



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS

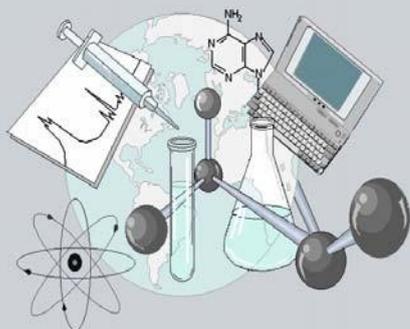
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E PERFIL DE ÁCIDOS
GRAXOS EM GEMA DE OVOS DE CODORNAS (*COTURNIX
COTURNIX JAPONICA*), ALIMENTADAS COM RAÇÃO
SUPLEMENTADA COM SEMENTE DE LINHAÇA**

Dissertação apresentada por
Walber Arantes da Silva ao
Programa de Pós-Graduação em
Química do Departamento de
Química do Centro de Ciências
Exatas da Universidade Estadual de
Maringá como parte dos requisitos
para a obtenção do título de Mestre
em Química.

**E
C
C**



**Centro de
Ciências Exatas**

MARINGÁ, NOVEMBRO/2006

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

S548c Silva, Walber Arantes da
Características químicas e perfil de ácidos graxos em gema de ovos de codornas (*Coturnix coturnix japonica*), alimentadas com ração suplementada com semente de linhaça. / Walber Arantes da Silva. - Maringá, PR : [s.n.], 2006.
38 f. : il. color.

Orientador : Prof. Dr. Makoto Matsushita.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-graduação em Química, 2006.

1. Ovos de codornas - Gema - Alimentos funcionais. 2. Ovos de codornas - Melhoramento. 3. Ovos de codornas - Qualidade nutricional. 4. Codornas (*Coturnix coturnix japonica*) - Ovos - n-3. I. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-graduação em Química. II. Título.

CDD 21.ed.641.302

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ

Centro de Ciências Exatas

Departamento de Química

Programa de Pós-Graduação em Química

Características químicas e perfil de ácidos graxos em gema de ovos de codornas (*Coturnix coturnix japonica*), alimentadas com ração suplementada com semente de linhaça

Dissertação apresentada por **Walber Arantes da Silva** ao Programa de Pós-Graduação em Química do Departamento de Química do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Química

Orientador: Prof. Dr. Makoto Matsushita

MARINGÁ, NOVEMBRO/2006

AGRADECIMENTOS

A Deus, que nos momentos difíceis sempre esteve ao meu lado...

À todos os meus familiares, em especial meus pais Walter e Jacira, pelos esforços dispendidos na minha formação profissional e a minha irmã Walkiria e meu cunhado Richard, que sempre torceram por mim.

A minha esposa, Elizangela, pelo amor, carinho e compreensão.

Ao Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Estadual de Maringá, pela oportunidade.

Ao orientador e grande amigo, Prof. Dr. Makoto Matsushita, pela ajuda, compreensão, confiança e dedicação.

Aos companheiros de laboratório, Flávia, Roseli, Augusto, Clayton, Dirceu, Marcos, Cristina, Adriana, Ivane, Juliana, Vanessa e Polyana pela ajuda e amizade.

Ao Alberto, Luciana e a Márcia pela amizade e auxílio durante este trabalho.

Ao Claudemir e a Cris por sempre estarem prontos a me atender.

A Profa. Dra. Alice Eiko pelo desenvolvimento e fornecimento das amostras e ainda, pelas informações técnicas e científicas.

Aos Professores Nilson Evelázio de Souza, Jesuí Vergílio Visentainer, Sandra T. M. Gomes e Helena S. Nakatani pelo convívio e amizade.

Aos meus amigos, Fábio, Ricardo, Alex, Francieli, Jacqueline, Rodrigo, Fabrício, Alysson e todos companheiros da FIFUQUI, pelo companheirismo, incentivo e amizade.

***Entrega o teu caminho ao SENHOR;
confia nele, e ele o fará.
(Salmos 37 : 5)***

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS, CITADAS NO TEXTO	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUÇÃO.....	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
II.1. Lipídios	4
II.1.1. Funções	4
II.1.2. Estrutura e classificação do ácidos graxos	5
II.1.3. Ácidos graxos essenciais	7
II.1.4. AGPI e a saúde.....	9
II.2. Semente de linhaça.....	10
II.3. Ovos enriquecidos com AGPI n-3	10
II.4. Colesterol	11
II.4.1. Colesterol e a saúde	13
II.4.2. Colesterol em ovos.....	14
III. MATERIAL E MÉTODOS	15
III.1. Amostragem	15
III.2. Extração da matéria graxa (lipídios totais)	17
III.3. Transesterificação dos lipídios.....	17
III.4. Análise cromatográfica dos ésteres metílicos de ácidos graxos	18
III.5. Extração do colesterol	18
III.6. Análise cromatográfica e quantificação do colesterol	19
III.7. Análise estatística dos dados	19
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
IV.1. Colesterol e matéria graxa total.....	20
IV.2. Perfil em ácidos graxos	21
IV.2.1. Composição em ácidos graxos das rações utilizadas	21

IV.2.2. Perfil em ácidos graxos das gemas de ovos.....	22
IV.2.3. Ácidos graxos saturados.....	22
IV.2.4. Ácidos graxos monoinsaturados	23
IV.2.5. Ácidos graxos poliinsaturados.....	23
IV.2.6. Somatórios e razões dos grupos de ácidos graxos	25
V. CONCLUSÕES	27
VI. REFERÊNCIAS.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS, CITADAS NO TEXTO

AA	Ácido araquidônico
ACAT	Acil-Coa-colesterol aciltransferase
AGE	Ácidos graxos essenciais
AGMI	Ácido(s) graxo(s) monoinsaturado(s)
AGPI	Ácido(s) graxo(s) polinsaturado(s)
AGS	Ácido(s) graxo(s) saturado(s)
AOAC	Association of Official Analytical Chemists (Associação de Métodos Analíticos Oficiais)
DHA	Docosahexaenoic acid (ácido docosa-hexaenóico)
EPA	Eicosapentaenoic acid (ácido eicosapentaenóico)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nation (Organização para Alimento e Agricultura das Nações Unidas)
HDL	High density lipoprotein (lipoproteína de alta densidade)
ISO	International Standardization Organization (Organização Internacional de Padronização)
LA	Linoleic acid (ácido linoléico)
LDL	Low density lipoprotein (lipoproteína de densidade baixa)
LNA	Linolenic acid (ácido linolênico)
OMS	Organização Mundial de Saúde
VHDL	Very high density lipoprotein (lipoproteína de densidade muito alta)
VLDL	Very low density lipoprotein (lipoproteína de densidade muito baixa)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Distribuição da produção de codornas por região do Brasil.....	2
Figura 2.	Enumeração a partir do grupo metil terminal para o ácido linoléico.....	7
Figura 3.	Competição metabólica na formação de AGPI n-6 e n-3.....	8

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Nomenclatura de ácidos graxos saturados.....	5
Tabela 2.	Nomenclatura de ácidos graxos monoinsaturados	6
Tabela 3.	Nomenclatura de ácidos graxos poliinsaturados.....	6
Tabela 4.	Níveis de colesterol total e HDL-colesterol no sangue.....	13
Tabela 5.	Composição das rações experimentais	16
Tabela 6.	Níveis de colesterol (mg/g) em gemas de ovos de codornas submetidas a diferentes tratamentos em quatro ciclos de produção.	20
Tabela 7.	Perfil em ácidos graxos das rações utilizadas.	21
Tabela 8.	Perfil em ácidos graxos encontrados nas gemas dos ovos em relação aos diferentes tratamentos.....	22
Tabela 9.	Somatório e razões entre grupos de ácidos graxos nas gemas de ovos relativo aos diferentes tratamentos.....	25

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo melhorar a qualidade nutricional dos ovos de codornas como também a necessidade de obter uma razão n-6/n-3 apropriada na composição deste alimento. Foram utilizadas 192 codornas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura, com 58 semanas de idade. O experimento teve a duração de 84 dias (4 ciclos de 21 dias). As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos realizados em função dos diferentes percentuais de semente de linhaça ($T_1 = 0$ (controle); $T_2 = 1,5$; $T_3 = 3$ e $T_4 = 5\%$), utilizada juntamente com a ração normal. Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$), nos níveis de colesterol entre os quatro tratamentos e entre os ciclos. Dentre os ácidos graxos poliinsaturados destacaram-se o linoléico (LA, 18:2n-6), o linolênico (LNA, 18:3n-3), o araquidônico (AA, 20:4n-6) e o docosahexaenóico (DHA, 22:6n-3), perfazendo juntos 15,28, 15,66 17,3 16,54% do total de ácidos graxos, em relação a T_1 , T_2 , T_3 e T_4 respectivamente. Houve um aumento ($P < 0,05$) no LNA, entre o grupo de controle e os demais tratamentos. Observou-se um aumento ($P < 0,05$) na produção do DHA em resposta ao nível de incorporação de linhaça nas dietas. Houve um aumento ($P < 0,05$) nos ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) totais e uma redução ($P < 0,05$) nos ácidos graxos saturados totais (AGS), resultando em uma razão AGPI/AGS, mais elevada, sendo os maiores valores obtidos para os tratamentos T_3 e T_4 . Pode-se observar um aumento na quantidade de AGPI n-3 entre o controle e os demais tratamentos, como consequência, a razão n-6/n-3 diminuiu de 21,30 (T_1) para 4,52 (T_4).

Palavras-chave: Codorna; gema de ovo, n-3; linhaça.

ABSTRACT

The aim of this research was to improve the quality of quails' eggs as well as the need of obtaining an appropriate ratio n-6/n-3 in the composition of this food. 192 quails (*Coturnix coturnix japonica*) were used, in posture, of 58 weeks of age. The experiment had the duration of 84 days (4 cycles of 21 days). The birds were distributed and four treatments were carried out in function of different percentage of linseed ($T_1 = 0$ (it controls); $T_2 = 1.5$; $T_3 = 3$ and $T_4 = 5\%$), used together with the normal ration. Differences ($P > 0.05$), were not found, in the cholesterol levels during the four treatments and among the cycles. Considering the poliunsaturated fatty acids linoleic (LA, 18:2n-6), linolenic (LNA, 18:3n-3), arachidonic (AA, 20:4n-6) and the docosahexaenóic (DHA, 22:6n-3) comprising 15.28, 15.66 17.3 16.54% of total fatty acids, in relation to T_1 , T_2 , T_3 and T_4 respectively. There was a increase ($P < 0,05$) in the LNA, between control group and other treatments group. An increase ($P < 0,05$) in the production of DHA was observed in response to the level of linseed incorporation in the diets. There was an increase ($P < 0,05$) in the total poliunsaturated fatty acids (AGPI) and a reduction ($P < 0,05$) in the total of saturated fatty acid (AGS), resulting in a higher AGPI/AGS ratio. An increase ($P < 0,05$) was also observed in the amount of AGPI n-3 between the control group and the other group treatments and as consequence, the ratio n-6/n-3 decreased from 21.30 (T_1) to 4.52 (T_4).

