

EDUARDO PIBER NETO

**Enriquecimento do ovo: utilização de óleos de peixes e alga  
marinha como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em  
rações de galinhas**

São Paulo

2006

EDUARDO PIBER NETO

**Enriquecimento do ovo: utilização de óleos de peixes e alga marinha como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em rações de galinhas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Clínica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

**Departamento:**

Clínica Médica

**Área de Concentração:**

Clínica Veterinária

**Orientador:**

Prof. Dr. Cássio Xavier de Mendonça Júnior

São Paulo

2006

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

## DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.1635  
FMVZ

Piber Neto, Eduardo

Enriquecimento do ovo: utilização de óleos de peixes e alga marinha como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em rações de galinhas / Eduardo Piber Neto. – São Paulo : E. Piber Neto, 2006.

72 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Clínica Médica, 2006.

Programa de Pós-graduação: Clínica Veterinária.  
Área de concentração: Clínica Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Cássio Xavier de Mendonça Júnior.

1. PUFAs n-3. 2. Óleos de peixes. 3. Alga. 4. DHA. 5. Ovos de galinhas. I. Título.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia  
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"

*PARECER*

Interessado: Eduardo Piber Neto

Assunto: Protocolo de experimentação adotado em experimento animal.

A Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, após analisar o projeto sob o número 458/2004, intitulado: "Comparação de diferentes fontes marinhas de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em rações de galinhas poedeiras par enriquecimento de ovos", utilizando 240 galinhas, sob responsabilidade do Prof. Dr. Cássio Xavier de Mendonça Júnior, constatou que o mesmo foi realizado de acordo com os princípios de bioética, adotados por esta Comissão.

São Paulo, 15 de fevereiro de 2005

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>  Julia Maria Matera

Presidente da Comissão de Bioética

FMVZ/USP

## FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: PIBER NETO, Eduardo

Título: Enriquecimento do ovo: utilização de óleos de peixes e alga marinha como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em rações de galinhas.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Clínica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### Banca Examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

## AGRADECIMENTOS

À Clara Satsuki Mori, química responsável pelo Laboratório de Doenças Nutricionais e Metabólicas, pela prestativa ajuda nas análises laboratoriais.

À amiga Maria Carolina Gonçalves Pita pelo companheirismo em todos os bons e maus momentos durante estes anos de luta.

Ao amigo Abelardo Cecílio de Souza (Dinho), por ser a pessoa maravilhosa que é, estando sempre a disposição para auxiliar no que fosse preciso.

Ao companheiro de pós-graduação Paulo de Carvalho Reis pelo auxílio com as matérias primas e pelos conselhos.

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Larsson pelo desempenho frente à Pós-Graduação e pela paciência, em todos os aspectos.

À todos os funcionários do Departamento de Clínica Médica, que colaboraram comigo no desenvolvimento desse trabalho. Em especial às secretárias Adelaide Borges, Harumi Doi Shiraishi, Maria Aparecida de Freitas, Daura Taciana Vaz Alves e Patrícia de Castro Gonçalves.

A Quaker® pela doação do óleo de atum/sardinha utilizado nas rações experimentais.

A Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, minha ex “casa”, por todos os ensinamentos, tanto profissionais quanto pessoais, que ajudaram na minha formação.

A Multimix Nutrição Animal, minha atual “casa”, pela oportunidade, pelas liberações, pela perspectiva de um futuro profissional e pelas valiosas contribuições na minha formação. Nestes poucos meses já foi possível aprender muito e conhecer pessoas fantásticas.

A CNPq e CAPES pelo auxílio financeiro e pelos investimentos dispensados em prol da pesquisa em nosso país.

À todas as galinhas que colaboraram de livre e espontânea vontade para o bom andamento do experimento.

Aos meus pais pelos esforços para manter um filho nos estudos durante tanto tempo, pela luta e empenho em fazer todo o melhor para criar um problemático. Sempre serão exemplo e fonte de inspiração para mim em vários aspectos.

Aos amigos e companheiros de todos os momentos, aqueles que sempre estão ao meu lado seja para rir ou para sofrer (por sorte tem acontecido mais a primeira opção). Jamais deixarão de estar no meu coração.

A cada motivo de inspiração e estímulo para continuar aproveitando a vida e tudo de maravilhoso que ela é capaz de proporcionar, que o céu estrelado e a lua cheia continue a nos iluminar.

Ao Professor Cássio Xavier de Mendonça Júnior, pelas oportunidades durante todos estes anos de convivência, e pelos momentos de ensinamentos e orientação.

À Dra. Daniela Pontes Chiebao, por todo companheirismo, auxílio, colaboração, fins de semana dispensados ao meu lado e momentos de raiva e angústia que somente uma namorada tão especial se submeteria a passar

## RESUMO

PIBER NETO, E. **Enriquecimento do ovo:** utilização de óleos de peixes e alga marinha como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em rações de galinhas. [Egg's enrichment: utilization of fish oils and marine algae as sources of omega-3 polyunsaturated fatty acids in hens' diet]. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

Foram utilizadas 168 galinhas poedeiras Hisex White em delineamento experimental inteiramente casualizado, com duração de cinco semanas. As aves foram distribuídas em sete tratamentos com três repetições cada, com o objetivo de verificar a influência da suplementação de três fontes marinhas de PUFAs n-3 - óleos de salmão (SA) e de atum e sardinha (A/S) e mistura de algas marinhas (AL), bem como suas combinações (SA+A/S, AL+SA, AL+A/S) - em relação ao grupo controle alimentado com ração basal de milho e soja (CON), sobre a qualidade do ovo e a composição lipídica da gema. A qualidade externa e interna do ovo não foi alterada significativamente pela adição de fontes de PUFAs n-3 na dieta das aves. A relação entre os lípides saturados : monoinsaturados : poliinsaturados da gema (3,5 : 4,5 : 2,0) manteve-se constante com a adição dos suplementos de PUFAs n-3 na ração. Os óleos de salmão (SA) e de atum e sardinha (A/S) revelaram-se mais efetivos no enriquecimento da gema do ovo em PUFAs n-3, em especial o DHA. A relação PUFAs n-6/ PUFAs n-3 sofreu redução significativa com a adição das fontes marinhas de ômega-3 à dieta das galinhas. O EPA, embora em teores mais baixos que o DHA na gema do ovo, apresentou incremento significativo com o uso dos óleos de peixes (SA e A/S) adicionado à dieta em relação ao CON. O consumo de dois ovos enriquecidos com DHA do presente estudo, por dia, provavelmente atenderia os requerimentos diários deste PUFA n-3 para o ser humano.

Palavras-chave: PUFAs n-3. Óleos de peixes. Alga. DHA. Ovos de galinhas.



## ABSTRACT

PIBER NETO, E. **Egg's enrichment:** utilization of fish oils and marine algae as sources of omega-3 polyunsaturated fatty acids in hens' diet. [Enriquecimento do ovo: utilização de óleos de peixes e alga marinha como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em rações de galinhas]. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

To investigate the influence of three PUFAs n-3 marine sources – salmon oil (SA), tuna and sardine oil (A/S), marine algae (AL) and combinations (SA+A/S, AL+SA, AL+A/S) – on egg quality and egg lipid composition, compared to a corn/soy control group (CON), 168 Hisex White laying hens were assigned into seven treatments with three repetitions in a randomized design during a experimental period of five weeks. The external and internal egg quality were not significantly affected by the addition of PUFAs n-3 marine sources into the hen diets. The saturated : monounsaturated : polyunsaturated ratio (3.5:4.5:2.0) remained constant by the supplementation of the marine sources into the diets. The salmon oil and the tuna and sardine oil showed the best results of PUFAs n-3 egg yolk enrichment, mainly the DHA. The PUFAs n-6/PUFAs n-3 ratio was significantly reduced by the inclusion of PUFAs n-3 sources into the hen diets. The EPA, although with lower levels than DHA into the egg yolk, showed a significant increase by the use of salmon oil and tuna and sardine oil added to the diet as compared to the control group (CON). The consumption of two DHA enriched eggs from this study per day probably would reach the daily requirements of this PUFA n-3 for the human been.

