) verificaram relação entre o teor de lipídeos e o teor de colesterol na carcaça. O mesmo foi observado neste experimento, pois a carne de coxa apresentou, em valores absolutos, maior teor de lipídeos totais e colesterol comparado com a carne de peito.

Tabela 8 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre o teor de colesterol na carne de coxa e de peito de galos

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA “E” (mg/kg)			CV (%)
	30	400	MÉDIA	
TEOR DE COLESTEROL NA CARNE DE COXA (mg/100g)				
SOJA	109,552	102,381	105,967 ^A	
CANOLA	91,329	96,181	93,755 ^B	
GIRASSOL	90,807	90,750	90,778 ^B	
LINHAÇA	85,654	95,696	90,675 ^B	
PEIXE	80,267	86,677	83,472 ^B	
MÉDIA	91,522	94,337	92,929	9,12
TEOR DE COLESTEROL NA CARNE DE PEITO (mg/100g)				
SOJA	51,099	55,112	53,106	
CANOLA	53,577	59,529	56,553	
GIRASSOL	56,093	50,868	53,481	
LINHAÇA	54,727	55,910	55,319	
PEIXE	53,523	55,617	54,571	
MÉDIA	53,804	55,407	54,606	7,65

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls (P< 0,05)

Os resultados da composição tecidual em ácidos graxos na coxa se encontram nas Tabelas 9, 10 e 11 e no peito nas Tabelas 12, 13 e 14.

Independentemente da fonte de óleo utilizada na ração foi avaliada a deposição na carne de coxa e de peito dos seguintes ácidos graxos: saturados (C14:0 + C15:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0), monoinsaturados (C16:1 ω 7 + C18:1 ω 9), poliinsaturados (C18:2 ω 6 + C18:3 ω 3 + C20:4 ω 6 + C20:5 ω 3 + C22:5 ω 6 + C22:5 ω 3 + C22:6 ω 3) e insaturados (C16:1 ω 7 + C18:1 ω 9 + C18:2 ω 6 + C18:3 ω 3 + C20:4 ω 6 + C20:5 ω 3 + C22:5 ω 6 + C22:5 ω 3 + C22:6 ω 3). No caso do ácido araquidônico, não se pode comparar a composição das rações nesse ácido graxo, com sua deposição na carcaça, pois sua contribuição na ração foi nula (Tabela 4). O ácido araquidônico é metabolizado endogenamente pelo alongamento e dessaturação do ácido linoléico. A deposição de C20:5 ω 3 também ocorreu apesar da ausência deste ácido graxo nas rações o que comprova a

capacidade das aves em converter o C18:3 ω 3 em C20:5 ω 3, via alongamento e dessaturação do primeiro.

O uso de óleo de peixe na ração reduziu ($P < 0,05$) o teor de lipídeos totais (Tabela 7), colesterol (Tabela 8), ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados e insaturados na carne de coxa (Tabela 9). Entre os insaturados presentes na coxa, o óleo de peixe reduziu ($P < 0,05$) o teor total de ácidos graxos ω 6 (Tabela 10) especificamente de C18:2 ω 6 e C20:4 ω 6. Houve também redução ($P < 0,05$) de C18:3 ω 3 na coxa (Tabela 11) embora se justifique em função da conversão de C18:3 ω 3 em EPA e DHA, resultando num nível intermediário do teor total de ácidos graxos ω 3 (Tabela 11) e conseqüente redução da relação ω 6: ω 3 na coxa (Tabela 10). O efeito da ração com óleo de peixe sobre o teor total de ácidos graxos ω 6 na carne de coxa provavelmente está vinculado com a relação ω 6: ω 3 na ração (Tabela 4) que provavelmente proporcionou maior deposição de ácidos graxos ω 3 a expensas dos ácidos graxos ω 6. Na carne de peito, a ração com óleo de peixe aumentou significativamente a deposição de ácidos graxos poliinsaturados (Tabela 12). Entre os ácidos graxos poliinsaturados presentes na carne de peito, o óleo de peixe aumentou ($P < 0,05$) a concentração de ácidos graxos da série ω 3 (Tabela 14) como o C20:5 ω 3 e C22:6 ω 3 e da série ω 6 (Tabela 13) como o C20:4 ω 6, mas houve redução da relação ω 6: ω 3 (Tabela 13).

A redução no teor de monoinsaturados na coxa pela utilização de óleo de peixe provavelmente está relacionada com a inibição competitiva entre as séries ω 3 e ω 9. A presença de EPA e DHA pode ter sido decisiva nesta inibição, pois a ração com óleo de peixe foi a única que apresentou estes ácidos graxos. Ajuyah et al. (1991) observaram relação inversa entre a deposição de MUFAs e de PUFAs da série ω 3 principalmente entre C18:1 ω 9 e C18:3 ω 3. O mesmo efeito havia sido observado por Pugh e Kates (1984) *apud* Ajuyah et al. (1991) que atribuíram o efeito a uma possível inibição da atividade da Δ -9 dessaturase.

Tabela 9 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina "E" sobre o teor de ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados e total de insaturados na carne de coxa

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA "E" (mg/kg)			CV (%)
	30	400	MÉDIA	
ÁCIDOS GRAXOS SATURADOS (mg/kg)				
SOJA	877,02	789,06	833,09 ^{AB}	
CANOLA	519,88	592,73	556,31 ^C	
GIRASSOL	709,24	754,82	732,03 ^B	
LINHAÇA ¹	1137,36	670,52	903,94 ^A	
PEIXE	466,98	584,68	525,83 ^C	
MÉDIA	742,10	678,36	710,23	15,50
ÁCIDOS GRAXOS MONOINSATURADOS (mg/kg)				
SOJA	696,85	680,81	688,83 ^A	
CANOLA	508,99	649,54	579,27 ^A	
GIRASSOL	567,95	549,51	558,73 ^A	
LINHAÇA ¹	830,26	503,76	667,01 ^A	
PEIXE	290,32	404,77	347,54 ^B	
MÉDIA	578,87	557,68	568,28	23,32
ÁCIDOS GRAXOS POLIINSATURADOS (mg/kg)				
SOJA	797,94	741,62	769,78 ^A	
CANOLA	210,37	250,08	230,23 ^C	
GIRASSOL	667,39	798,38	732,88 ^A	
LINHAÇA	806,07	615,22	710,65 ^A	
PEIXE	474,94	484,62	479,78 ^B	
MÉDIA	591,34	577,98	584,66	18,06
ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS (mg/kg)				
SOJA	1494,80	1422,44	1458,62 ^A	
CANOLA	719,38	899,64	809,51 ^B	
GIRASSOL	1235,35	1347,90	1291,63 ^A	
LINHAÇA ¹	1636,34	1118,99	1377,67 ^A	
PEIXE	765,27	889,40	827,33 ^B	
MÉDIA	1170,23	1135,67	1152,95	17,26
RELAÇÃO DE LIPÍDEOS INSATURADOS:SATURADOS				
SOJA	1,69	1,81	1,75	
CANOLA	1,48	1,57	1,52	
GIRASSOL	1,74	1,78	1,77	
LINHAÇA	1,50	1,67	1,59	
PEIXE	1,63	1,52	1,58	
MÉDIA	1,61	1,67	1,64	20,12

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls (P < 0,05)

¹Efeito significativo (P < 0,05)

O maior valor percentual (P < 0,05) de deposição de C22:6 ω 3 na coxa (Tabela 11) de galos tratados com ração com óleo de peixe ocorreu pelo fornecimento deste na ração e pela conversão do C18:3 ω 3 em C22:6 ω 3.

Tabela 10 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre o teor de ácidos graxos da série ômega 9 e 6 na carne de coxa

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA “E” (mg/kg)		MÉDIA	CV (%)
	30	400		
C18:1 ω 9 - ÁCIDO OLÉICO (mg/kg)				
SOJA	667,84	651,62	659,73 ^A	
CANOLA	487,24	625,87	556,56 ^A	
GIRASSOL	537,56	524,13	530,85 ^A	
LINHAÇA ¹	799,45 a	474,37 b	636,91 ^A	
PEIXE	275,59	384,68	330,14 ^B	
MÉDIA	553,54	532,13	542,84	23,08
C18:2 ω 6 - ÁCIDO LINOLÉICO (mg/kg)				
SOJA	615,56	598,10	606,83 ^A	
CANOLA	172,68	55,24	113,96 ^D	
GIRASSOL	542,69	633,98	588,34 ^A	
LINHAÇA ¹	592,90	373,37	483,14 ^B	
PEIXE	322,55	349,32	335,93 ^C	
MÉDIA	449,27	402,00	425,64	21,67
C20:4 ω 6 - ÁCIDO ARAQUIDÔNICO (mg/kg)				
SOJA ¹	98,44	70,75	84,60 ^B	
CANOLA ¹	46,07	81,60	63,84 ^C	
GIRASSOL ¹	89,07	125,64	107,35 ^A	
LINHAÇA	102,37	90,46	96,41 ^{AB}	
PEIXE	76,24	76,56	76,40 ^{BC}	
MÉDIA	82,44	89,00	85,72	20,24
TOTAL DE ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA 6 (mg/kg)				
SOJA	744,43	704,76	724,60 ^A	
CANOLA	225,49	114,45	169,97 ^C	
GIRASSOL	648,67	776,60	712,64 ^A	
LINHAÇA	643,20	470,57	556,88 ^A	
PEIXE	402,92	426,27	414,59 ^B	
MÉDIA	532,94	498,53	515,74	26,25
RELAÇÃO ω 6: ω 3				
SOJA	14,07	19,87	16,97 ^B	
CANOLA	7,03	3,67	5,35 ^C	
GIRASSOL	30,78	31,17	30,98 ^A	
LINHAÇA	4,14	3,37	3,76 ^C	
PEIXE	5,61	7,99	6,80 ^C	
MÉDIA	12,32	13,21	12,77	27,27

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls (P < 0,05)

¹Efeito significativo (P < 0,05)

Também foi verificado aumento (P < 0,05) no teor total de ácidos graxos poliinsaturados e insaturados (Tabela 12) como de C20:4 ω 6 (Tabela 13) e de C20:5 ω 3 e C22:6 ω 3 (Tabela 14), que especificamente possibilitaram aumento no teor total de ácidos graxos ω 3 (Tabela 14) no peito dos animais alimentados com ração com óleo de peixe e

suplementados com maior nível de vitamina “E”, revelando o efeito da vitamina “E” no óleo de peixe. O elevado teor de C20:4 ω 6 na carne de peito é devido à concentração de C18:2 ω 6 nesta ração que, acrescido de vitamina “E”, induziu sua menor oxidação. Geralmente, óleo de peixe apresenta pequena quantidade de C18:2 ω 6, entretanto o teor deste ácido graxo foi considerado alto. Supõe-se que o óleo de peixe foi previamente misturado com óleo de soja pelo fornecedor com intuito de minimizar processos oxidativos.

O uso de óleo de canola na ração reduziu ($P < 0,05$) o teor de lipídeos totais (Tabela 7), colesterol (Tabela 8), ácidos graxos saturados, poliinsaturados e insaturados na coxa (Tabela 9). Entre os insaturados presentes na coxa, o óleo de canola reduziu ($P < 0,05$) o teor total de ácidos graxos ω 6 (Tabela 10) como de C18:2 ω 6 e C20:4 ω 6 e o teor total de ácidos graxos ω 3 (Tabela 11) como de C18:3 ω 3, C20:5 ω 3 e C22:6 ω 3, resultando em diminuição da relação ω 6: ω 3 (Tabela 10) na coxa.

A redução no teor de lipídeos totais (Tabela 7), colesterol (Tabela 8), gordura saturada (Tabela 9) e do total de ácidos graxos ω 6 (Tabela 10) na carne de coxa dos animais alimentados com ração com óleo de canola e de peixe pode estar vinculada à relação balanceada ω 6: ω 3, na ração, (Tabela 4) como também no caso específico do óleo de peixe à presença dos ácidos graxos eicosapentanoico (EPA) e docosahexanoico (DHA). Com relação ao teor de gordura saturada HARRIS (1989) relatou que o fornecimento de ácidos graxos ω 3 possibilitou redução na biossíntese hepática de lipídeos ao mesmo tempo que induziu β -oxidação, diminuindo os lipídeos circulantes. Posteriormente, Phetteplace e Watkins (1990) verificaram que o efeito dos ácidos graxos ω 3 podem estar relacionados com maior taxa de β -oxidação pois houve redução de triglicérides no plasma e de lipoproteínas VLDL e LDL.

Quanto ao teor de colesterol, McDowell (1989) e Barlow e Pike (1991) observaram que os derivados do alfa-linolênico, EPA e DHA, são

mais ativos que seus precursores e que os ácidos graxos da série $\omega 6$ na redução do colesterol. Posteriormente, An et al. (1997) verificaram que o teor de colesterol livre foi significativamente reduzido nas aves tratadas com ração com óleo de peixe e óleo de linhaça.

Deste modo, ao proporcionar relação $\omega 6:\omega 3$ de 6,62 e 8,38, nas rações com óleo de canola e de peixe, respectivamente, atingiu-se proporção desejável entre as séries ω , possibilitando que os ácidos graxos $\omega 3$ determinassem β -oxidação e redução da lipogênese hepática, demonstrada pela redução no teor de lipídeos totais, colesterol, gordura saturada e também inibição do metabolismo da série $\omega 6$, evidenciado pela redução no teor total de ácidos graxos $\omega 6$ na carne de coxa. Descarta-se a influência dos lipídeos da ração como fator determinante da redução na lipogênese hepática, uma vez que todas as rações foram isolipídicas, assim como a possibilidade de redução da lipogênese por meio do uso de ácidos graxos insaturados, pois as rações experimentais apresentaram relação de lipídeos insaturados:saturados praticamente equivalentes.

Embora tenha havido diminuição no teor total de ácidos graxos $\omega 6$ (Tabela 10) na carne de coxa dos animais alimentados com ração com óleo de canola e de peixe carcaça, acredita-se que não houve danos à fisiologia animal, pois a relação $\omega 6:\omega 3$ na ração se encontrou dentro da faixa recomendada para os homens que é de 4:1 a 10:1 (British Nutrition Foundation, 1991).

Tabela 11 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre o teor de ácidos graxos da série ômega 3 na carne de coxa

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA “E” (mg/kg)			CV (%)
	30	400	MÉDIA	
C18:3 ω 3 - ÁCIDO ALFA-LINOLÊNICO (mg/kg)				
SOJA	22,97	19,21	21,09 ^B	
CANOLA	11,51	2,85	7,20 ^C	
GIRASSOL	4,62	4,47	4,55 ^C	
LINHAÇA [†]	83,77	107,73	95,75 ^A	
PEIXE	11,18	9,44	10,31 ^C	
MÉDIA	26,81	28,75	27,78	24,41
C20:5 ω 3- ÁCIDO EICOSAPENTANÓICO (mg/kg)				
SOJA	7,88	7,51	7,69 ^A	
CANOLA	1,70	1,88	1,79 ^B	
GIRASSOL	7,30	5,77	6,54 ^A	
LINHAÇA	10,55	8,88	9,71 ^A	
PEIXE	10,16	9,28	9,72 ^A	
MÉDIA	7,52	6,66	7,09	29,21
C22:6 ω 3 - ÁCIDO DOCOSAHEXANÓICO (mg/kg)				
SOJA	9,16	8,58	8,87 ^B	
CANOLA	12,88	14,15	13,43 ^B	
GIRASSOL	5,96	12,00	8,98 ^B	
LINHAÇA	14,77	17,10	15,77 ^B	
PEIXE	37,39	28,02	32,70 ^A	
MÉDIA	16,03	15,97	16,0	30,91
TOTAL DE ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA 3 (mg/kg)				
SOJA	53,51	36,86	45,18 ^C	
CANOLA	30,96	35,63	32,96 ^C	
GIRASSOL	21,21	24,28	22,73 ^C	
LINHAÇA	117,37	144,65	131,01 ^A	
PEIXE	72,02	58,35	65,18 ^B	
MÉDIA	59,01	59,95	59,48	30,99

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls (P < 0,05)
[†]Efeito significativo (P < 0,05)

Houve redução significativa na deposição de poliinsaturados (Tabela 12) e aumento (P < 0,05) de monoinsaturados (Tabela 12), como de C18:1 ω 9 (Tabela 13) na carne de peito dos animais tratados com óleo de canola. Entre os ácidos graxos poliinsaturados presentes no peito, o óleo de canola reduziu (P < 0,05) o teor total de ácidos graxos da série ω 3 (Tabela 14) e ω 6 (Tabela 13), especificamente de C20:4 ω 6. O efeito da ração com óleo de canola sobre o teor de poliinsaturados na coxa (Tabela 9) e peito (Tabela 12) e de insaturados na coxa pode estar relacionado com seu baixo teor em ácidos graxos poliinsaturados, cerca de 34,3% (Tabela 4),

resultando em pequena incorporação de poliinsaturados na carne de coxa e de peito e conseqüente redução de insaturados na coxa.

Tabela 12 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre o teor de ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados e total de insaturados na carne de peito

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA “E” (mg/kg)			CV (%)
	30	400	MÉDIA	
ÁCIDOS GRAXOS SATURADOS (mg/kg)				
SOJA	296,10	415,12	355,61 ^{AB}	
CANOLA ¹	204,15	687,93	446,04 ^{AB}	
GIRASSOL	303,39	329,73	316,56 ^B	
LINHAÇA ¹	685,99	281,93	483,96 ^A	
PEIXE	395,66	477,91	436,78 ^{AB}	
MÉDIA	377,06	438,52	407,79	23,35
ÁCIDOS GRAXOS MONOINSATURADOS (mg/kg)				
SOJA	171,34	257,14	214,24 ^{AB}	
CANOLA ¹	209,09	529,38	369,24 ^A	
GIRASSOL	186,97	196,68	191,83 ^B	
LINHAÇA ¹	491,13	192,53	341,83 ^{AB}	
PEIXE	214,31	256,94	235,63 ^{AB}	
MÉDIA	254,57	286,53	270,55	42,35
ÁCIDOS GRAXOS POLIINSATURADOS (mg/kg)				
SOJA	271,98	342,26	307,12 ^{AB}	
CANOLA	194,05	200,04	197,04 ^B	
GIRASSOL	253,80	302,79	278,29 ^{AB}	
LINHAÇA	282,88	241,31	262,09 ^{AB}	
PEIXE ¹	278,30	439,37	358,84 ^A	
MÉDIA	256,20	305,15	280,68	33,41
ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS (mg/kg)				
SOJA	443,34	599,41	521,37	
CANOLA ¹	403,15	729,43	566,29	
GIRASSOL	440,79	499,48	470,13	
LINHAÇA ¹	774,02	433,85	603,94	
PEIXE ¹	492,63	696,32	594,47	
MÉDIA	510,78	591,70	551,24	24,30
RELAÇÃO DE LIPÍDEOS INSATURADOS:SATURADOS				
SOJA	1,48	1,42	1,45	
CANOLA ¹	1,99	1,06	1,53	
GIRASSOL	1,46	1,53	1,49	
LINHAÇA	1,21	1,53	1,37	
PEIXE	1,27	1,45	1,36	
MÉDIA	1,48	1,40	1,44	18,98

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls (P < 0,05)

¹Efeito significativo (P < 0,05)

Tabela 13 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre o teor de ácidos graxos da série ômega 9 e 6 na carne de peito

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA “E” (mg/kg)			CV (%)
	30	400	MÉDIA	
C18:1 ω 9 - ÁCIDO OLÉICO (mg/kg)				
SOJA	165,49	248,68	207,08 ^B	
CANOLA ¹	203,91	511,97	357,94 ^A	
GIRASSOL	180,71	189,37	185,04 ^B	
LINHAÇA ¹	470,61	185,54	328,08 ^{AB}	
PEIXE	209,19	248,03	228,61 ^{AB}	
MÉDIA	245,98	276,72	261,35	41,84
C18:2 ω 6 - ÁCIDO LINOLÉICO (mg/kg)				
SOJA	156,83	217,37	187,10	
CANOLA	105,10	137,81	121,46	
GIRASSOL	150,17	197,23	173,70	
LINHAÇA	157,30	123,26	140,28	
PEIXE	174,32	216,50	195,41	
MÉDIA	148,74	178,43	163,59	42,28
C20:4 ω 6 - ÁCIDO ARAQUIDÔNICO (mg/kg)				
SOJA	83,64	93,26	88,45 ^A	
CANOLA ¹	61,87	40,58	51,23 ^C	
GIRASSOL	78,53	82,91	80,72 ^{AB}	
LINHAÇA ¹	86,18	55,60	70,89 ^B	
PEIXE ¹	65,94	114,86	90,40 ^A	
MÉDIA	75,23	77,44	76,34	15,98
TOTAL DE ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA 6 (mg/kg)				
SOJA	247,38	315,98	281,68 ^A	
CANOLA	171,29	156,93	164,11 ^B	
GIRASSOL	243,63	290,88	267,26 ^A	
LINHAÇA	230,72	179,88	205,30 ^{AB}	
PEIXE	240,27	332,92	286,60 ^A	
MÉDIA	226,66	255,32	240,99	25,55
RELAÇÃO ω 6: ω 3				
SOJA	10,37	16,94	13,66 ^B	
CANOLA	9,64	10,76	10,20 ^B	
GIRASSOL	29,12	25,00	27,06 ^A	
LINHAÇA	5,34	2,97	4,15 ^C	
PEIXE	7,64	3,14	5,39 ^C	
MÉDIA	12,42	11,76	12,09	32,85

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls (P < 0,05)

¹Efeito significativo (P < 0,05)

Foi verificado que o aumento no consumo de C18:1 ω 9, pelo uso de óleo de canola, não contribuiu efetivamente com a sua deposição assim como com o total de monoinsaturados na carne de coxa (Tabela 9), entretanto houve acréscimo (P < 0,05) no teor de monoinsaturados (Tabela 12) como de C18:1 ω 9 na carne de peito (Tabela 13). Portanto, sugere-se

que a deposição de C18:1 ω 9 seja parcialmente regulada pela síntese *de novo* ao invés de ser controlada basicamente pela quantidade existente na dieta, uma vez que se trata de um ácido graxo sintetizado endogenamente. De acordo com Klasing (1998) quando lipídeos são adicionados à ração, os ácidos graxos presentes nesta dieta podem ser depositados, diluindo os sintetizados endogenamente, entretanto, a extensão da relação entre os tipos de ácidos graxos depositados na carcaça com os contidos na dieta dependerá da oxidação ou esterificação de alguns tipos de ácidos graxos com fins de armazenamento; de uma modificação dos ácidos graxos da dieta por meio da alongação e/ou dessaturação e da quantidade de ácidos graxos da dieta em relação a quantidade sintetizada pela via *de novo*.