Keywords: Quail; egg yolk; n-3; linseed.

I. INTRODUÇÃO

É crescente o interesse nos ácidos graxos poliinsaturados da série n-3 (AGPI n-3) e dos ácidos graxos poliinsaturados da série n-6 (AGPI n-6) em relação a saúde humana. Tanto os AGPI n-3, quanto os AGPI n-6 são conhecidos por serem essenciais na dieta humana. O ácido linolênico (LNA, 18:3n-3) pode metabolicamente ser convertido nos ácidos eicosapentaenóico (EPA, 20:5n-3) e docosahexaenóico (DHA, 22:6n-3) (Simopoulos, *et al.*, 1999).

Pesquisas revelam a necessidade de AGPI n-3 como o EPA e DHA, sendo o DHA importante para as membranas biológicas, retina, córtex cerebral, tecidos nervosos, testículos e plaquetas sangüíneas (Nettleton, 1995; Schmidt, 2000) e o EPA, pelos seus efeitos a nível vascular (ações antitrombótica e antiinflamatória), exercidos através do metabolismo dos eicosanóides, moléculas biológicas que agem como sinalizadores e mensageiros, (Mueller e Talbert, 1988).

Uma das fontes mais conhecidas de AGPI n-3 na dieta humana é o peixe, o qual é rico nos ácidos graxos EPA e DHA. Outras fontes são a semente e o óleo de sementes oleaginosas, em particular a linhaça a qual é uma das sementes oleaginosas mais conhecida, sendo a esta atribuída um alto conteúdo de ácido LNA (50-55%), o qual é precursor dos ácidos graxos EPA e DHA (Chen, *et al.*, 1994).

A preferência por alimentos funcionais, qualquer alimento ou ingrediente alimentício que pode providenciar um benefício para a saúde além dos nutrientes tradicionais contidos nele (Wildman, 2001), tem aumentado entre os consumidores, dentre estes tem-se cada vez mais observado um aumento no interesse por produtos que contenham AGPI n-3.

Desta forma, pode ser interessante modificar os componentes lipídicos dos ovos, o qual é um alimento de baixo custo, amplamente conhecido e apreciado pelo seu valor nutritivo e suas propriedades funcionais, de maneira a melhorar a qualidade deste e satisfazer a preferência do consumidor.

A adição de determinados óleos das sementes oleaginosas, como o óleo de linhaça, canola (Cherian e Sim, 1991; Caston *et al.*, 1994; Aymond e Van Elswyk, 1995; Qi e Sim, 1998; Mori, 2001, Milinsk *et al.*, 2003) óleos de peixe (Hargis *et al.*, 1991; Van Elswyk, 1997; Baucells *et al.*, 2000) e algas marinhas (Herber e Van

Elswyk, 1996; Herber-Mcneill e Van Elswyk, 1998), promove a incorporação de AGPI n - 3 na gema de ovos.

Os produtores de ovos têm sido responsáveis na procura de novas tecnologias para o enriquecimento de produtos conservando seu valor alimentício tradicional. Os chamados “*designer eggs*” ou “*designer chicken meat*”, conservam as qualidades funcionais, nutricionais e sensoriais, além de terem a sua composição lipídica significativamente alterada, incluindo as razões n-6/n-3 e poliinsaturados/saturados (AGPI/AGS) nos produtos (Sim, 1998).

O consumo de ovos de codorna no Brasil teve um crescimento acelerado, em consequência da alteração nos hábitos alimentares dos brasileiros, os quais passaram a se alimentar em maior número de vezes nos chamados “fast food”, onde freqüentemente são servidos pratos que utilizam o ovo de codorna como ingrediente. Devido a essa demanda, os produtores estão se especializando, fazendo com que a coturnicultura deixe de ser apenas de pequenos produtores para se tornar mais industrializada e competitiva.

A figura 1 mostra a distribuição no Brasil da produção de codornas por região.

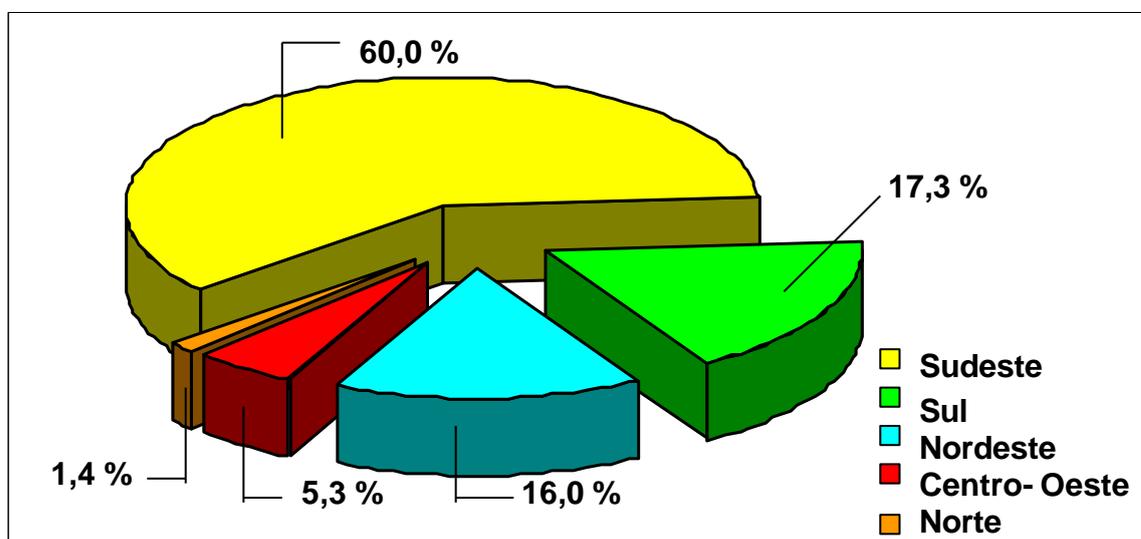


Figura 1 - Distribuição da produção de codornas por região do Brasil (IBGE, 2004)

Submetidas à seleção e melhoramento por japoneses, a codorna utilizada no Brasil (*Coturnix coturnix japonica*) para produção de ovos, possui grande produtividade e rentabilidade, como consequência do rápido crescimento das aves, da maturidade precoce, da alta taxa de postura e do baixo consumo de ração (Murakami e Furlan, 2002).

O estado de São Paulo é o maior produtor de ovos de codornas a nível nacional detendo 44,8% do total de ovos produzidos no Brasil (46.567.000 dúzias), sendo seguido pelo Espírito Santo com 9,2% (9.619.000 dúzias) e Minas Gerais com 8,5% (8.836.000 dúzias). O Paraná é o quarto maior produtor com uma produção de ovos que eqüivale a 7,0% (7.268.000 dúzias) do total de ovos de codorna produzidos no Brasil (IBGE, 2004).

As mudanças nos hábitos alimentares, aumento no consumo de AGPI n-6 com conseqüente aumento na razão n-6/n-3, enfocam a necessidade de cada vez mais desenvolver pesquisas para a avaliação nutricional dos vários produtos, sendo essencial a obtenção de uma razão n-6/n-3 apropriada na composição dos alimentos (Simopoulos, 1998).

Segundo Turatti (2001), os ovos têm pouca influência nos altos níveis de colesterol sanguíneo ou nas doenças cardiovasculares, sendo as verdadeiras causas dessas alterações, os maus hábitos de alimentação, obesidade, vida sedentária, fumo, álcool e problemas genéticos.

Em vista da contínua controvérsia com relação aos níveis de colesterol na gema de ovo, muitos esforços têm sido feitos para diminuir a quantidade de colesterol nos ovos, com resultados mínimos (Born, 1998).

Pesquisas realizadas na década de 70, relatavam que ovos de galinha apresentavam um teor de colesterol menor, que o encontrado nos ovos da codorna japonesa. Bressan e Rosa (2002), comprovaram com dados obtidos com técnicas analíticas atuais, que o conteúdo de colesterol de ovos de codorna é similar ao de ovos de galinha (codorna com 1090mg/100g e galinha, com 1000mg/100g).

Este trabalho teve por objetivo melhorar a qualidade nutricional dos ovos de codornas como também a necessidade de obter uma razão n-6/n-3 apropriada na composição deste alimento.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1. Lipídios

Lipídios são substâncias oleosas ou gordurosas e possuem duas funções principais: como componentes principais das membranas e como forma de armazenamento de combustível rico em energia (Lehninger *et al.*, 1995).

Os lipídios formam, juntamente com os carboidratos e as proteínas, um grupo de compostos importante em alimentos e mais freqüentemente encontrado na natureza, tanto em vegetais como em animais.

As principais fontes de energia utilizadas pelo homem encontram-se entre os lipídios: as gorduras fornecem em peso 2 a 3 vezes mais calorias do que os carboidratos e as proteínas e, apesar desses dois últimos grupos de compostos se transformarem em gorduras no organismo humano, alguns lipídios têm funções biológicas específicas (Bobbio e Bobbio, 1995).

Dentre as classes dos lipídios, a mais importante é a dos triacilgliceróis, que são ésteres de ácidos graxos com glicerol, de alto peso molecular. A natureza hidrofóbica dos triacilgliceróis e seu estado altamente reduzido fazem deles compostos eficientes para o armazenamento de energia, em comparação com o armazenamento de carboidratos como glicogênio (Devlin, 1998). Além dos triacilgliceróis, os alimentos também possuem outros tipos de lipídios, como os fosfolipídios, glicolipídios, esfingolipídios e lipoproteínas (Araújo, 1999).

II.1.1 Funções

Lipídios contidos em dietas desempenham um importante papel na nutrição. Eles fornecem energia e ácidos graxos essenciais, atuam como condutores vitamínicos e aumentam a palatabilidade do alimento (Fennema, 1996).

Segundo Moretto e Fett (1998), cabem aos lipídios duas tarefas importantes na alimentação humana:

- a) uma não específica, como fornecedora de energia à biossíntese;
- b) uma específica, como transportadora de agentes químicos orgânicos lipossolúveis: os ácidos graxos essenciais, as vitaminas (A, D, E e K) e os hormônios.

II.1.2 Estrutura e classificação do ácidos graxos

Apenas uma pequena parcela da fração do lipídio total obtido através da extração com uso de um solvente apolar consiste de ácidos carboxílicos de cadeia longa. A maior parte é encontrada como ésteres de glicerol.

Os ácidos graxos mais conhecidos encontrados na natureza, são de alto peso molecular, e em geral de cadeia linear, saturada ou insaturada. Também é possível terem substituintes na cadeia, como grupos metílicos, hidroxílicos ou carbonílicos.

As Tabelas 1, 2, 3 trazem os ácidos graxos mais comum presentes em amostras de alimentos.