Key words: PUFAs n-3. Fish oils. Algae. DHA. Hen's Eggs.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Esquema dos tratamentos adotados. São Paulo, 2004 .....	31
Tabela 2 – Composição dos ácidos graxos da mistura de algas, do óleo de salmão e do óleo de atum/sardinha (% do total de ácidos graxos). São Paulo, 2004 ....	32
Tabela 3 – Composição de ácidos graxos das rações experimentais (% do total de ácidos graxos), conforme os tratamentos estudados, dados analisados. São Paulo, 2004 .....	33
Tabela 4 – Composição das rações experimentais. São Paulo, 2004 .....	34
Tabela 5 – Valores médios de gravidade específica, espessura e peso da casca e seus respectivos erros da média, de acordo com os tratamentos. São Paulo, 2004 .....	39
Tabela 6 – Análise de variância dos valores que expressam a qualidade externa dos ovos, de acordo com os tratamentos estudados. São Paulo, 2004 .....	39
Tabela 7 – Valores médios de colorimetria e unidades Haugh e seus respectivos erros da média, de acordo com os tratamentos. São Paulo, 2004 .....	42
Tabela 8 – Análise de variância dos valores de colorimetria pertencentes a qualidade interna dos ovos, de acordo com os tratamentos estudados. São Paulo, 2004 .....	42
Tabela 9 – Análise de variância dos valores de unidades Haugh pertencentes a qualidade interna dos ovos, de acordo com os tratamentos estudados. São Paulo, 2004 .....	43
Tabela 10 – Grupos de ácidos graxos (% dos lípides totais) presentes na gema do ovo e suas relações, de acordo com os tratamentos estudados. São Paulo, 2004 ..	45
Tabela 11 – Análise de variância dos valores totais de ácidos graxos e relações P/S e n-6/n-3 da gema, de acordo com os tratamentos estudados. São Paulo, 2004 .....	46
Tabela 12 – Perfil dos principais ácidos graxos (% dos ácidos graxos totais) presentes na gema do ovo (% dos lípides totais), de acordo com os tratamentos estudados. São Paulo, 2004.....	47
Tabela 13 – Análise de variância dos teores de ácidos graxos da gema, de acordo com os tratamentos estudados. São Paulo, 2004 .....	48

Tabela 14 – Valores médios de DHA, no ovo (mg) e consumido diariamente (mg), e taxa de incorporação na gema (%), de acordo com os tratamentos estudados. São Paulo, 2004.....	54
Tabela 15 – Comparação dos valores médios de DHA nos ovos (mg) e as necessidades diárias (mg), e a porcentagem dos requerimentos obtida com ingestão de 1 ovo. São Paulo, 2004 .....	61

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1	OBJETIVO .....	15
2	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1	<b>ÁCIDOS GRAXOS POLIINSATURADOS NO OVO</b> .....	16
2.1.1	<b>Fontes aquáticas</b> .....	20
2.1.1.1	Peixes.....	20
2.1.1.2	Algas.....	23
2.1.2	<b>Fontes vegetais</b> .....	25
3	<b>MATERIAL E METODOS</b> .....	28
3.1	AVES.....	28
3.2	INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS .....	28
3.3	RAÇÕES EXPERIMENTAIS.....	30
3.4	PARÂMETROS .....	35
3.4.1	<b>Qualidade externa dos ovos</b> .....	35
3.4.2	<b>Qualidade interna dos ovos</b> .....	36
3.4.3	<b>Ácidos graxos na gema do ovo</b> .....	36
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	37
4	<b>RESULTADOS</b> .....	38
4.1	QUALIDADE EXTERNA DOS OVOS .....	38
4.1.1	<b>Gravidade específica</b> .....	40
4.1.2	<b>Espessura da casca</b> .....	40

4.1.3	<b>Peso da casca</b> .....	41
4.2	QUALIDADE INTERNA DOS OVOS .....	41
4.2.1	<b>Colorimetria</b> .....	43
4.2.2	<b>Unidades Haugh</b> .....	43
4.3	ÁCIDOS GRAXOS NA GEMA DO OVO .....	44
4.3.1	<b>Ácidos graxos saturados</b> .....	49
4.3.2	<b>Ácidos graxos monoinsaturados</b> .....	49
4.3.3	<b>Ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs)</b> .....	50
4.3.3.1	Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (PUFAs n-3).....	50
4.3.3.2	Ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 (PUFAs n-6).....	54
4.3.3.3	Relação ácidos graxos poliinsaturados/saturados (p/s) .....	55
4.3.3.4	Relação ácidos graxos poliinsaturados n-6/n-3 (ômega-6/ômega-3) .....	55
5	<b>DISCUSSÃO</b> .....	56
5.1	QUALIDADE EXTERNA DOS OVOS .....	56
5.2	QUALIDADE INTERNA DOS OVOS .....	57
5.3	ÁCIDOS GRAXOS NA GEMA DO OVO .....	58
5.3.1	<b>Ácidos graxos saturados</b> .....	58
5.3.2	<b>Ácidos graxos monoinsaturados</b> .....	59
5.3.3	<b>Ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs)</b> .....	60
5.3.3.1	Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (PUFAs n-3).....	60
5.3.3.2	Ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 (PUFAs n-6).....	62
5.3.3.3	Relação ácidos graxos poliinsaturados/saturados (P/S) .....	62
5.3.3.4	Relação ácidos graxos poliinsaturados n-6/n-3 (ômega-6/ômega-3) .....	63
6	<b>CONCLUSÕES</b> .....	64

<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>66</b>
--------------------------	-----------

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, grande parte da população dá preferência pelo consumo de alimentos que possam trazer algum benefício à saúde, mesmo sendo tais produtos de custo mais elevado. Este aumento da demanda tem proporcionado o aparecimento de um grande número de produtos enriquecidos ou mesmo com valores reduzidos de substâncias indesejáveis, como o colesterol.

A indústria de alimentos tem encontrado estímulo para desenvolver alimentos enriquecidos com nutrientes que possam produzir benefícios à saúde, tratando ou prevenindo certas enfermidade (BRIZ, 1997; DE FELICE, 1995). De forma geral, a população consome mais ovos do que peixes, estes últimos comprovadamente considerados fontes naturais de ácidos graxos ômega-3. Por esta razão, o enriquecimento de ovos com esses ácidos graxos seria uma alternativa importante para incrementar a ingestão de ômega-3, além do fato desses ovos enriquecidos não resultarem em efeitos negativos nos parâmetros lipídicos sanguíneos da maioria da população (LEWIS et al., 2000).

O ovo é um alimento de grande valor nutritivo que tem sido reiteradamente acusado de aumentar o risco de doenças cardiovasculares devido seu conteúdo relativamente alto de colesterol, fato este que tem resultado em acentuada diminuição de seu consumo (BRIZ, 1997).

Durante as últimas décadas a população tem se preocupado com a relação colesterol da dieta e desenvolvimento de doenças cardiovasculares. A indústria avícola voltou sua atenção para oferecer aos consumidores um produto com baixa quantidade de colesterol, no entanto, tais tentativas não tiveram sucesso (HARGIS, 1988).

Marks e Washburn (1977) levantaram a hipótese que esta marcante redução de colesterol do ovo não seria possível devido a mecanismo de controle fisiológico, que impediria deposição inadequada de colesterol para a sobrevivência do embrião.

Mais de 30 anos de pesquisas genéticas, farmacológicas e nutricionais falharam na tentativa de obter um meio consistente e econômico de reduzir o teor de colesterol do ovo (HARGIS, 1988). Tais estudos deixaram claro que as concentrações de colesterol na gema do ovo podem ser reduzidas em percentuais muito baixos não sendo, portanto, significativos para diminuição no colesterol total da dieta de pessoas com hipercolesterolemia (MENDONÇA JUNIOR, 1996).

## 1.1 OBJETIVO

A presente pesquisa tem como objetivo estudar o perfil de ácidos graxos da gema do ovo, com destaque especial aos ácidos graxos poliinsaturados ômega-3, em galinhas poedeiras alimentadas com rações contendo diferentes fontes de PUFAs ômega-3: óleo de salmão, óleo de atum e sardinha, e uma mistura comercial de algas.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Estudos clínicos e epidemiológicos têm apontado a gordura saturada da dieta como sendo a maior responsável pelo aumento da colesterolemia (GRUNDY, 1997), sendo que o ovo contém baixa proporção deste tipo de gordura (BRIZ, 1997). Nos últimos anos grande atenção tem sido dada aos teores de ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-3, atribuindo-se a estes um papel muito importante na diminuição do risco de doenças cardiovasculares. Neste sentido, pelo fato da quantidade de PUFAs n-3 nos ovos ser baixa, surgiu interesse em melhorar a composição lipídica deste alimento, buscando trazer benefícios a população de uma maneira geral, ao tornar esses ácidos graxos acessíveis à dieta de um número maior de pessoas.

### 2.1 ÁCIDOS GRAXOS POLIINSATURADOS NO OVO

Ovos enriquecidos com PUFAs n-3 podem ser produzidos modificando a dieta das galinhas. Lewis et al. (2000) demonstraram que, quando 70g de óleo de fígado de bacalhau, óleo de canola ou óleo de linhaça foram adicionados por quilo de dieta das aves, os PUFAs n-3 aumentaram de 1,2% (gema controle) para 6,3%, 4,6 e 7,8%, respectivamente, nas gemas dos ovos produzidos.

Ao contrário do que ocorre com o colesterol, os ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-3 que se incorporam à gema do ovo são responsivos à manipulação da dieta (HARGIS; VAN ELSWYK, 1993).

Desde 1934, Cruickshank já havia afirmado que a composição dos ácidos graxos da gema do ovo poderia ser alterada por manipulações da dieta da poedeira. A gordura alimentar não proporciona alteração no total de lipídeos depositado na gema, mas os componentes poliinsaturados da gema são modificados como reflexo dos lípidos da dieta (HARGIS; VAN ELSWYK, 1991).

A suplementação de fontes ricas em ômega-3 junto à dieta das aves proporciona um incremento dos níveis destes ácidos graxos na gema, mas sem alterar os teores de ácidos graxos monoinsaturados (HARGIS; VAN ELSWYK, 1993). Os ácidos graxos saturados da gema, principalmente o palmítico e o esteárico, que correspondem a aproximadamente 35% dos ácidos graxos da gema, são extremamente resistentes a mudanças, sendo pouco influenciados pela dieta (LI-CHAN et al., 1995; SIMOPOULOS, 2000).

Herber e Van Elswyk (1996) utilizaram alga marinha e óleo de savelha na dieta de aves de postura e também constataram que o perfil de ácidos graxos saturados (esteárico + palmítico) e monoinsaturados (palmitoléico + oléico) da gema não sofreram alterações significativas. Em contrapartida, os valores dos ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 (linoléico + araquidônico) decresceram, e os de ômega-3 (linolênico + DHA + EPA) subiram significativamente.