Na carne de peito dos animais alimentados com ração com óleo de canola e suplementados com maior nível de vitamina “E” houve aumento ($P < 0,05$) no teor de lipídeos totais (Tabela 7), gordura saturada, monoinsaturada (Tabela 12) como de C18:1 ω 9 (Tabela 13) e insaturada (Tabela 12) como de C20:5 ω 3 (Tabela 14) mas, foi verificado redução significativa de C20:4 ω 6 e da relação de lipídeos insaturados:saturados (Tabela 13). Provavelmente o acréscimo de vitamina “E” na ração com óleo de canola propiciou aumento na deposição de monoinsaturados, presentes no óleo de canola que, acrescido de um maior poder antioxidante, foi incorporado à carne de peito em maiores quantidades, assim como de C20:5 ω 3, reduzindo a deposição de C20:4 ω 6 na carne de peito. Entretanto, houve efeito ($P < 0,05$) de vitamina “E” no óleo de canola sobre a deposição de C20:4 ω 6 na carne de coxa com aumento de sua teor quando do acréscimo de vitamina “E”.

Tabela 14 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre o teor de ácidos graxos da série ômega 3 na carne de peito

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA “E” (mg/kg)			CV (%)
	30	400	MÉDIA	
C18:3 ω 3 - ÁCIDO ALFA-LINOLÊNICO (mg/kg)				
SOJA	4,02	8,26	6,14 ^B	
CANOLA	2,92	4,06	3,49 ^B	
GIRASSOL	2,79	3,38	3,08 ^B	
LINHAÇA	24,55	28,36	26,45 ^A	
PEIXE	3,63	8,27	5,95 ^B	
MÉDIA	7,58 ^b	10,46 ^a	9,02	34,43
C20:5 ω 3 - ÁCIDO EICOSAPENTANÓICO (mg/kg)				
SOJA	0,62	1,17	0,90 ^C	
CANOLA ¹	1,55	5,80	3,67 ^A	
GIRASSOL	0,82	0,55	0,69 ^C	
LINHAÇA ¹	3,07	1,83	2,45 ^B	
PEIXE ¹	2,70	5,76	4,23 ^A	
MÉDIA	1,75 ^b	3,02 ^a	2,39	30,88
C22:6 ω 3 - ÁCIDO DOCOSAHEXANÓICO (mg/kg)				
SOJA	10,21	8,13	9,17 ^B	
CANOLA	8,18	10,92	9,55 ^B	
GIRASSOL	2,87	4,01	3,44 ^C	
LINHAÇA	6,74	12,65	9,69 ^B	
PEIXE ¹	27,40	72,25	49,83 ^A	
MÉDIA	11,08 ^b	21,59 ^a	16,34	25,87
TOTAL DE ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA 3 (mg/kg)				
SOJA	24,60	26,27	25,44 ^C	
CANOLA	25,26	18,11	21,68 ^C	
GIRASSOL	12,67	11,91	12,29 ^D	
LINHAÇA ¹	52,16	61,43	56,79 ^B	
PEIXE ¹	38,03	106,44	72,24 ^A	
MÉDIA	30,54 ^b	44,83 ^a	37,69	

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls (P < 0,05)

¹Efeito significativo (P < 0,05)

A ração com óleo de linhaça aumentou (P < 0,05) a deposição de lipídeos totais (Tabela 7), ácidos graxos saturados, poliinsaturados e insaturados na carne de coxa (Tabela 9). No peito, o óleo de linhaça também aumentou significativamente o teor de lipídeos totais.

Entre os ácidos graxos insaturados presentes na carne de coxa, o uso de óleo de linhaça induziu maior teor (P < 0,05) total de ácidos graxos ω 3 (Tabela 11) mais precisamente de C18:3 ω 3 e C20:5 ω 3 (Tabela 11) e redução significativa de C18:2 ω 6 (Tabela 10) e da relação ω 6: ω 3 (Tabela 10). A ração com óleo de linhaça revelou alto teor de poliinsaturados

(60,9%), principalmente de C18:3 ω 3 (32,3%) e reduzida relação ω 6: ω 3 de 0,88 na ração que propiciaram elevada percentagem de poliinsaturados, como por exemplo de C18:3 ω 3 na carne de coxa (Tabela 11). Estes dados corroboram Ajuyah et al. (1991) e Olomu e Baracos (1991). A redução significativa de C18:2 ω 6 e da relação ω 6: ω 3 na carne de coxa dos animais alimentados com óleo de linhaça provavelmente está relacionado com seu alto teor de ácidos graxos ω 3 que pode ter induzido a supressão do metabolismo da série ω 6 e conseqüentemente a redução em sua deposição.

O teor de gordura saturada na carcaça representa principalmente a síntese de ácidos graxos via *de novo*, podendo ser influenciada pela dieta. Segundo Ajuyah et al. (1991), a utilização de linhaça na ração de aves reduz o teor de lipídeos na carne de coxa e de peito devido a uma possível redução da lipogênese hepática determinada pelo alto teor de ácido graxo alfa-linolênico na ração. Deste modo, o efeito do óleo de linhaça sobre o teor de lipídeos totais e de gordura saturada foi inesperado, mas sugere-se que esteja relacionado com a presença do fator antinutricional, ácido hidrácico, que é um antagonista da vitamina B₆, presente em sementes de linho cruas.

A vitamina B₆ participa de várias funções, entre elas, na síntese de niacina a partir de triptofano. A niacina tem seu requerimento aumentado quando há lipídeos oxidados (McDowell, 1989) e é essencial no metabolismo pois atua como constituinte das coenzimas NAD e NADP⁺, que são importantes em várias reações, como na oxidação e síntese de ácidos graxos, respectivamente. Acredita-se que a presença do antagonista da vitamina B₆ tenha reduzido a síntese de niacina, que também pode ter tido seu requerimento aumentado na presença de lipídeos peroxidados, comprometendo a via de oxidação de ácidos graxos e posterior acúmulo de lipídeos como de gordura saturada e insaturada na carne de coxa e de peito.

Embora o uso de óleo de linhaça tenha aumentado ($P < 0,05$), o teor de lipídeos totais, ácidos graxos saturados, poliinsaturados e insaturados na carne de coxa, houve redução ($P < 0,05$) de lipídeos totais (Tabela 7), gordura saturada, monoinsaturada e insaturada na coxa (Tabela 9) dos animais alimentados com ração com óleo de linhaça e suplementados com maior nível de vitamina “E”. Também houve redução significativa do teor de lipídeos totais no peito (Tabela 7) dos galos tratados com óleo de linhaça e suplementados com maior nível de vitamina “E”. Provavelmente o acréscimo de vitamina “E” na ração com óleo de linhaça tenha determinado menor oxidação de C18:3 ω 3 e aumento significativo em sua deposição na coxa (Tabela 11). Assim, a elevada concentração deste ácido graxo inibiu competitivamente as séries ω 9 e ω 6, reduzindo ($P < 0,05$) o teor de C18:1 ω 9 e de C18:2 ω 6 (Tabela 10) na carne de coxa. Estes dados corroboram Ajuyah et al. (1991). Pode-se sugerir também que o acréscimo de vitamina “E” na ração com óleo de linhaça induziu: 1) menor oxidação de C18:3 ω 3 que, conseqüentemente, induziu a redução da lipogênese hepática e β -oxidação de ácidos graxos, demonstrado pela menor deposição de lipídeos totais (Tabela 7), gordura saturada, monoinsaturada e insaturada na coxa (Tabela 9) e de lipídeos totais no peito (Tabela 7); 2) redução da peroxidação de lipídeos que impediu o aumento no requerimento de niacina e proporcionou níveis adequados de NAD e NADP⁺, que são importantes na oxidação e síntese de lipídeos, respectivamente; 3) restauração da atividade da porção citocromo C redutase do NAD por meio da vitamina “E”, que participa como cofator neste sistema enzimático, que é importante no processo de oxidação de lipídeos. De acordo com McDowell (1989), a vitamina “E” participa na restauração da atividade da porção citocromo C redutase do NAD.

Conclui-se que a relação ω 6: ω 3 na ração e indiretamente o teor de C18:3 ω 3 influenciam a deposição de ácidos graxos ω 3 na carne de coxa. Vale ressaltar que a elevada concentração de C18:3 ω 3 pode interferir

negativamente no desempenho animal, uma vez que o excesso destes ácidos graxos pode suprimir o metabolismo daqueles da série ômega 6. Portanto, o ideal para a integridade funcional do organismo é obter uma relação balanceada $\omega 6:\omega 3$ na ração.

O uso de óleo de soja na ração aumentou ($P < 0,05$) o teor de lipídeos totais (Tabela 7), colesterol (Tabela 8), gordura saturada, poliinsaturada e insaturada na carne de coxa (Tabela 9). Com relação à concentração de ácidos graxos poliinsaturados e insaturados na carne de coxa, o uso de óleo de soja e de girassol resultou no maior ($P < 0,05$) teor total de ácidos graxos $\omega 6$ (Tabela 10), principalmente de C18:2 $\omega 6$, em ambos os casos e de C20:4 $\omega 6$, especificamente para a ração com óleo de girassol. Ambos os óleos reduziram significativamente o teor total de ácidos graxos $\omega 3$ (Tabela 11) na carne de coxa, especificamente de C18:3 $\omega 3$ quando utilizado óleo de girassol, ficando o teor de C18:3 $\omega 3$ num nível intermediário, quando fornecido o óleo de soja. Conseqüentemente, ambos os óleos apresentaram as maiores relações $\omega 6:\omega 3$ na carne de coxa (Tabela 10), entretanto diferiram entre si, pois a ração com óleo de girassol apresentou maior relação $\omega 6:\omega 3$ na coxa que a com óleo de soja. Os óleos de soja e girassol são ricos em poliinsaturados, com 55,7% e 63,6% respectivamente, e deste total 51,9% e 63,1% foram constituídos por ácidos graxos $\omega 6$ (Tabela 4). Portanto, seu fornecimento influenciou o teor de poliinsaturados e de $\omega 6$ na carne de coxa. Anteriormente Scaife et al. (1994) verificaram que a adição de óleo de soja na ração aumenta a relação $\omega 6:\omega 3$ na carcaça.

Ambas as rações, com óleo de soja e de girassol, reduziram o teor de C18:1 $\omega 9$ na carne de peito (Tabela 13) e particularmente a ração com óleo de girassol reduziu ($P < 0,05$) a deposição de monoinsaturados (Tabela 12), revelando inibição competitiva entre as séries $\omega 6$ e $\omega 9$. Este fato pode ser comprovado pela maior quantidade de ácido araquidônico na carne de peito dos animais tratados com óleo de girassol (Tabela 13). No peito,

ambas as rações, com óleo de girassol e de soja, também reduziram a deposição de C20:5 ω 3 (Tabela 14) e aumentaram o teor total de ácidos graxos ω 6 (Tabela 13), por exemplo de C20:4 ω 6. A ração com óleo de girassol aumentou (P < 0,05) a relação ω 6: ω 3 reduzindo o teor de ácidos graxos ω 3 (Tabela 14), como de C22:6 ω 3.no peito.

Nos animais alimentados com ração com óleo de girassol e suplementados com maior nível de vitamina “E” houve aumento (P < 0,05) no teor de C20:4 ω 6 na carne de coxa (Tabela 10). Por outro lado, o contrário foi observado quando utilizada a ração com óleo de soja (Tabela 10), embora o uso de óleo de soja acrescido de vitamina “E” tenha aumentado (P < 0,05) a relação ω 6: ω 3 na carne de peito (Tabela 14).

Teor de vitamina “E” na carne de coxa e de peito de galos

Os resultados podem ser observados na Tabela 15. Houve efeito (P < 0,05) da fonte de óleo sobre o teor de vitamina “E” na carne de coxa e de peito.

Tabela 15 - Fontes de óleo sobre o teor de vitamina “E” na carne de coxa e de peito de galos

FONTE DE ÓLEO	TEOR DE VITAMINA “E”	
	CARNE DE COXA (mg/100g)	CARNE DE PEITO (mg/100g)
CANOLA	0,988 ^A	0,269 ^B
PEIXE	0,117 ^B	1,128 ^A
CV (%)	32,24	29,67

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferiram pelo teste F (P< 0,05)

Avaliando o teor de vitamina “E” depositado na coxa dos animais, foi verificada maior quantidade nos animais alimentados com ração com óleo de canola (P < 0,05). Embora o teor de lipídeos totais na coxa tenha sido

similar entre as rações com óleos de peixe e canola (Tabela 7) observou-se, a partir dos resultados do perfil de ácidos graxos, presente na Tabela 9, que a carne de coxa dos animais alimentados com ração com óleo de peixe apresentou, em valores absolutos, maior relação de lipídeos insaturados:saturados, quando comparada com valores observados nos animais tratados com óleo de canola (1,58 versus 1,52). Além disso, os ácidos graxos insaturados encontrados na coxa dos animais alimentados com ração com óleo de peixe foram representados principalmente por poliinsaturados, enquanto os contidos na coxa dos animais submetidos à ração com óleo de canola foram principalmente os monoinsaturados (Tabela 9). Desse modo, é possível explicar o menor teor de vitamina “E” na coxa dos animais tratados com óleo de peixe, se comparado àqueles tratados com ração com óleo de canola.

Verificou-se também, em valores absolutos, maior relação de lipídeos insaturados:saturados na carne de coxa comparada com a do peito nos animais tratados com ração com óleo de peixe (Tabela 9). Portanto, deve ter ocorrido maior gasto de vitamina “E” na coxa para evitar peroxidação, fazendo com que a deposição desta vitamina fosse menor na coxa do que no peito. Visto que o peito incorporou menor quantidade de lipídeos insaturados, houve, em valores absolutos, maior deposição de vitamina “E” no peito do que na coxa dos galos tratados com óleo de peixe.

A quantidade de vitamina “E” no tecido depende da sua ingestão e da quantidade de gordura oxidada na dieta (Klasing, 1998) portanto, os estoques de vitamina “E” nos tecidos são exauridos rapidamente pelos ácidos graxos poliinsaturados depositados nestes tecidos, pois a vitamina “E” é consumida no momento em que atua como antioxidante (McDowell, 1989). Assim, o tipo, a quantidade e a qualidade dos lipídeos na dieta têm impacto no requerimento de vitamina “E” (Applegate e Sell, 1996).

Com relação à deposição de vitamina “E” na carne de peito, observou-se que os animais submetidos à ração com óleo de peixe apresentaram maior teor de vitamina “E” ($P < 0,05$), comparados com os

animais alimentados com óleo de canola (Tabela 15). Embora o teor de lipídeos totais no peito tenha sido similar entre as rações com óleo de peixe e canola, observou-se, a partir dos resultados do perfil de ácidos graxos, que a carne de peito dos animais alimentados com com óleo de canola apresentou, em valores absolutos, maior relação de lipídeos insaturados:saturados (1,53 versus 1,36) quando comparados aos animais tratados com óleo de peixe (Tabela 12) e menor deposição de vitamina “E”.

Portanto, houve deposição diferenciada de vitamina “E” na carne de coxa e de peito, provavelmente em função do tipo de ácido graxo depositado. De acordo com Ajuyah et al. (1991) a deposição e a distribuição de lipídeos na carcaça podem ser influenciadas pela nutrição (tipo de óleo e formas de fornecimento – óleo ou semente). Assim, sugere-se que devido à ração com óleo de peixe apresentar elevado teor de PUFA's, estes ácidos graxos se depositaram mais na carne de coxa que apresenta maior quantidade de fibras musculares do tipo I e utilizam os lipídeos como principal substrato para o metabolismo oxidativo. Ao contrário das fibras musculares do tipo I, encontradas na coxa e sobrecoxa, as fibras do tipo II, nos músculos do peito, têm como principal substrato energético o glicogênio.

CONCLUSÕES

Nas condições em que este experimento foi realizado conclui-se que:

1. A concentração e o perfil de ácidos graxos nas rações e tecidos são influenciados pela fonte de óleo utilizada.
2. Há necessidade de relação balanceada $\omega 6:\omega 3$ na ração.
3. A relação $\omega 6:\omega 3$ na ração de 6:1 a 9:1 revela proporção desejável entre as séries ω ; interfere na deposição de ácidos graxos $\omega 3$ na carne e é responsável pela redução no teor de lipídeos totais, gordura saturada e colesterol.
4. O teor de C18:3 $\omega 3$ na ração influencia a deposição de ácidos graxos $\omega 3$ na carne de coxa e de peito. Desse modo, a carne de aves pode ser fonte alternativa de ácidos graxos $\omega 3$ para consumo humano.
5. O teor de gordura saturada na ração tem relação direta com o teor de lipídeos totais, gordura saturada e colesterol depositados na carcaça, exceto quando há fornecimento de ácidos graxos derivados do ácido alfa-linolênico, EPA e DHA.
6. A suplementação de vitamina “E” aumenta o teor de ácidos graxos poliinsaturados na carne. O mesmo ocorre com o teor de gordura saturada, quando a fonte de óleo não apresenta grande quantidade de poliinsaturados ou quando há elevada relação $\omega 6:\omega 3$ na ração.
7. Há deposição diferenciada de vitamina “E” na carne de coxa e de peito em função do tipo de ácido graxo.

Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração sobre o perfil de ácidos graxos, teor de colesterol, triglicerídeos e vitamina “E” em espermatozóides de galos

Resumo - Foram utilizados 320 reprodutores da linhagem White Leghorn, com 30 semanas de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 5 X 3, com cinco fontes de óleo (girassol, soja, canola, linhaça e peixe) e três concentrações de antioxidantes (30, 200 e 400 mg de vitamina E/kg). Objetivou-se com este estudo avaliar a inclusão de fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração sobre o perfil de ácidos graxos, teor de colesterol, triglicerídeos e vitamina “E” em espermatozóides de galos. Com exceção do teor de C18:1 ω 9 que aumentou quando se utilizou óleo de canola (P < 0,05), a ingestão de ração com óleo de peixe e de canola induziu a redução (P < 0,05) no teor de C18:2 ω 6, C20:4 ω 6, ácidos graxos saturados e apresentou nível intermediário de ácidos graxos poliinsaturados nos espermatozóides. O consumo de óleo de linhaça reduziu (P < 0,05) o teor de C18:1 ω 9, C18:2 ω 6, C20:4 ω 6, de gordura saturada e induziu menor teor de PUFAs. Ambas as rações, com óleo de soja e de girassol, aumentaram (P < 0,05) a concentração de C18:2 ω 6 e C20:4 ω 6 e, particularmente a ração com óleo de girassol induziu o maior (P < 0,05) teor de gordura saturada e nível intermediário de ácidos graxos poliinsaturados nos espermatozóides. Por outro lado, a ração com óleo de soja induziu o maior teor de PUFAs (P < 0,05) nos espermatozóides, e apresentou o maior teor de colesterol (P < 0,05), não diferindo dos alimentados com ração com óleo de peixe, que não diferiu dos tratados com óleo de canola, girassol e linhaça, que tiveram os menores teores, não diferindo entre si. Houve redução (P < 0,05) no teor de C18:1 ω 9, C18:2 ω 6 e de ácidos graxos poliinsaturados nos espermatozóides dos animais tratados com óleo de girassol e suplementados com maior nível de vitamina “E”. Em contrapartida, o contrário foi observado quando se

utilizou óleo de soja e de canola sobre o teor de ácidos graxos poliinsaturados.

Palavras - chave: galos, espermatozóides, ácidos graxos e vitamina “E”

Oil sources and vitamin E levels on the profile of fatty acids and on cholesterol, triglycerides and vitamin E content in spermatozoa of roosters

Abstract – Three hundred and twenty White Leghorn roosters, at 30 weeks of age, were housed in individual cages and distributed in a completely randomized factorial design of 5 X 3, with five oil sources (sunflower, soy, canola, linseed and fish) and three levels of antioxidants (30, 200 and 400 mg of vitamin E/kg). The objective of this study was to evaluate the inclusion of oil sources and dietary supplementation of the vitamin E on the profile of fatty acids and on the cholesterol, triglycerides and vitamin E content in spermatozoa of roosters. Except for the level of C18:1 ω 9 that increased when using canola oil ($P < 0.05$), the intake of fish and canola oil in the diet reduced ($P < 0.05$) the level of C18:2 ω 6, C20:4 ω 6, saturated fatty acids and showed intermediate level of polyunsaturated fatty acids in the spermatozoa. The use of linseed oil reduced ($P < 0.05$) the level of C18:1 ω 9, C18:2 ω 6, C20:4 ω 6, of saturated fat and determined smaller level of PUFAs. Both diets, with soy and sunflower oil, increased ($P < 0.05$) the level of C18:2 ω 6 and C20:4 ω 6 and, particularly the diet with sunflower oil induced the largest ($P < 0.05$) level of saturated fat and intermediate level of polyunsaturated fatty acids on the spermatozoa. On the other hand, the diet with soy oil induced the largest level of PUFAs ($P < 0.05$) in the spermatozoa however, showed the greatest cholesterol level ($P < 0.05$), not differing from the one fed with diet with fish oil, which did not differ from one fed with canola, sunflower and linseed oil, which have had the smallest levels, not differing from each other. There was reduction ($P < 0.05$) in the

level of C18:1 ω 9, C18:2 ω 6 and of polyunsaturated fatty acids in the animal's spermatozoa fed with sunflower oil and supplemented with greatest vitamin E level. In compensation, the opposite was observed when using soy and canola oil on the level of polyunsaturated fatty acids.

Keywords: roosters, spermatozoa, fatty acids and vitamin E

INTRODUÇÃO

Os órgãos reprodutivos masculinos são influenciados pelos níveis de ácidos graxos essenciais da dieta (Leathem, 1970). O significado fisiológico dos ácidos graxos no metabolismo dos espermatozoides está relacionado a dois aspectos: 1) serem fontes de substratos endógenos para metabolismo oxidativo, podendo elevar a capacidade de sobrevivência no trato reprodutivo masculino e feminino; 2) fazem parte da constituição dos fosfolipídeos, podendo influenciar nas propriedades funcionais das membranas biológicas. A maioria das células degradam e substituem continuamente os lipídeos de membrana (Lehninger et al. 1995) que são oxidados para produção de energia (Mann, 1964).