Tabela 1 - Nomenclatura de ácidos graxos saturados

<i>Símbolos</i>	<i>Nome comum</i>	<i>Nomenclatura IUPAC</i>
10:0	Ácido cáprico	Ácido decanóico
11:0	Ácido n-undecílico	Ácido hendecanóico
12:0	Ácido láurico	Ácido dodecanóico
13:0	Ácido n-tridecílico	Ácido tridecanóico
14:0	ácido mirístico	Ácido tetradecanóico
15:0	ácido n-pentadecílico	Ácido pentadecanóico
16:0	ácido palmítico	Ácido hexadecanóico
17:0	ácido margárico	Ácido heptadecanóico
18:0	ácido esteárico	Ácido octadecanóico
19:0	ácido n-nonadecílico	Ácido nonadecanóico
20:0	ácido araquídico	Ácido eicosanóico
21:0	Ácido n-heneicosóico	Ácido heneicosanóico
22:0	Ácido behênico	Ácido docosanóico
24:0	Ácido lignocérico	Ácido tetracosanóico

Fonte: IUPAC-IUB (1977)

Tabela 2 - Nomenclatura de ácidos graxos monoinsaturados

<i>Símbolos</i>	<i>Nome comum</i>	<i>Nomenclatura IUPAC</i>
14:1n-9	Ácido fisetérico	Ácido-5-tetradecenóico
14:1n-5	Ácido miristoléico	Ácido-9-tetradecenóico
16:1n-7	Ácido palmitoléico	Ácido-9-hexadecenóico
18:1n-12	Ácido petroselinico	Ácido-6-octadecenóico
18:1n-9	Ácido oléico	Ácido-9-octaecenóico
18:1n-7	Ácido cis-vacênico	Ácido-11-octaecenóico
20:1n-11	Ácido gadoléico	Ácido-9-eicosenóico
20:1n-9	Ácido gondóico	Ácido-11-eicosenóico
22:1n-11	Ácido cetoléico	Ácido-11-docosenóico
22:1n-9	Ácido erúico	Ácido-13-docosenóico
24:1n-9	Ácido nervônico	Ácido-15-tetracosenóico

Fonte: IUPAC-IUB (1977).

Tabela 3 - Nomenclatura de ácidos graxos poliinsaturados

<i>Símbolos</i>	<i>Nome comum</i>	<i>Nomenclatura IUPAC</i>
16:2n-6	–	Ácido-7,10-hexadecadienóico
18:2n-6	Ácido linoléico	Ácido-9,12-octadecadienóico
18:3n-3	Ácido linolênico	Ácido-9,12,15-octadecatrienóico
20:2n-9	–	Ácido-8,11-eicosadienóico
20:2n-6	–	Ácido-11,14-eicosadienóico
20:4n-6	Ácido Araquidônico	Ácido-5,8,11,14-eicosatetraenóico
20:5n-3	Ácido timnodônico	Ácido-5,8,11,14,17-eicosapentaenóico
22:6n-3	Ácido cervônico	Ácido-4,7,10,13,16,19-docosahexaenóico

Fonte: IUPAC-IUB (1977).

Nas designações da simbologia para os ácidos graxos é utilizado a letra n, seguida de um número que indica o número de carbono que dista da última dupla ligação até o grupo metil (CH₃) terminal da cadeia carbônica de um determinado ácido graxo.

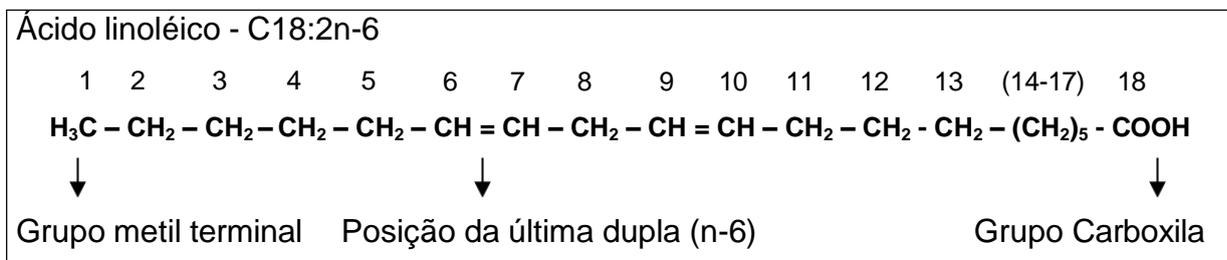


Figura 2. Enumeração a partir do grupo metil terminal para o ácido linoléico

Fonte: Visentainer e Franco (2006)

O ácido linoléico (LA,18:2n-6) é considerado o mais importante da série n-6 estando presente em grandes quantidades no óleo de girassol, milho, soja, algodão (Kennedy, 1991), enquanto o LNA, principal referência da série n-3, é encontrado largamente em sementes de linhaça e chia (Tosco, 2004).

II.1.3 Ácidos graxos essenciais

Os ácidos LA e LNA são precursores dos AGPI das famílias n-6 e n-3 de cadeia longa, respectivamente. Estes ácidos não podem ser biosintetizados em animais, e sendo necessários para a saúde, são considerados ácidos graxos essenciais (AGE).

A composição de AGE difere muito entre organismos terrestres e aquáticos. Todavia nos tecidos de animais terrestres prevalecem os ácidos graxos pertencentes à família n-6, principalmente do LA e araquidônico (20:4n-6, AA), enquanto que nas espécies marinhas, ocorre a predominância dos ácidos graxos da família n-3 (Martino e Takahashi, 2001).

Os ácidos graxos AGPI de cadeia longa, pertencente às famílias n-3 e n-6, são responsáveis pelo bom funcionamento das membranas biológicas (Belda e Campos, 1991).

Para suprir deficiências de ácidos graxos é necessário uso de dietas com suplementos contendo LA e LNA . Assim o balanço na ingestão dos LA e LNA deve ser considerado como fator determinante para prevenir algumas patologias.

Deve-se ter um controle na razão desta ingestão, pois um excesso de LA pode impedir a transformação do LNA em seus derivados EPA e DHA, o mesmo poderá acontecer no caso contrário, com um menor consumo do LA poderá acarretar uma diminuição da formação do AA. Esta concorrência entre os ácidos LA e LNA está determinada pela afinidade da enzima $\Delta 6$ dessaturase por ambos ácidos graxos. Como a enzima tem maior especificidade pelos ácidos graxos n-3, precisará de menores quantidades deste ácido que dos n-6 para produzir a mesma quantidade de produto (Madsen *et al.*, 1999).

A Figura 3 mostra a competição metabólica entre as séries n-6 e n-3.

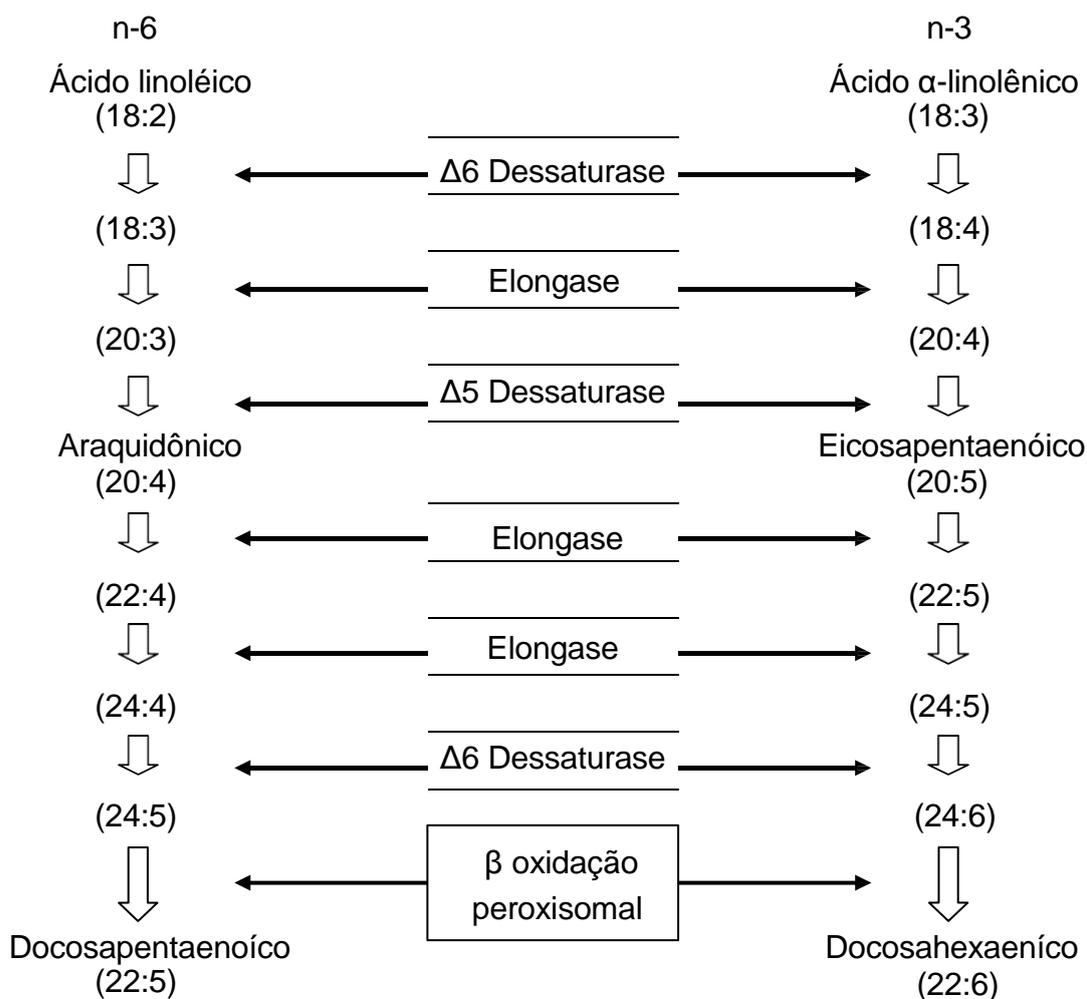


Figura 3 – Competição metabólica na formação de AGPI n-6 e n-3.

Fonte: Madsen *et al.* (1999).

II.1.4. AGPI e a saúde

Cada vez mais, estudos e pesquisas clínicas estão sendo realizadas em relação ao metabolismo dos AGPI. Os AGPI n-6, derivados do LA, exercem importante papel fisiológico: participam das estruturas de membranas celulares, influenciando a viscosidade sangüínea, a permeabilidade dos vasos, a ação antiagregadora, pressão arterial, a reação antiinflamatória e funções plaquetárias (Norum, 1992). Os AGPI n-3 apresentam um papel importante e benéfico na prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, arteriosclerose, trombose, hipertrigliceridemia, hipertensão, diabetes, artrite, outros problemas inflamatórios e autoimunes e câncer (Salem *et al.*, 1996; Uauy e Valenzuela, 2000).