Dentre as gorduras, as poliinsaturadas têm sido incentivadas a ter seu consumo aumentado, principalmente aquelas contendo ácidos graxos ômega-3, que são encontrados em pescados e certos óleos vegetais e, reconhecidamente, são responsáveis pela redução no risco de doenças cardiovasculares e promotores do desenvolvimento neurológico infantil (CONNOR et al., 1991; NETTLETON, 1993).

Os efeitos positivos da ingestão de peixes gordurosos e de seus óleos na prevenção das doenças cardiovasculares têm sido assinalados desde a década de 70 e atribuídos ao seu elevado teor de ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-3. Um ovo de 60 gramas tem

cerca de seis gramas de gordura, sendo que 1,2 gramas são de poliinsaturados (basicamente ácido linoléico, da série ômega-6). Por outro lado, seu conteúdo normal de poliinsaturados ômega-3 é bastante baixo, fazendo com que sua relação ômega-6 / ômega-3 seja desfavorável. Este fato criou interesse em melhorar a composição lipídica do ovo, devido ao pequeno sucesso alcançado em reduzir o seu conteúdo de colesterol (BRIZ, 1997)

A hipótese da importância dos ácidos graxos ômega-3 na prevenção das doenças cardiovasculares ganhou força à partir dos clássicos estudos de Dyerberg e Bang sobre a população de esquimós da Groenlândia, cuja taxa de mortalidade por doenças cardiovasculares era inferior a 5%. Isto foi atribuído às grandes diferenças em sua dieta, rica em ômega-3, em comparação com a população da Dinamarca.

Recentemente os ovos vêm ganhando atenção como uma alternativa de fonte de ácidos graxos ômega-3 em relação a peixes e óleos vegetais (HARGIS; VAN ELSWYK, 1993). O enriquecimento da ração de poedeiras com óleos de peixes, algas ou óleos vegetais, como a linhaça, promove deposição eficiente de ácidos graxos ômega-3 na gema dos ovos.

Os únicos ácidos graxos poliinsaturados considerados como essenciais são o linoléico (ácido graxo da série ômega-6) e o  $\alpha$ -linolênico (ácido graxo da série ômega-3). Cada um deles dá origem a vários ácidos graxos poliinsaturados, como o  $\alpha$ -linolênico ao eicosapentaenóico (EPA), ao docosahexaenóico (DHA) e ao docosapentaenóico (DPA), entre os quais possivelmente existe interconversão.

Estudos em primatas e humanos recém nascidos indicam que o DHA é essencial para o desenvolvimento funcional normal da retina e do cérebro. Um balanço entre ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 e ômega-3 é importante para o crescimento normal e pela redução na incidência de doenças cardiovasculares, crônicas e mentais (SIMOPOULOS, 2000). Os efeitos mais destacados do EPA são aqueles dos eicosanóides que promovem a prevenção da

agregação plaquetária, o retardo do tempo de coagulação do sangue e a diminuição da pressão sanguínea (BRIZ, 1997).

Estes ácidos graxos são caracterizados por possuírem 18 ou mais átomos de carbono em sua estrutura química e duas ou mais duplas ligações, sendo diferenciados em várias séries ou famílias. As duas mais importantes são ômega-6 e ômega-3, derivadas do ácido linoléico (C18:2) e do ácido  $\alpha$ -linolênico (C18:3), respectivamente.

Os sucessivos alongamentos e insaturações por que passam os ácidos linoléico e  $\alpha$ -linolênico são controlados pelas mesmas enzimas, havendo desta forma uma competição no metabolismo das duas séries propiciando que um excesso de ômega-6 na dieta limite a conversão dos ômega-3. Isto é o que ocorre na dieta dos ocidentais (mais evidente ainda nas pessoas vegetarianas), pois a relação ômega-6 / ômega-3 geralmente está entre 20 e 30 (FARRELL, 1996).

Dietas ricas em ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 produzem grande quantidade de metabólitos do ácido araquidônico que contribuem fortemente para a formação de trombos e ateromas, desenvolvimento de alergias e desordens inflamatórias, além da proliferação celular (SIMOPOULOS, 2000).

Os ácidos graxos poliinsaturados podem reduzir os níveis de LDL, VLDL e de triglicérides plasmáticos e aumentar o HDL.

Estes ácidos graxos possuem uma cadeia bastante longa, o que facilita seu processo oxidativo, e pode levar, por exemplo, a uma redução do tempo de prateleira de ovos enriquecidos com estes ácidos. Uma tentativa de evitar tal consequência seria o enriquecimento da ração das poedeiras com antioxidantes, naturais ou sintéticos, evitando a deterioração do produto.

Uma dieta ideal seria aquela que suprisse o perfil de ácidos graxos existente no peixe, mas sob forma de gordura estável oxidativamente, pois os lipídeos insaturados são altamente propensos à deterioração oxidativa (FRANKEL, 1984). A oxidação dos lipídeos não promove somente alterações adversas no sabor, mas também pode contribuir para o desenvolvimento de doenças crônicas (PEARSON et al., 1983).

### **2.1.1 Fontes Aquáticas**

Organismos aquáticos, principalmente aqueles provenientes de águas marinhas profundas, são fontes ricas em ácidos graxos poliinsaturados da linha ômega-3, com destaque especial para os PUFAs DHA e EPA. Tanto algas quanto peixes se enquadram nesta categoria, apresentando variações consideráveis nos teores de PUFAs n-3 de acordo com algumas variáveis como época, espécie e estado fisiológico (FARRELL, 1994).

#### **2.1.1.1 Peixes**

Os peixes são, há muito tempo, reconhecidos como alimentos ricos em ácidos graxos poliinsaturados. Podem ser adicionados à ração de poedeiras sob a forma de farinha ou óleo, sendo este último o mais utilizado.

Os teores de ômega-3 nos óleos de peixe apresentam grandes oscilações de acordo com a espécie, estado fisiológico do peixe e época da pesca (FARRELL, 1994). Peixes

marinhos geralmente apresentam maior quantidade de ômega-3 em relação aos peixes de água doce, sendo ainda maior quanto mais fria for a temperatura da água de origem desses peixes. Eles se alimentam de fito e zooplâncton ricos em ômega-3.

Utilizando apenas óleos de peixe é possível enriquecer o ovo com EPA de forma significativa, ainda que o DHA se incorpore em maior quantidade (BRIZ, 1997).

Segundo Igarashi et al. (2002), que analisaram óleos de diferentes peixes, como salmão, bonito, atum e sardinha, foi possível verificar altos níveis de DHA em todos estes óleos que, apesar das variações encontradas, seus valores sempre estiveram entre 7,5 e 16,1%.

A adição de óleo de peixe na dieta das poedeiras pode promover a oxidação da ração ou dos ovos, causando odor e sabor desagradáveis e reduzindo seu valor nutritivo (AYMOND; VAN ELSWYK, 1995), isto torna muito importante a utilização de antioxidantes naturais ou artificiais (CHERIAN et al., 1996).

Howe et al. (2002) promoveram adição de uma fórmula estabilizada de farinha de atum à ração de galinhas de postura e obtiveram grande aumento dos valores de DHA na gema dos ovos em relação às aves controle. Após quatorze dias de experimento, os níveis de DHA do ovo já eram bem superiores, mostrando rápida incorporação desse ácido graxo à gema.

Em adições de óleo de savelha superiores a 2% na ração das aves, Gonzalez-Esquerria e Leeson, (2000) verificaram queda na qualidade organoléptica dos ovos, evidenciada por descrição de odor e sabor a peixe nos mesmos. Por sua vez, a adição de 1,5% deste óleo proporcionou 155mg de DHA diariamente às aves, sendo depositado no ovo 89% do valor oferecido na ração. Já a deposição de EPA não foi maior que 5% de seu teor dietético (HERBER; VAN ELSWYK, 1996).

Santos (1998) observou que a inclusão de óleo de peixe à dieta pareceu reduzir o peso dos ovos, porém outras pesquisas não confirmaram esse fato (BAUCELLS et al., 2000; HARGIS; VAN ELSWYK, 1991; HOWE et al., 2002; NASH et al., 1996; YU; SIM, 1987). Ainda, segundo Baucells et al. (2000), esta adição de óleo de peixe também não promoveu qualquer diferença nos demais indicadores de desempenho produtivo, como consumo de ração, índice de postura, conversão alimentar por dúzia ou por quilo de ovos. No referente ao consumo de ração Baucells et al. (2000) mencionaram ainda não ter encontrado qualquer evidência de alteração na palatabilidade da ração ocasionada pela adição de óleo de peixe. Gonzalez-Esquerria e Leeson (2000) fortalecem a idéia de não alteração no consumo de ração ao afirmarem nenhuma diferença significativa observada neste indicador de desempenho produtivo com adição de óleo de savelha na ração.

Referindo-se a outro indicador de desempenho produtivo, Herber e Van Elswyk (1996) e Scheideler e Froning (1996), observaram aumento no índice de postura das aves alimentadas com ração adicionada de óleo de savelha.

Mendonça Jr. et al. (2000) citam que a qualidade da casca, expressa em termos de gravidade específica, peso da casca (gramas e porcentagem do peso do ovo) e espessura da casca não foi significativamente afetada pela adição de óleo de peixe à dieta, o mesmo ocorrendo em relação à qualidade do albume. Cherian et al. (1996), de forma semelhante, mencionam não ter encontrado qualquer influência da adição de óleo de savelha na ração de aves de postura sobre a qualidade do albume (unidades Haugh).