Com relação à constituição da membrana celular, Vandenneuvel (1971) *apud* Scott (1973) afirma que o aumento na proporção de poliinsaturados nos espermatozoides, durante sua fase de maturação no epidídimo, pode ter efeito pronunciado nas propriedades físicas e químicas da membrana. Desse modo, a inclusão de óleos na ração pode modificar o perfil de ácidos graxos dos espermatozoides e, conseqüentemente, alterar o desempenho reprodutivo. Entretanto o requerimento de vitamina "E" é variável e depende da concentração, do tipo e da qualidade de lipídeos na ração e da presença de antioxidantes (Klasing, 1998).

Cerolini et al. (1997) verificaram, em galos, correlações positivas entre fertilidade e fosfolipídeos ligados a ácidos graxos C20:4 ω 6 e C22:4 ω 6.

E a motilidade espermática foi positivamente correlacionada com o teor de C22:4 ω 6 e C22:6 ω 3, porém negativamente com a quantidade de colesterol livre e ácidos graxos C16:0 e C18:0. Blesbois et al. (1997a) comparando o óleo de salmão com o óleo de milho verificaram que o primeiro aumentou a proporção de ácidos graxos ω 3, reduziu o teor de ácidos graxos ω 6 e a relação ω 6: ω 3 nos espermatozóides de galos que resultou em aumento da fertilidade.

Entretanto, Kelso et al. (1997b) verificaram na 72ª semana de idade queda na motilidade espermática de animais suplementados com C18:3 ω 3 associado um aumento na proporção de ácidos graxos saturados nos espermatozóides pois o aumento na disponibilidade de ácidos graxos ω 3 inibiu a incorporação de ácidos graxos C20:4 ω 6 e C22:4 ω 6 sem, contudo, produzir um aumento correspondente de ácidos graxos C22:5 ω 3 e C22:6 ω 3. Assim, o déficit na incorporação de PUFA's foi preenchido por ácidos graxos saturados.

Objetivou-se com este estudo avaliar a inclusão de fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina "E" na ração sobre o perfil de ácidos graxos, teor de colesterol, triglicerídeos e vitamina "E" em espermatozóides de galos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, município de Viçosa, Minas Gerais, no período de 22 de janeiro a 25 de junho de 1999. As análises laboratoriais foram realizadas no Centro de Química de Alimentos e Nutrição Aplicada do ITAL, em Campinas, SP e no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFMG, Belo Horizonte.

Foram utilizados 320 reprodutores da linhagem White Leghorn, com 30 semanas de idade, alojados em gaiolas metálicas individuais, com fotoperíodo diário de 16 horas de luz. Os galos foram distribuídos num delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 5 X 3, com cinco fontes de óleo (girassol, soja, canola, linhaça e peixe) e três concentrações de antioxidantes (30, 200 e 400 mg de vitamina E/kg de ração). Foram adicionados 6% de óleo (total da composição da ração), independentemente da fonte utilizada, e as rações experimentais tiveram em média 8% de lipídeos totais (isolipídicas), originando-se todas de uma mesma ração à base de milho e farelo de soja. Sua composição centesimal foi baseada nas exigências nutricionais segundo NRC (1994) e Leeson (1996) e se encontra na Tabela 1, do capítulo 1.

O período pré-experimental foi iniciado na 25^a semana de idade, embora, segundo Blesbois et al. (1997a), cinco semanas sejam suficientes para ocorrer a estabilização do perfil de ácidos graxos do sêmen. Assim, os machos iniciaram o experimento com 30 semanas de idade.

A extração de lipídeos, a determinação da composição de ácidos graxos e a quantificação do teor de vitamina "E" nos óleos e rações, foram baseadas na metodologia contida no capítulo 1.

As temperaturas e umidades relativas no galpão experimental foram registradas cinco vezes ao dia, por meio de termômetros de bulbo seco e úmido e de globo negro. As médias das temperaturas e umidade relativa do ar foram registradas na parte interior e central do galpão durante o período experimental. Posteriormente, foi calculado o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), que se encontra na Tabela 2, do capítulo 1.

Todos os galos foram submetidos a uma "toilete", isto é, à retirada das penas da região pericloacal para facilitar o processo de coleta do sêmen, por permitir melhor visualização da cloaca, e diminuir as fontes de contaminação do sêmen. Essa retirada foi feita por arrancamento manual e repetida a cada duas semanas durante todo o período de coleta de sêmen. Durante a fase pré-experimental, foram feitas duas coletas semanais com o

intuito de condicionar os galos ao procedimento, minimizando o estresse durante a fase experimental. A coleta foi feita pelo método de massagem abdominal descrito por Burrows e Quinn (1935) e modificada por Wheeler (1948). A coleta do sêmen foi feita pela manhã e os ejaculados dos galos de cada tratamento foram misturados, formando um “pool” de sêmen por tratamento.

A avaliação da teor de vitamina “E” e de colesterol nos espermatozóides foi feita na 47^a, 48^a, 49^a e 50^a e 51^a semana de idade, totalizando cinco repetições/tratamento no tempo. Independentemente da fonte de óleo, o nível de 30 mg de vitamina E/kg foi constituído por 10 repetições e os demais níveis de vitamina “E” continham 5 repetições por fonte de óleo, totalizando 100 amostras.

Para avaliação do perfil de ácidos graxos e teor de triglicerídeos nos espermatozóides, foram colhidas, no tempo, amostras de sêmen na 48^a, 49^a e 50^a e 51^a semana de idade totalizando quatro repetições/tratamento. A determinação dos diversos ácidos graxos foi feita a partir de um total de 52 a 76 amostras distribuídas entre os vários tratamentos. O teor de triglicerídeos foi avaliado a partir de 80 amostras sendo que independentemente da fonte de óleo o nível de 30 mg de vitamina E/kg foi constituído por 8 repetições e os demais níveis de vitamina “E” continham 4 repetições por fonte de óleo.

O protocolo utilizado no preparo do sêmen para extração de lipídeos foi descrito por Blesbois et al. (1997). Consistiu da diluição do sêmen com igual volume (1:1) de solução de NaCl 0,9% e posterior centrifugação a 500 x g por 10 minutos a 20°C para separar os espermatozóides do plasma seminal. O sobrenadante foi descartado e o pélete resultante, com o espermatozóide, foi congelado a -20°C para posterior análise.

Para análise do perfil de ácidos graxos foi também utilizado o protocolo recomendado por Blesbois et al. (1997). Consistiu de um rápido descongelamento e posterior extração de lipídeos presentes nas amostras de espermatozóides, com utilização de clorofórmio/metanol (2:1, v:v). A

técnica adotada quanto à extração e à esterificação dos lipídeos foi descrita por Hulan et al. (1989). Após a obtenção dos ésteres de ácidos graxos, foram analisados em um cromatógrafo gasoso GC-17^A Shimadzu, dotado de detector de ionização em chama de injeção automático, coluna capilar (Carbowax), sendo utilizado H₂ como gás de arraste. Os cálculos foram feitos por integração com um computador ligado ao detector. Os picos dos ácidos graxos foram identificados pela comparação com um padrão.

O teor de vitamina “E” presente nos espermatozoides foi mensurado segundo a metodologia proposta por Ueda e Igarashi (1990) e expressa em ppm. Estas análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFMG.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises dos parâmetros avaliados foram realizadas com a utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, versão 7.0), desenvolvido pela UFV (1997). Foi utilizado o teste SNK para comparação de médias entre as fontes de óleo, com nível de significância de 5% e análise de regressão para os níveis de antioxidantes.

Modelo estatístico

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + N_j + FN_{ij} + e_{ijk} \text{ onde,}$$

Y_{ijk} = observação k do nível j da fonte i;

μ = média geral do experimento

F_i = efeito das fontes lipídicas i, (i=1,...,5)

N_j = efeito da suplementação de antioxidante (j = 30, 200, 400)

FN_{ij} = efeito da interação fonte lipídica i e nível de antioxidante j

e_{ijk} = erro aleatório associado às observações

Quando houve interação ($P < 0,05$) foi determinado o efeito do nível de antioxidante dentro de cada fonte.

Modelo estatístico

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + N_{ij} + e_{ijk} \text{ onde,}$$

Y_{ijk} = observação k do nível j da fonte i;

μ = média geral do experimento

F_i = efeito das fontes lipídicas i, (i=1,...,5)

N_{ij} = efeito do nível de antioxidante j dentro de cada fonte i, (j=30, 200, 400)

e_{ijk} = erro aleatório associado às observações

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfil de ácidos graxos e teor de vitamina “E” encontrados nos óleos e rações experimentais

Os principais ácidos graxos encontrados nos óleos e nas rações podem ser observados, respectivamente, nas Tabelas 3 e 4, do capítulo 1.

Os valores de vitamina “E”, analisados nas rações experimentais e nos respectivos óleos, podem ser observados, respectivamente, nas Tabelas 5 e 6, do capítulo 1.

Perfil de ácidos graxos presentes nos espermatozóides de galos

O perfil de ácidos graxos nos espermatozóides de galos encontra-se na Tabela 1. Independentemente da fonte de óleo utilizada nas rações, foram avaliados os seguintes ácidos graxos nos espermatozóides: saturados (C16:0 + C18:0) e poliinsaturados (C18:2 ω 6 + C20:4 ω 6). Os ácidos graxos poliinsaturados da série ω 3 não foram identificados, provavelmente em função de sua baixa concentração. De acordo com Blesbois et al. (1997) os quatro principais ácidos graxos presentes nos espermatozóides de galos são C16:0, C18:0, C18:1 ω 9 e C22:4 ω 6, havendo pouca quantidade de C22:5 ω 3 e C:22:6 ω 3.

Tabela 1 - Teor de ácidos graxos da série ômega 9 e ômega 6 nos espermatozoides de galos submetidos a diferentes fontes de óleo e níveis de de suplementação de vitamina "E" da 48ª à 51ª semana de idade

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA "E" (mg/kg)			MÉDIA	CV (%)
	30	200	400		
C18:1 ω 9 - ÁCIDO OLÉICO (mg/kg)					
SOJA	18,21	19,43	24,70	20,78 ^{AB}	
CANOLA	23,29	24,21	28,00	25,16 ^A	
GIRASSOL ¹	33,89	29,00	14,28	25,72 ^A	
LINHAÇA	16,32	15,74	20,38	17,48 ^B	
PEIXE	14,21	22,43	18,73	18,46 ^B	
MÉDIA	21,18	22,16	21,22	21,52	38,37
C18:2 ω 6 - ÁCIDO LINOLÉICO (mg/kg)					
SOJA ¹	2,95	3,82	8,40	5,06 ^A	
CANOLA	1,59	2,63	3,34	2,52 ^B	
GIRASSOL ¹	6,31	6,79	0,91	4,67 ^A	
LINHAÇA	1,93	1,10	1,65	1,56 ^B	
PEIXE	2,04	2,39	2,57	2,33 ^B	
MÉDIA	2,96	3,34	3,37	3,23	51,94
C20:4 ω 6 - ÁCIDO ARAQUIDÔNICO (mg/kg)					
SOJA	15,68	21,36	22,14	19,39 ^A	
CANOLA	7,15	15,77	13,53	11,15 ^B	
GIRASSOL	16,60	14,51	6,81	13,86 ^A	
LINHAÇA	8,63	6,63	9,62	8,47 ^B	
PEIXE	7,46	7,45	11,03	8,11 ^B	
MÉDIA	11,14	13,14	12,62	12,30	51,51
ÁCIDOS GRAXOS SATURADOS (mg/kg)					
SOJA	68,72	69,59	67,97	68,76 ^B	
CANOLA	59,54	63,41	63,62	62,19 ^B	
GIRASSOL	77,95	84,50	98,50	86,98 ^A	
LINHAÇA	59,75	61,01	47,97	56,24 ^B	
PEIXE	49,22	74,15	56,34	59,90 ^B	
MÉDIA	63,04	70,53	66,88	66,82	19,57
ÁCIDOS GRAXOS POLIINSATURADOS (mg/kg)					
SOJA ¹	17,59	25,18	30,54	24,44 ^A	
CANOLA ¹	6,05	16,16	18,38	13,53 ^{BC}	
GIRASSOL ¹	20,30	21,48	8,00	16,59 ^B	
LINHAÇA	9,67	8,00	11,27	9,65 ^C	
PEIXE	8,35	9,75	13,72	10,60 ^{BC}	
MÉDIA	12,39	16,11	16,38	14,96	45,09

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls (P < 0,05)

¹Efeito linear (P < 0,05)

Com exceção do teor de C18:1 ω 9 que aumentou quando utilizado óleo de canola (P < 0,05), o uso de óleo de peixe e de canola na ração reduziu (P < 0,05) o teor de C18:2 ω 6, C20:4 ω 6, ácidos graxos saturados e

apresentou nível intermediário de ácidos graxos poliinsaturados nos espermatozoides. Embora o teor de $\omega 3$ não tenha sido detectado neste experimento, supõe-se que houve deposição de ácidos graxos $\omega 3$ a expensas dos ácidos graxos $\omega 6$, reduzindo sua deposição. Kelso et al. (1997a) verificaram que a ração com óleo de peixe induziu redução nas proporções de 18:2 $\omega 6$, 20:4 $\omega 6$ e 22:4 $\omega 6$, que corroboram com os apresentados neste experimento. A redução no teor de C18:1 $\omega 9$ nos espermatozoides, quando alimentados com óleo de peixe, pode estar relacionada com a inibição competitiva entre as séries $\omega 3$ e $\omega 9$.

A redução no teor de C18:2 $\omega 6$, C20:4 $\omega 6$ e de gordura saturada nos espermatozoides dos animais alimentados com ração com óleo de canola e de peixe (Tabela 1) pode estar vinculada à relação balanceada $\omega 6:\omega 3$, na ração, (Tabela 4, do capítulo 1) como também no caso específico do óleo de peixe à presença dos ácidos graxos eicosapentanoico (EPA) e docosahexanoico (DHA). Com relação ao teor de gordura saturada Harris (1989) relatou que o fornecimento de ácidos graxos $\omega 3$ possibilitou redução na biossíntese hepática de lipídeos ao mesmo tempo que induziu β -oxidação, diminuindo os lipídeos circulantes. Posteriormente, Phetteplace e Watkins (1990) verificaram que os ácidos graxos $\omega 3$ podem estar relacionados com uma maior taxa de β -oxidação, pois houve redução de triglicerídeos no plasma e de lipoproteínas VLDL e LDL.

Quanto à deposição do tipo de ácido graxo nos espermatozoides sabe-se que a manutenção de uma relação balanceada $\omega 6:\omega 3$, na ração, evita a supressão do metabolismo de uma série ω por outra série.

Portanto, ao proporcionar relação $\omega 6:\omega 3$ de 6,62 e 8,38, nas rações com óleo de canola e de peixe, respectivamente, atingiu-se proporção desejável entre as séries ω possibilitando que os ácidos graxos $\omega 3$ determinassem redução da lipogênese hepática, demonstrado pela diminuição de gordura saturada e inibição do metabolismo da série $\omega 6$, evidenciado pela redução no teor de C18:2 $\omega 6$ e C20:4 $\omega 6$. Embora tenha

haver diminuição no teor destes ácidos graxos $\omega 6$ nos espermatozoides dos animais alimentados com ração com óleo de canola e de peixe carcaça, acredita-se que não houve danos à fisiologia animal, pois a relação $\omega 6:\omega 3$ na ração encontrou-se dentro da faixa recomendada para os homens que é de 4:1 a 10:1 (British Nutrition Foundation, 1991).

A utilização de óleo de canola na ração induziu maior valor percentual de C18:1 $\omega 9$, cerca de 55% (Tabela 4, do capítulo 1). As demais rações tiveram, em média, teor em torno de 27%. Portanto, o aumento no consumo de C18:1 $\omega 9$ conduziu a um maior teor deste ácido graxo nos espermatozoides, contudo esta elevação não foi proporcional ao aumento na ingestão. Conseqüentemente, tem-se a indicação de que a deposição de C18:1 $\omega 9$ seja regulada parcialmente pela síntese *de novo* ao invés de ser controlada basicamente pela quantidade existente na dieta, uma vez que se trata de um tipo de ácido graxo sintetizado endogenamente. Segundo Klasing (1998), quando lipídeos são adicionados à ração, os ácidos graxos presentes nesta dieta podem ser depositados, diluindo os sintetizados endogenamente, entretanto a extensão da relação entre os tipos de ácidos graxos depositados na carcaça com os presentes na dieta dependerá da oxidação ou esterificação de alguns tipos de ácidos graxos com fins de armazenamento; de uma modificação dos ácidos graxos da dieta por meio da elongação e/ou dessaturação e da quantidade de ácidos graxos da dieta em relação à quantidade sintetizada pela via *de novo*.

O óleo de linhaça na ração reduziu ($P < 0,05$) o teor de C18:1 $\omega 9$, C18:2 $\omega 6$, C20:4 $\omega 6$, de gordura saturada e induziu menor teor de PUFA's (Tabela 1) que, provavelmente, pode resultar em redução da flexibilidade da membrana celular dos espermatozoides com conseqüente prejuízo à fertilidade animal. A ração com óleo de linhaça revelou alto teor de C18:3 $\omega 3$, cerca de 32,3% (Tabela 4, do capítulo 1). Acredita-se que a redução no teor de C18:1 $\omega 9$, C18:2 $\omega 6$, C20:4 $\omega 6$, de gordura saturada e de poliinsaturada nos espermatozoides de galos alimentados com óleo de linhaça esteja

provavelmente relacionado com seu alto teor de C18:3 ω 3. Portanto, sugere-se que o C18:3 ω 3 tenha determinado a supressão do metabolismo da série ômega 6 e 9, com conseqüente redução na deposição C18:1 ω 9, C18:2 ω 6, C20:4 ω 6 e de poliinsaturados.

Ambas as rações, com óleo de soja e de girassol, aumentaram ($P < 0,05$) a concentração de C18:2 ω 6 e C20:4 ω 6 e, particularmente, a ração com óleo de girassol induziu o maior ($P < 0,05$) teor de gordura saturada e nível intermediário de ácidos graxos poliinsaturados nos espermatozóides. Por outro lado, a ração com óleo de soja induziu o maior teor de PUFA's ($P < 0,05$) nos espermatozóides.

O efeito ($P < 0,05$) do óleo de girassol sobre o teor de gordura saturada nos espermatozóides (Tabela 1), provavelmente está relacionado com sua elevada relação ω 6: ω 3 na ração. Portanto, sugere-se que uma alta disponibilidade de ω 6 tenha inibido uma possível incorporação de ácidos graxos da série ω 3 nos espermatozóides, sem produzir aumento correspondente na incorporação de PUFA's da série ω 6. Este déficit na deposição de poliinsaturados foi preenchido por ácidos graxos saturados (Tabela 1). Anteriormente Cerolini et al. (1997) e Kelso et al. (1997b) verificaram correlação negativa entre o teor de ácidos graxos saturados (C16:0 e C18:0) e motilidade espermática. Portanto, acredita-se que o alto teor de gordura saturada nos espermatozóides dos galos tratados com ração com óleo de girassol pode vir a prejudicar a taxa de fertilidade, pois de acordo com Stubbs e Smith (1984), a composição de lipídeos é o principal determinante da flexibilidade de membrana requerida, segundo Bearer e Friend (1982), no movimento flagelar do espermatozóide e na propriedade de fusão espermatozóide-oócito. Desse modo, os lipídeos de membrana dos espermatozóides estão relacionados com propriedades físico-químicas e metabólicas, permitindo a realização de atividades especializadas.

O efeito ($P < 0,05$) da ração, com óleo de soja, sobre o teor de PUFA nos espermatozoides provavelmente está relacionado com seu elevado teor de ácidos graxos poliinsaturados (55,7%), representado por C18:2 ω 6 (51,9%), que foi depositado ou convertido em C20:4 ω 6 (Tabela 1). O mesmo não ocorreu para a ração, com óleo de girassol, apesar de apresentar grande quantidade de poliinsaturados, cerca de 64%, pois seu fornecimento resultou em elevado teor de gordura saturada nos espermatozoides, comprometendo a deposição de poliinsaturados.

Foi verificada a redução ($P < 0,05$) no teor de C18:1 ω 9, C18:2 ω 6 e de ácidos graxos poliinsaturados nos espermatozoides dos animais alimentados com ração com óleo de girassol e suplementados com maior nível de vitamina “E”. Por outro lado, o contrário foi observado quando utilizado óleo de soja e de canola na ração sobre o teor de ácidos graxos poliinsaturados. A redução no teor de C18:1 ω 9 nos espermatozoides dos galos tratados com óleo de girassol pode estar relacionado com uma inibição competitiva entre as séries ω 6 e ω 9 que, entretanto, não resultou em aumento correspondente na incorporação de ácidos graxos poliinsaturados, como de C18:2 ω 6. Portanto, como forma de proteger-se da oxidação, não houve maior deposição de insaturados aos espermatozoides, uma vez que estariam sendo submetidos à temperatura corporal, de 41°C, que, provavelmente, resultaria em infertilidade.

O efeito da vitamina “E”, quando fornecido óleo de soja, pode estar relacionado com maior proteção contra peroxidação de lipídeos, resultando em aumento do teor de C18:2 ω 6 e de poliinsaturados nos espermatozoides. Vale ressaltar que o teor de C18:2 ω 6 nas rações com óleo de soja e girassol foi de 51,9% e 63,1%, respectivamente. Conseqüentemente, houve diferentes disponibilidades de C18:2 ω 6 que pode ter sido exacerbado com uma maior suplementação de vitamina “E”.

Teor de triglicerídeos, colesterol e vitamina “E” nos espermatozóides de galos

Os resultados de triglicerídeos, colesterol e vitamina “E” podem ser observados na Tabela 2. No período da 47^a à 51^a semana de idade não houve efeito ($P > 0,05$) de fonte de óleo e vitamina “E” sobre o teor de triglicerídeos e de vitamina “E” presentes nos espermatozóides de galos. Entretanto foi verificado efeito ($P < 0,05$) da fonte de óleo sobre o teor de colesterol nos espermatozóides (Tabela 2).

Os animais tratados com ração, com óleo de soja, apresentaram o maior teor de colesterol ($P < 0,05$), não diferindo dos alimentados com ração, com óleo de peixe, que não diferiu dos tratados com óleo de canola, girassol e linhaça, que apresentaram os menores teores, não diferindo entre si. Provavelmente, a influência da ração com óleo de soja sobre o teor de colesterol nos espermatozóides esteja associada com seu teor de gordura saturada na ração (Tabela 4, do capítulo 1), que foi o maior entre as fontes de óleo de origem vegetal, sendo inferior apenas à ração, com óleo de peixe. Anteriormente, a ração, com óleo de soja, também induziu maior teor de lipídeos totais (Tabela 7, do capítulo 1) e colesterol (Tabela 8, do capítulo 1) na carne de coxa de galos.