Uma baixa ingestão de AGPI n-3 pode ter importantes conseqüências sobre a saúde cardiovascular da população adulta. Pesquisas revelam a necessidade de AGPI n-3 como o EPA e o DHA, especialmente o DHA, para as membranas biológicas, retina, córtex cerebral, tecidos nervosos, testículos e plaquetas sangüíneas (Nettleton, 1995; Schmidt, 2000) e a importância do EPA, pelos seus efeitos a nível vascular (ações antitrombótica e antiinflamatória), exercidos através do metabolismo dos eicosanóides (moléculas biológicas que agem como sinalizadores e mensageiros) (Mueller e Talbert, 1988).

Atualmente em muitas sociedades ocidentais desenvolvidas é estimada que a ingestão média prevê relações (n-6/n-3) de 15:1 a 16,7:1 (Simopoulos, 2002), muito distante das que consumiam nossos antepassados e das recomendadas pela WHO/FAO (5:1 a 10:1) (FAO, 1994) e pelo Departamento de Saúde da Inglaterra (1994), o qual recomenda que o valor da razão seja de no máximo 4. A esta importante consideração se agrega um aumento sustentado do consumo de gorduras em geral (mais além dos 30% da ingestão recomendada de calorias) que se correlaciona com um aumento na mortalidade por enfermidades cardiovasculares, consideradas como a primeira causa de morte no mundo ocidental desenvolvido e em desenvolvimento (Katan, 1995).

A razão da somatória de AGPI por AGS na ingestão humana também tem sido avaliada. O Departamento de Saúde (1994), da Inglaterra, descreve que a razão de AGPI/AGS inferior a 0,45 constitui uma dieta pouco saudável, especialmente em relação as doenças cardiovasculares. A razão AGPI/AGS foi

avaliada na alimentação dos japoneses por Sugano e Hirahara (2000), que mostraram que esta razão variou nos últimos anos, com valores que aumentaram de 0,8 a 1,2:1.

II.2. Semente de linhaça

O linho é uma planta herbácea, que atinge um metro de altura e pertence à família das lináceas. Compreende um certo número de sub-espécies, sob o nome botânico de *Linum usitatissimum*.

A semente dessa planta possui a seguinte composição centesimal aproximada: 7,2% de umidade, 3,2% de cinzas, 15,3% de proteínas, 39,4% de lipídios e 34,8% de nifext (obtido pela diferença entre 100 e o somatório das determinações de umidade, gordura, proteína e cinzas) (Goméz, 2003).

A linhaça é considerada uma das maiores fontes de AGPI n-3, (50 – 55% do total de ácidos graxos é LNA) (Rickard e Thompson,1997). Por este motivo, esta semente vem sendo muito utilizada para a alimentação animal com o propósito de incrementar as quantidades dos ácidos graxos da família n-3 a fim de que, com os aumentos destes teores nas carnes e ovos de aves, também haja uma diminuição no déficit que os homens, de forma geral, possuem na ingestão destes ácidos graxos.

II.3. Ovos enriquecidos com AGPI n-3

Em relação a nutrição humana, nosso organismo em sua estrutura e em seu funcionamento, reflete em sua composição o que constitui nossa dieta. O que da mesma forma ocorre com a nutrição animal. Se um animal é alimentado com uma determinada dieta, seus tecidos irão refletir a composição desta dieta ou a transformação metabólica que ocorre aos componentes da dieta no organismo.

Estabeleceu-se que a incorporação de farinha e óleo de pescado em certas etapas da alimentação dos suínos e das aves, permite enriquecer suas carnes e os ovos respectivamente com AGPI n-3 (Irie e Sakamoto, 1992). Do mesmo modo se obtém muitos resultados positivos ao suplementar a alimentação de aves poedeiras com óleos vegetais ou alimentos que contém algas com uma alta proporção de AGPI n-3, com o qual se pode aumentar até 50% a quantidade de LNA, EPA ou DHA nos ovos (Sim *et al.*, 1992; Abril e Barclay, 1998).

O ovo é um alimento de baixo custo, fácil acesso e de alto valor nutricional. Cerca de 60% da massa total do ovo é representada pela clara, a qual é rica em água e ovoalbumina, a principal proteína da clara do ovo, 30% constitui a gema, a qual é rica em lipídios, e os 10% restantes correspondem a casca do ovo, sendo esta composição semelhante para ovos de galinha e codorna (Closa *et al.*, 1999).

Vários estudos vêm sendo realizados visando promover a deposição de AGPI n-3 na gema, na tentativa de melhorar a qualidade nutricional dos ovos, o que pode ser alcançado através da alimentação de aves poedeiras, com dietas ricas em AGPI n-3 (Van Elswyk, 1997).

Os ovos enriquecidos, constituem uma fonte alternativa ao consumo de peixes e sementes oleaginosas, como fornecedor dos AGPI n-3, especialmente para crianças, as mais vulneráveis à deficiência destes nutrientes.

Vários são os efeitos benéficos associados a ingestão destes ovos. Farrell (1998), estudando ovos enriquecidos, observou uma redução na razão n-6/n-3 no plasma (12,2:1 para 6,5-7:1) e nos níveis de triacilgliceróis sem alterações significativas nos componentes lipídicos do sangue. Outros estudos demonstraram que o consumo de ovos ricos em AGPI n-3, reduzem o risco de arteriosclerose, aumentam os níveis de DHA no sangue, além de promover o crescimento de crianças (Clandinin *et al.*, 1989, Ferrier *et al.*, 1992).

Desta forma, pode ser interessante modificar os componentes lipídicos dos ovos de maneira a melhorar a qualidade deste e satisfazer a preferência do consumidor.

II.4. Colesterol

O colesterol é um dos mais importantes esteróis de origem animal. Para o corpo humano trata-se do principal esterol e está presente como um componente estrutural das membranas celulares e das lipoproteínas plasmáticas, sendo material para produção de ácidos biliares, de hormônios esteróides e vitamina D₃ (Fenton, 1992). Sua estrutura é caracterizada por um núcleo esteróide constituído de quatro anéis fundidos, três com seis átomos de carbono e um com cinco (Lehninger, *et al.*, 1995).

O colesterol é uma substância do tipo lipídio-derivado ou lipídio-esteróide, presente predominantemente no tecido muscular animal (Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 1995). As principais fontes existentes de colesterol são exógeno (proveniente da dieta) e endógeno (sintetizado no organismo).

Segundo Gullo e Santos (1994), aproximadamente 70% do colesterol que circula dentro do organismo é biossintetizado no fígado. Neste uma pequena porção do colesterol é incorporado nas membranas, mas a maior parte é exportada em uma das duas formas: ácidos biliares e ésteres de colesterol. Os ácidos biliares e seus sais, relativamente hidrofílicos, ajudam na digestão dos lipídios. Os ésteres do colesterol são formados no fígado através da ação da enzima acil-CoA-colesterol aciltransferase (ACAT). A ACAT catalisa a transferência de um ácido graxo da Coenzima A para o grupo hidroxila do colesterol, convertendo o colesterol em uma substância ainda mais hidrofóbica para armazenamento e transporte.

O colesterol e os ésteres de colesterol, assim como os triacilgliceróis e fosfolipídios, são transportados para os tecidos nos quais serão estocados ou consumidos pelo plasma sanguíneo na forma de lipoproteínas plasmáticas, os quais são conjuntos moleculares de proteínas que possuem a função de transporte. Estas lipoproteínas são agregados esféricos que possuem os lipídios hidrofóbicos no centro e as cadeias laterais hidrofílicas dos aminoácidos das proteínas na superfície.

Diferentes combinações de lipídios e proteínas produzem partículas com densidades diferentes variando de lipoproteínas de densidade muito alta (VHDL) até lipoproteínas de densidade muito baixa (VLDL) (Voet e Voet, 1995).

Se a dieta contém mais ácidos graxos e carboidratos que o necessário, estes são convertidos em triacilgliceróis no fígado e unidos às proteínas transportadoras para formar as VLDL.

A diminuição dos triacilgliceróis converte as VLDL em lipoproteínas de baixa densidade, LDL, ricas em colesterol e em ésteres de colesterol.

A lipoproteína de alta densidade (HDL) é sintetizada no fígado como partículas pequenas, ricas em proteínas e contendo relativamente pouco colesterol e ésteres de colesterol. Depois de libertada na corrente sanguínea, a HDL, recém sintetizada, coleta os ésteres de colesterol de outras lipoproteínas circulantes, retornando assim ao fígado onde o colesterol é descarregado, sendo parte convertida em sais biliares (Lehninger, Nelson e Cox, 1995).

II.4.1. Colesterol e a saúde

A relação entre a composição em ácidos graxos do tecido adiposo de humanos e o colesterol sérico é assunto de estudos para se conhecer os possíveis riscos à saúde. A hipertensão e os lipídios séricos, tanto em pessoas normais como em hiperlipidêmicas, relacionam-se na sua maioria com ácidos graxos poliinsaturados do tecido adiposo. A descoberta do efeito redutor dos ácidos graxos poliinsaturados sobre o colesterol gerou a hipótese de que a arteriosclerose pode ser uma doença causada por uma deficiência crônica de ácidos graxos essenciais.

Khosla e Sundram (1996) observaram que os ácidos graxos saturados aumentam tanto o colesterol sérico como o LDL e HDL, este último com menor intensidade. Os monoinsaturados e os poliinsaturados, diminuem sensivelmente o colesterol sérico e o LDL, aumentando as concentrações de HDL.

A tabela a seguir traz a relação entre os níveis de colesterol, HDL-colesterol e as doenças cardíacas coronárias.

Tabela 4 - Níveis de colesterol total e HDL-colesterol no sangue.

Colesterol total (mg/dL)	HDL-colesterol(mg/dL)	Classificação
≤ 200	≥ 60	Normal
201-239	35-60	Risco médio de DCC*
> 240	< 35	Risco elevado de DCC*

*Doenças cardíacas coronárias. Fonte: Gullo e Santos (1994).

Apesar da associação do alto nível de colesterol com alguns efeitos prejudiciais, a ausência deste no organismo pode segundo Lehninger, *et al.*, (1995) acarretar:

- comprometimento nas membranas que protegem as células;
- a impossibilidade da síntese de vitamina D, a qual é precursora do hormônio essencial no metabolismo do cálcio e do fosfato;
- os hormônios sexuais também não seriam sintetizados, pois dependem do colesterol para isso. Nos homens o efeito seria a diminuição do hormônio testosterona. As mulheres teriam a menopausa antecipada com sintomas de calor e pele seca;
- os ácidos biliares, que ajudam na absorção das gorduras, não poderiam ser sintetizados.

II.4.2. Colesterol em ovos

Por muito tempo, os ovos foram considerados grandes inimigos da alimentação saudável por serem uma grande fonte de colesterol. Contudo, estudos mais recentes de especialistas em nutrição humana revelam que o colesterol pronto (consumido via dieta) tem uma influência de 5%, no máximo, sobre a elevação do colesterol total do organismo de pessoas saudáveis.