### 2.1.1.2 Algas

A utilização de algas marinhas pode ser uma atrativa opção para a suplementação da dieta de poedeiras (BARCLAY et al., 1994). Estas algas se constituem na fonte original de ômega-3 para os peixes, constituindo-se nas maiores produtoras primárias deste ácido graxo poliinsaturado e as únicas que podem sintetizar EPA e DHA. As maiores concentrações de ômega-3 são encontradas em microalgas de águas marinhas frias (BRIZ, 1997).

Van Elswyk (1997) percebeu que a incorporação de ômega-3 no ovo era maior quando utilizava algas na dieta em comparação à dieta contendo óleo de peixe. O autor observou valores iguais de ômega-3 na gema quando a dieta rica em peixe apresentava 189mg de ácido graxo ômega-3 a mais que a dieta enriquecida com algas.

As algas marinhas são também fontes naturalmente ricas em carotenóides e estes podem ser de grande utilidade na pigmentação de alimentos além de possuir potencial antioxidante (BENDICH, 1989).

Uma fonte de ômega-3 contendo, naturalmente, potencial antioxidante pode oferecer grande vantagem sobre outras fontes de ômega-3, como os óleos de peixes, por promover estabilização dos lipídeos sem necessitar da adição de antioxidantes.

Esses carotenóides presentes nas algas acabam contribuindo, ainda, na pigmentação da gema do ovo, tornando-a de coloração laranja-avermelhada, detalhe este, que deixa o ovo mais atrativo para alguns mercados consumidores, como a América do Sul, o México e muitos países da região do Mediterrâneo (SUNDE, 1992). Segundo Bem-Amortz et al. (1986) a adição de alga a dieta de aves de postura proporciona coloração mais forte da gema dos ovos produzidos. Herber e Van Elswyk (1998) citam que o uso de alga na ração contribuiu para



uma maior pigmentação da gema, tornando esta de coloração mais avermelhada. Neste mesmo estudo os autores demonstram que o platô de incorporação da cor ocorre após duas semanas de dieta com alga.

Estudos de Herber e Van Elswyk (1996) mostraram que o uso de 2,4% e 4,8% de algas na ração de poedeiras levou à redução dos valores de ômega-6 na gema enquanto os de ômega-3 tiveram aumento significante. Na primeira semana de experimento os teores de ômega-3 já apresentavam alterações, enquanto que, na segunda semana, a incorporação de ômega-3 alcançou um platô que foi mantido durante as quatro semanas do experimento. Foi possível verificar, ainda, que o dobro da quantidade de alga na ração (4,8%) não resultou na mesma proporção de deposição na gema, indicando que o pico de utilização de DHA ficou abaixo do oferecido na dieta. Herber e Van Elswyk (1996) verificaram ainda que a adição de 4,8% de alga à ração reduziu de maneira significativa a produção de ovos, porém ao nível de 2,4% nenhuma alteração nesse parâmetro foi verificada, além disso o consumo alimentar não foi alterado pela adição de alga à ração.

Ross e Dominy (1990) adicionaram diferentes níveis de alga à ração de aves de postura, mas apenas com 6% de alga obtiveram aumento significativo no peso dos ovos produzidos. E nos parâmetros de qualidade (espessura de casca e gravidade específica) nenhuma diferença foi encontrada. Quanto a coloração da gema, cada aumento no nível de alga adicionado a ração promoveu significativo incremento na pigmentação.

Um ponto negativo é a dificuldade de cultivo de algumas algas em quantidades necessárias para suplementação nutricional das aves, mas como alternativa a isso já existem disponíveis comercialmente certas misturas de algas, com grande percentual de ácidos graxos ômega-3 (como DHA e EPA), possibilitando sua adição no alimento a ser oferecido às aves.

### 2.1.2 Fontes Vegetais

Lewis et al. (2000) administrando dietas com 10 a 20% de semente de linhaça obtiveram ovos contendo de 216 a 527mg de ácido linolênico, teores bem superiores ao de 28 mg observado em ovos normais. O DHA aumentou de 51 mg para 81 a 87 mg nos ovos enriquecidos. A relação PUFA n-6 e PUFA n-3 passou de 13 para 2,6 enquanto que o conteúdo de colesterol na gema diminuiu em média 30mg nos ovos enriquecidos.

Dentre as fontes de ácido linolênico mais estudadas destaca-se a semente de linhaça, sendo a espécie mais rica em ômega-3, constituída praticamente em sua totalidade por ácido linolênico. Esta semente pode ser utilizada inteira ou moída, geralmente em proporções que variam de 5 a 30% na dieta das poedeiras (JIANG et al., 1991; PITA, 2003).

Aymond e Van Elswyk (1995) observaram que o uso de semente moída resultou em maior enriquecimento de ácido linolênico na gema que a semente inteira. Utilizando 5% de semente de linhaça na dieta é possível observar aumento em cerca de sete vezes do ácido linolênico em relação ao ovo normal.

O suprimento da dieta com fontes ricas em linolênico, tais como linhaça ou outras sementes vegetais, incrementa o nível de ácido graxo linolênico no produto final, mas não necessariamente o de DHA, que é considerado o PUFA mais benéfico na alimentação humana (MATEOS; LÁZARO; GRACIA, 2000)

A canola é outra semente bastante utilizada para o enriquecimento da ração de aves poedeiras. O óleo de canola é rico em ácidos graxos poliinsaturados com grande quantidade de ácido oléico, apresentando 18,7% de ácido linoléico e 9,2% de linolênico (CHOW, 1992). Santos (1998) demonstrou que o óleo de canola fornecido na dieta em teores de 2, 4 e 5%, não

provocaram alterações nos níveis de colesterol da gema do ovo, mas colaborou para diminuir os níveis plasmáticos de colesterol, em poedeiras, principalmente nas aves que apresentavam teores elevados de colesterol no plasma.

A relação ômega-6 / ômega-3 encontrada nos ovos produzidos por aves alimentadas com ração enriquecida com óleo de canola, situa-se em torno de 6, valor este maior que os encontrados com o uso da linhaça, provavelmente devido aos teores elevados de ácido linoléico presentes na canola (PITA, 2003).

Tanto o óleo de linhaça quanto o de canola não apresentam EPA e DHA em sua composição; no entanto, contêm quantidades substanciais de ácido linoléico (por volta de 19% do total de ácidos graxos), sendo que o óleo de linhaça apresenta teor de linolênico (53%) mais elevado (FARRELL, 1994).

Para se obter resultados próximos aos da linhaça, no que se refere ao enriquecimento de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 no ovo, são necessários teores duas vezes maiores de canola em relação à linhaça (CHERIAN; SIM, 1991).

A presença de sabor desagradável nos ovos tem sido reportada com a utilização de diferentes teores de linhaça na ração (LEESON et al., 1998; SCHEIDELER et al., 1997). Quando da utilização de ingredientes ricos em ácidos graxos poliinsaturados ômega-3, avaliações sensoriais mostram que tanto o odor como o sabor de peixe são os mais freqüentemente descritos pelos painelistas, mesmo não tendo havido adição de qualquer ingrediente que contenha peixe (MORI, 2001).

Ayerza e Coates (1999) utilizaram sementes de Chia (*Salvia hispânica*) na alimentação de galinhas e demonstraram um aumento significativo na concentração de PUFAs n-3 na gema, sem qualquer alteração de sabor no ovo.

Para a maioria da população o consumo de até dois ovos por dia não traz alterações nas concentrações de lípidos no sangue (LEWIS et al., 2000).

Tem sido demonstrado aumento de 15% na taxa de HDL plasmático de pessoas que ingeriram de três a quatro ovos enriquecidos em ácido linolênico (500 mg) por semana (FARRELL, 1994; FARRELL, 1996). Com óleos de peixe observou-se redução de HDL e aumento de LDL (FARRELL, 1993; FARRELL, 1994).

Foi observado aumento de 1,9 para 3,5 na relação PUFA n-3 : PUFA n-6 no leite materno de mulheres que ingeriram dois ovos enriquecidos por dia. Recém nascidos necessitam de 11mg/kg/dia de DHA (BRIZ, 1997).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi desenvolvido durante os meses de abril e maio do ano de 2004.

#### 3.1 AVES

Na atual pesquisa foram utilizadas 168 galinhas poedeiras da linhagem comercial Hisex White, com idade de sessenta semanas no início do experimento.

#### 3.2 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

O experimento foi conduzido no biotério de aves do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, situado no Campus da Cidade Universitária, São Paulo.

As aves foram distribuídas em 84 gaiolas (0,45m x 0,25m x 0,45m), equipadas com bebedouros tipo “nipple”, sendo alojadas duas por gaiola, constituindo sete tratamentos com três repetições de oito aves.

Cada repetição era representada por um conjunto de quatro gaiolas com um cocho tipo calha.

Anteriormente ao início do experimento, as aves foram distribuídas de forma uniforme quanto ao peso corporal, peso do ovo e índice de postura.

O experimento teve duração de 5 semanas, durante os meses de abril e maio de 2004, sendo o alimento e a água fornecidos “ad libitum” e as aves submetidas a um total de 16 horas diárias de luz.

As rações foram preparadas em etapa única, utilizando-se o misturador horizontal da marca Denan®, modelo Mist-200, com capacidade para 200kg.