O colesterol é o segundo principal componente de membrana celular dos espermatozóides (Quinn e White, 1967 *apud* Scott, 1973) e de acordo com Cerolini et al. (1997), a quantidade de colesterol livre está negativamente correlacionada com a motilidade espermática. Portanto, acredita-se que o elevado teor de colesterol nos espermatozóides dos galos tratados com óleo de soja na ração pode vir a interferir no desempenho reprodutivo animal.

Tabela 2 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre o teor de triglicerídeos, colesterol e vitamina “E” em espermatozóides de galos

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA “E” (mg/kg)				CV (%)
	30	200	400	MÉDIA	
TEOR DE TRIGLICERÍDEOS (mg/dl)					
SOJA	110,737	120,998	112,394	111,376	
CANOLA	121,976	110,631	103,739	112,115	
GIRASSOL	104,915	119,252	94,994	106,387	
LINHAÇA	105,725	108,374	144,245	119,465	
PEIXE	133,752	120,658	111,717	122,042	
MÉDIA	113,421	115,983	113,428	114,27	35,53
TEOR DE COLESTEROL (mg/dl)					
SOJA	101,223	161,838	114,882	125,981 ^A	
CANOLA	115,672	83,904	87,528	95,701 ^B	
GIRASSOL	90,596	99,158	91,616	93,790 ^B	
LINHAÇA	88,217	99,150	96,824	94,730 ^B	
PEIXE	105,455	100,098	105,446	103,666 ^{AB}	
MÉDIA	100,232	108,829	99,259	102,77	32,93
TEOR DE VITAMINA “E” (ppm)					
SOJA	10,208	8,868	10,052	9,709	
CANOLA	7,468	8,412	8,578	8,152	
GIRASSOL	8,787	10,564	10,176	9,842	
LINHAÇA	9,209	8,348	9,774	9,110	
PEIXE	9,069	8,342	9,346	8,919	
MÉDIA	8,948	8,906	9,585	9,14	33,27

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls (P< 0,05)

CONCLUSÕES

Nas condições em que este experimento foi realizado conclui-se que:

1. A concentração e o perfil de ácidos graxos nos espermatozóides são influenciados pela fonte de óleo na ração.
2. Há necessidade de relação balanceada $\omega 6:\omega 3$ na ração.
3. A relação $\omega 6:\omega 3$ na ração de 6:1 a 9:1 revela proporção desejável entre as séries ω reduzindo o teor de gordura saturada e mantendo num nível intermediário a concentração de ácidos graxos poliinsaturados.
4. A deposição de C18:1 $\omega 9$ é parcialmente regulada pela síntese *de novo* ao invés de ser controlada somente pela quantidade existente na dieta.
5. O teor de gordura saturada na ração tem relação direta com o teor de colesterol nos espermatozóides, exceto quando há fornecimento de ácidos graxos derivados do ácido alfa-linolênico, EPA e DHA.
6. A deposição de ácidos graxos poliinsaturados nos espermatozóides é reduzida quando há suplementação de vitamina “E” em rações com elevada relação $\omega 6:\omega 3$.
7. A redução na quantidade de ácidos graxos poliinsaturados ou o aumento no teor de gordura saturada e colesterol nos espermatozóides interfere em sua composição de lipídeos que é o principal determinante da flexibilidade de membrana.

Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração sobre as características seminais de galos

Resumo - Foram utilizados 320 reprodutores da linhagem White Leghorn, com 30 semanas de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 5 X 3, com cinco fontes de óleo (girassol, soja, canola, linhaça e peixe) e três concentrações de antioxidantes (30, 200 e 400 mg de vitamina E/kg). Objetivou-se com este estudo avaliar se a inclusão de fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração podem melhorar características físicas seminais e influenciar a concentração de antioxidantes totais do sêmen. Na 38ª semana de idade, galos tratados com óleo de soja apresentaram maior concentração de antioxidantes totais no sêmen e maior volume seminal ($P < 0,05$), que não diferiu dos tratados com óleo de peixe. Durante este período, os galos alimentados com ração, com óleo de girassol, apresentaram maior ($P < 0,05$) concentração espermática, seguida dos tratados com canola, soja e linhaça que não diferiram entre si. Na 52ª semana de idade, foi verificado efeito quadrático ($P < 0,05$) da vitamina “E” na ração, com óleo de girassol, sendo que a maior motilidade e vigor espermático foram obtidos no nível entre 30 e 400 mg de vitamina E/kg. Portanto, a resposta da vitamina “E” não é crescente quando se utilizou óleo de girassol. Pelo contrário, pois, no mesmo período, houve efeito linear da vitamina “E” ($P < 0,05$) demonstrado pela redução no volume de sêmen quando se utilizou óleo de girassol. O uso de óleo de linhaça reduziu ($P < 0,05$) o volume seminal na 38ª semana de idade, entretanto durante este período, foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$) da vitamina “E” sobre a motilidade espermática, com a maior motilidade e vigor espermático obtidos no nível entre 30 e 400 mg de vitamina E/kg. Assim, a resposta da vitamina “E” também não é crescente quando se utilizou óleo de linhaça. Pelo contrário, pois, na 52ª semana de idade, houve efeito linear decrescente ($P < 0,05$) da vitamina “E” sobre a motilidade e vigor espermático quando se utilizou óleo de linhaça. O uso de

ração, com óleo de peixe, induziu a menor concentração de antioxidantes totais no sêmen ($P < 0,05$), entretanto, quando houve a suplementação com o maior nível de vitamina “E” foi verificado aumento linear ($P < 0,05$) do volume de sêmen, motilidade e vigor espermático.

Palavras-chave: galos, sêmen, ácidos graxos e vitamina “E”

Oil sources and vitamin E levels on the quality spermatozoa of roosters

Abstract – Three hundred and twenty White Leghorn roosters, at 30 weeks of age, were housed in individual cages and distributed in a completely randomized factorial design of 5 X 3, with five oil sources (sunflower, soy, canola, linseed and fish) and three levels of antioxidants (30, 200 and 400 mg of vitamin E/kg). The objective of this study was to evaluate if the inclusion of oil sources and dietary supplementation of the vitamin E can improve quality of spermatozoa and affect the concentration of totals antioxidants of the semen. At 38 weeks of age, roosters treated with soy oil presented a great level of total antioxidants in the semen and seminal volume ($P < 0.05$), which did not differ from one fed with fish oil. During this period, the roosters fed with diet with sunflower oil presented great ($P < 0.05$) sperm concentration, followed by the one fed with canola, soy and linseed oil, which did not differ from each other. At 52 weeks of age, quadratic effect was shown ($P < 0.05$) on the vitamin E in the diet with sunflower oil and increased motility and sperm vigor were obtained in the level between 30 and 400 mg of vitamin E/kg. There is no linear increase in response when vitamin E is added to the sunflower oil diet. On the other hand, in the same period, there was linear effect of the vitamin E ($P < 0.05$) demonstrated by the reduction in the semen volume when using sunflower oil. The use of linseed oil reduced ($P < 0.05$) the seminal volume at 38 weeks of age however, during this period, a quadratic effect was observed

($P < 0.05$) of the vitamin E on the sperm motility and increased motility and sperm vigor were obtained between the level of 30 and 400 mg of vitamin E/kg. Likewise, the vitamin E does not grown by the use of linseed oil. On the contrary at the 52 weeks of age, there was linear decrease effect ($P < 0.05$) of the vitamin E on the motility and sperm vigor when using linseed oil. The fish oil diet determined the smallest concentration of total antioxidants in the semen ($P < 0.05$) however, when supplemented with the largest vitamin E level a linear increase was shown ($P < 0.05$) of the semen volume, motility and sperm vigor.

Keywords: roosters, semen, oil sources, vitamin E

INTRODUÇÃO

Os ácidos graxos poliinsaturados da série $\omega 3$ predominam nos fosfolipídeos das membranas celulares e deles dependem a permeabilidade e a flexibilidade das membranas (Sirri et al. 1995).

As mudanças que ocorrem no perfil de lipídeos dos espermatozóides durante seu período de maturação no epidídimo podem influenciar as funções da membrana celular. O modo pelo qual estas diferenças na composição dos lipídeos influenciam a longevidade e a capacidade de fertilização de espermatozóides maduros é incerta, mas reflete na reorganização da membrana (Scott, 1973). Os órgãos reprodutivos masculinos são influenciados pelos níveis de ácidos graxos essenciais da dieta (Leathem, 1970). Há evidências de que a suplementação de ácidos graxos $\omega 3$ na dieta de galos melhora a taxa de fertilidade pela alteração na constituição dos fosfolipídeos de membrana dos espermatozóides e, conseqüentemente, suas funções biológicas. Cerolini et al. (1997), estudando os componentes lipídicos presentes nos espermatozóides de galos, verificaram que a motilidade espermática foi positivamente correlacionada com a proporção de fosfolipídeos e com o teor em C22:4 $\omega 6$

e C22:6 ω 3, porém, negativamente, com a quantidade de colesterol livre e ácidos graxos C16:0, C18:0 e C18:1 ω 9.

Apesar dos benefícios dos ácidos graxos ω 3, a presença de altas concentrações de ácidos graxos poliinsaturados dentro das frações lipídicas dos espermatozoides torna-os altamente susceptíveis à peroxidação com conseqüente risco de danos à estrutura celular (Niki et al., 1993). Acredita-se que os danos causados pela peroxidação dos lipídeos dos espermatozoides seja a principal causa de subfertilidade (Hammerstedt, 1993; Sikka et al., 1995). Os sistemas enzimáticos e não-enzimáticos, representados pela glutathiona peroxidase e alfa-tocoferol, respectivamente, são os principais antioxidantes do sêmen (Surai et al. 1998).

Nissen e Kreysel (1983) avaliaram, em sêmen humano, a relação entre ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) e motilidade do espermatozoides e observaram correlação linear significativa entre a quantidade de DHA (μ g/ml do ejaculado) e a concentração de espermatozoides (10^6 /ml) e entre o teor de DHA (μ g/ml do ejaculado) e o número de espermatozoides normais móveis (10^6 espermatozoides/ml). Observaram que os espermatozoides que apresentaram baixa motilidade mostraram maior taxa de peroxidação de lipídeos endógenos, obtido a partir da produção de malonaldeído (nmol/ 10^8 espermatozoides).

Objetivou-se com este estudo avaliar se a inclusão de fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração podem melhorar características físicas seminais e influenciar a concentração de antioxidantes totais do sêmen.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, município de Viçosa, Minas Gerais, no

período de 22 de janeiro a 25 de junho de 1999. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Reprodução Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, Viçosa, e no Centro de Química de Alimentos e Nutrição Aplicada do ITAL, em Campinas, SP.

Foram utilizados 320 reprodutores da linhagem White Leghorn, com 30 semanas de idade, alojados em gaiolas metálicas individuais, com fotoperíodo diário de 16 horas de luz. Os galos foram distribuídos num delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 5 X 3, com cinco fontes de óleo (girassol, soja, canola, linhaça e peixe) e três concentrações de antioxidantes (30, 200 e 400 mg de vitamina E/kg de ração). Foram adicionados 6% de óleo (total da composição da ração), independentemente da fonte utilizada, e as rações experimentais continham em média 8% de lipídeos totais (isolipídicas) originando-se todas de uma mesma ração à base de milho e farelo de soja. Sua composição centesimal foi baseada nas exigências nutricionais segundo NRC (1994) e Leeson (1996) e encontra-se na Tabela 1, do capítulo 1.

A extração de lipídeos, a determinação da composição de ácidos graxos e a quantificação do teor de vitamina "E" nos óleos e rações, foram baseadas na metodologia descrita no capítulo 1.

As temperaturas e umidades relativas no galpão experimental foram registradas cinco vezes ao dia, por meio de termômetros de bulbo seco e úmido e de globo negro. As médias das temperaturas e umidade relativa do ar foram registradas na parte interior e central do galpão durante o período experimental. Posteriormente, foi calculado o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), que se encontra na Tabela 2, do capítulo 1.

Todos os galos foram submetidos a uma "toilete", isto é, à retirada das penas da região pericloacal para facilitar o processo de coleta do sêmen, por permitir melhor visualização da cloaca e diminuir as fontes de contaminação do sêmen. Essa retirada foi feita por arrancamento manual e repetida a cada duas semanas durante todo o período de coleta de sêmen. Durante a fase pré-experimental, foram feitas duas coletas semanais com o

intuito de condicionar os galos ao procedimento, minimizando o estresse durante a fase experimental. A coleta foi feita pelo método de massagem abdominal descrito por Burrows e Quinn (1935) e modificada por Wheeler (1948). A coleta do sêmen foi feita pela manhã, em frascos individuais, seguida de avaliação quantitativa e qualitativa do sêmen.

As análises quantitativas de volume e concentração espermática e as qualitativas de motilidade e vigor espermático foram realizadas na 38^a e 52^a semana de idade, exceto para concentração de espermatozóides que foi feita apenas na 38^a semana de idade. Foram avaliadas 240 amostras para determinação do volume, motilidade e vigor espermático, distribuídos entre os tratamentos durante cada um dos períodos. Para avaliação da concentração espermática foram obtidas 191 amostras, distribuídas entre os vários tratamentos.

O volume foi determinado pela leitura direta da escala no tubo de coleta graduado de 0 a 15 mL, com precisão de 0,1 mL.

A motilidade e o vigor foram determinados a partir da retirada de uma gota de sêmen da amostra individual diluída com uma gota de solução salina 0,9% (1:1). A percentagem e vigor de espermatozóides móveis foram estimados por exame microscópico em aumento de 400x. O vigor foi classificado de acordo com Ferreira Neto et al. (1977), variando de zero (0) a cinco (5), sendo o escore 0 equivalente à total imobilidade espermática e o escore 5, à movimentação intensa, vigorosa, progressiva e com formação de ondas.

Para avaliação da concentração espermática foi feita diluição de 20 µl de sêmen puro em 19,98 mL (diluição 1:1000) de solução formol salina tamponada a 1%. Após homogeneização da mistura, uma alíquota foi levada à câmara de Neubauer, onde a contagem foi feita sob microscopia de contraste de fase.

A avaliação *in vitro* da concentração de antioxidantes totais no sêmen foi feita em ejaculados de galos na faixa etária de 50^a semana de idade, empregando-se kits apropriados (Randox Limited, Crumlin). O

princípio da análise é o seguinte: ABTS[®] (2,2'-Azino-di-[3-etilbenzotiazolina sulfonato]) é incubado com a peroxidase (metamioglobina) e H₂O₂ para produzir o radical cátion ABTS^{®+}. Este radical representa uma coloração verde-azulada relativamente estável, mensurada em espectrofotômetro num comprimento de onda de 600 nm. A presença de antioxidantes na amostra produz uma supressão desta coloração, que é proporcional à concentração de antioxidantes. Foram avaliadas 100 amostras, distribuídas entre os vários tratamentos.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises dos parâmetros avaliados foram realizadas com utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, versão 7.0), desenvolvido pela UFV (1997). Foi utilizado o teste SNK para comparação de médias entre as fontes de óleo, com nível de significância de 5% e análise de regressão para os níveis de antioxidantes usados. O modelo estatístico utilizado na execução dessas análises foi o mesmo adotado no capítulo 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfil de ácidos graxos e teor de vitamina “E” encontrados nos óleos e rações experimentais

Os principais ácidos graxos encontrados nos óleos e nas rações podem ser observados, respectivamente, nas Tabelas 3 e 4, do capítulo 1.

Os valores de vitamina “E”, analisados nas rações experimentais e nos respectivos óleos, podem ser observados, respectivamente, nas Tabelas 5 e 6, do capítulo 1.

Características físicas seminais e concentração de antioxidantes totais no sêmen

Os resultados referentes às características físicas seminais encontram-se nas Tabelas 1, 2, 3, 4 e os relacionados com a concentração de antioxidantes totais no sêmen são apresentados na Tabela 5.

Os galos alimentados com ração, com óleo de soja, apresentaram maior volume ($P < 0,05$) de sêmen na 38ª semana de idade, não diferindo dos tratados com óleo de peixe (Tabela 1) e tiveram também maior concentração de antioxidantes totais no sêmen ($P < 0,05$), observado na Tabela 5.

Foi verificado, na 38ª semana de idade, aumento linear ($P < 0,05$) da motilidade (Figura 1) e do vigor espermático (Figura 2) quando os animais foram tratados com ração, com óleo de soja, e suplementados com maior nível de vitamina “E”. Durante este período, também foi verificado efeito quadrático ($P < 0,05$) da vitamina “E” no óleo de soja sobre a concentração espermática (Tabela 4). Desse modo, quando utilizado óleo de soja, a maior concentração espermática foi obtida no nível entre 30 e 400 mg de vitamina E/kg de ração. A vitamina “E” é lipossolúvel, sendo absorvida no intestino delgado das aves juntamente com os lipídeos da dieta e demais vitaminas lipossolúveis. Em um primeiro momento a suplementação de “E” na ração com óleo de soja pode melhorar as características físicas seminais pela proteção do epitélio germinativo dos testículos contra degeneração, entretanto a continuidade desta suplementação pode resultar em diminuição dos estoques das outras vitaminas lipossolúveis no organismo principalmente de vitamina “A”, pela redução de sua absorção e, por conseqüência, prejudicar o desempenho reprodutivo animal.

Tabela 1 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina "E" sobre o volume seminal de galos, em mL, na 38ª e 52ª semana de idade

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA "E" (mg/kg)			MÉDIA	CV (%)
	30	200	400		
VOLUME DE SÊMEN ÀS 38 SEMANAS DE IDADE (mL)					
SOJA	0,33	0,29	0,29	0,31 ^A	
CANOLA ¹	0,22	0,27	0,29	0,26 ^{BC}	
GIRASSOL ²	0,29	0,21	0,26	0,25 ^{BC}	
LINHAÇA	0,23	0,23	0,19	0,21 ^C	
PEIXE ¹	0,26	0,27	0,35	0,29 ^{AB}	
MÉDIA	0,26	0,25	0,27	0,26	34,2
VOLUME DE SÊMEN ÀS 52 SEMANAS DE IDADE (mL)					
SOJA	0,28	0,28	0,37	0,31	
CANOLA	0,28	0,35	0,35	0,32	
GIRASSOL ¹	0,35	0,27	0,24	0,28	
LINHAÇA	0,32	0,29	0,33	0,31	
PEIXE	0,30	0,37	0,37	0,35	
MÉDIA	0,31	0,31	0,33	0,32	42,1

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls (P < 0,05)

¹Efeito linear (P < 0,05)

²Efeito quadrático (P < 0,05)

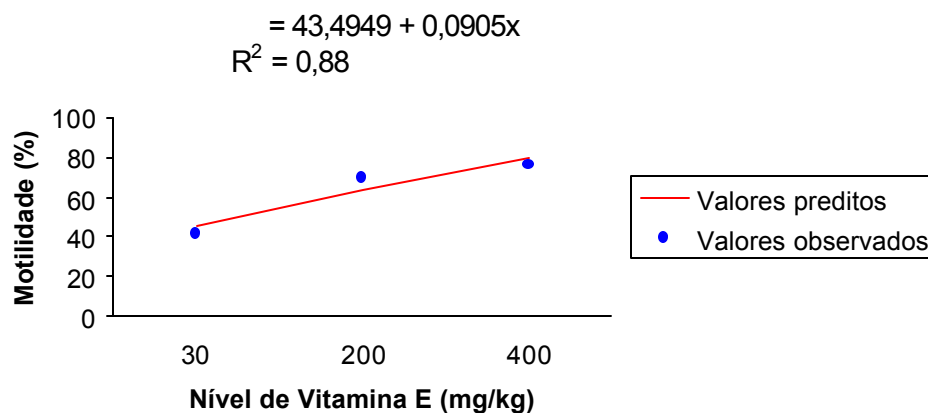


Figura 1 - Motilidade espermática de galos na 38ª semana de idade, submetidos à ração, com óleo de soja.

$$= 2,380952 + 0,004337x$$

$$R^2 = 0,95$$

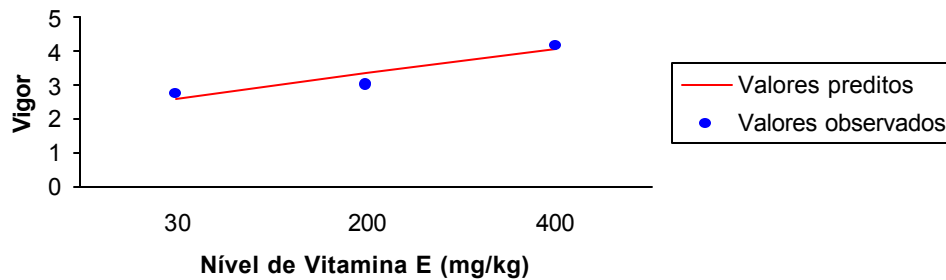


Figura 2 - Vigor espermático de galos na 38ª semana de idade, quando submetidos à ração, com óleo de soja.

Na 38ª semana de idade, os galos alimentados com ração, com óleo de girassol, apresentaram maior ($P < 0,05$) concentração espermática (Tabela 4), seguida dos tratados com óleo de canola, soja e linhaça que não diferiram entre si. Durante este período, houve aumento linear ($P < 0,05$) na concentração espermática quando utilizada a ração com óleo de girassol, suplementada com 400mg de vitamina “E” (Figura 3) que corrobora Brezezinska-Slebodzinska et al. (1995) que verificaram que a administração de vitamina “E” na dieta, durante sete semanas, determinou redução do índice de peroxidação no plasma seminal de javali e aumento ($P < 0,05$) do número de espermatozoides/cm³ de ejaculado.

$$= 201,9623 + 0,306691x$$

$$R^2 = 0,91$$

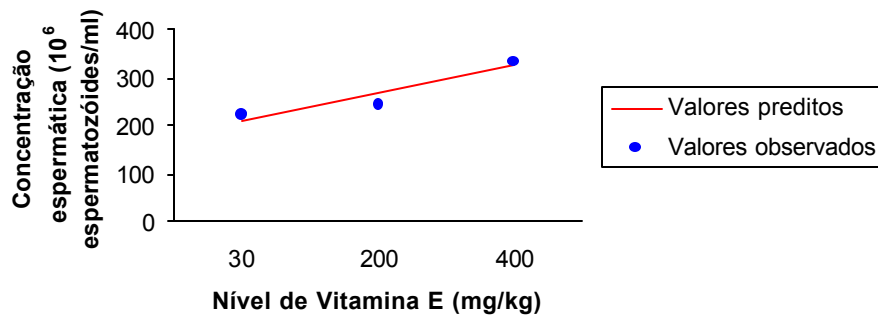


Figura 3 - Concentração espermática de galos, na 38^a semana de idade, submetidos à ração, com óleo de girassol.