O colesterol proveniente da alimentação nem sempre contribui para aumentar os níveis de colesterol totais, pois o organismo tende a contrabalançar esse excesso, reduzindo a síntese endógena de colesterol, sendo que as variações nas quantidades de colesterol recebidas pelo homem através de seus alimentos exerce uma ação imediata sobre os níveis de produção pela biossíntese. O nível de colesterol existente no organismo e o do colesterol produzido pela biossíntese são interligados por um mecanismo de retroalimentação de uma maneira tal que qualquer aumento do primeiro reduz as quantidades produzidas pelo segundo e vice-versa.

Segundo Turatti (2001), os ovos têm pouca influência nos altos níveis de colesterol sanguíneo ou nas doenças cardiovasculares, sendo as verdadeiras causas dessas alterações, os maus hábitos alimentares, obesidade, vida sedentária, fumo, álcool e problemas genéticos. Estes estudos vem alterando o conceito do consumo de ovos junto à Sociedade de Cardiologia Americana resgatando nos ovos a característica de saudabilidade, principalmente quando estes são enriquecidos com AGPI, cujo consumo regular é recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma alternativa natural para uma alimentação balanceada. Os consumidores podem contar com este benefício, incorporando em sua alimentação os ovos que apresentem elevados níveis de AGPI n-3 e de vitamina E, que ajudam a controlar o colesterol ruim no sangue e previnem o envelhecimento precoce, respectivamente (Avicultura industrial, 2004).

III. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de Avicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá e as análises químicas realizadas no Departamento de Química.

III.1. Amostragem

Utilizou-se no experimento cento e noventa e duas codornas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura com 58 semanas de idade, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos realizados em função dos diferentes percentuais de sementes de linhaça ($T_1 = 0$ (controle); $T_2 = 1,5$; $T_3 = 3$ e $T_4 = 5\%$), utilizada juntamente com a ração normal (Tabela 5), com três repetições cada e oito codornas por repetição.

O experimento teve a duração de 84 dias (4 ciclos de 21 dias). A cada ciclo foi feita a coleta dos ovos, por tratamento, sendo feita a separação das gemas, as quais foram homogeneizadas e congeladas a -18°C até o início das análises, quando estas foram descongeladas e analisadas em triplicata.

TABELA 5 - Composição das rações experimentais

Ingredientes (%)	Nível de semente de linhaça (%)			
	0	1,5	3,0	5,0
Milho	55,66	54,15	53,46	53,00
Farelo de soja	34,56	34,70	34,13	32,96
Semente de linhaça	-	1,50	3,00	5,00
Calcário	5,31	5,30	5,29	5,28
Óleo de soja	2,32	2,20	1,93	1,49
Fosfato bicálcico	1,35	1,35	1,36	1,38
Sal comum	0,35	0,35	0,35	0,36
Suplemento vitamínico ¹	0,32	0,32	0,32	0,32
DL-metionina	0,12	0,12	0,13	0,14
L-Lisina HCl	-	-	0,02	0,06
Antioxidante (BHT) ²	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Requerimentos calculados				
Energia metabolizável (kcal/kg)	2900			
Proteína Crua (%)	21,00			
Calcio (%)	2,50			
Fósforo (%)	0,36			
Metionina + cistina (%)	0,76			
Metionina (%)	0,44			
Lisina (%)	1,10			
Sódio (%)	0,18			
Cloro (%)	0,24			

¹ suplemento vitamínico por quilograma da dieta: calcio, 0,213 mg; Ferro, 1,846 mg; cobalto, 0,012 mg; Cobre, 0,373 mg; manganês, 2,752 mg; zinco, 1,790 mg; selênio, 0,006 mg; iodo, 0,028 mg; vitamina A, 2586 UI; vitamina D3, 612 UI; vitamina K3, 158 mg; tiamina, 75,326 mg; riboflavina, 973 mg; piridoxina, 75,326 mg; cianocobalamina, 2130 mcg,; vitamina E, 1521 mg; ácido pantotênico 2386 mg; niacina 3766 mg; vitamina C, 41,384 mg; colina 117 mg; veículo. Q.S.P 1.000g.

² Butilato de Hidroxitolueno

As rações foram formuladas de acordo com as exigências estabelecidas pelo National Research Council (1994) e a composição dos alimentos apresentados por Rostagno *et al* (2000).

III.2. Extração da matéria graxa (lipídios totais)

A matéria graxa total foi extraída segundo Bligh e Dyer (1959), na proporção de metanol, clorofórmio e água, respectivamente (2:2:1,8 v/v/v).

Foram pesados cerca de 2g ($\pm 0,1$ mg) de gema em béquer de 250mL, onde após a correção do teor de umidade para 80%, foram adicionados 10mL de clorofórmio e 20mL de metanol agitados vigorosamente por 2 minutos. Depois foram adicionados à mistura, 10mL de clorofórmio, agitados por 30 segundos, e após adição de 10mL de água destilada agitando-se por mais 30 segundos.

A mistura foi filtrada a vácuo em funil de Büchner, e a solução resultante transferida para um funil de separação de 250mL. Após a separação das fases, a inferior contendo o clorofórmio e a matéria graxa, foi drenada para balão de 250mL previamente pesado e o solvente eliminado em evaporador rotatório, com banho a 34-36°C.

III.3. Transesterificação dos lipídios

A transesterificação dos lipídios totais foi realizada conforme método 5509 da ISO (1978). Aproximadamente 200mg da matéria lipídica extraída foi transferida para tubos de 10mL com tampa rosqueável, onde foram adicionados 2mL de n-heptano e a mistura agitada até completa dissolução da matéria graxa.

Em seguida foram adicionados 2mL de KOH 2mol.L^{-1} em metanol, sendo o frasco tampado e a mistura submetida a agitação vigorosa, até a obtenção de uma solução levemente turva. Após a ocorrência da separação de fases, a superior (n-pentano e ésteres metílicos de ácidos graxos), foi transferida para frascos de 5mL de capacidade. Estes foram fechados hermeticamente e armazenados em congelador (-18°C), para posterior análise cromatográfica.

III.4. Análise cromatográfica dos ésteres metílicos de ácidos graxos

Os ésteres de ácidos graxos foram analisados utilizando um cromatógrafo gasoso 14-A (Shimadzu, Japão), equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida CP Sil-88, coluna capilar (100 m, 0,25 mm e 0,25 μm de cianopropil polisiloxano). A temperatura da coluna foi programada em 140°C por 10min, após uma rampa de temperatura de 5°C.min⁻¹ foi adicionada até uma temperatura de 240°C onde foi mantida por 5min. O ponto de injeção e detector foi mantido a 220°C e 245°C, respectivamente. Os fluxos dos gases (White Martins), foram de 1,4mL.min⁻¹ para o gás de arraste (H₂); 30mL.min⁻¹ para o make-up (N₂) e 30mL.min⁻¹ e 300mL.min⁻¹ para o H₂ e para o ar sintético da chama, respectivamente. A razão de divisão da amostra (split) foi de 1/100. A identificação de ácidos graxos foi feita comparando os tempos de retenção relativo dos picos de FAME de amostras com padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (Sigma), por co-eluição (“spiking”) de padrões junto com a amostra. As áreas de picos foram determinadas pelo CG-300 integrador (CG Instruments, Brasil).

III.5. Extração do colesterol

A extração e quantificação do colesterol foi efetuada segundo o método descrito por Al-Hasani *et al.* (1993). A amostra foi pesada em um balão para refluxo de 250mL, onde foi adicionado uma solução aquosa de hidróxido de potássio a 60% (P/V) em quantidade equivalente a 2mL.g⁻¹ de amostra. Foi então acrescentada mistura alcoólica (etanol, metanol e isopropanol, 90:5:5 v/v/v) em quantidade aproximada de 6mL.g⁻¹ de amostra. O balão foi então acoplado ao condensador e refluxado por cerca de uma hora. À amostra resfriada a temperatura ambiente com auxílio de um banho com água fria foi adicionado exatamente 100mL de hexano, agitando-se a continuamente por 10 minutos, em agitador magnético. Em seguida acrescentou-se 25mL de água deionizada, agitando-se novamente a solução resultante por mais 15 minutos, sendo então transferida para um funil de separação de 250mL. Após a separação das fases, a inferior foi descartada e, da superior, foram removidos 25mL com uma pipeta volumétrica, onde posteriormente foi feita a remoção total do solvente, em evaporador rotatório com banho a 30°C. O resíduo redissolvido com 2mL de solução de hexano contendo 0,2mg.mL⁻¹ de padrão interno 5 α -colestano (SIGMA, EUA) foi então analisado por cromatografia gasosa.

III.6. Análise cromatográfica e quantificação do colesterol

O teor de colesterol foi analisado através do cromatógrafo a gás 14-A (Shimadzu, Japão), equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida (25m de comprimento, 0,25mm de diâmetro interno e 0,20 μ m de SE-30). As temperaturas do injetor, coluna e detector foram 533, 573 e 573 K, respectivamente. Os fluxos de gases ultra-puros (White Martins) foram: 1,5mL.min⁻¹ para o gás de arraste (H₂) e 25mL.min⁻¹ para o gás de reposição (make-up) (N₂); 300mL.min⁻¹ para o ar sintético e 30mL.min⁻¹ para o H₂ da chama. A razão de divisão (split) da amostra foi de 1:150.

A integração dos picos obtidos foi realizada com o Integrador-Processador CG-300 (Instrumentos Científicos CG) e a identificação do colesterol por comparação com padrão (Sigma, EUA).

A quantificação do colesterol contido na amostra foi feita após a verificação da linearidade do método, onde foram preparadas e analisadas soluções de colesterol padrão (Sigma, EUA), com concentrações de 0,0; 0,4; 0,8; 1,6 e 2,0mg.mL⁻¹, todas contendo 0,20mg.mL⁻¹ de 5 α -colestano (Sigma, EUA). Plotando-se a razão entre as áreas do colesterol e 5- α -colestano contra a concentração de colesterol, para volumes injetados de 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 μ L, obtendo-se assim uma curva, a qual foi utilizada para quantificação do colesterol.

III.7. Análise estatística dos dados

As análises de colesterol, lipídios e ácidos graxos nas gemas foram realizadas em triplicatas, e os resultados foram submetidos à análise (ANOVA), com 95% de confiança, e a comparação entre médias feita pelo teste de Tukey, através do programa Statistic versão 5.0 (StatSoft, 1996).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

IV.1. Colesterol e matéria graxa total

A Tabela 6 apresenta os níveis de colesterol nas amostras de gemas de ovos dos animais submetidos aos tratamentos T₁, T₂, T₃ e T₄, em quatro ciclos de 21 dias. Tabela 6 – Níveis de colesterol (mg/g) em gemas de ovos de codornas submetidas a diferentes tratamentos, em quatro ciclos de produção

%	1ºciclo	2ºciclo	3ºciclo	4ºciclo	Erro padrão
0	9,85	9,37	9,76	8,59	0,16
1,5	9,40	10,46	8,78	9,92	0,46
3,0	10,24	9,96	9,69	10,99	0,73
5,0	8,56	10,38	10,57	10,62	0,40

Os resultados foram dados como médias de triplicatas.