Durante toda a fase experimental foram utilizadas as seguintes balanças: Toledo do Brasil®, digital modelo 2096 IV com capacidade máxima de 50kg e sensibilidade de 10g; Toledo do Brasil®, digital modelo Exata II, com capacidade de 5kg e sensibilidade de 1g; Ohaus®, modelo Adventure com capacidade de 1,5kg e sensibilidade de 0,01g e a balança Toledo Metler® analítica digital, modelo AG245 com capacidade de 210g e sensibilidade de 0,0001 g. Foi ainda utilizado um banho-maria Fanen®, modelo 147.

Com intuito de manter as boas condições dos óleos de salmão e de atum/sardinha utilizou-se o antioxidante Santoquin®, da Roche®, na concentração de 500 mg/kg.

Para a avaliação da qualidade da casca dos ovos foi feita a secagem das mesmas em estufa Fanem®, modelo 315 SE, a 60°C por 24 horas, sendo a espessura determinada por micrômetro Ames®, modelo 25M-5. Buscando determinar a qualidade do albume em unidades Haugh foi utilizado micrômetro Ames®, modelo S-8400. A pigmentação das gemas pôde ser avaliada com auxílio do leque colorimétrico “*Yolk Colour Fan*” da Roche®.

Com o intuito de determinar o extrato etéreo das rações experimentais foi utilizado o aparelho de Soxhlet e estufa Fanem®, modelo 315 SE.

O perfil de ácidos graxos da alga, dos óleos, das rações e das gemas foi determinado através de cromatógrafo a gás da marca Varian®, modelo CP 3800, equipado com detector de ionização de chama e acoplado ao sistema “*Workstation Star Chromatography*”. A coluna

utilizada foi a capilar de sílica fundida CP-WAX 52CB (Chrompack) com 30m de comprimento, 0,25mm de diâmetro e 0,25µm de polietilenoglicol.

### 3.3 RAÇÕES EXPERIMENTAIS

Foi utilizado como grupo controle, poedeiras alimentadas com ração à base de milho e soja, isenta de ingredientes de origem animal, formulada de acordo com os padrões de exigências nutricionais do NRC (1994). A esta dieta basal foram acrescidos a mistura comercial a base de algas Algamac 2000®, óleo de salmão, óleo de atum e sardinha misturados, e mais três dietas contendo associação (sempre 50% + 50%), uma de Algamac 2000® com óleo de salmão, outra de Algamac 2000® com óleo de atum e sardinha, e a última de óleo de salmão com óleo de atum e sardinha, de modo a se obter rações isoprotéicas e isocalóricas, perfazendo um total de 7 tratamentos, conforme mostra a tabela 1.

As dietas, com exceção daquela do grupo controle, foram calculadas para apresentarem-se equivalentes no teor de DHA, sendo formuladas com valores próximos a 1,20 g de DHA para cada 1 kg de ração.

Tabela 1 - Esquema dos tratamentos adotados – São Paulo – 2004

Tratamentos	INGREDIENTES
CON	Controle
AL	Algamac 2000®
SA	Óleo de salmão
A/S	Óleo de atum / sardinha
AL+SA	Algamac 2000® + Óleo de salmão
AL+A/S	Algamac 2000® + Óleo de atum / sardinha
SA+A/S	Óleo de salmão + Óleo de atum / sardinha

A mistura comercial a base de algas (Algamac 2000®) e os óleos de salmão e de atum/sardinha foram analisados quanto à composição de ácidos graxos, assim como as rações experimentais, conforme tabelas 2 e 3.

As composições detalhadas das rações experimentais utilizadas encontram-se expressas na tabela 4.



Tabela 2 – Composição dos ácidos graxos da mistura comercial Algamac 2000®, do óleo de salmão e do óleo de atum/sardinha (% do total de ácidos graxos) – São Paulo – 2004

<b>Ácidos Graxos</b>	<b>% na Algamac 2000</b>	<b>% no óleo de salmão</b>	<b>% no óleo de atum/sard</b>
<b>Grupos</b>			
PUFAs n-3	27,559	22,601	26,809
PUFAs n-6	0,672	5,782	4,997
Relação n-6/n-3	0,024	0,256	0,186
<b>Principais</b>			
Mirístico	17,156	4,476	9,510
Palmítico	37,427	14,920	18,633
Palmitoléico	3,144	6,445	10,453
Esteárico	0,961	4,054	3,560
Oléico	1,647	16,745	3,398
Linoléico	0,051	4,150	2,333
Linolênico	0,073	0,301	0,408
Gamalinolênico	0,031	0,874	0,629
Araquidônico	0,591	0,758	2,035
EPA	0,511	8,622	15,044
DHA	10,270	13,699	11,354

Tabela 3 – Composição de ácidos graxos das rações experimentais (% do total de ácidos graxos), conforme os tratamentos estudados, dados analisados – São Paulo – 2004

Ácidos Graxos	CON	AL	SA	A/S	AL + SA	AL + A/S	SA + A/S
<b>Grupos</b>							
Saturados (%)	16,75	20,16	18,92	21,19	18,85	20,27	19,66
Monoinsaturados (%)	34,29	30,20	33,03	31,28	32,86	31,83	31,58
Poliinsaturados (%)	49,00	49,64	48,05	47,54	48,29	47,90	48,76
PUFA n-3 (%)	0,00	1,61	3,71	4,94	2,42	3,12	3,97
PUFA n-6 (%)	48,96	47,51	44,10	42,40	45,63	44,48	44,71
Relação P/S	2,92	2,46	2,54	2,24	2,56	2,36	2,48
Relação n-6/n-3	48,96	29,46	11,87	8,58	18,89	14,27	11,25
<b>Principais</b>							
Mirístico	0,00	1,31	0,87	1,90	0,96	1,52	1,38
Palmitico	13,26	15,54	13,91	14,98	14,30	15,00	14,35
Palmitoléico	0,13	0,35	1,30	2,06	0,77	1,19	1,64
Estearico	2,23	2,00	2,55	2,65	2,31	2,35	2,65
Oléico	33,66	29,39	31,07	28,64	31,51	30,08	29,28
Linoléico	47,04	45,46	41,96	40,21	43,61	42,40	42,22
Linolênico	0,00	0,00	0,05	0,09	0,00	0,00	0,00
Araquidônico	0,00	0,00	0,13	0,36	0,08	0,20	0,25
EPA	0,00	0,00	1,49	2,90	0,74	1,36	2,02
DHA	0,00	1,61	2,18	1,95	1,67	1,75	1,95

Tabela 4 – Composição das rações experimentais – São Paulo – 2004

<b>Ingredientes (em 100kg de ração)</b>	<b>CON</b>	<b>AL</b>	<b>SA</b>	<b>A/S</b>	<b>AL + SA</b>	<b>AL + A/S</b>	<b>SA + A/S</b>
Milho	50,98	50,20	50,86	50,84	50,25	50,24	50,85
Farelo de soja (45%)	24,41	23,74	24,37	24,37	23,98	23,98	24,37
Calcário	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81	10,81
Farelo de trigo	8,03	8,63	8,18	8,21	8,76	8,77	8,20
Óleo vegetal	4,00	3,48	2,98	2,77	3,23	3,12	2,87
Algamac 2000	-	1,364	-	-	0,682	0,682	-
Óleo de salmão	-	-	1,022	-	0,511	-	0,511
Óleo de atum/sardinha	-	-	-	1,234	-	0,617	0,617
Fosfato bicálcico	1,23	1,23	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
Sal	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
DL-metionina	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Premix vitamínico-mineral	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
<b>Análise Determinada</b>							
Extrato etéreo (%)	6,09	6,04	5,96	5,96	6,14	5,96	6,00
EPA (g/kg de ração)	0,00	0,00	0,89	1,73	0,45	0,81	1,22
DHA (g/kg de ração)	0,00	0,97	1,30	1,16	1,03	1,05	1,17
<b>Análise Calculada</b>							
Energia metabolizável (kcal/kg)	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Proteína bruta (%)	17	17	17	17	17	17	17
Metionina (%)	0,47	0,46	0,47	0,47	0,46	0,46	0,47
Metionina + cistina (%)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Cálcio (%)	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Fósforo total (%)	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Fósforo disponível (%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Fibra	3,21	3,21	3,22	3,22	3,23	3,23	3,22

### 3.4 PARÂMETROS

Durante esta pesquisa alguns parâmetros importantes numa criação de aves de postura comercial foram analisados, buscando determinar a interferência da adição nutricional das fontes marinhas de PUFA's n-3 sobre estes.

#### 3.4.1 Qualidade externa dos ovos

Ao término do experimento foram colhidos 12 ovos, por tratamento, para a avaliação da qualidade externa dos mesmos. Estes foram pesados e posteriormente determinada sua densidade específica utilizando-se o método preconizado por Hamilton (1982), empregando-se soluções salinas de concentrações variando entre 1,062 a 1,102, com intervalo de 0,004 entre elas.

Os ovos foram cuidadosamente quebrados, as cascas lavadas em água corrente e mantidas em estufa à 60°C por 24 horas para secagem. As cascas foram pesadas e tiveram sua espessura mensurada, tendo como resultado a média de três valores obtidos da leitura de fragmentos do equador da casca do ovo.

### 3.4.2 Qualidade interna dos ovos

Todo conteúdo interno dos ovos quebrados foi colocado sobre uma superfície vítrea lisa, tendo assim sua altura de albume mensurada com uso do micrômetro Ames S-8400, permitindo dessa forma a avaliação da qualidade desse albume em unidades Haugh.