Posteriormente, na 52^a semana de idade, foi verificado efeito quadrático ($P < 0,05$) da vitamina “E” na ração, com óleo de girassol, sendo que a maior motilidade (Tabela 2) e vigor espermático (Tabela 3) foram obtidos no nível entre 30 e 400 mg de vitamina E/kg. Portanto, a resposta da vitamina “E” para vigor e motilidade espermática não é crescente quando utilizado óleo de girassol. Pelo contrário, pois no mesmo período, houve efeito linear da vitamina “E” ($P < 0,05$) demonstrado pela redução no volume de sêmen quando utilizado óleo de girassol (Tabela 1). A redução no volume de sêmen quando fornecida a ração com óleo de girassol e 400 mg de vitamina E/kg pode estar relacionada ao aumento na disponibilidade de $\omega 6$ que, provavelmente, inibiu a incorporação de ácidos graxos $\omega 3$, sem produzir aumento correspondente na deposição de PUFAs da série $\omega 6$ mas, pelo contrário, houve redução ($P < 0,05$) de ácidos graxos poliinsaturados nos espermatozoides (Tabela 1, do capítulo 2). Portanto, pode ter ocorrido déficit de ácidos graxos $\omega 3$, que são constituintes do epitélio germinativo e, conseqüentemente, prejuízos em sua integridade funcional.

Tabela 2 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre a motilidade espermática, em percentagem, de galos com, respectivamente, 38 e 52 semanas de idade

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA “E” (mg/kg)				
	30	200	400	MÉDIA	CV (%)
MOTILIDADE ÀS 38 SEMANAS DE IDADE (%)					
SOJA ¹	41,6	70,0	75,8	62,5	
CANOLA	64,1	60,8	77,5	67,5	
GIRASSOL	64,1	60,8	66,6	63,8	
LINHÇAÇA ²	50,0	66,6	53,3	56,6	
PEIXE ¹	54,5	57,5	80,0	64,0	
MÉDIA	54,9	63,1	70,6	62,9	36,8
MOTILIDADE AS 52 SEMANAS DE IDADE (%)					
SOJA	39,6	52,5	48,3	46,8	
CANOLA	52,1	49,1	53,3	51,5	
GIRASSOL ^{1,2}	37,1	78,3	63,3	59,6	
LINHÇAÇA ¹	59,6	53,3	38,3	50,4	
PEIXE ¹	39,2	60,0	65,83	55,0	
MÉDIA	45,5	58,6	53,8	52,6	47,6

¹Efeito linear (P < 0,05)

²Efeito quadrático (P < 0,05)

Tabela 3 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre o vigor espermático em galos com, respectivamente, 38 e 52 semanas de idade

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA “E” (mg/kg)				
	30	200	400	MÉDIA	CV (%)
VIGOR ÀS 38 SEMANAS DE IDADE					
SOJA ¹	2,37	3,50	4,00	3,29	
CANOLA ²	3,33	2,83	3,83	3,33	
GIRASSOL	3,08	2,91	3,08	3,02	
LINHÇAÇA ²	2,62	3,41	2,75	2,93	
PEIXE ¹	2,70	3,0	4,16	3,29	
MÉDIA	2,82	3,13	3,56	3,17	34,9

VIGOR AS 52 SEMANAS DE IDADE

SOJA	2,25	2,75	2,50	2,50	
CANOLA	2,75	2,5	2,83	2,69	
GIRASSOL ^{1,2}	2,12	4,00	3,00	3,04	
LINHAÇA ¹	3,12	2,75	2,16	2,68	
PEIXE ¹	2,04	3,08	3,16	2,76	
MÉDIA	2,45	3,01	2,73	2,73	40,4

¹Efeito linear (P < 0,05)

²Efeito quadrático (P < 0,05)

Tabela 4 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre a concentração espermática em galos com 38 semanas de idade

FONTE ÓLEO	DE	NÍVEL DE VITAMINA “E” (mg/kg)				CV (%)
		30	200	400	MÉDIA	
CONCENTRAÇÃO ESPERMÁTICA (x 10 ⁶ espermatozóides/ml)						
SOJA ²		239,57	304,60	208,18	250,78	^{AB}
CANOLA		233,35	243,63	222,60	233,20	^{AB}
GIRASSOL ¹		222,52	242,27	334,30	266,37	^A
LINHAÇA		225,29	210,36	256,00	230,55	^{AB}
PEIXE		202,77	223,45	218,83	215,02	^B
MÉDIA		224,70	244,86	247,98	239,18	31,1

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls (P < 0,05)

¹Efeito linear (P < 0,05)

²Efeito quadrático (P < 0,05)

O uso de óleo de linhaça na ração reduziu (P < 0,05) o volume de sêmen na 38^a semana de idade (Tabela 1), entretanto, durante este período, foi observado efeito quadrático (P < 0,05) da vitamina “E” sobre a motilidade espermática, quando utilizado óleo de linhaça, enquanto a maior motilidade foi obtida no nível entre 30 e 400 mg de vitamina E/kg (Tabela 2). Assim, a resposta da vitamina “E” também não é crescente quando utilizado óleo de linhaça. Pelo contrário, pois, na 52^a semana de idade, houve efeito linear decrescente (P < 0,05) da vitamina “E” sobre a motilidade (Figura 4) e vigor espermático (Figura 5) quando utilizado óleo de linhaça. O uso de óleo de linhaça na ração apresentou elevado teor de ácido alfa-linolênico

(C18:3 ω 3), cerca de 32,3% (Tabela 4, do capítulo 1) e sugere-se que a suplementação de vitamina “E” resultou em diminuição na taxa de oxidação deste ácido graxo, com conseqüente aumento na disponibilidade de C18:3 ω 3 que pode ter determinado a supressão do metabolismo da série ω 6. Desse modo, provavelmente pode ter ocorrido redução na deposição de ácidos graxos poliinsaturados ω 6, sem, contudo, haver aumento correspondente na incorporação de C22:5 ω 3 e C22:6 ω 3. Portanto, o ideal para a integridade funcional do organismo é alcançar uma relação balanceada ω 6: ω 3 na ração.

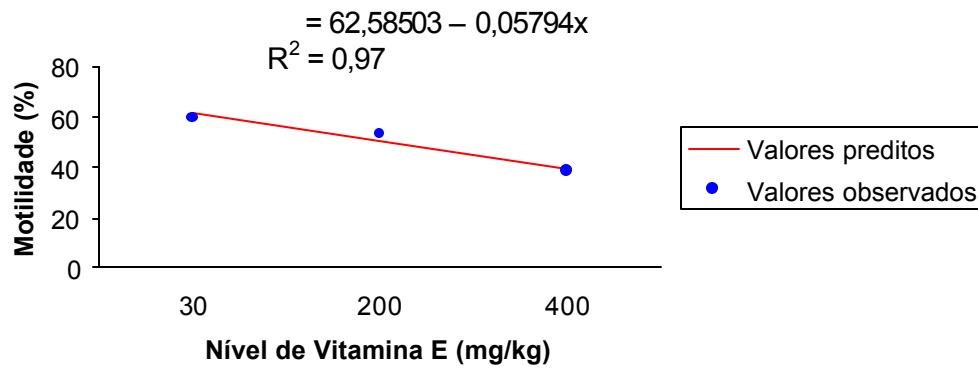


Figura 4 - Motilidade espermática de galos na 52ª semana de idade, submetidos à ração, com óleo de linhaça.

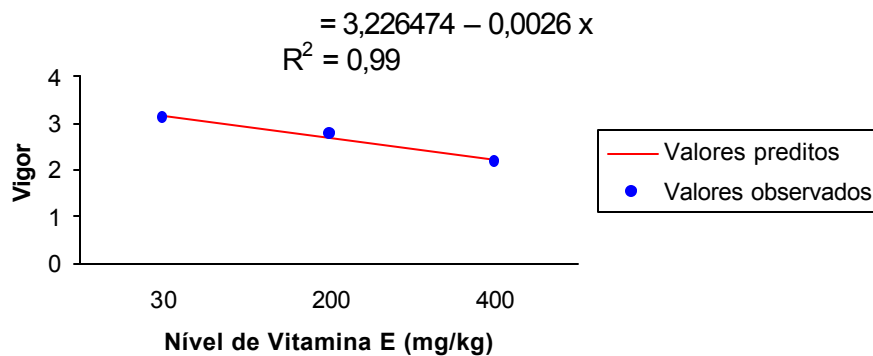


Figura 5 - Vigor espermático de galos na 52ª semana de idade, submetidos à ração, com óleo de linhaça.

O uso de ração, com óleo de peixe, resultou na menor concentração de antioxidantes totais no sêmen ($P < 0,05$), observado na Tabela 5. Entretanto, quando houve a suplementação com o maior nível de vitamina “E”, nesta ração foi verificado aumento linear ($P < 0,05$) do volume de sêmen (Figura 6), motilidade (Figura 7) e vigor espermático (Figura 8) durante a 38^a semana de idade, repetindo-se na 52^a semana de idade quanto à motilidade (Figura 9) e vigor espermático (Figura 10). Provavelmente em função de ser um óleo poliinsaturado, de origem animal, altamente suscetível à oxidação, tenha, conseqüentemente, requerimento elevado de vitamina “E”, para que seu desempenho reprodutivo não fique comprometido devido aos prováveis processos oxidativos. O sistema não-enzimático, representado por alfa-tocoferol, é um dos principais antioxidantes do sêmen (Surai et al. 1998), portanto, mantêm a função testicular, fazendo proteção do epitélio germinativo.

Cho e Choi (1994) observaram que animais alimentados com óleo de peixe tiveram menores níveis plasmáticos de vitamina “E” e de enzima glutathiona peroxidase (GSH) sangüínea, como também apresentaram maiores índices de peroxidação, quando comparados com os tratados com óleo de soja. Posteriormente, Suarez et al. (1999) relataram diminuição na atividade da superóxido dismutase quando foi utilizado óleo de peixe na dieta de ratos, comparados com os animais alimentados com óleo de peixe e vitamina “E”. Zanini et al. (1999) relataram ocorrência de atrofia e degeneração testicular quando fornecida a ração com óleo de peixe suplementado com 20 a 150 mg de vitamina E/kg.

Com relação à concentração de antioxidantes totais no sêmen foram constatadas diferenças entre fontes de óleo de origem vegetal e animal. O fornecimento de óleos de origem vegetal induziu valores superiores de antioxidantes no sêmen ($P < 0,05$), quando comparado aos apresentados pela ração com óleo de origem animal (Tabela 5). De acordo com Araújo

(1999) o óleo de peixe contém elevado teor de ácidos graxos poliinsaturados e baixo teor de tocoferol, que torna difícil sua conservação, mesmo em condições de refrigeração.

Também foi observado efeito linear ($P < 0,05$) da vitamina “E” na concentração de antioxidantes totais (Figura 11), demonstrando que a suplementação de vitamina “E” na ração resultou em melhoria da qualidade do sêmen, o que corrobora Surai et al. (1998) que verificaram que a suplementação de vitamina “E” na dieta induziu aumento nos níveis de alfa-tocoferol no sêmen e testículos. Estes efeitos foram associados com a redução na suscetibilidade de peroxidação de lipídeos.

Tabela 5 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre a concentração de antioxidantes totais do sêmen de galos com 50 semanas de idade

FONTE ÓLEO	DE	NÍVEL DE VITAMINA “E” (mg/kg)				CV (%)
		30	200	400	MÉDIA	
CONCENTRAÇÃO DE ANTIOXIDANTES TOTAIS (mmol/l)						
SOJA		1,77	2,01	1,93	1,90 ^A	
CANOLA		1,44	1,78	1,77	1,66 ^B	
GIRASSOL		1,62	1,62	1,50	1,58 ^B	
LINHAÇA		1,41	1,53	1,66	1,54 ^B	
PEIXE		1,06	1,05	1,44	1,19 ^C	
MÉDIA ¹		1,46	1,60	1,66	1,57	16,02

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls ($P < 0,05$)

¹Efeito linear ($P < 0,05$)

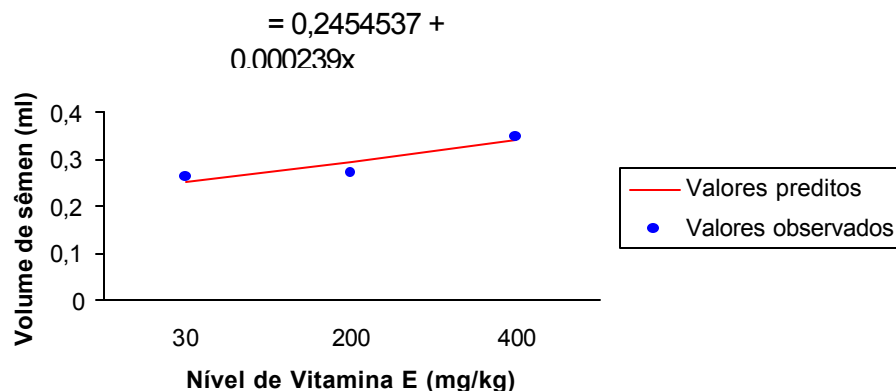


Figura 6 - Volume de sêmen de galos, em mL, na 38ª semana de idade, submetidos à ração, com óleo de peixe.

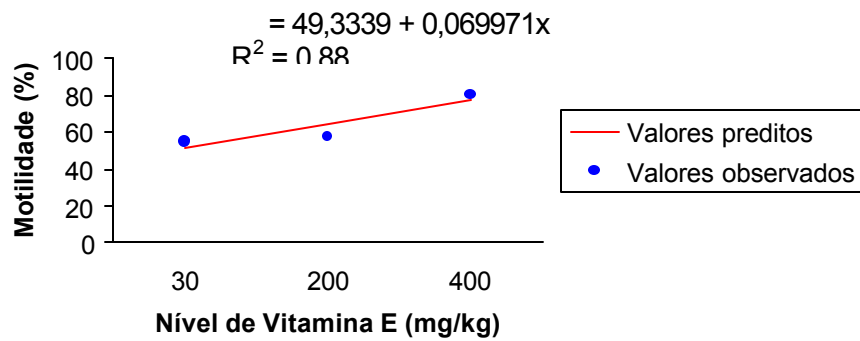


Figura 7 - Motilidade espermática de galos na 38ª semana de idade, submetidos à ração, com óleo de peixe.

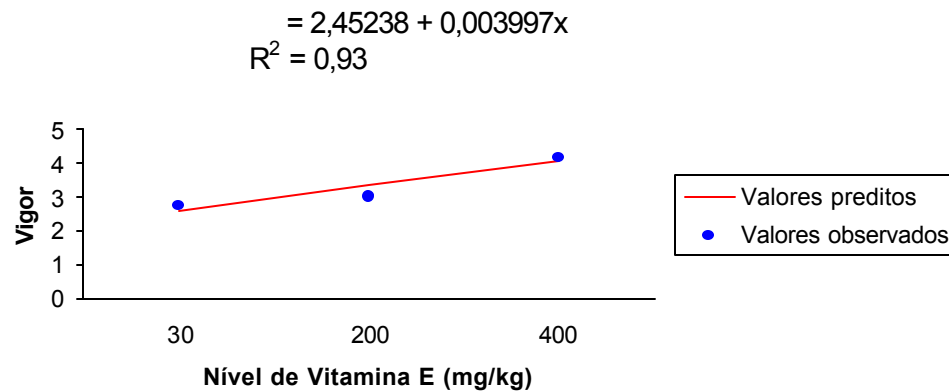


Figura 8 - Vigor espermático de galos na 38ª semana de idade, quando submetidos à ração, com óleo de peixe.

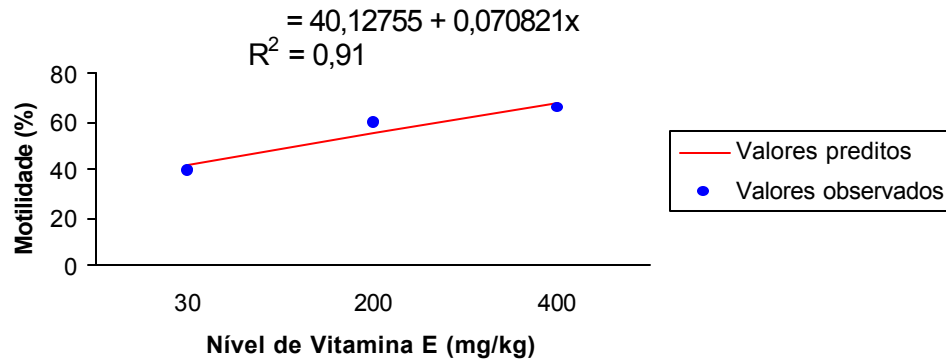


Figura 9 - Motilidade espermática de galos na 52ª semana de idade, submetidos à ração, com óleo de peixe.

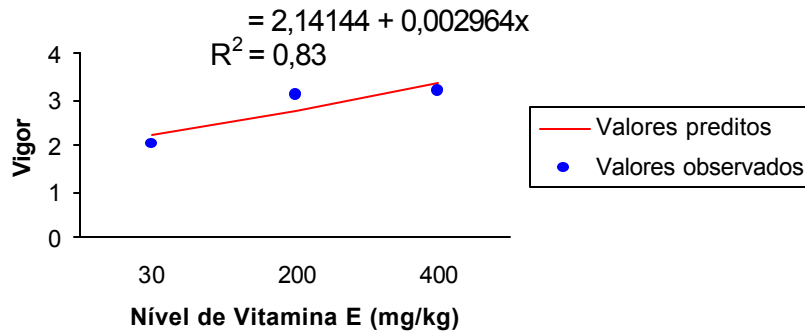


Figura 10 - Vigor espermático de galos na 52ª semana de idade, submetidos à ração, com óleo de peixe.

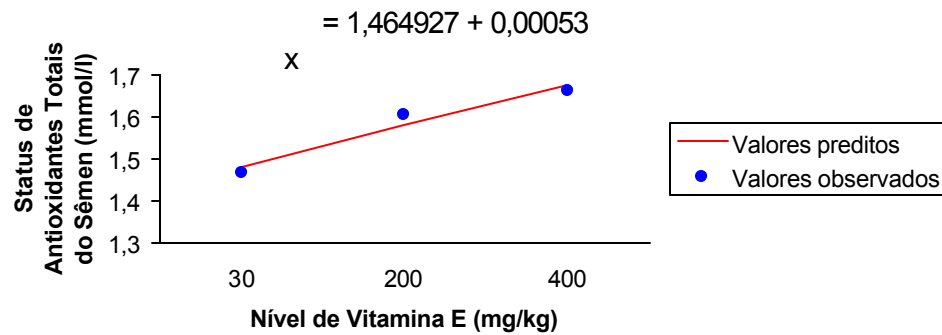


Figura 11 - Concentração de antioxidantes totais do sêmen de galos na 50ª semana de idade em função da suplementação de vitamina “E”.

Os galos tratados com óleo de canola na ração apresentaram nível intermediário de antioxidantes totais no sêmen, não diferindo das rações com óleo de girassol e de linhaça. Na 38ª semana de idade foi verificado efeito linear ($P < 0,05$) do nível de vitamina “E” no volume de sêmen, quando utilizada a ração, com óleo de canola (Figura 12).

$$= 0,224955 + 0,000176x$$

$$R^2 = 0,97$$

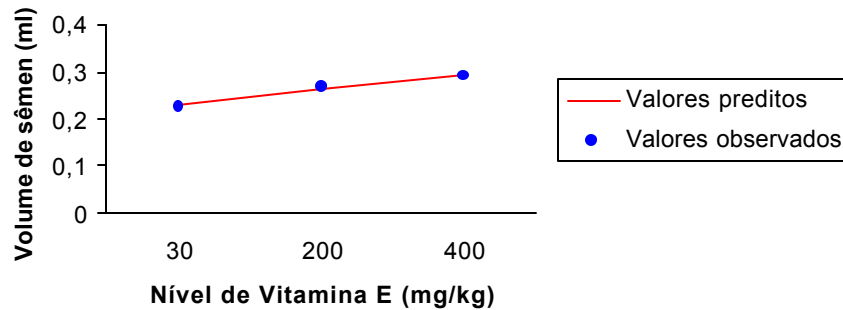


Figura 12 - Volume de sêmen de galos, em mL, na 38ª semana de idade, submetidos à ração, com óleo de canola.

CONCLUSÕES

Nas condições em que este experimento foi realizado conclui-se que:

1. A fonte de óleo da ração influencia o volume de sêmen, a concentração espermática e o teor de antioxidantes totais no sêmen.
2. Há necessidade de relação balanceada $\omega 6:\omega 3$ na ração.
3. Há diferença no requerimento de vitamina “E” em função da fonte de óleo usada na ração.
4. A suplementação de vitamina “E” na ração, no início do período reprodutivo, traz benefícios reprodutivos independentemente da fonte de óleo, porém, com o avançar da idade, o nível de suplementação varia de acordo com a natureza da fonte de óleo (animal x vegetal) e com o perfil de ácidos graxos.
5. A concentração de antioxidantes totais no sêmen é influenciada pela fonte de óleo e pelo nível de suplementação de vitamina “E” na ração.

Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de galos

Resumo - Foram utilizados 320 reprodutores da linhagem White Leghorn, com 30 semanas de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 5 X 3, com cinco fontes de óleo (girassol, soja, canola, linhaça e peixe) e três concentrações de antioxidantes (30, 200 e 400 mg de vitamina E/kg). Objetivou-se com este estudo determinar se fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração podem melhorar o desempenho produtivo e reprodutivo de galos. Não foi observado efeito do nível de vitamina “E” sobre o consumo e peso animal. Houve efeito ($P < 0,05$) da fonte de óleo sobre o consumo de ração, porém a diferença na ingestão não influenciou o peso final. Foi verificada a redução linear ($P < 0,05$) na fertilidade na 44^a à 46^a, 47^a à 49^a e 41^a à 53^a semana de idade, quando foi fornecida a ração, com óleo de soja, suplementada com maior nível de vitamina “E”. Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) da vitamina “E” sobre a fertilidade na 44^a à 46^a, 47^a à 49^a, 50^a à 53^a e 41^a à 53^a semana de idade, quando fornecido óleo de girassol, com a maior taxa de fertilidade sendo atingida no nível entre 30 e 400 mg de vitamina E/kg. O uso de ração, com óleo de linhaça, induziu a menor taxa de fertilidade na 41^a à 53^a semana de idade ($P < 0,05$), entretanto este efeito foi revertido com o maior nível de suplementação de vitamina “E”, demonstrando efeito linear desta vitamina nesta fonte de óleo ($P < 0,05$). Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) da vitamina “E” sobre a taxa de fertilidade na 47^a à 49^a e 41^a à 53^a semana de idade quando foi fornecida a ração com óleo de peixe com a maior taxa de fertilidade sendo atingida no nível entre 30 e 400 mg de vitamina E/kg. Todavia, na 50^a à 53^a semana de idade, foi verificado efeito linear crescente ($P < 0,05$) da vitamina “E” na taxa de fertilidade, quando foi fornecida a ração, com óleo de peixe. Portanto, houve diferença no requerimento de vitamina “E” de acordo com a fonte de óleo usada na ração. A ração, com óleo de canola, determinou na

50^a à 53^a e 41^a à 53^a semana de idade a maior taxa de fertilidade ($P < 0,05$) sendo observado efeito linear ($P < 0,05$) da vitamina “E” sobre a fertilidade desses galos na 44^a à 46^a e 50^a à 53^a semana de idade.

Palavras - chave: galos, fertilidade, ácidos graxos e vitamina “E”.

Oil sources and vitamin E levels on the productive and reproductive performance of roosters

Abstract – Three hundred and twenty White Leghorn roosters, at 30 weeks of age, were housed in individual cages and distributed in a completely randomized factorial design of 5 X 3, with five oil sources (sunflower, soy, canola, linseed and fish) and three levels of antioxidants (30, 200 and 400 mg of vitamin E/kg). The objective of this study was to determine if oil sources and dietary supplementation of the vitamin E can improve the productive and reproductive performance of roosters. The consumption and animal weight were not affected by the vitamin E level. There was effect ($P < 0.05$) of the oil source on the ration consumption, however the difference in the ingestion did not influence the final weight. Linear reduction was showed ($P < 0.05$) on the fertility during to 44-46^a, 47-49^a and 41-53^a week of age, when diet with soy oil was supplemented with 400 mg of vitamin E. There was quadratic effect ($P < 0.05$) of the vitamin E on the fertility rate in the 44-46^a, 47-49^a, 50-53^a and 41-53^a week of age by the use of sunflower oil, with the greatest fertility rate found on the level between 30 and 400 mg of vitamin E/kg. The linseed oil diet showed the small fertility rate for 41-53^a week of age ($P < 0.05$) however, this effect was reverted with the large level of vitamin E, demonstrating linear effect of this vitamin in this oil source ($P < 0.05$). There was quadratic effect ($P < 0.05$) of the vitamin E on the fertility rate in the 47-49^a and 41-53^a week of age when using diet with fish oil with the large fertility rate found on the level between 30 and 400 mg vitamin E/kg. Although, a linear increase effect ($P < 0.05$)

was shown by the 50-53^a week of age of the vitamin E on the fertility rate when using fish oil diet. Therefore, there was a difference in the requirement of vitamin E in agreement with the oil source used in the diet. The canola oil diet showed in the 50^a to 53^a and 41^a to 53^a week of age the largest fertility rate ($P < 0.05$) with a linear effect ($P < 0.05$) of the vitamin "E" on the fertility of those roosters on the 44^a to 46^a and 50^a to 53^a week of age.

Keywords: roosters, fertility rate, oil, vitamin E

INTRODUÇÃO

Os manuais de manejo avícola para diferentes linhagens recomendam a utilização de um macho para cada dez fêmeas. Considerando uma produção de 180 ovos/ave alojada, cada galo será responsável pela fertilização de 1800 ovos, no decorrer do período de produção. Alterações de 1% na fertilidade provocariam uma diferença de 18 ovos por galo e considerando que no Brasil em 2000 foram alojadas 30.137.400 matrizes de corte e postura, a diferença seria de 51.919.200 ovos férteis.

Em 1958, Funk e Irwin afirmaram que 10% dos ovos incubados nos Estados Unidos eram inférteis. Tal fato era visto pela indústria da incubação como ocupação indevida de espaço dentro da incubadora e pelas horas de trabalho dos encarregados de seu manejo.

A quantidade e o tipo de ácidos graxos presentes na ração têm efeito no metabolismo lipídico das aves (Briz, 1997; Klasing, 1998). Os órgãos reprodutivos masculinos são influenciados pelos níveis de ácidos graxos essenciais da ração (Leathem, 1970). Os ácidos graxos da série $\omega 6$ são mais encontrados nos triglicerídeos de reserva e são importantes para a integridade da hipófise e para o transporte de vitaminas lipossolúveis e os

da série $\omega 3$ predominam nos fosfolípídeos das membranas celulares proporcionando-lhes permeabilidade e flexibilidade (Briz, 1997).

Atualmente, a produção avícola comercial utiliza alimentos com excesso de ácidos graxos da série $\omega 6$, principalmente ácido linoléico, quando comparado com os ácidos graxos da série $\omega 3$. Há evidências de que a suplementação de ácido graxos $\omega 3$ na ração de galos melhora suas taxas de fertilidade.

Kelso et al. (1997b) verificaram que a suplementação de ácido α -linolênico na ração aumentou significativamente a fertilidade do sêmen (83 para 97%) na 39ª semana de idade, estando associada com um acréscimo na proporção de ácido docosapentanóico nas 39ª e 54ª semanas de idade e com a redução na relação $\omega 6:\omega 3$ presente no espermatozóide.

Blesbois et al. (1997a) observaram que a dieta com óleo de salmão apresentou maior taxa de fertilidade (96%) que a com óleo de milho (91,6%) e concluíram que a composição lipídica da dieta pode modificar a composição de ácidos graxos do sêmen e sua capacidade de fertilização, sem, contudo, influenciar a concentração, volume e número de espermatozoides do ejaculado.

Objetivou-se com este estudo determinar se fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” na ração podem melhorar o desempenho produtivo e reprodutivo de galos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, município de Viçosa, Minas Gerais, no período de 22 de janeiro a 25 de junho de 1999. As análises laboratoriais foram realizadas no Centro de Química de Alimentos e Nutrição Aplicada do ITAL, em Campinas, SP.

Foram utilizados 320 reprodutores da linhagem White Leghorn, com 30 semanas de idade, alojados em gaiolas metálicas individuais, com fotoperíodo diário de 16 horas de luz. Os galos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 5 X 3, com cinco fontes de óleo (girassol, soja, canola, linhaça e peixe) e três concentrações de antioxidantes (30, 200 e 400 mg de vitamina E/kg de ração). Foram adicionados 6% de óleo (total da composição da ração), independentemente da fonte utilizada, e as rações experimentais continham em média 8% de lipídeos totais (isolipídicas) originando-se todas de uma mesma ração à base de milho e farelo de soja. Sua composição centesimal foi baseada nas exigências nutricionais segundo NRC (1994) e Leeson (1996) e se encontra na Tabela 1, do capítulo 1.

O período pré-experimental foi iniciado na 25^a semana de idade, embora segundo Blesbois et al. (1997a), cinco semanas sejam suficientes para ocorrer a estabilização do perfil de ácidos graxos do sêmen. Assim, os machos iniciaram o experimento com 30 semanas de idade. A extração de lipídeos, a determinação da composição de ácidos graxos e a quantificação do teor de vitamina “E” nos óleos e rações, foram baseadas na metodologia contida no capítulo 1.

As temperaturas e as umidades relativas no galpão experimental foram registradas cinco vezes ao dia, por meio de termômetros de bulbo seco e úmido e de globo negro. As médias das temperaturas e das umidades relativas do ar foram registradas na parte interior e central do galpão durante o período experimental. Posteriormente, foi calculado o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), que são mostrados na Tabela 2, do capítulo 1.

O consumo médio de ração foi calculado considerando a ração fornecida para 319 galos e no final do período experimental foram pesados 260 galos.

A avaliação da fertilidade dos machos foi realizada semanalmente a partir da 41^a semana de idade. Todos os galos foram submetidos a uma

"toilete", isto é, à retirada das penas da região pericloacal para facilitar o processo de coleta do sêmen, por permitir uma melhor visualização da cloaca e diminuir as fontes de contaminação do sêmen. Essa retirada foi feita por arrancamento manual e repetida a cada duas semanas durante todo o período de coleta de sêmen. Durante a fase pré-experimental, foram feitas duas coletas semanais com o intuito de condicionar os galos ao procedimento, minimizando o estresse durante a fase experimental. A coleta foi feita pelo método de massagem abdominal descrito por Burrows e Quinn (1935) e modificada por Wheeler (1948). Os ejaculados dos galos foram misturados, formando um "pool" de sêmen por tratamento. A coleta do sêmen foi feita pela manhã e o intervalo da ejaculação à inseminação não excedeu 15 minutos.

A fertilidade das amostras de sêmen foi determinada pela inseminação artificial de 240 galinhas poedeiras com 25 semanas de idade, da linhagem White Leghorn, perfazendo um total de 16 fêmeas/tratamento, mantidas em gaiolas de postura, com água à vontade e ração balanceada. Os valores nutricionais da ração oferecida às fêmeas estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores nutricionais da ração oferecida à aves de postura no período experimental

Nutrientes	Composição calculada ¹
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.760
Proteína Bruta	15,83
Cálcio	3,53
Fósforo disponível	0,52
Metionina	0,32
Metionina + Cistina	0,60
Lisina	0,71

^{1/} Composição calculada segundo Rostagno et al. (1996)

A inseminação artificial foi feita segundo técnica descrita por Resende et al. (1983), utilizando-se seringa acoplada à pipeta. Cada

galinha foi inseminada duas vezes por semana, com 0,025 mL de sêmen, segundo as recomendações feitas por Hafez (1995).

Os ovos foram coletados diariamente, sendo identificados pelo tratamento e incubados semanalmente, onde permaneciam por cerca de 8 dias e no nono dia de incubação foram quebrados para avaliação da fertilidade das aves por tratamento. A taxa de fertilidade foi calculada pelo número de ovos embrionados divididos pelo número total de ovos.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises dos parâmetros avaliados foram realizadas com utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, versão 7.0), desenvolvido pela UFV (1997). Foi utilizado o teste SNK para comparação de médias entre as fontes de óleo, com nível de significância de 5% e análise de regressão para os níveis de antioxidantes usados. O modelo estatístico utilizado na execução dessas análises foi o mesmo adotado no capítulo 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfil de ácidos graxos e teor de vitamina “E” encontrados nos óleos e nas rações experimentais

Os principais ácidos graxos encontrados nos óleos e nas rações podem ser observados, respectivamente, nas Tabelas 3 e 4, do capítulo 1.

Os valores de vitamina “E”, analisados nas rações experimentais e nos respectivos óleos, podem ser observados, respectivamente, nas Tabelas 5 e 6, do capítulo 1.

Desempenho produtivo

Os resultados referentes ao consumo médio de ração e ao peso final dos galos encontram-se na Tabela 2. Não foi observado efeito ($P > 0,05$) do nível de vitamina “E” sobre o consumo e peso animal. Estes resultados corroboram Scheideler e Froning (1996) e Applegate e Sell (1996).

Os dados apresentados demonstraram que o consumo médio diário de ração foi menor ($P < 0,05$) para a fonte, com óleo de peixe, comparado às fontes de óleo de soja, de canola e de girassol, não diferindo da fonte de óleo de linhaça, porém a diferença na ingestão de alimentos não influenciou ($P > 0,05$) o peso final dos galos. Portanto, a utilização de outras fontes de óleo, além da de soja, pode ser feita com o objetivo de contribuir positivamente no metabolismo animal, sem causar prejuízo ao desempenho animal.

Tabela 2 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina “E” sobre o consumo médio diário de ração e peso final dos galos, em gramas

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA “E” (mg/kg)				CV (%)
	30	200	400	MÉDIA	
	CONSUMO MÉDIO DE RAÇÃO (g/dia)				
SOJA	80,54	79,58	81,65	80,59 ^A	
CANOLA	81,87	79,13	79,91	80,30 ^A	
GIRASSOL	79,99	81,26	80,17	80,47 ^A	
LINHAÇA	79,75	77,36	74,71	77,27 ^{AB}	
PEIXE	77,93	78,20	75,78	77,30 ^B	
MÉDIA	80,02	79,11	78,44	79,19	7,9
	PESO FINAL (g)				
SOJA	2051,53	2105,38	2089,23	2082,05	
CANOLA	2070,38	2099,23	2103,07	2090,89	
GIRASSOL	2111,92	2064,61	2142,30	2106,28	
LINHAÇA	2117,30	2107,69	2066,15	2097,05	
PEIXE	2022,30	2140,77	2170,00	2111,02	
MÉDIA	2074,69	2103,53	2114,15	2097,46	6,7

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls ($P < 0,05$).

Scheideler e Froning (1996) observaram redução no consumo de ração em poedeiras alimentadas com dieta que continha semente de linho e relataram que a variedade e o preparo físico da semente podem influenciar a palatabilidade, a taxa de oxidação e o valor nutricional dos alimentos.

Desempenho reprodutivo

Os resultados referentes à taxa de fertilidade dos galos se encontram na Tabela 3. Esses resultados indicaram que no período da 41^a à 43^a semana de idade não houve efeito ($P > 0,05$) da fonte de óleo, do nível de vitamina “E” e da interação da fonte de óleo e nível de vitamina “E” sobre a fertilidade dos galos.

O uso de ração, com óleo de soja, induziu a menor taxa de fertilidade no período da 50^a à 53^a semana de idade ($P < 0,05$) que não diferiu dos tratados, com óleo de girassol, linhaça e peixe, que não diferiram dos alimentados com óleo de canola, que apresentou maior taxa de fertilidade. Foi verificada a redução linear ($P < 0,05$) na taxa de fertilidade no período da 44^a à 46^a (Figura 1), 47^a à 49^a (Figura 2) e 41^a à 53^a (Figura 3) semana de idade, quando foi fornecida a ração, com óleo de soja, suplementada com maior nível de vitamina “E”. Este efeito pode estar relacionado ao fato de que o óleo de soja possui boa estabilidade oxidativa, demonstrada pela maior concentração de antioxidantes totais no sêmen (Tabela 5, do capítulo 3) e, portanto, um maior nível de vitamina “E” nesta ração pode ter levado a uma deficiência de vitamina A, com posterior queda na fertilidade.

Entre as várias funções desempenhadas, a vitamina A atua nas funções reprodutivas proporcionando proteção do epitélio germinativo e manutenção da integridade das células intersticiais, que são produtoras de testosterona (Nunes, 1995). Dentre os fatores que parecem interferir na absorção de vitaminas lipossolúveis no enterócito, destaca-se a concentração luminal das vitaminas (Macari et al. 1994). De acordo com Klasing (1998) altos níveis de vitamina “E” podem causar deficiência de

outras vitaminas lipossolúveis. Portanto, se a concentração luminal de vitamina “E” for superior à concentração de vitamina A, acredita-se que a absorção de vitamina A pode ter sido prejudicada. O mesmo não ocorreu com as demais rações que continham óleo de girassol, de canola e de linhaça, provavelmente devido a uma maior suscetibilidade à oxidação, demonstrada por suas altas relações de lipídeos insaturados:saturados e, no caso específico da ração, com óleo de peixe, pela sua menor estabilidade oxidativa. Portanto, pode ter havido depleção de vitamina “E” e, desta forma, sua concentração na ração não influenciou na absorção de vitamina A.

De acordo com McDowell (1989), a presença de ácidos graxos insaturados na ração aumenta ou conduz uma deficiência de vitamina “E”, pois previne a oxidação de lipídeos. Portanto, foi verificado que, para a ração, com óleo de soja, níveis superiores a 30 mg de vitamina E/kg diminuí a taxa de fertilidade.

Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) da vitamina “E” sobre a taxa de fertilidade no período da 44^a à 46^a, 47^a à 49^a, 50^a à 53^a e 41^a à 53^a semana de idade, quando fornecida a ração, com óleo de girassol (Tabela 3), com a maior taxa de fertilidade sendo atingida no nível entre 30 e 400 mg de vitamina E/kg que pode estar relacionada com a redução na suscetibilidade do sêmen à peroxidação de lipídeos. Portanto, a resposta da vitamina “E” para taxa de fertilidade não é crescente quando utilizado óleo de girassol na ração.

Tabela 3 - Fontes de óleo e níveis de suplementação de vitamina "E" sobre a fertilidade, em percentagem, de galos na 41^a à 43^a, 44^a à 46^a, 47^a à 49^a, 50^a à 53^a e 41^a à 53^a semana de idade

FONTE DE ÓLEO	NÍVEL DE VITAMINA "E" (mg/kg)				CV (%)
	30	200	400	MÉDIA	
FERTILIDADE 41 ^a à 43 ^a SEMANA IDADE (%)					
SOJA	88,8	86,9	85,0	86,9	
CANOLA	88,4	90,0	89,7	89,4	
GIRASSOL	89,1	88,3	92,7	90,0	
LINHAÇA	79,9	82,7	90,2	84,3	
PEIXE	92,7	84,4	97,3	91,4	
MÉDIA	87,8	86,5	91,0	88,4	8,07
FERTILIDADE 44 ^a à 46 ^a SEMANA IDADE (%)					
SOJA ¹	95,1	91,7	84,7	90,5	
CANOLA ¹	90,4	96,4	96,2	94,3	
GIRASSOL ²	88,2	96,1	91,7	92,0	
LINHAÇA ^{1,2}	90,0	85,9	96,9	91,0	
PEIXE	92,2	89,5	96,3	92,6	
MÉDIA	91,2	91,9	93,2	92,1	3,8
FERTILIDADE 47 ^a à 49 ^a SEMANA IDADE (%)					
SOJA ¹	93,7	88,3	86,3	89,4	
CANOLA	89,8	87,8	90,9	89,5	
GIRASSOL ²	84,3	94,2	85,5	88,0	
LINHAÇA	85,1	86,8	91,1	87,7	
PEIXE ²	89,6	81,0	97,5	89,4	
MÉDIA	88,5	87,6	90,3	88,8	5,1
FERTILIDADE 50 ^a à 53 ^a SEMANA IDADE (%)					
SOJA	89,3	84,0	89,2	87,5 ^B	
CANOLA ¹	89,0	96,7	95,9	93,9 ^A	
GIRASSOL ^{1,2}	81,2	96,8	93,1	90,4 ^{AB}	
LINHAÇA	93,6	85,8	88,8	89,4 ^{AB}	
PEIXE ¹	87,0	90,2	96,4	91,2 ^{AB}	
MÉDIA	88,0	90,7	92,7	90,5	5,8
FERTILIDADE 41 ^a à 53 ^a SEMANA IDADE (%)					
SOJA ¹	92,0	88,0	86,5	88,8 ^{AB}	
CANOLA	89,4	92,5	93,0	91,6 ^A	
GIRASSOL ^{1,2}	85,7	93,8	90,8	90,1 ^{AB}	
LINHAÇA ¹	87,3	86,0	92,0	88,4 ^B	
PEIXE ^{1,2}	90,8	86,1	97,2	91,4 ^{AB}	
MÉDIA	89,1	89,3	91,9	90,1	3,1

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferiram pelo teste Student Newman Keuls (P < 0,05)

¹Efeito linear (P < 0,05)

²Efeito quadrático (P < 0,05)

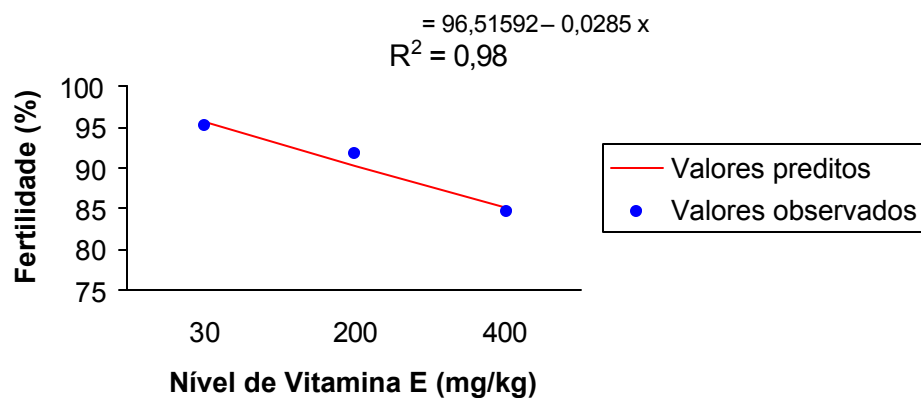


Figura 1 - Fertilidade de galos, em percentagem, da 44^a à 46^a semana de idade, submetidos à ração, com óleo de soja.

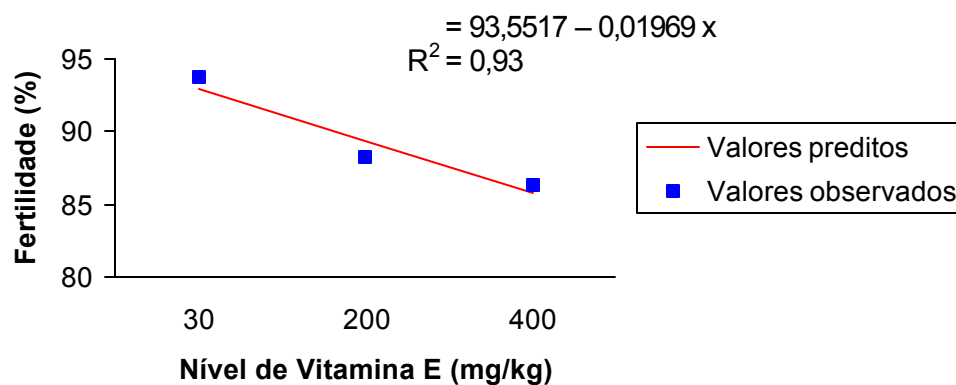


Figura 2 - Fertilidade de galos, em percentagem, da 47^a à 49^a semana de idade, submetidos à ração, com óleo de soja.