Não foram encontradas diferenças ($P>0,05$), nos níveis de colesterol entre os quatro tratamentos e entre os ciclos. Este resultado sugere que uma dieta rica em ácidos graxos, não afeta os níveis de colesterol nos ovos. Resultados similares foram relatados por Cobos *et al.* (1995) e Watkins e Elkin (1992), os quais observaram que as concentrações de colesterol nos ovos não era afetada pelo tratamento com ácidos graxos.

Beyer e Jensey (1991) e Guedes *et al.* (1992), demonstraram oscilações nos percentuais de colesterol dos ovos de 10,33 até 18,62 mg/g de gema. Esta variação pode ser explicada em função da linhagem, idade e principalmente, pela alimentação fornecida às aves (Closa *et al.*, 1999).

Milinsk *et al.* (2003) e Salvador e Santa (2002), obtiveram valores para o nível de colesterol que variaram de 10,3 à 10,7 mg/g de gema e 8,8 à 11,09 mg/g de gema respectivamente. Neste trabalho os valores de colesterol nos ovos, variaram de 8,56 a 10,99 mg/g de gema, estando próximos portanto, dos valores reportados por Milinsk *et al.*(2003) e por Salvador e Santa (2003).

Em relação aos teores de lipídios totais na gema dos ovos, não foram observadas diferenças ($P>0,05$) entre os tratamentos e entre os ciclos. Os valores médios obtidos entre os quatro ciclos e tratamentos foram de $34,35 \pm 2,57$, $34,90 \pm 1,34$, $34,48 \pm 2,05$ e $34,97\% \pm 0,43$ para T₁, T₂, T₃ e T₄ respectivamente.

IV.2. Perfil em ácidos graxos

IV.2.1. Composição em ácidos graxos das rações utilizadas

A Tabela 7 mostra a composição em ácidos graxos das rações utilizadas nos quatro tratamentos realizados ao longo dos quatro ciclos. Por meio desta tabela pode-se notar que a ração utilizada apresenta alto teor de ácidos graxos poliinsaturados.

Tabela 7 – Perfil em ácidos graxos das rações utilizadas

	Semente de linhaça (%)			
	0	1,5	3,0	5,0
14:0	0,28	0,70	0,13	0,15
16:0	7,30	9,85	8,82	7,63
18:0	2,25	4,22	4,24	3,64
18:1n-9	31,70	30,76	28,76	30,07
18:1n-7	1,45	1,62	1,37	0,14
18:2n-6	53,86	43,89	43,78	40,65
18:3n-6	0,12	0,18	0,46	0,50
18:3n-3	2,24	7,00	11,33	16,14
22:0	0,32	0,37	0,34	0,31
22:5n-3	0,39	0,85	0,25	0,30
22:6n-3	0,09	0,56	0,52	0,47
AGPI ¹	56,70	52,48	56,34	58,06
AGMI ²	33,15	32,38	30,13	30,21
AGS ³	10,15	15,14	13,53	11,73
n-6 ⁴	53,98	44,07	44,24	41,15
n-3 ⁵	2,72	8,41	12,10	16,91
AGPI/AGS ⁶	5,59	3,47	4,16	4,95
n-6/n-3 ⁷	19,85	5,24	3,66	2,43

Os resultados foram dados como médias de triplicatas. ¹Ácidos Graxos Poliinsaturados, ²Ácidos Graxos Monoinsaturados, ³Ácidos Graxos Saturados, ⁴Ácidos Graxos n-6, ⁵Ácidos Graxos n-3, ⁶ Razão entre Poliinsaturados e Saturados, ⁷Razão entre n-6 e n-3.

IV.2.2. Perfil em ácidos graxos das gemas de ovos

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) no perfil em ácidos graxos das gemas, entre os ciclos. A Tabela 8 traz a média obtida entre os quatro ciclos, para cada ácido graxo em relação aos diferentes tratamentos.

Tabela 8 - Perfil em ácidos graxos encontrados nas gemas dos ovos em relação aos diferentes tratamentos

	Linhaça (%)				Erro padrão
	0	1,5	3,0	5,0	
14:0	0,56	0,66	0,56	0,54	0,02
14:1n-7	0,20	0,22	0,22	0,18	0,02
16:0	29,37	29,18	27,85	27,84	0,28
16:1n-9	0,50 ^a	0,52 ^{ab}	0,61 ^b	0,61 ^b	0,02
16:1n-7	3,40	3,60	3,10	3,45	0,08
18:0	9,78	9,64	9,48	9,43	0,14
18:1n-9	38,26	37,92	38,39	38,93	0,35
18:1n-7	2,35	2,31	2,17	2,14	0,05
18:2n-6	12,92	13,05	13,88	12,71	0,24
18:3n-6	0,16	0,17	0,16	0,15	0,01
18:3n-3	0,25 ^a	0,74 ^b	1,33 ^c	1,93 ^d	0,16
20:4n-6	1,74 ^a	1,25 ^b	1,22 ^b	0,97 ^b	0,09
22:5n-3	0,08 ^a	0,14 ^b	0,17 ^{bc}	0,20 ^c	0,01
22:6n-3	0,37 ^a	0,62 ^b	0,87 ^c	0,93 ^c	0,06

Letras diferentes na mesma linha indica diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste Tukey.

IV.2.3. Ácidos graxos saturados

Dentre os ácidos graxos saturados destacaram-se o palmítico (16:0) e o esteárico (18:0) perfazendo juntos 39,15, 38,82, 37,33 e 37,27% do total de ácidos graxos, em relação a T₁, T₂, T₃ e T₄, respectivamente (Tab. 8).

Neste trabalho não foi verificada diferença ($P>0,05$), no teor de ácido palmítico nas gemas, entre o controle e os demais tratamentos. Caston e Leeson (1990) e Cherian *et al.* (1995) alimentando galinhas com dietas ricas em n-3, obtidas

pela adição de semente de linhaça, assim como neste trabalho, não verificaram mudanças no teor deste ácido.

Em relação ao ácido graxo esteárico, não houve diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos. Alguns autores, em estudos semelhantes, não verificaram mudança no teor deste ácido (Van Eswyk *et al.*, 1992; Cherian *et al.*, 1995) ou ainda, verificaram um pequeno decréscimo (Caston e Leeson, 1990; Marshall *et al.*, 1994).

IV.2.4. Ácidos graxos monoinsaturados

Os ácidos graxos monoinsaturados predominantes foram o palmitoléico (16:1n-7), o oléico (18:1n-9) e o vacênico (18:1n-7) os quais perfizeram juntos em média cerca de 44,01, 43,83, 43,66 e 44,52% do total dos ácidos graxos, relativo a T₁, T₂, T₃ e T₄, respectivamente (Tab. 8). Em relação a estes ácidos graxos, não foi encontrada diferença ($P>0,05$), entre os diferentes tratamentos.

Um aumento ($P<0,05$) no ácido 7-hexadecenóico (16:1n-9), foi verificado entre T₁ e T₃ e T₁ e T₄ (tab. 8).

IV.2.5. Ácidos graxos poliinsaturados

Dentre os ácidos graxos poliinsaturados destacaram-se o LA, o LNA, o AA e o DHA, perfazendo juntos 15,28, 15,66 17,30 16,54% do total de ácidos graxos, em relação a T₁, T₂, T₃ e T₄, respectivamente (Tab. 8)

Como pode-se observar na Tabela 8, houve um aumento satisfatório e desejável, no LNA, entre o grupo de controle e os demais tratamentos.

Este resultado já poderia ser esperado considerando-se o alto nível de LNA encontrado na semente de linhaça. Scheideler e Froning (1996) observaram um aumento significativo na gema de ovos de galinhas em relação aos AGPI n-3, quando a estas foram administradas rações contendo 5, 10 ou 15% de semente de linhaça na dieta.

Matthews e Van Hold (1990), sugeriram que o LNA e seu metabolismo diminuem a produção do AA. Gao e Charter (2000), também verificaram esta correlação inversa entre o LNA e o AA. Neste trabalho, observou-se um declínio ($P<0,05$) entre T₁ e os demais tratamentos. O declínio no teor do AA, é resultado da inibição da síntese deste quando as codornas são alimentadas com dietas ricas em LNA (Craig-Schmidt *et al.*, 1987). Esta alteração pode ser atribuída a competição

entre estas duas famílias de ácidos graxos para com a enzima $\Delta 6$ dessaturase, envolvida no processo de dessaturação. Esta enzima tem afinidade superior com os ácidos graxos n-3 e necessita menor quantidade desses ácidos que os da série n-6 para gerar a mesma quantidade de produto (Hayek e Reinhart, 1998; Madsen *et al.*, 1999). Desta forma o aumento na ingestão de LNA na dieta tem como resultado uma diminuição substancial da formação do AA.

Considerando a importância nutricional do AGPI de cadeia longa, DHA na saúde humana, cuja ingestão está associada a redução no risco de doenças ligadas ao coração (Holub, 2002; Lee e Lip, 2003; Din, *et al.* 2004), torna-se interessante destacar a incorporação deste nas gemas de ovos através de dietas suplementadas com linhaça. Baucells *et al.* (2000), experimentando dietas com diferentes proporções de óleos de peixe e de linhaça, verificaram que a quantidade do DHA nos diferentes tratamentos foi significativamente menor quando o óleo de peixe se encontrava presente na dieta. Quando feita a substituição total do óleo de peixe pelo de linhaça houve um menor declínio deste ácido graxo e um aumento no total dos AGPI n-3 na forma do LNA. Quando utilizaram, além da linhaça, outras fontes lipídicas como óleos de colza, girassol e sebo, para substituir o óleo de peixe, verificaram que os valores mais alto desse ácido graxo de cadeia longa na gema de ovo, foi encontrado na dieta com linhaça.

Se levarmos em consideração que o DHA não ocorre na linhaça (Botsoglou *et al.*, 1998), um aumento na sua produção em resposta ao nível de incorporação de linhaça nas dietas indica que deve haver um mecanismo de conversão eficiente para a dessaturação e enlogação da cadeia do LNA inicialmente presente na linhaça.

Em seu estudo Nettleton (1991) descreveu que o LNA serve como precursor para a produção *in vivo* deste ácido graxo, no fígado de aves o LNA pode ser dessaturado e enlogado para DHA. Já dietas ricas em ácido linoléico (18:3n-6) favorecem a formação do AA (SALEM, 1999).

Assim, quando o DHA não é fornecido diretamente através da dieta, o LNA, presente em alta quantidade na linhaça, acaba tornando-se o ácido graxo precursor do DHA.

O aumento na quantidade do ácido graxo de cadeia longa (DHA) ocorrido na fração lipídica das gemas dos ovos deste experimento, em relação aos tratamentos T₁ e T₄, teve uma taxa de incorporação de 2,5 vezes, assim, como encontrado por

Gómez (2003), num estudo realizado com 5% de óleo de linhaça, que observou um acréscimo de DHA de 2,5 vezes, quando comparado com o controle.