As gemas desses ovos tiveram sua pigmentação comparada com o leque colorimétrico Roche®, procedimento este realizado, isoladamente, por três diferentes pessoas.

### 3.4.3 Ácidos graxos na gema do ovo

Ao término do experimento foram coletados quatro ovos por repetição. As gemas foram separadas, pesadas e homogeneizadas, de modo a se obter uma amostra por repetição (um “pool” de quatro gemas).

Para cada determinação foi utilizado um grama de gema fresca e crua de acordo com Bligh e Dyer (1959) e Folch, Lees e Stanley (1957), modificado por Nielsen (1998). A saponificação do extrato lipídico e a extração dos ésteres de ácidos graxos, foram feitas segundo Hartman e Lago (1973).

Finalizando o procedimento, o solvente foi evaporado em corrente de nitrogênio. Posteriormente a amostra foi rediluída em hexano e injetada no cromatógrafo a gás, com as seguintes condições de operação: injeção “split”, razão de 50:1, temperatura de coluna 150°C por 15 minutos, programada até 210°C em uma razão de 3°C por minuto. O nitrogênio foi

utilizado como gás de arraste em uma vazão de 1,5 mL por minuto. O gás “make-up” foi o nitrogênio a 30 mL por minuto. A temperatura do injetor de 250°C e do detector de 280°C.

A composição qualitativa foi determinada por comparação dos tempos de retenção dos picos com os dos respectivos padrões de ésteres de ácidos graxos. A determinação quantitativa foi realizada por normalização de área, sendo expressa como porcentagem em massa.

Foram utilizados padrões externos de ésteres de ácidos graxos, sendo um padrão completo de ácidos graxos com descrição “F.A.M.E. Mix C4-C24” da marca Supelco®, e outro apenas de DHA, com descrição “cis-4, 7, 10, 13, 16, 19 – Docosahexanoic Acid Ethyl Ester” da marca Sigma®.

Juntamente com a análise dos ácidos graxos, realizou-se a determinação por gravimetria dos lípides totais de cada amostra (BLIGH; DYER, 1959; FOLCH; LEES; STANLEY, 1957).

### 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística dos resultados, empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento, utilizando-se dos procedimentos de análise de variância descritos por Snedecor e Cochran (1967).

O teste de Tukey foi aplicado para o contraste entre médias.

A análise estatística foi possível mediante a utilização do “software *Statistical Analysis System*” (SAS, 1985).

## 4 RESULTADOS

Todos os resultados obtidos na presente pesquisa para cada um dos parâmetros criteriosamente analisados encontram-se descritos a seguir.

### 4.1 QUALIDADE EXTERNA DOS OVOS

Os parâmetros médios que expressam a qualidade externa dos ovos, ou seja, gravidade específica, espessura da casca (mm) e peso da casca (g e %), assim como seus respectivos erros da média, conforme os tratamentos estudados, estão apresentados na tabela 5.

Na tabela 6 está expressa a análise de variância dos valores de gravidade específica, espessura da casca e peso da casca mostrando as diferenças julgadas significativas entre os tratamentos.

Tabela 5 – Valores médios de gravidade específica, espessura e peso da casca e seus respectivos erros da média, de acordo com os tratamentos – São Paulo – 2004

TRAT	GRAVIDADE ESPECÍFICA	ESPESSURA DA CASCA (mm)	PESO DA CASCA	
			g	%
CON	1,085 <sup>ab*</sup> ±0,0004	39,33 <sup>a</sup> ±0,65	5,98 <sup>a</sup> ±0,17	9,03 <sup>a</sup> ±0,19
AL	1,085 <sup>ab</sup> ±0,0006	38,75 <sup>a</sup> ±0,62	5,77 <sup>a</sup> ±0,11	9,14 <sup>a</sup> ±0,13
SA	1,085 <sup>ab</sup> ±0,0011	38,61 <sup>a</sup> ±0,64	5,86 <sup>a</sup> ±0,16	9,32 <sup>a</sup> ±0,18
A/S	1,084 <sup>ab</sup> ±0,0008	37,83 <sup>a</sup> ±0,71	5,74 <sup>a</sup> ±0,18	8,92 <sup>a</sup> ±0,18
AL+SA	1,087 <sup>a</sup> ±0,0014	39,28 <sup>a</sup> ±0,71	6,10 <sup>a</sup> ±0,19	9,17 <sup>a</sup> ±0,21
AL+A/S	1,082 <sup>b</sup> ±0,0013	36,69 <sup>a</sup> ±0,87	5,46 <sup>a</sup> ±0,19	8,79 <sup>a</sup> ±0,21
SA+A/S	1,082 <sup>b</sup> ±0,0016	38,39 <sup>a</sup> ±0,13	5,66 <sup>a</sup> ±0,15	8,78 <sup>a</sup> ±0,23

\* Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Tabela 6 – Análise de variância dos valores que expressam a qualidade externa dos ovos, de acordo com os tratamentos estudados – São Paulo – 2004

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L.	VALORES DE F			
		GRAVIDADE ESPECÍFICA	ESPESSURA DA CASCA (mm)	PESO DA CASCA	
				g	%
Tratamentos	6	2,72*	1,39 <sup>ns</sup>	1,59 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>
Resíduo	77	-	-	-	-
Total	83	-	-	-	-

\* Significativo ao nível de 5%

<sup>ns</sup> Não Significativo



#### 4.1.1 Gravidade específica

A análise de variância para este parâmetro revelou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos estudados.

A adição de óleo de atum e sardinha (A/S) à dieta, associado ou não às outras fontes de PUFA n-3 (AL ou SA) determinou os menores valores de gravidade específica do ovo (1,082), não diferindo, entretanto, do grupo controle (1,085), tabela.5. Por outro lado, o óleo de salmão associado à mistura de algas (AL+SA) resultou na média mais elevada de gravidade específica (1,087), enquanto que, isoladamente, ambos mostraram-se idênticos ao controle. Os demais contrastes efetuados não resultaram em diferenças significativas.

#### 4.1.2 Espessura da casca

Não foram verificadas diferenças significativas entre os valores médios de espessura da casca dos ovos produzidos pelas aves dos sete tratamentos estudados no presente experimento. Os valores extremos foram observados para os tratamentos CON (39,33 mm) e AL+A/S (36,69 mm), tabela 5.

### 4.1.3 Peso da casca

A análise de variância para este parâmetro não denotou diferenças significativas entre os tratamentos estudados, tanto em termos absolutos, como em porcentagem do peso do ovo, entre os grupos experimentais (Tabela 6).

O peso da casca mostrou-se mais elevado (6,10 g) para as aves que receberam suplementação de mistura de algas e óleo de salmão (AL+SA) na dieta, e mais baixo (5,46 g) para o tratamento AL+A/S (Tabela 5).

Quando expressa como percentual do peso do ovo, o intervalo obtido para este parâmetro foi de 8,78% (SA+A/S) a 9,32% (SA), conforme tabela 5.

## 4.2 QUALIDADE INTERNA DOS OVOS

Os valores médios que expressam a qualidade interna dos ovos, como pigmentação da gema e qualidade do albume, esta última avaliada em unidades Haugh, assim como seus respectivos erros da média, conforme os tratamentos estudados, estão explicitados na tabela 7.

A análise de variância aplicada aos valores de colorimetria encontra-se na tabela 8, enquanto aqueles referentes a unidades Haugh estão dispostos na tabela 9.

Tabela 7 – Valores médios de colorimetria e unidades Haugh e seus respectivos erros da média, de acordo com os tratamentos – São Paulo – 2004

TRAT	COLORIMETRIA	UNIDADES HAUGH (%)
CON	6,56 <sup>ab*</sup> ±0,20	85,80 <sup>a</sup> ±1,86
AL	7,56 <sup>a</sup> ±0,15	85,39 <sup>a</sup> ±1,42
SA	7,22 <sup>ab</sup> ±0,15	88,55 <sup>a</sup> ±1,05
A/S	6,67 <sup>ab</sup> ±0,27	85,58 <sup>a</sup> ±1,92
AL+SA	6,33 <sup>b</sup> ±0,30	87,92 <sup>a</sup> ±1,28
AL+A/S	7,11 <sup>ab</sup> ±0,26	91,14 <sup>a</sup> ±1,07
SA+A/S	6,33 <sup>b</sup> ±0,26	88,31 <sup>a</sup> ±1,85

\* Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Tabela 8 – Análise de variância dos valores de colorimetria pertencentes a qualidade interna dos ovos, de acordo com os tratamentos estudados – São Paulo – 2004

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L.	VALORES DE F
		COLORIMETRIA
Tratamentos	6	4,13**
Resíduo	56	-
Total	62	-

\*\* Significativo ao nível de 1%

Tabela 9 – Análise de variância dos valores de unidades Haugh pertencentes a qualidade interna dos ovos, de acordo com os tratamentos estudados – São Paulo – 2004

FONTES DE VARIÇÃO	G.L.	VALORES DE F
		UNIDADES HAUGH (%)
Tratamentos	6	1,86 <sup>ns</sup>
Resíduo	77	-
Total	83	-

<sup>ns</sup> Não Significativo

#### 4.2.1 Colorimetria

A análise de variância revelou diferenças significativas entre tratamentos (Tabela 8). Assim, as médias mais elevadas de pigmentação da gema foram obtidas para as aves alimentadas com rações suplementadas com mistura de algas (7,56) e óleo de salmão (7,22). Apenas a média do grupo AL foi julgada significativamente diferente dos grupos AL+SA e SA+A/S que apresentaram as gemas menos pigmentadas (6,33). Por sua vez, não foram evidenciadas diferenças significativas nos cotejos estabelecidos entre as médias obtidas nos tratamentos acrescidos de fontes marinhas e o grupo controle (6,56), conforme tabela 7.