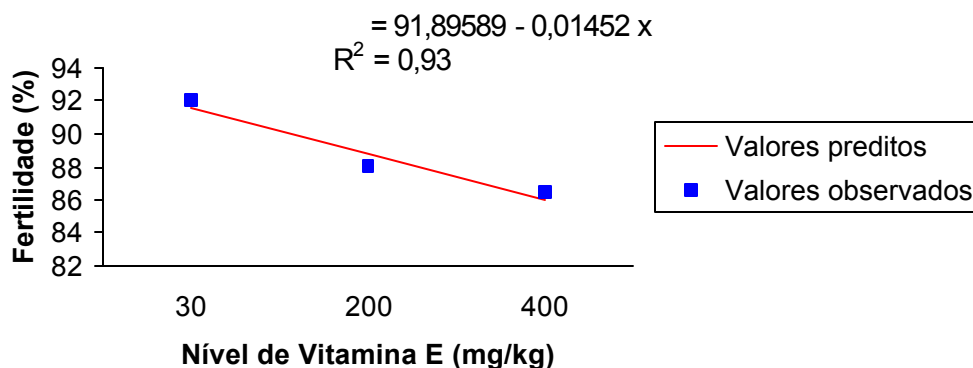


Figura 3 - Fertilidade média total de galos, em percentagem, da 41ª à 53ª semana de idade, submetidos à ração, com óleo de soja.

O uso de ração com óleo de linhaça induziu a menor taxa de fertilidade no período da 41ª à 53ª semana de idade ($P < 0,05$) que não diferiu dos tratados com óleo de soja, girassol e peixe que, por sua vez, não diferiram dos alimentados com óleo de canola que apresentou maior taxa de fertilidade (Tabela 3). Entretanto durante o mesmo período, este efeito foi revertido com o maior nível de suplementação de vitamina “E”, demonstrando efeito linear desta vitamina na ração ($P < 0,05$). Todavia, entre a 44ª e a 46ª semanas de idade, também foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$) da vitamina “E” na taxa de fertilidade quando foi fornecida a ração, com óleo de linhaça, se atingiu a maior taxa de fertilidade no nível entre 30 e 400 mg de vitamina E/kg.

O desempenho reprodutivo dos animais alimentados com óleo de linhaça foi inferior às demais fontes de óleo, provavelmente devido à baixa relação de ácidos graxos $\omega 6:\omega 3$ na ração que comprometeu a deposição de poliinsaturados nos espermatozoides, principalmente de C18:2 $\omega 6$ e C20:4 $\omega 6$ (Tabela 1, do capítulo 3), repercutindo na flexibilidade da membrana celular requerida para o movimento flagelar do espermatozoide e na reação do acrossoma. Portanto, sugere-se a necessidade de uma

relação balanceada $\omega 6:\omega 3$, na ração, para obtenção de taxas de fertilidade satisfatórias. Entretanto não se pode descartar a possibilidade da presença de um fator antinutricional na semente de linho crua, denominado ácido hidrácico, que é um antagonista da vitamina B₆. Segundo McDowell (1989), a carência de vitamina B₆ em aves adultas, se manifesta com transtornos reprodutivos.

Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) da vitamina “E” sobre a taxa de fertilidade no período da 47^a à 49^a e 41^a à 53^a semana de idade, quando fornecida a ração, com óleo de peixe (Tabela 3) se atingiu a maior taxa de fertilidade no nível entre 30 e 400 mg de vitamina E/kg. Todavia, no período da 50^a à 53^a semana de idade, foi verificado efeito linear crescente ($P < 0,05$) da vitamina “E” na taxa de fertilidade quando fornecida a ração, com óleo de peixe (Figura 4). Este efeito coincidiu com o aumento ($P < 0,05$) da motilidade e vigor espermático (Tabela 2 e 3, do capítulo 3). Provavelmente em função de ser um óleo poliinsaturado, de origem animal, altamente suscetível à oxidação, tenha conseqüentemente requerimento elevado de vitamina “E”, para que seu desempenho reprodutivo não fique comprometido devido a prováveis processos oxidativos. O sistema não-enzimático, representado por alfa-tocoferol, é um dos principais antioxidantes do sêmen (Surai et al. 1998), portanto mantêm a função testicular fazendo proteção do epitélio germinativo. Assim, houve diferença no requerimento de vitamina “E”, de acordo com a fonte de óleo usada na ração, o que corrobora NRC (1994) e Klasing (1998). Desse modo, em razão das diferenças na composição de ácidos graxos dos óleos, níveis diferenciados de tocoferóis serão requeridos para obtenção de boa estabilidade oxidativa.

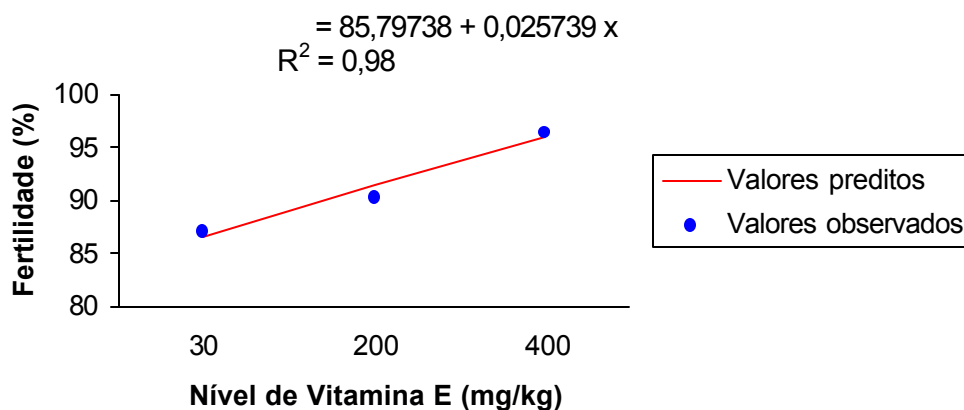


Figura 4 - Fertilidade de galos, em porcentagem, da 50^a à 53 semana de idade, submetidos à ração, com óleo de peixe.

A ração, com óleo de canola, determinou no período da 50^a à 53^a e 41^a à 53^a semana de idade a maior taxa de fertilidade ($P < 0,05$), atingindo na 53^a semana de idade, taxa de fertilidade de 93,9%, que é próxima ao verificado em machos novos. Houve efeito linear ($P < 0,05$) da vitamina “E” sobre taxa de fertilidade entre a 44^a e a 46^a (Figura 5) e entre a 50^a e a 53^a (Figura 6) semana de idade, quando os galos foram tratados com ração, com óleo de canola. Este efeito coincidiu com o aumento no teor de poliinsaturados nos espermatozoides (Tabela 1, do capítulo 2) destes galos. Portanto, o efeito da vitamina “E”, quando fornecido óleo de canola, pode estar relacionado com maior proteção contra peroxidação de lipídeos. Com nível de significância de 6%, foi observado que a fertilidade dos galos tratados com óleo de canola aumentou linearmente com a suplementação de vitamina “E” no período entre a 41^a e a 53^a semana de idade (Figura 7).

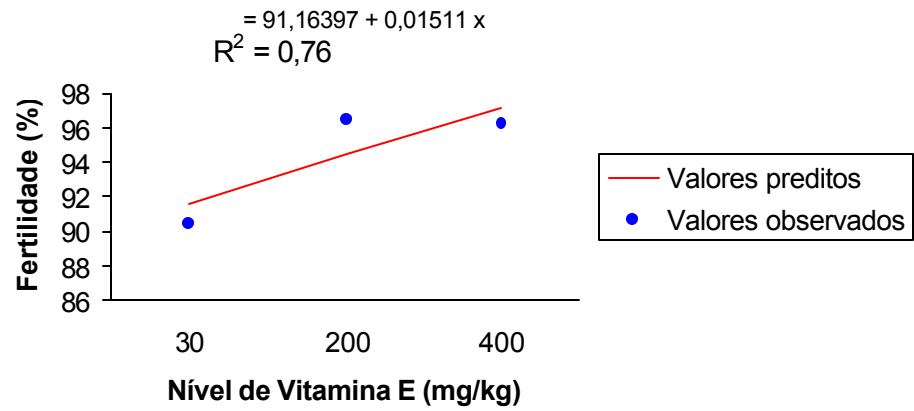


Figura 5 - Fertilidade de galos, em percentagem, da 44^a à 46^a semana de idade, submetidos à ração, com óleo de canola.

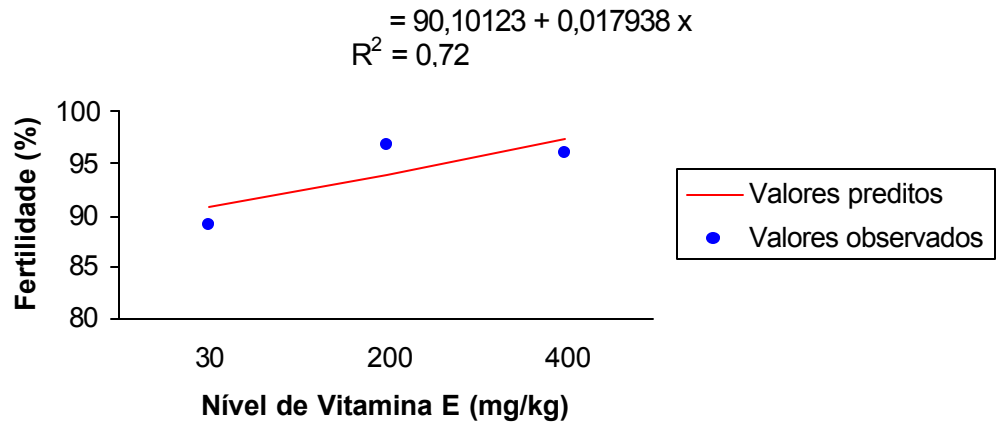


Figura 6 - Fertilidade de galos, em percentagem, da 50^a à 53^a semana de idade, submetidos à ração, com óleo de canola.

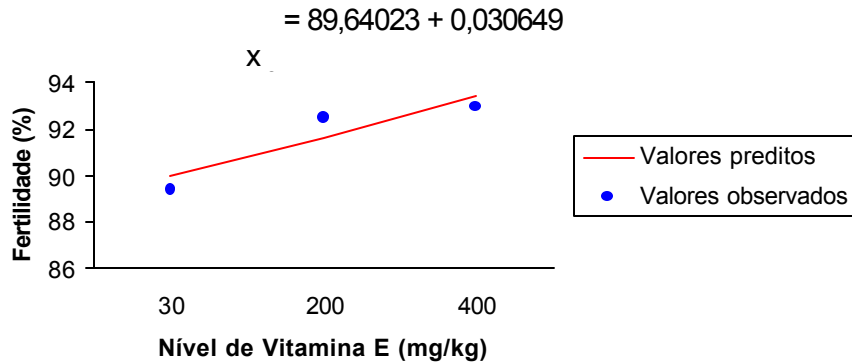


Figura 7 - Fertilidade média de galos, em percentagem, da 41^a à 53^a semana de idade, submetidos à ração, com óleo de canola.

O efeito da ração, com óleo de canola, sobre a taxa de fertilidade no período da 50^a à 53^a semana de idade e no período da 41^a à 53^a semana de idade pode estar relacionado a dois fatores: a) seu teor de ácidos graxos insaturados constituído principalmente por monoinsaturados, pode ter fornecido lipídeos que são fluidos à temperatura corporal, dando caráter menos rígido ou mais elástico às membranas celulares; b) relação balanceada de ácidos graxos $\omega 6:\omega 3$, na ração, (Tabela 4, do capítulo 1) possibilitou atingir proporção desejável entre as séries ω , tomando possível que os ácidos graxos $\omega 3$ determinassem redução da lipogênese hepática, demonstrada pela redução de gordura saturada nos espermatozoides (Tabela 1, do capítulo 2) o que, provavelmente, maximizou as propriedades funcionais de suas membranas biológicas, como por exemplo, a fusão espermatozóide-oócito. Embora tenha ocorrido redução ($P < 0,05$) do teor de ácidos graxos saturados houve manutenção do nível intermediário de poliinsaturados nos espermatozoides (Tabela 1, do capítulo 2). Segundo Harris (1989), o fornecimento de ácidos graxos $\omega 3$ determina redução na biossíntese hepática de lipídeos, ao mesmo tempo que determina β -oxidação, diminuindo os lipídeos circulantes. Acredita-se que o desempenho

reprodutivo dos animais tratados com óleo de peixe também esteja vinculado com a relação de ácidos graxos $\omega 6:\omega 3$ da ração.

No ano de 2000, foram alojadas no Brasil 1.006.200 matrizes de postura. Considerando que cada matriz alojada produz em torno de 240 ovos durante sua vida reprodutiva e que, deste total, haverá no final cerca de 100 pintinhas, uma variação de 2,8% como a apresentada pela ração, com óleo de canola, comparada com a ração, com óleo de soja, no período da 41^a à 53^a semana de idade, representa uma diferença de 2.817.360 pintinhas e R\$1.295.985,60 na receita, considerando R\$0,46 o custo de produção de uma pintinha de 1 dia. Caso seja ponderado o valor comercial de uma pintinha que é de R\$0,80 a renda bruta será de R\$ 2.253.888,00.

CONCLUSÕES

Nas condições em que este experimento foi realizado conclui-se que:

1. A fonte de óleo da ração influencia a capacidade de fertilização de galos.
2. Há necessidade de relação balanceada $\omega 6:\omega 3$ na ração.
3. A relação $\omega 6:\omega 3$ na ração de 6:1 a 9:1 revela proporção desejável entre as séries ω que repercute na taxa de fertilidade.
4. Há diferença no requerimento de vitamina “E” em função da fonte de óleo usada na ração.
5. A suplementação de vitamina “E” na ração, varia de acordo com a natureza da fonte de óleo (animal x vegetal) e com o perfil de ácidos graxos.

REFERÊNCIAS

- AITKEN, R.J. A free radical theory of male infertility. **Reprod. Fertil. Dev.**, v. 6, p. 19-24, 1994.
- AJUYAH, A.O. et al. Changes in the fatty acid composition of whole carcass and selected meat portions of broiler chickens fed full-fat oil seeds. **Poult. Sci.**, v. 70, p. 2304-2314, 1991.
- AJUYAH, A.O.; HARDIN, R.T.; SIM, J.S. Effect of full-fat flax seed with and without antioxidant on the fatty acid composition of major lipid classes of chicken meats. **Poult. Sci.**, v. 72, n. 1, p. 125-136, 1993.
- ALVAREZ, J.G.; STOREY, B.T. Lipid peroxidation and the reactions of superoxide and hydrogen peroxide in mouse spermatozoa. **Biol. Reprod.**, v. 30, n. 4, p. 833-841, 1984.
- AN, B.K. et al. Effects of dietary fat sources on lipid metabolism in growing chicks (*Gallus domesticus*). **Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.**, v. 116, n. 1, p. 119-125, 1997.
- APPLEGATE, T.J.; SELL, J.L. Effect of dietary linoleic to linolenic acid ratio and vitamin E supplementation on vitamin E status of poult. **Poult. Sci.**, v. 75, p. 881-890, 1996.
- ARAÚJO, J.M.A. **Química dos alimentos: teoria e prática**. 2 ed. Viçosa: UFV, 1999. 416p.
- AYMOND, W.M.; VAN ELSWYK, M.E. Yolk thiobarbituric acid reactive substances and n-3 fatty acids response to whole and groundflaxseed. **Poult. Sci.**, v. 74, p. 1388-1394, 1995.
- BARLOW, S.; PIKE, I.H. Humans, animal benefit from omega-3 polyunsaturated fatty acids. **Feedstuffs**, Mineapolis, v. 63, n. 19, p. 18-26, May, 1991.
- BEARER, E.L.; FRIEND, D.S. Modifications of anionic-lipid domains preceding membrane fusion in guinea pig sperm. **J. Cell. Biol.**, v. 92, p. 604-615, 1982.
- BLESBOIS, E. et al. Effect of dietary fat on the fatty acid composition and fertilizing ability of fowl semen. **Biol. Reprod.**, v. 56, n. 5, p. 1216-1220, 1997a.

BLESBOIS, E.; LESSIRE, M.; HERMIER, D. Effect of cryopreservation and diet on lipids of fowl sperm and fertility. **Poult. And Avian Biol. Reviews**, v. 8, n. 3-4, p. 149-154, 1997b.

BREZEZINSKA-SLEBODZINSKA, E. et al. Antioxidant effect of vitamin E and glutathione on lipid peroxidation in boar semen plasma. **Biol. Trace Elem. Res.**, v. 47, n. 1-3, p. 69-74, 1995.

BRITISH NUTRITION FOUNDATION. **Unsaturated fatty acids: nutritional and physiological significance**. Andover, England: Chapman and Hall, 1992.

BRIZ, R.C. Ovos com teores mais elevados de ácidos graxos ômega 3. SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 7, 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: APA, 1997. p. 153-193.

BRUBACHER, G.; MULLER-MULOT, W.; SOUTHGATE, D.A.T. **Methods for the determination of vitamins in food – recommended by COST 91**. New York: Elsevier, 1985. p. 97-106.

BURROWS, W.H.; QUINN, J.P. A method of obtaining spermatozoa from domestic fowl. **Poult. Sci.**, v. 14, p. 251-254, 1935.

CECIL, H.C.; BAKST, M.R. *In vitro* lipid peroxidation of turkey spermatozoa. **Poult. Sci.**, v. 72, p. 1370-1378, 1993.

CEROLINI, S. et al. Relationship between spermatozoan lipid composition and fertility during aging of chickens. **Biol. Reprod.**, v. 57, n. 5, p. 976-980, 1997.

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A. **Bioquímica Ilustrada**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. 446 p.

CHANMUGAN, P. et al. Incorporation of different types of ω -3 fatty acids into tissue lipids of poultry. **Poult. Sci.**, v. 71, n. 3, p. 516-521, 1992.

CHERIAN, G.; SIM, J.S. Effect os feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs, embryos, and newly hatche eggs. **Poult. Sci.**, v. 70, p. 917-922, 1991.

CHERIAN, G.; SIM, J.S. Egg yolk polyunsaturated fatty acids and vitamin E content alters the tocopherol status of hatched chicks. **Poult. Sci.**, v. 76, n. 12, p. 1753-1759, 1997.

CHERIAN, G.; WOLFE, F.H.; SIM, J.S. Dietary oils with added tocopherols: effects on egg or tissue tocopherols, fatty acids, and oxidative stability. **Poult. Sci.**, v. 75, n. 3, p. 423-431, 1996.

CHO, S.H.; CHOI, Y.S. Lipid peroxidation and antioxidant status is affected by different vitamin E levels when feeding fish oil. **Lipids**, v. 29, n. 1, p. 47-52, 1994.

COELHO, M.B. **Vitamin stability in premixes and feeds: a practical approach**. Parsippany: BASF, [199-].

COLLINS, V.P. et al Pearl millet in layer diets enhances egg yolk n-3 fatty acids. **Poult. Sci.**, v. 76, p. 326-330, 1997.

CONN, E.E.; STUMPF, P.K. **Introdução à bioquímica**. Trad. Magalhães, J.R., Mennucci, L. 4.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 525p.

DARIN-BENNETT, A.; POULOS, A.; WHITE, I.G. The phospholipids and phospholipid-bound fatty acids and aldehydes of dog and fowl spermatozoa. **J. Reprod. Fert.**, v. 41, p. 471-474, 1974.

ETCHES, R.J. **Reproducción aviar**. Acribia: Zaragoza, 1996. 339p.

FERREIRA NETO, J.M.; VIANA, E.S.; MAGALHÃES, L.M. **Patologia clínica veterinária**. Belo Horizonte: Rabelo Brasil, 1977. 279p.

FIRESTONE, D. **Official Methods and Recommended practices of the American Oil Chemists Society**. 5 ed. v. II (Método 1-62).Champaign: AOCS, 1998.

FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **J. of Biol. Chem.**, v. 226, n. 1, p. 497-509, 1957.

FRITSCHKE, K.L.; CASSATY, N.A. Dietary n-3 fatty acids reduce antibody-dependent cell cytotoxicity and alter eicosanoid release by chicken immune cells. **Poult. Sci.**, v. 71, p. 1646-1657, 1992.

FUNK, E.M.; IRWIN, M.R. Factores que influyen en la incubabilidad de los huevos. **J. Incubación Artificial**. México: Union Tipográfica Editorial Hispano Americana, p. 107-132, 1958.

GEELLEN, S.N. et al. High intake lowers hepatic fatty acid synthesis and raises fatty acid oxidation in aerobic muscle in Shetland ponies. **Br. J. Nutr.**, v. 86, n. 1, p. 31-36, 2001.

HAFEZ, E.S.E **Reprodução animal**. 6 ed. São Paulo: Editora Manole, 1995. 582p.

HAMMERSTEDT, R.H. Maintenance of bioenergetic balance in sperm and prevention of lipid peroxidation: a review of the effect on design of storage preservation systems. **Reprod. Fertil. Dev.**, v. 5, n. 6, p. 675-690, 1993.

HARRIS, W.S. Fish oils and plasma lipid and lipoprotein metabolism in humans: a critical review. **J. Lipid Res.**, v. 30, p. 785-807. 1989.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, London, v. 22, p. 475-476, 1973.

HOPPE, P.P. Nuevos resultados de la investigación sobre la función de los tocoferoles en el cerdo. In: FORO DE ALIMENTACION ANIMAL DE LA BASF. **Anais...** Ludwigshafen: BASF, 1988. 20p.

HULAN, H.W. et al. Omega-3 fatty acid levels and general performance of commercial broilers fed practical levels of redfish meal. **Poult. Sci.**, v. 68, n. 1, p. 153-162, 1989.

IBRAHIM, W. et al. Oxidative stress and antioxidant status in mouse liver: effects of dietary lipid, vitamin E and iron. **J. Nutr.**, v. 127, n. 7, p. 1401-1406, 1997.

KELSO, K.A. et al. The effects of dietary supplementation with docosahexaenoic acid on the phospholipid fatty acid composition of avian spermatozoa. **Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.**, v. 118, n.1, p. 65-69, 1997a.

KELSO, K.A. et al. Lipid and antioxidant changes in semen of broiler fowl from 25 to 60 weeks of age. **J. Reprod. Fert.**, v. 106, p. 201-206, 1996.

KELSO, K.A. et al. Effects of dietary supplementation with α -linolenic acid on the phospholipid fatty acid composition and quality of spermatozoa in cockerel from 24 to 72 weeks of age. **J. Reprod. Fert.**, v. 110, n. 1, p. 53-59, 1997b.

KLASING, K.C. **Comparative avian nutrition**. UK: Cab International, 1998. 350p.

LAKE, P.E. **The male in reproduction**. In: Physiology and biochemistry of the domestic fowl. D.J. Bell e B.M. Freeman (eds). London: Academic Press, 5 v, p. 381-405, 1984.

LEAT, W.M. et al. Effect of dietary linoleic and linolenic acids on testicular development in the rat. **Q. J. Exp. Physiol.**, v. 68, n. 2, p. 221-231. 1983.