IV.2.6. Somatórios e razões dos grupos de ácidos graxos

O somatório e as razões entre grupos de ácidos graxos nas gemas de ovos em relação aos tratamentos podem ser observados na Tabela 9.

Tabela 9 - Somatório e razões entre grupos de ácidos graxos nas gemas de ovos relativo aos diferentes tratamentos

	Semente de Linhaça (%)				
	0	1,5	3,0	5,0	Erro padrão
AGPI ¹	15,53 ^a	15,96 ^{ab}	17,63 ^b	16,89 ^{ab}	0,31
AGMI ²	44,73	44,56	44,49	45,29	0,37
,AGS ³	39,73 ^a	39,48 ^{ab}	37,89 ^b	37,82 ^b	0,33
n-6 ⁴	14,83	14,46	15,26	13,83	0,26
n-3 ⁵	0,71 ^a	1,51 ^b	2,36 ^c	3,07 ^d	0,22
AGPI/AGS ⁶	0,39 ^a	0,40 ^{ab}	0,47 ^c	0,45 ^{bc}	0,01
n-6/n-3 ⁷	21,30 ^a	9,66 ^b	6,49 ^c	4,52 ^c	1,56

Os resultados foram dados como médias de triplicatas. ¹Ácidos Graxos Poliinsaturados, ²Ácidos Graxos Monoinsaturados, ³Ácidos Graxos Saturados, ⁴Ácidos Graxos n-6, ⁵Ácidos Graxos n-3, ⁶ Razão entre Poliinsaturados e Saturados, ⁷Razão entre n-6 e n-3.

Dietas ricas em lipídios saturados são um grande fator de risco associados ao risco de doenças coronárias, em grande parte devido ao seu efeito nas LDL-Colesterol (American Heart Association, 2006).

A dieta rica em sementes de linhaça fornecida as codornas, não só afetou a quantidade, mas como também a qualidade dos lipídios saturados totais contido nos ovos. Com o aumento da porcentagem de semente de linhaça, observou-se uma redução ($P < 0,05$), na quantidade de AGS total, entre T₃ e T₄ se comparados a T₁.

Jiang *et al.* (1991), relataram que a habilidade das aves poedeiras, de aumentar a quantidade de AGMI em ovos, é bem limitada. Neste estudo não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) na quantidade de AGMI, entre os tratamentos.

A maior variação para AGPI total em relação ao controle, foi verificada com a inclusão de 3% de semente de linhaça na ração, sendo que os demais tratamentos não variaram ($P>0,05$) em relação ao controle.

O aumento nos AGPI totais e a redução nos AGS totais, resultaram em uma razão AGPI/AGS mais satisfatória, sendo os maiores valores obtidos para os tratamentos T_3 e T_4 (Tab. 9). O Departamento de Saúde da Inglaterra (1994), recomenda valores para a razão AGPI/AGS superiores a 0,45. Desta forma, os resultados encontrados para T_3 e T_4 estão dentro do recomendado pelo Departamento de Saúde da Inglaterra.

Vários estudos vem revelando a importância de dietas ricas em n-3, na redução do risco de doenças coronárias (Kinsella *et al.*, 1990; Turini *et al.*, 1994), desta forma se torna importante uma dieta adequada em relação a razão n-6/n-3. Alguns estudos recomendam uma dieta de n-6/n-3 de até 4:1 (Schaefer, 2002; Simopoulos, 2004). Neste estudo pode-se observar um aumento na quantidade de AGPI n-3 entre o controle e os demais tratamentos, devido a incorporação principalmente do LNA, em consequência disto, a razão n-6/n-3 diminuiu de 21,30 (T_1) para 4,52 (T_4), estando portanto próximo aos valores acima recomendados.

V. CONCLUSÃO

A composição em ácidos graxos das gemas foi alterada com a adição de semente de linhaça a ração convencional, resultando em uma razão n-6/n-3 mais apropriada, contribuindo para uma melhora no aspecto nutricional dos ovos;

VI. REFERÊNCIAS

- ABRIL, R., BARCLAY, W. (1998). Production of docosahexanoic acid-enriched poultry eggs and meat using algae-based feed ingredient. *World Rev. Nutr. Diet* , v.83, p.77-88.
- AL-HASSANI, S. M., MLAVAC, J., CARPENTER, M. W. (1993). Rapid determination of cholesterol in single and multicomponent prepared foods. *J. Assoc. Analyt. Chem. Intern.*, v.76 , p. 902-906.
- AMERICAN HEART ASSOCIATION, (2006). Diet and Lifestyle Recommendations Revision 2006: A Scientific Statement From the American Heart Association Nutrition Committee. *Circulation*, v.114, p. 82-96.
- ARAÚJO, J. M. A. (1999). *Química de Alimentos: Teoria e Prática*. 2. ed., Viçosa:UFV, p.1.
- AVICULTURA INDUSTRIAL (2004). URL <http://www.aviculturaindustrial.com.br/site/home.asp>. Consultado em 10 de janeiro de 2006.
- AYERZA, R., COATES, W. (2000). Dietary Levels of Chia: Influence on Yolk Cholesterol, Lipid Content and Fatty Acid Composition for Two Strains of Hens *Poult. Sci.* v.79, p.724–739.
- AYMOND, W. M., VAN ELSWYK, M. E. (1995). Yolk thiobarbituric acid reactive substances and n-3 fatty acids in response to whole and ground flaxseed. *Poult. Sci.*, Savoy, v.74, p.1388-1394.
- BAUCELLS, M. D., CRESPO, N., BARROETA, A. C., LÓPEZ-FERRER, S., GRASHORN, M. A. (2000). Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poult. Sci.*, Savoy, v.79, p.51-59.

- BELDA, M. C. R., CAMPOS, M. A. P. (1991). Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. *Ciênc. Tec. Alim.*, v.11, p. 5-33.
- BEYER, R. S.; JENSEY, L. (1991). Influence of orotic acid on performance, liver lipid content and egg cholesterol level of laying hens. *Poult. Sci.*, v.70, n.11, p. 2322-2328.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian J. Bioch. Phys.*, v. 37, n^o8, p. 9111-917.
- BOBBIO, F. O, BOBBIO, P. A. (1995). *Introdução à Química de Alimentos* 2. ed., São Paulo: Varela, p. 127.
- BORN, F. (1998). n-3 products: from research to retail. *World Rev. Nutr. Diet.*, Basel, v.83, p.166-175.
- BOTSOGLOU N. A., YANNAKOPOULOS A. L., FLETOURIS D. J., TSERVENIGOUSI A. S., PSOMAS L. E. (1998) *Yolk Fatty Acid Composition and Cholesterol Content in Response to Level and Form of Dietary Flaxseed* *J. Agric. Food Chem.*, v. 46, pág. 4652-4656.
- BRAGAGNOLO, N. RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. (1995). Teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. *Ciênc. Tec. Alim.*, v. 22, n. 1, p. 98-104.
- BRESSAN, M.C.; ROSA, F.C. (2002). Processamento e industrialização de ovos de codorna. In: *SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 01, 2002, Lavras. Anais... Lavras:UFLA.*, p.85-96.
- CASTON, L. J., LEESON, S. (1990). Dietary flax and egg composition. *Poult. Sci.* v.69 p.1617–1620.

- CASTON, L. J., SQUIRES, E. J., LEESON, S. (1994). Hen performance, egg quality, and the sensory evaluation of eggs from SCWL hens fed dietary flax. *Can. J. Anim. Sci.*, Ottawa, v.74, p.347-353.
- CHEN, Z.-Y., RATNAYAKE, W. M. N., CUNNANE, S. C. (1994). Oxidative stability of flaxseed lipids during baking. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Champaign, v.71, n.6, p.629-632.
- CHERIAN, G., SIM, J. S. (1991). Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs, embryos, and newly hatched chicks. *Poult. Sci.*, Savoy, v.70, p.917-922.
- CHERIAN, G., LI, S. X., SIM, J. S. (1995). Dietary α -linolenic acid and lying hen strain: Fatty acids of liver, adipose tissue, white meat, dark meat, and egg yolk. *J. Agric. Food Chem.* v.43 p.2553–2559.
- CLANDININ, M. T., CHAPPELL, J. E., VAN AERGE, E. E. (1989). Requiriments of newborn infants for long chain polyunsaturated fatty acids. *Acta Pediatr., Scand.* Suppl. 351, p. 63-71.
- CLOSA, S. J., MARCHESICH, C.; CABRERA, M; MORALES, J.C. (1999). Composición de huevos de gallina y codorniz. *Arch. Lat. Nutr.*, v. 49, n.2, p.181-185.
- COBOS, A., HOZ, L., CAMBERO, M. I., ORDONEZ, J. A. (1995). Dietary modification and hen strain dependence of egg yolk lipids. *Food Res. Int.*, v.28, p.71–76.
- CRAIG-SCHMIDT, M. C., FAIRCLOTH, S. A., WEETE, J. D. (1987). Modulation of avian lung eicosanoids by dietary omega-3 fatty acids. *J. Nutr.* v.117, p.1197–1206.

DEVLIN, T. M. (1998). Manual de Bioquímica com correlações clínicas. 4. ed., São Paulo: Edgard Blücher, p. 1007.

DEPARTAMENTO DE SAÚDE DA INGLATERRA (1994). Nutritional aspects of cardiovascular disease. London: HMSO,. p. 37-46. (Report on Health and Social Subjects, 46).

DIN, J. N., NEWBY, D. E., FLAPAN, A. D. (2004). n-3 fatty acids and cardiovascular disease-fishing for a natural treatment. British Med. J. v.328, p. 30–35.

FAO (Food and Agricultural Organization) - (1994) - Fats and oils in human nutrition. FAO Food and Nutrition. Paper N°57

FARRELL, D. J. (1998). Enrichment of hen eggs with n-3 long-chain fatty acids and evaluation of enriched eggs in humans. Am. J. Clin. Nutr., Bethesda, v.68, p.538-544.

FENNEMA, O. R. (1996). (Editor) Food Chemistry. 3. ed. New York: Marcel Dekker, p. 1069.

FENTON, M. (1992). Review: Chromatographic separation of cholesterol in foods. J. of Chrom., v. 624, p. 369-388.

FERRIER, L. K., CASTON, L., LEESON, S., SQUIRES, E. J., CELI, B., THOMAS, L., HOLUB, B. J. (1992). Changes in serum lipids and platelet fatty acid composition following consumption of eggs enriched in alpha-linolenic acid (LnA). Food Res. Int., Oxford, v.25, p.263-268.

GAO, Y. C., CHARTER, E. A. (2000). Nutritionally Important Fatty Acids in Hen Egg Yolks from Different Sources. Poult. Sci. v.79, p.921–924.