#### 4.2.2 Unidades Haugh

O maior percentual de unidades Haugh (91,14%) foi observado com a adição conjunta de alga e óleo de atum e sardinha (AL+A/S) à dieta das aves. No entanto, nenhum dos contrastes efetuados entre tratamentos revelou significado estatístico (Tabela 9).

### 4.3 ÁCIDOS GRAXOS NA GEMA DO OVO

Os valores percentuais referentes à composição dos ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados da gema do ovo, bem como as relações n-6/n-3, total de PUFA's n-6 e n-3 e relação de poliinsaturados / saturados (P/S), nos diferentes tratamentos estudados, são mostrados na tabela 10. A análise de variância referente a estes valores está apresentada na tabela 11.

Os valores percentuais dos principais ácidos graxos componentes da gema, de acordo com os tratamentos, são evidenciados na tabela 12, enquanto, na tabela 13, encontra-se a análise de variância destes dados.

Na seqüência a tabela 14 apresenta os valores médios de DHA nos ovos, o consumo médio diário deste ácido graxo e de ração pelas aves, além das taxas de incorporação do DHA na gema.

Tabela 10 – Grupos de ácidos graxos (% dos lípides totais) presentes na gema do ovo e suas relações, de acordo com os tratamentos estudados – São Paulo – 2004

ÁCIDOS GRAXOS	TRATAMENTOS						
	CON	AL	SA	A/S	AL + SA	AL + A/S	SA + A/S
Saturados (%)	33,04 <sup>a</sup> ±0,58	34,25 <sup>a</sup> ±0,45	34,26 <sup>a</sup> ±0,29	34,64 <sup>a</sup> ±0,16	32,75 <sup>a</sup> ±0,45	33,71 <sup>a</sup> ±0,58	33,30 <sup>a</sup> ±0,77
Monoinsaturados (%)	45,34 <sup>a</sup> ±1,27	44,33 <sup>a</sup> ±0,99	45,13 <sup>a</sup> ±0,77	45,15 <sup>a</sup> ±0,38	45,69 <sup>a</sup> ±0,16	45,28 <sup>a</sup> ±0,46	46,13 <sup>a</sup> ±0,58
Poliinsaturados (%)	21,62 <sup>a</sup> ±1,20	21,42 <sup>a</sup> ±0,53	20,61 <sup>a</sup> ±0,50	20,21 <sup>a</sup> ±0,41	21,56 <sup>a</sup> ±0,97	21,01 <sup>a</sup> ±0,20	20,56 <sup>a</sup> ±0,95
PUFAs n-3 (%)	0,70 <sup>d</sup> ±0,10	1,68 <sup>bc</sup> ±0,09	2,12 <sup>ab</sup> ±0,05	2,20 <sup>a</sup> ±0,01	1,58 <sup>c</sup> ±0,13	1,86 <sup>abc</sup> ±0,11	1,87 <sup>abc</sup> ±0,16
PUFAs n-6 (%)	20,06 <sup>a</sup> ±1,06	19,05 <sup>a</sup> ±0,40	18,10 <sup>a</sup> ±0,42	17,66 <sup>a</sup> ±0,41	19,52 <sup>a</sup> ±0,85	18,65 <sup>a</sup> ±0,34	18,35 <sup>a</sup> ±0,90
Relação P/S	0,65 <sup>a</sup> ±0,04	0,62 <sup>a</sup> ±0,01	0,60 <sup>a</sup> ±0,01	0,58 <sup>a</sup> ±0,01	0,66 <sup>a</sup> ±0,03	0,62 <sup>a</sup> ±0,015	0,60 <sup>a</sup> ±0,04
Relação n6/n3	29,41 <sup>a</sup> ±3,01	11,37 <sup>b</sup> ±0,38	8,54 <sup>b</sup> ±0,11	8,02 <sup>b</sup> ±0,17	12,47 <sup>b</sup> ±0,68	10,09 <sup>b</sup> ±0,75	9,97 <sup>b</sup> ±0,97
Peso da Gema (g)	16,58 <sup>b</sup> ±0,41	17,82 <sup>ab</sup> ±0,26	17,09 <sup>ab</sup> ±0,24	16,72 <sup>ab</sup> ±0,25	18,09 <sup>a</sup> ±0,49	17,02 <sup>ab</sup> ±0,31	17,22 <sup>ab</sup> ±0,42
Lípides Totais (%)	31,76	32,53	30,38	32,52	32,65	31,99	33,08

\* Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Tabela 11 – Análise de variância dos grupos de ácidos graxos e relações P/S e n-6/n-3 da gema, de acordo com os tratamentos estudados  
 – São Paulo – 2004

FONTES DE VARIÇÃO	G.L.	VALORES DE F						
		SATURADOS	MONOINSAT.	PUFAs	PUFAs n-3	PUFA n-6	RELAÇÃO P/S	RELAÇÃO n-6/n-3
Tratamentos	6	1,96 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	23,92**	1,48 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	34,79**
Resíduo	14	-	-	-	-	-	-	-
Total	20	-	-	-	-	-	-	-

\*\* Significativo ao nível de 1%

<sup>ns</sup> Não Significativo

Tabela 12 – Perfil dos principais ácidos graxos (% dos ácidos graxos totais) presentes na gema do ovo (% dos lípidos totais), de acordo com os tratamentos estudados – São Paulo – 2004

ÁCIDOS GRAXOS (% dos lípidos totais)	TRATAMENTOS						
	CON	AL	SA	A/S	AL + SA	AL + A/S	SA + A/S
Mirístico (C14:0)	0,297 <sup>d*</sup> ±0,006	0,380 <sup>abc</sup> ±0,014	0,348 <sup>cd</sup> ±0,023	0,434 <sup>a</sup> ±0,006	0,373 <sup>bc</sup> ±0,003	0,410 <sup>ab</sup> ±0,009	0,372 <sup>bc</sup> ±0,003
Palmitico (C16:0)	24,119 <sup>a</sup> ±0,380	24,903 <sup>a</sup> ±0,550	24,834 <sup>a</sup> ±0,400	24,959 <sup>a</sup> ±0,310	24,378 <sup>a</sup> ±0,410	24,702 <sup>a</sup> ±0,350	24,410 <sup>a</sup> ±0,470
Estearico (C18:0)	8,413 <sup>a</sup> ±0,260	8,776 <sup>a</sup> ±0,140	8,827 <sup>a</sup> ±0,120	8,946 <sup>a</sup> ±0,260	7,815 <sup>a</sup> ±0,170	8,340 <sup>a</sup> ±0,240	8,224 <sup>a</sup> ±0,390
Palmitoléico (C16:1)	1,921 <sup>a</sup> ±0,190	1,975 <sup>a</sup> ±0,120	2,246 <sup>a</sup> ±0,170	2,460 <sup>a</sup> ±0,110	2,125 <sup>a</sup> ±0,090	2,361 <sup>a</sup> ±0,040	2,474 <sup>a</sup> ±0,050
Oléico (C18:1)	43,145 <sup>a</sup> ±1,430	42,106 <sup>a</sup> ±1,080	42,625 <sup>a</sup> ±0,950	42,412 <sup>a</sup> ±0,330	43,325 <sup>a</sup> ±1,120	42,667 <sup>a</sup> ±0,040	43,291 <sup>a</sup> ±0,580
Linoléico (C18:2)	18,011 <sup>a</sup> ±0,900	17,309 <sup>a</sup> ±0,330	16,538 <sup>a</sup> ±0,370	16,185 <sup>a</sup> ±0,380	18,114 <sup>a</sup> ±0,760	17,105 <sup>a</sup> ±0,380	16,676 <sup>a</sup> ±0,690
Linolênico (C18:3)	0,124 <sup>a</sup> ±0,008	0,126 <sup>a</sup> ±0,007	0,096 <sup>a</sup> ±0,003	0,097 <sup>a</sup> ±0,008	0,098 <sup>a</sup> ±0,002	0,094 <sup>a</sup> ±0,006	0,092 <sup>a</sup> ±0,013
Araquidônico (C20:4)	1,692 <sup>a</sup> ±0,150	1,382 <sup>ab</sup> ±0,060	1,090 <sup>b</sup> ±0,060	1,091 <sup>b</sup> ±0,030	0,984 <sup>b</sup> ±0,070	1,160 <sup>b</sup> ±0,070	1,072 <sup>b</sup> ±0,140
EPA (C20:5)	0 <sup>b</sup> ±0,000	0 <sup>b</sup> ±0,000	0,119 <sup>a</sup> ±0,0110	0,139 <sup>a</sup> ±0,003	0,048 <sup>ab</sup> ±0,024	0,100 <sup>ab</sup> ±0,015	0,151 <sup>a</sup> ±0,050
DHA (C22:6)	0,577 <sup>c</sup> ±0,098	1,556 <sup>ab</sup> ±0,084	1,905 <sup>a</sup> ±0,040	1,965 <sup>a</sup> ±0,023	1,433 <sup>b</sup> ±0,104	1,670 <sup>ab</sup> ±0,125	1,622 <sup>ab</sup> ±0,126

\* Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)



Tabela 13 – Análise de variância dos teores de ácidos graxos da gema, de acordo com os tratamentos estudados – São Paulo – 2004

FONTES DE VARIÇÃO	G.L.	VALORES DE F									
		C 14:0	C 16:0	C 16:1	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3	C 20:4	C 20:5 (EPA)	C 22:6 (DHA)
Tratamentos	6	14,77**	0,58 <sup>ns</sup>	3,42*	2,72 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	3,75*	7,10**	8,23**	24,37**
Resíduo	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Significativo ao nível de 5%

\*\* Significativo ao nível de 1%

<sup>ns</sup> Não Significativo

#### 4.3.1 Ácidos graxos saturados

No que se refere ao total de ácidos graxos saturados nenhuma alteração significativa foi observada entre os tratamentos estudados (Tabelas 10 e 11).