LEATHEM, J.H. Influencing factors. In: JOHNSON, A.D.; GOMES, W.R.; VANDEMARK, N.L. **The testis**. New York: Academic Press Inc., p. 183-190, 1970.

LEESON, S. Nutrient requirements of broiler breeders. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996. p. 161-171.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica**. 2 ed. São Paulo: Editora Sarvier, 1995. 839p.

LII, C.K. et al. Effect of dietary vitamin E on antioxidant status and antioxidant enzyme activities in Sprague-Dawley rats. **Nutr. Cancer**, v. 32, n. 2, p. 95-100, 1998.

LOPEZ-BOTE, C. et al. Effect of feeding diets high in monounsaturated fatty acids and α -tocopherol acetate to rabbits on resulting carcass fatty acid profile and lipid oxidation. **Anim. Sci.** v. 64, p. 177-186, 1997.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. 296p.

MANN, T. **Lipids and lipid-soluble substances**. In: The biochemistry of semen and of the male reproductive tract. Great Britain: Butler & Tanner p.221-236. 1964.

MARIN-GUZMAN, J. et al. Effects of dietary selenium and vitamin E on boar performance and tissue responses, semen quality, and subsequent fertilization rates in mature gilts. **J. Anim. Sci.**, v. 75, n. 11, p. 2994-3003, 1997.

MARSHAL, A.C. et al. N-3 fatty acid enriched table eggs: a survey of consumer acceptability. **Poult. Sci.**, v. 73, p. 1334-1340, 1994.

McDOWELL, L.R. **Essential fatty acids**. In: Vitamins in animal nutrition. London: Academic Press Limited, 1989. p. 400-421.

MYER, R.O. et al. Effect of feeding high oleic acid peanuts to growing-finishing swine on resulting carcass fatty acid profile and on carcass and meat quality characteristics. **J. Anim. Sci.**, v. 70, p. 3734-3741. 1992.

NEURINGER, M.; ANDERSON, G.J.; CONNOR, W. The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of the retina and brain. **Ann. Ver. Nutr.**, v. 8, p. 517-541, 1988.

NIKI, E.; NOGUCHI, N.; GOTOH, N. Dynamics of lipid peroxidation and its inhibition by antioxidants. **Biochem. Soc. Trans.**, v. 21, p. 313-317, 1993.

NISSEN, H.P.; KREYSEL, H.W. Polyunsaturated fatty acids in relation to sperm motility. **Andrologia**, v.15, n. 3, p. 264-269, 1983.

NORTH, M.O.; BELL, D.D. **Commercial Chicken Production Manual**. 4 ed. Editora Chapman e Hall, 1990. 913p.

NUNES, I.J. **Nutrição animal básica**. Belo Horizonte: Ilto José Nunes, 1995. 334p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington, DC: National Academy Press, 1994. 156p.

OLOMU, J.L.; BARACOS, V.E. Influence of dietary flaxseed oil on the performance, muscle protein deposition, and fatty acid composition of broiler chicks. **Poult. Sci.**, v. 70, n. 6, p. 1403-1411, 1991.

PHETTEPLACE, H.W.; WATKINS, B.A. Lipid measurements in chickens fed different combinations of chicken fat and menhaden oil. **J. Agric. Food Chem.**, v. 38, n. 9, p. 1848-1853, 1990.

RAVIE, O.; LAKE, P.E. The phospholipid-bound fatty acids of fowl and turkey spermatozoa. **Anim. Reprod. Sci.**, v. 9, p. 189-192, 1985.

RESENDE, O.A. et al. **Inseminação artificial em galinhas**. Niterói: PESAGRO-RIO, 1983. 28p. (Boletim técnico, 6).

ROONEY, L. W. Sorghum and pearl millet lipids. **Cereal Chem.**, v. 55, p. 584-590, 1978.

ROSTAGNO, H.S.; BARBARINO JUNIOR, P.; BARBOSA, W.A. Exigências nutricionais das aves determinadas no Brasil, In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...Viçosa**, MG: Jard, 1996. p. 361-388.

RUTZ, F. Uso de antioxidantes em rações e subprodutos. In: CONFERÊNCIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, São Paulo. **Anais ...São Paulo**: Apinco, 1994. p. 73-84.

SANZ, M. et al. Abdominal fat deposition and fatty acid synthesis are lower and beta-oxidation is higher in broiler chickens fed diets containing unsaturated rather than saturated fat. **J. Nutr.** v. 130, n. 12, p. 3034-3037. 2000.

SARDESAI, V.M. Nutritional role of polyunsaturated fatty acids. **J. Nutr. Biochem.**, v. 3, p. 154-166, 1992.

SARGENT, J.R.; HENDERSON, R.J. **Marine (n-3) polyunsaturated fatty acids.** In: Developments in oil and fats. Ed. R.J. Hamilton. London: Blackie Academic & Professional, 1995, p. 32-65.

SCAIFE, J.R. et al. Effect of different dietary supplemental fats and oils on the tissue fatty acid composition and growth of female broilers. **Br. Poult. Sci.**, v. 35, n. 1, p. 107-118, 1994.

SCHEIDELER, S.E.; FRONING, G.W. The combined influence of dietary flaxseed variety, level, form, and storage conditions on egg production and composition among vitamin E supplemented hens. **Poult. Sci.**, v. 75, p. 1221-1226. 1996.

SCOTT, J.W. Lipid metabolism of spermatozoa. **J. Reprod. Fertil.**, v.18, p. 65-76, 1973 (Suppl).

SEBASTIAN, S.M. et al. Pattern of neutral and phospholipids in the semen of normospermic, oligospermic and azoospermic men. **J. Reprod. Fertil.**, v. 79, p. 373-378, 1987.

SIEGEL, I. et al. Inhibition of sperm motility and agglutination of sperm cells by free fatty acids in whole semen. **Fertil. Steril.**, v. 45, n. 2, p. 273-279. 1986.

SIKKA, S.C.; RAJASEKARAN, M.; HELLSTROM, W.J.G. Role of oxidative stress and antioxidants in male infertility. **J. Androl.**, v. 16, p. 464-468, 1995.

SIMOPOULOS, A.P.; SALEM, N.J. Egg yolk as a source of long chain polyunsaturated fatty acids in infant feeding. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 55, p. 411-414, 1992.

SIRRI, F. et al. Fatty acid composition of lipid in eggs laid by hens fed diets supplemented with different fats. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON QUALITY OF EGG AND EGG PRODUCTS, 6, 1995. **Proceedings...** Zaragoza. Zaragoza: Ricardo Cepero Briz, 1995, p. 411-500.

SLAWETA, R.; LASKOWSKA, T.; SZYMANSKA, E. Lipids peroxides, spermatozoa quality and activity of glutathione peroxidase in bull semen. **Acta Physiol. Pol.**, v. 39, n. 3, p. 207-214. 1988.

STUBBS, C.D.; SMITH, A.D. The modification of mammalian membrane polyunsaturated fatty acid composition in relation to membrane fluidity and function. **Biochim. Biophys. Acta**, v. 779, p. 89-137, 1984.

SUAREZ, A. et al. Addition of vitamin E to long-chain polyunsaturated fatty acid-enriched diets protects neonatal tissue lipids against peroxidation in rats. **Eur. J. Nutr.**, v. 38, n. 4, p. 160-176. 1999.

SURAI, P.F. et al. Effect of vitamin E and selenium supplementation of cockerel diets on glutathione peroxidase activity and lipid peroxidation susceptibility in sperm, testes and liver. **Biol. Trace Elem. Res.**, v. 64, n. 1-3, p. 119-132. 1998.

SURAI, P.F. et al. The relationship between the dietary provision of α -tocopherol and the concentration of this vitamin in the semen of chicken: effects on lipid composition and susceptibility to peroxidation. **J. Reprod. Fert.**, v., 110, n. 1, p. 47-51, 1997.

SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes - Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856p.

UEDA, T.; IGARASHI, O. Determination of vitamin E biological specimens and foods by HPLC - Pretreatment of samples and extraction of tocopherols. **J. Micronutr. Anal.**, v. 7, p. 79-96, 1990.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Manual de utilização do programa SAEG** (Sistema para Análise Estatística e Genéticas). Viçosa: UFV, 1997. 149p.

VALENZUELA, A.B. Natural antioxidants: A new perspective for the problem of oxidative rancidity of lipids. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 12, 1996, Nicholasville. **Proceedings...** Nicholasville: Alltech Technical Publications, 1996. p. 207-220.

WHEELER, R.S. A one-man technique for collecting cock semen. **Poult. Sci.**, v. 27, n. 4, p. 523-524, 1948.

WISHART, G.J. Effects of lipid peroxide formation in fowl semen on sperm motility, ATP content and fertilizing ability. **J. Reprod. Fertil.**, v. 71, p. 113-118, 1984.

ZANINI, S.F.; TORRES, C.A.A.; SANTOS, B.M. Relato de ocorrência de deficiência de Vitamina "E" em galos leves alimentados com dieta rica em ácidos graxos poliinsaturados e suplementados com Vitamina "E". In: SEMINÁRIO DE EXTENSÃO E PESQUISA DO ES, 1, 1999, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 1999. p. 30.

ANEXOS

Quadro 1A – Análise de variância e coeficiente de variação referente ao consumo médio de ração, em gramas

FV	GL	Consumo de ração	
		Quadrado Médio	F
Óleo	4	173,430**	4,390
Vitamina	2	70,138	1,776
Linear	1	138,214	3,499
Quadrático	1	2,0617	0,052
Óleo x Vit.	8	42,6418	1,079
Resíduo	304	39,502	
CV (%)		7,916	

** Significativo pelo teste F (P< 0,01)

Quadro 2A – Análise de variância e coeficiente de variação referente ao peso final dos galos, em gramas

FV	GL	Peso final	
		Quadrado Médio	F
Óleo	4	6347,462	0,319
Vitamina	2	39741,92	1,995
Linear	1	73985,02	3,715
Quadrático	1	5498,823	0,276
Óleo x Vit.	8	32626,06	1,638
Resíduo	245	19917,47	
CV (%)		6,747	

Quadro 3A – Análise de variância e coeficientes de variação referentes a volume, motilidade e vigor às 38 e 52 semanas de idade

FV	GL	Quadrados Médios					
		VOL	MOT	VIG	VOL1	MOT1	VIG1
Óleo	4	0,0564*	674,166	1,4441	2,216	1015,16	1,670
		*			5	7	
Vitamina	2	0,0077	5163,75	11,0854*	0,012	3817,29	6,412*

Linear	1	0,0023	10282,0 9**	22,1243* *	0,023 6	3779,78 5*	4,575* *
Quadrático	1	0,0131	45,4117	0,0465	0,001	3854,79 8*	8,249* *
Óleo x Vit.	8	0,0209*	1435,10 4**	3,8510**	0,040 3*	2450,10 4**	5,021* *
Resíduo	225	0,0083	503,203 7	1,1661	0,017 6	587,444	1,162
CV (%)		34,214	36,824	34,975	42,15 7	47,641	40,43 7

VOL, MOT, VIG: volume, motilidade e vigor às 38 semanas de idade

VOL1, MOT1, VIG1: volume, motilidade e vigor às 52 semanas de idade

* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

** Significativo pelo teste F (P < 0,01)

Quadro 4A – Análise de variância e coeficiente de variação referente a concentração espermática às 38 semanas de idade

FV	GL	Concentração espermática	
		Quadrado Médio	F
Óleo	4	14531,7*	2,693
Vitamina	2	11136,3	2,064
Linear	1	18829,5	3,490
Quadrático	1	3443,0	0,638
Óleo x Vit.	8	16228,1**	3,008
Resíduo	176	5395,4	
CV (%)		31,144	

* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

** Significativo pelo teste F (P < 0,01)

Quadro 5A – Análise de variância e coeficiente de variação referente a concentração de antioxidantes totais do sêmen de galos leves com 50 semanas de idade

FV	GL	Concentração de antioxidantes totais do sêmen	
		Quadrado Médio	F
Óleo	4	1,2094**	19,664
Vitamina	2	0,3792**	6,165
Linear	1	0,7159**	11,640
Quadrático	1	0,04250	0,691
Óleo x Vit.	8	0,1014	1,649
Resíduo	85	0,0615	
CV (%)		16,020	

* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

** Significativo pelo teste F (P < 0,01)

Quadro 6A – Análise de variância e coeficientes de variação referentes a fertilidade, em porcentagem, de galos leves durante 41-43^a, 44-46^a, 47-49^a e 41-53^a semana de idade

FV	GL	Quadrados Médios			
		FERT41-43	FERT44-46	FERT47-49	FERTMED
Óleo	4	86,4068	24,3581	8,25572	22,3021*
Vitamina	2	82,0748	19,4220	27,8945	43,4705**
Linear	1	79,0308	38,5454	24,6929	74,2436**
	1	85,1187	0,2987	31,0960	12,6973
Quadrático					
Óleo x Vit.	8	47,2668	83,7483**	97,5997**	51,4205**
Resíduo	45	50,8847	12,2754	20,5415	7,7775
CV (%)		8,079	3,813	5,107	3,104

* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

** Significativo pelo teste F (P < 0,01)

Quadro 7A – Análise de variância e coeficiente de variação referente a fertilidade, em porcentagem, de galos leves durante 50-53^a semana de idade

FV	GL	FERT50-53	
		Quadrado Médio	F
Óleo	4	78,8076*	2,874
Vitamina	2	154,927**	5,651
Linear	1	305,919**	11,158
	1	3,93602	0,144
Quadrático			
Óleo x Vit.	8	147,517**	5,381
Resíduo	65	27,4167	
CV (%)		5,826	

* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

** Significativo pelo teste F (P < 0,01)

Quadro 8A – Análise de variância e coeficientes de variação referentes ao conteúdo de ácidos graxos da série ômega 9 e 6 depositados na carne de coxa de galos leves

FV	G	Quadrados Médios					
		Oléico	Linoléico	Araquidônico	Total ω6	Total ω3	ω6:ω3
Óleo	L 4	13611,4 0**	307024,30 **	2157,80**	392575,10 **	14576,4 1**	1026,06* *
Vitamina	1	4432,56	21626,33	416,72	11460,26	8,52	7,64
Óleo x Vit.	4	65591,4 0**	29721,35* *	1584,66**	26915,67	616,69	22,39
Resíduo	29	15585,3 0	8894,49	301,88	19071,31	346,99	12,57
CV (%)		23,088	21,674	20,24	26,25	30,99	27,26

** Significativo pelo teste F (P< 0,01)

Quadro 9A – Análise de variância e coeficientes de variação referentes ao conteúdo de ácidos graxos da série ômega 3 depositados na carne de coxa de galos leves

FV	GL	Linolênico		EPA		DHA	
		Quadrado Médio	F	Quadrado Médio	F	Quadrado Médio	F
Óleo	4	11331,51* *	208,35 2	70,09**	14,940	742,09**	28,815
Vitamina	1	33,12	0,609	6,42	1,370	0,035	0,001
Óleo x Vit.	4	307,87**	5,661	1,02	0,219	60,11	2,334
Resíduo	26	54,38		4,69		25,75	
CV (%)		24,40		29,21		30,91	

** Significativo pelo teste F (P< 0,01)

Quadro 10A – Análise de variância e coeficientes de variação referentes ao conteúdo de ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados e total de insaturados depositados na carne de coxa de galos leves

FV	G	Quadrados Médios					Relaçã o I:S
		Saturado	Monoinsatura	Poliinsaturad	Insaturado		
Óleo	4	214586, 0**	146395,6**	380521,8**	739588,8*	0,092	
Vitamina	1	39309,5	4348,8	1727,3	11556,0	0,034	
Óleo x Vit.	4	111933, 0**	66978,3*	28559,6	160350,6*	0,022	
Resíduo	29	11675,6	17443,1	11486,7	40045,3	0,109	
CV (%)		15,15	23,32	18,06	17,25	20,11	

* Significativo pelo teste F (P< 0,05)

** Significativo pelo teste F (P< 0,01)

Quadro 11A – Análise de variância e coeficientes de variação referentes ao conteúdo de ácidos graxos da série ômega 9 e 6 depositados na carne de peito de galos leves

FV	G	Quadrados Médios					
		Oléico	Linoléico	Araquidônic o	Total ω6	Total ω3	ω6:ω3
Óleo	4	47243,2 5*	7972,21	2047,63**	23219,26*	5220,47*	676,27**
Vitamina	1	9446,40	8813,47	48,90	8215,44	2041,31*	4,38
Óleo x Vit.	4	89974,4*	2739,40	1933,94**	7103,88	1899,80*	42,54*
Resíduo	30	11959,9	4786,23	148,93	3793,07	34,47	15,79
CV (%)		41,84	42,28	15,98	25,55	15,57	32,85

* Significativo pelo teste F (P< 0,05)

** Significativo pelo teste F (P< 0,01)

Quadro 12A – Análise de variância e coeficientes de variação referentes ao conteúdo de ácidos graxos da série ômega 3 depositados na carne de peito de galos leves

FV	G	Quadrados Médios				
		Linolênico	EPA	DHA	Total ω3	ω6:ω3
Óleo	4	775,02**	20,34**	2859,01**	5220,47**	676,27**
Vitamina	1	83,08**	16,14**	1105,02**	2041,31**	4,38
Óleo x Vit.	4	7,04	10,61**	753,66**	1899,80**	42,54*
Resíduo	30	9,66	0,54	17,88	34,47	15,79
CV (%)		34,43	30,88	25,87	15,57	32,85

* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

** Significativo pelo teste F (P < 0,01)

Quadro 13A – Análise de variância e coeficientes de variação referentes ao conteúdo de ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados e total de insaturados depositados na carne de peito de galos leves

FV	G	Quadrados Médios				
		Saturados	Monoinsaturados	Poliinsaturados	Insaturados	Relação I:S
Óleo	4	38301,15**	50816,07*	28306,70*	24686,64	0,044
Vitamina	1	37779,4	10216,59	23962,98	65470,11	0,073
Óleo x Vit.	4	200016,9**	97954,77**	11532,58	129363,0*	0,488**
Resíduo	30	9074,14	13132,56	8794,61	17948,04	0,075
CV (%)		23,35	42,35	33,41	24,30	18,98

* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

** Significativo pelo teste F (P < 0,01)

Quadro 14A – Análise de variância e coeficientes de variação referentes ao conteúdo de colesterol e lipídeos na carne de coxa e peito de galos leves

	Quadrados Médios	
	Carne de coxa	Carne de peito

FV	G	Colesterol	Lipídeos	Colesterol	Lipídeos
	L				
Óleo	4	539,59**	2,018**	15,63	0,150*
Vitamina	1	79,24	0,159	25,70	0,176
Óleo x Vit.	4	88,64	0,578**	35,87	0,649**
Resíduo	30	71,91	0,062	17,44	0,047
CV (%)		9,12	12,68	7,65	21,23

* Significativo pelo teste F (P< 0,05)

** Significativo pelo teste F (P< 0,01)

Quadro 15A – Análise de variância e coeficiente de variação referente ao conteúdo de ácido graxo oléico nos SPTZ de galos

FV	GL	Oléico	
		Quadrado Médio	F
Óleo	4	199,58*	2,937
Vitamina	2	5,99	0,088
Óleo x Vit.	8	194,58**	2,863
Resíduo	59	67,96	
CV (%)		38,37	

* Significativo pelo teste F (P< 0,05)

** Significativo pelo teste F (P< 0,01)

Quadro 16A – Análise de variância e coeficiente de variação referente ao conteúdo de ácido graxo linoléico nos SPTZ de galos

FV	GL	Linoléico	
		Quadrado Médio	F
Óleo	4	29,16**	10,169
Vitamina	2	1,15	0,404
Óleo x Vit.	8	20,18**	7,038
Resíduo	48	2,86	
CV (%)		51,94	

** Significativo pelo teste F (P< 0,01)

Quadro 17A – Análise de variância e coeficiente de variação referente ao conteúdo de ácido graxo linoléico nos SPTZ de galos

FV	GL	Araquidônico	
		Quadrado Médio	F
Óleo	4	215,93**	5,697
Vitamina	2	23,80	0,628
Óleo x Vit.	8	61,91	1,634
Resíduo	47	37,90	
CV (%)		51,51	

** Significativo pelo teste F ($P < 0,01$)

Quadro 18A – Análise de variância e coeficiente de variação referente ao conteúdo de ácidos graxos saturados nos SPTZ de galos

FV	GL	Saturados	
		Quadrado Médio	F
Óleo	4	2038,74**	12,134
Vitamina	2	342,89	2,041
Óleo x Vit.	8	323,10	1,923
Resíduo	61	168,01	
CV (%)		19,57	

** Significativo pelo teste F ($P < 0,01$)

Quadro 19A – Análise de variância e coeficiente de variação referente ao conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados nos SPTZ de galos

FV	GL	Poliinsaturados	
		Quadrado Médio	F
Óleo	4	350,37**	7,756
Vitamina	2	90,53	2,004
Óleo x Vit.	8	111,45*	2,467
Resíduo	37	45,17	
CV (%)		45,09	

* Significativo pelo teste F ($P < 0,05$)

** Significativo pelo teste F ($P < 0,01$)

Quadro 20A – Análise de variância e coeficiente de variação referente ao conteúdo de triglicéridos em SPTZ de galos

FV	GL	Triglicerídeos	
		Quadrado Médio	F
Óleo	4	585,18	0,356
Vitamina	2	49,13	0,030
Linear	1	1,79	0,001
Quadrático	1	96,47	0,059
Óleo x Vit.	8	1113,60	0,678
Resíduo	65	1642,59	
CV (%)		35,53	

Quadro 21A – Análise de variância e coeficiente de variação referente ao conteúdo de colesterol em SPTZ de galos

FV	GL	Colesterol	
		Quadrado Médio	F
Óleo	4	3306,58*	2,923
Vitamina	2	754,07	0,667
Linear	1	1,40	0,001
Quadrático	1	1506,75	1,332
Óleo x Vit.	8	2034,33	1,798
Resíduo	85	1131,34	
CV (%)		32,93	

* Significativo pelo teste F ($P < 0,05$)

Quadro 22A – Análise de variância e coeficiente de variação referente ao conteúdo de vitamina E em SPTZ de galos

FV	GL	Vitamina E	
		Quadrado Médio	F
Óleo	4	8,28	0,905

Vitamina	2	3,98	0,435
Linear	1	5,91	0,646
Quadrático	1	2,05	0,224
Óleo x Vit.	8	3,06	0,335
Resíduo	85	9,16	
CV (%)		33,27	