- GÓMEZ, M. H. (2003). Modulação da composição de ácidos graxos poliinsaturados n-3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta. I. Estabilidade oxidativa. São Paulo. 149p. (Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos Área de Bromatologia – USP).
- GUEDES, L. S.; SILVA, K. M.; SOARES, M. G. C. B. (1992). Cholesterol and phospholipids content of yolk from fertilized and unfertilized hen eggs. *Brazilian J. Med. Biol. Res.*, v.25, p. 327-329.
- GULLO, C.; SANTOS, F.(1994). Colesterol. *Revista Saúde on-line*. Disponível em: http://saude.abril.com.br/edicoes/0273/aberto/medicina/conteudo_138072.shtml. Consultado em 10 de janeiro de 2006.
- HARGIS, P. S., VAN ELSWYK, M. E., HARGIS, B. M. (1991). Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. *Poult. Sci., Savoy*, v.70, p.874-883.
- HAYEK, M. G., REINHART, G. A. (1998). Utilization of n-3 fatty acids in companion animal nutrition. P. 176–185 in: *The Return of n-3 Fatty Acids into the Food Supply*. A. P. Simopoulos ed. Karger AG, Basel, Switzerland.
- HERBER, S. M., VAN ELSWYK, M. E. (1996). Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. *Poult. Sci., Savoy*, v.75, p.1501-1507.
- HERBER-MCNEILL, S. M., VAN ELSWYK, M. E. (1998). Dietary marine algae maintains egg consumer acceptability while enhancing yolk color. *Poult. Sci., Savoy*, v.77, p.493-496.
- HOLUB, B. J. (2002). Clinical nutrition: 4. n-3 fatty acids in cardiovascular care. *Canad. Med. Assoc. J.* v.166, p.608–615.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), (2004). *Produção da pecuária Municipal*. v. 31. p. 21.

ISO (International Organization for Standardization)(1978). Animal and vegetable fats and oils-preparation of methyl esters of fatty acids. Method ISO 5509.

IRIE, M., SAKAMOTO, M. (1992). Fat characteristics of pigs fed fish oil containing eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. *J. Anim. Sci.* v.70, 470-477.

IUPAC-IUB Commission on Biochemical Nomenclature (CBN). The nomenclature of lipids (Recommendations 1976). (1977). *Eur J Biochem.* **79**: 11-21; 1977 *Hoppe-Seylers Z Physiol Chem.* **358**: 617-631 ; 1977 *Lipids.* **12**: 455-468 ; 1977. *Mol Cell Biochem.* **17**, 157-171; 1978 *Chem Phys Lipids.* **21**: 159-173 ; 1978 *J Lipid Res.* **19**: 114-128 ; 1978 *Biochem. J.* **171**: 21-35. (Disponível em: <http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/lipid/>)

JIANG, Z., D. U. AHN, J. S. SIM, (1991). Effects of feeding flax and two types of sunflower seeds on fatty acid compositions of yolk lipid classes. *Poult. Sci.* v.70, p.2467–2475.

KATAN, M.B. (1995). Fish and heart disease. *New Engl. J. Med.* v.332, p.1024-1025.

KENNEDY, J. P. (1991) Structered lipids: fots of the future. *Food tech.* November. p. 76-83.

KHOSLA, P.; SUNDRAM, K. (1996). Effects of dietary fatty acid composition on plasma cholesterol. *Prog. Lip. Res.*, v. 35, n.2, p.93-132.

KINSELLA, J. E., B. LOKESH, AND R. A. STONE, (1990). Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: Possible mechanisms. *Am. J. Clin. Nutr.* v.52 p.1–28.

LEE, K. W., LIP, G. Y. H. (2003). The role of n-3 fatty acids in the secondary prevention of cardiovascular disease. *The Quart. J. of Med.*, v.96, p.465–480.

- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. (1995). *Princípios de Bioquímica*. 2. ed. São Paulo: Sarvier, p. 368, 839.
- MADSEN, L., RUSTAN, A. C., VAAGENES, H., BERGE, K., DYROY, E., BERGE, R. K. (1999). Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid affect mitochondrial and peroxisoma fatty acid oxidation in relation to substrate preference. *Lipids*, v. 34, p. 951-63.
- MARSHALL, A. C., SAMS, A. R., VAN ELSWYK, M. E. (1994). Oxidative stability and sensory quality of stored eggs from hens fed 1.5% menhaden oil. *J. Food Sci.* v.59 p.561–563.
- MARTINO, R., TAKAHASHI, N. S. (2001). A importância da adição de lipídios em rações para a aquicultura. *Óleos e grãos, São Caetano do Sul*, v. 58, p. 32-37.
- MATTHEWS, C. K., VAN HOLDE, K. E., (1990). *BioChemistry*. Benjamin/Cummings Publishing, Menlo Park, CA.
- MILINSK, M. C., MURAKAMI, A. E., GOMES, S. T. E., MATSUSHITA, M., SOUZA, N. E. (2003). Fatty acid profile of egg yolk lipids from hens fed diets rich in n-3 fatty acids. *Food Chem.*, v. 83, p. 287–292.
- MORETTO, E.; FETT, R. (1998). *Tecnologia de Óleos e Gorduras Vegetais na Indústria de Alimentos*. São Paulo. Varela, p. 150.
- MORI, A.V. (2001). Utilização de óleo de peixe e linhaça na ração como fontes de ácidos graxos poliinsaturados n-3 em ovos de galinha. São Paulo. 162p. (Tese de Doutorado – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – USP).
- MUELLER, B.A., TALBERT, R. L. (1988). Biological mechanisms and cardiovascular effects of omega-3 fatty acids. *Clin. Pharmacol.*, v. 7, p. 795-807.

- MURAKAMI, A.E.; FURLAN, A.C. (2002). Pesquisas na nutrição e alimentação de codornas em postura no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1., Lavras, MG. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.113-120.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1994). Subcommittee on Poultry Nutrition. Committee on Animal Nutrition. Nutrient requirements of poultry. 9.ed. Washington: National Academy Press. p. 155.
- NETTLETON, J. A. (1995). Omega-3 fatty acids and health. New York: Chapman & Hall, p.357.
- NORUM, K. R. Dietary fat and blood lipids. *Nutrition Reviews*, v.50, p. 430-37, 1992.
- QI, G. H., SIM, J. S. (1998). Natural tocopherol enrichment and its effect in n-3 fatty acid modified chicken eggs. *J. Agric. Food Chem.*, Columbus, v.46, p.1920 - 1926.
- RICKARD, S. E., THOMPSON, L. U. (1997). Health effects of flaxseed mucilage, lignans. *Inform, Champaign*, v.8, n.8, p.860-865.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. (2000). Tabelas brasileiras para aves e suínos - Composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 141p.
- SALEM Jr., N., SIMOPOULOS, A. P., GALLI, C., LAGARDE, M., KNAPP, H. R. (1996). Fatty acids and lipids from cell biology to human disease. *Lipids*, Champaign, v.31, suppl., p.S1-S326.
- SALEM Jr., N. (1999). Introduction to polyunsaturated fatty acids. *Backgrounder*, v.3, n.1, p.1-8.

- SALVADOR, M., SANTA, P. D. (2002). Teores de macronutrientes e de colesterol em diferentes tipos de ovos. B.CEPPA, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 133-140.
- SCHAEFER, E. J. (2001). Lipoproteins, nutrition, and heart disease. Am. J. Clin. Nutr. n.2 75 p. 191-212.
- SCHEIDELER, S. E., G. W. FRONING, (1996). The combined influence of dietary flaxseed variety, level, form, and storage conditions on egg production and composition among vitamin E-supplemented hens. Poultry Sci. 75:1221–1226.
- SCHMIDT, M. A. (2000). Gorduras inteligentes. Trad. de Dirceu Henrique Pereira. São Paulo - SP. Editora Roca LTDA, p.231.
- SIM, J. S., CHERIAN, G., JIANG, Z. (1992). Alpha-linolenic acid metabolism: the chicken and egg. Int. J. Appl. Basic. Nutr. Sci., v.8, p.221-222.
- SIM, J. S. (1998). Designer eggs and their nutritional and functional significance. World Rev. Nutr. Diet., Basel, v.83, p.89-101.
- SIMOPOULOS, A. P. (1998). Redefining dietary reference values and food safety. World Rev. Nutr. Diet., Basel, v.83, p.219-222.
- SIMOPOULOS, A. P., LEAF, A., SALEM Jr., N. (1999). Essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. Ann. Nutr. Metab., Basel, v.43, p.127-130.
- SIMOPOULOS, A. P. (2002). The importance of the ratio of ω -6/ ω -3 essential fatty acids. Biomed Pharmacother. v.56, p.365–379.
- SIMOPOULOS, A. P. (2004). Omega-6/Omega-3 Essential Fatty Acid Ratio and Chronic Diseases. Food Rev. Inter. n.1, v.20 p.77-90.

- SOLOMONS, T. W. G. (1996). Química orgânica. 6^a ed., v. 2, Rio de Janeiro: LTC, pág. 403.
- STATSOFT. Statistic 5.1 software. Tucksas, USA, 1996.
- SUGANO, M., HIRAHARA, F. (2000). Polyunsaturated fatty acids in the food chain in Japan. *Am. J. Clin. Nutr.*, V. 71 (suppl.): 189S.
- TOSCO, G. (2004). Os benefícios da “chia” em humanos e animais. *Atualidades ornitológicas*. n. 119, p.7
- TURATTI, J.M. (2001). A importância dos ovos numa dieta saudável. *Óleos e grãos*, São Caetano do Sul, n.59, p.22-24.
- TURINI, M. E., POWELL, W. S.; BEHER, S. R.; HOLUB, B. J. (1994). Effects of a fish-oil and vegetable-oil formula on aggregation and ethalonamine-containing lysophospholipid generation in activated human platelets and on leukotriene production in stimulated neutrophils. *Am. J. Clin. Nutr.* v.60 p.717–724.
- UAUY, R., VALENZUELA, A. (2000). Marine oils: the health benefits of n-3 fatty acids. *Nutrition*, New York, v.16, n.7/8, p.680-684.
- VAN ELSWYK, M. E., SAMS, A. R., HARGIS, P. S. (1992). Composition, functionality, and sensory evaluation of eggs from hens fed dietary menhaden oil. *J. Food Sci.* v.57, p.342–349.
- VAN ELSWYK, M.E. (1997). Comparison of n-3 fatty acid sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: a review. *Br. J. Nutr.*, Wallingford, v.78, suppl.1, p.S61-S69.
- VISENTAINER, J. V.; FRANCO, M. R. B. (2006). Ácidos graxos em óleos e gorduras: identificação e quantificação. São Paulo. Varela, p.24.

VOET, D., VOET, J. G. (1995). Biochemistry. 2.Ed. New York: John Wiley & Sons, Inc, p.1361.

WATKINS, B. A., ELKIN, R. G. (1992). Dietary modulation of oleic and stearic acids in egg yolks. J. of Food Comp. Anal., v.5, p.209–215.

WILDMAN, R. E. C. (2001). Nutraceuticals: a brief review of historical and teleological aspects. In: WILDMAN, R.E.C. Handbook of nutraceuticals and functional foods. Boca Raton: CRC Press. p.1-12. (CRC series in modern nutrition).