Dentre os principais ácidos graxos saturados individualmente analisados (Figura 12), apenas o mirístico apresentou diferenças estatisticamente significativas entre tratamentos (Tabela 13), tendo seu valor mais alto (0,43%) obtido para o tratamento A/S, estatisticamente diferente dos grupos AL + SA, SA + A/S, SA e CON. O grupo controle apresentou o valor mais reduzido (0,30%), diferente estatisticamente de todos os demais, com exceção do cotejo realizado com o grupo SA. O grupo SA mostrou-se estatisticamente diferente, também, em relação ao tratamento AL + A/S, e este, por sua vez, promoveu resultados diferentes, ainda, quando comparado aos grupos AL + SA e SA + A/S.

Os ácidos palmítico e esteárico não apresentaram variações significativas entre os tratamentos estudados, pela análise de variância (Tabela 13).

#### 4.3.2 Ácidos graxos monoinsaturados

Os ácidos graxos monoinsaturados, considerados em sua totalidade, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos experimentais (Tabelas 10 e 11).

De maneira similar, quando analisados individualmente (Tabela 12), tanto o ácido palmitoléico, quanto o oléico, não demonstraram qualquer diferença estatística entre

tratamentos (Tabela 13). As médias de ácido palmitoléico variaram de 1,92% (CON) a 2,47% (SA+A/S) e as de ácido oléico, entre 42,11% (AL) e 43,32% (AL+SA) na gema do ovo.

#### 4.3.3 Ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs)

Os valores de ácidos graxos poliinsaturados totais na gema do ovo (Tabela 10), não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos pela análise de variância (Tabela 11). As médias auferidas oscilaram entre 20,21% (A/S) e 21,62% (CON).

##### 4.3.3.1 Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (PUFAs n-3)

Dentre os PUFAs totais da gema, aqueles da série ômega-3 demonstraram diferenças altamente significativas entre tratamentos (Tabela 11). O grupo CON apresentou valor médio (0,70%) significativamente menor que os demais. As aves alimentadas com rações suplementadas com óleo de atum e sardinha (A/S), revelaram a maior média (2,20%) de PUFA n-3 na gema do ovo, estatisticamente diferente dos grupos que receberam apenas mistura de algas – AL – (1,68%) e mistura de alga e óleo de salmão – AL+SA – (1,58%). Este último grupo diferiu significativamente também em relação ao grupo de aves alimentado com apenas óleo de salmão – SA – (2,12%).

A figura 1 ilustra graficamente as discrepâncias entre os valores médios dos ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-3.

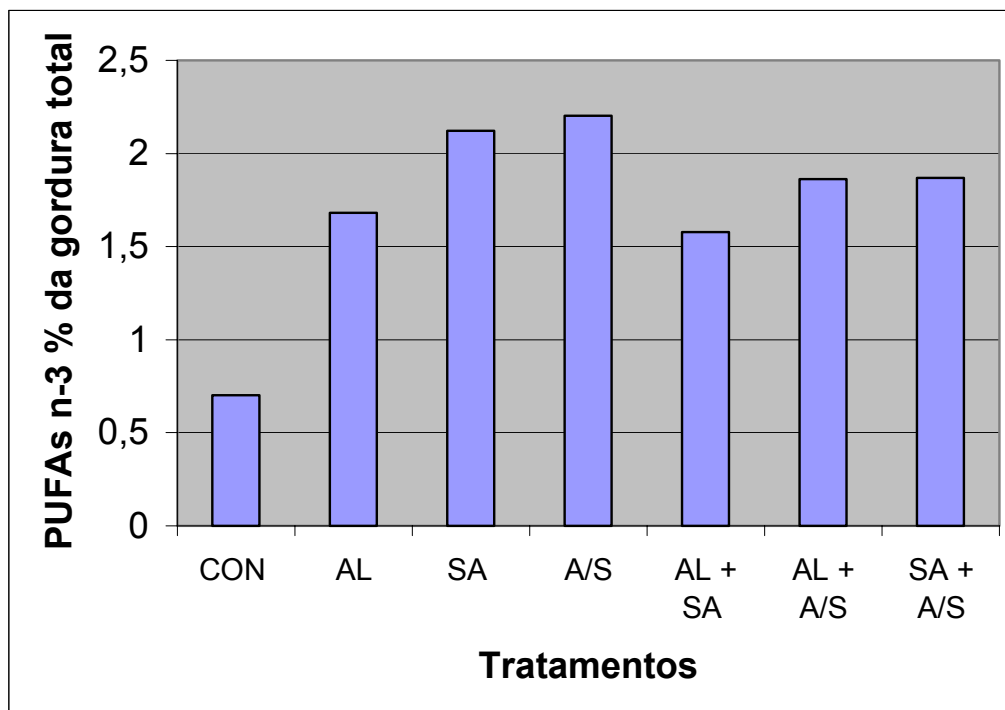


Figura 1 – Teores de PUFAs n-3 (EPA + DHA) na gema do ovo, de acordo com os tratamentos estudados

Quando estes PUFAs n-3 foram estudados separadamente, tanto o EPA como o DHA, apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre tratamentos (Tabela 12).

O EPA não foi encontrado nas gemas dos ovos dos grupos CON e AL (0,00%), que diferiram significativamente dos tratamentos SA (0,12%), A/S (0,14%) e SA + A/S (0,15%). As galinhas alimentadas com mistura de algas (AL) associada ao óleo de salmão (AL+SA) ou ao óleo de atum e sardinha (AL+A/S) mostraram valores intermediários de EPA nos ovos, não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. A figura 2 ilustra graficamente a variação deste ácido graxo nos diferentes grupos.

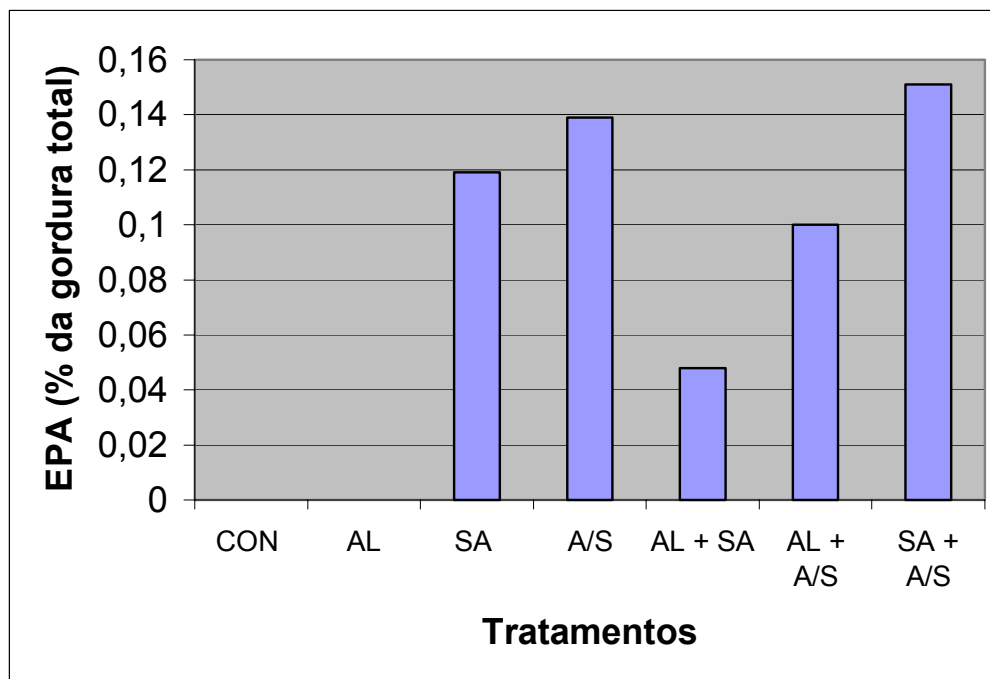


Figura 2 – Valores médios do ácido graxo EPA na gema do ovo, de acordo com os tratamentos estudados

A menor média de DHA na gema foi obtida nos ovos do tratamento CON (0,58%), diferindo estatisticamente das médias auferidas nos demais grupos experimentais. Os mais elevados teores de DHA foram obtidos para as aves que receberam óleo de salmão (SA) – 1,90% - e óleo de atum e sardinha (A/S) - 1,96% - distintos estatisticamente do grupo suplementado com mistura de algas e óleo de salmão - AL + SA - (1,43%). A figura 3, que expressa graficamente os valores médios do ácido graxo ômega-3 DHA, permite verificar os dados mencionados.

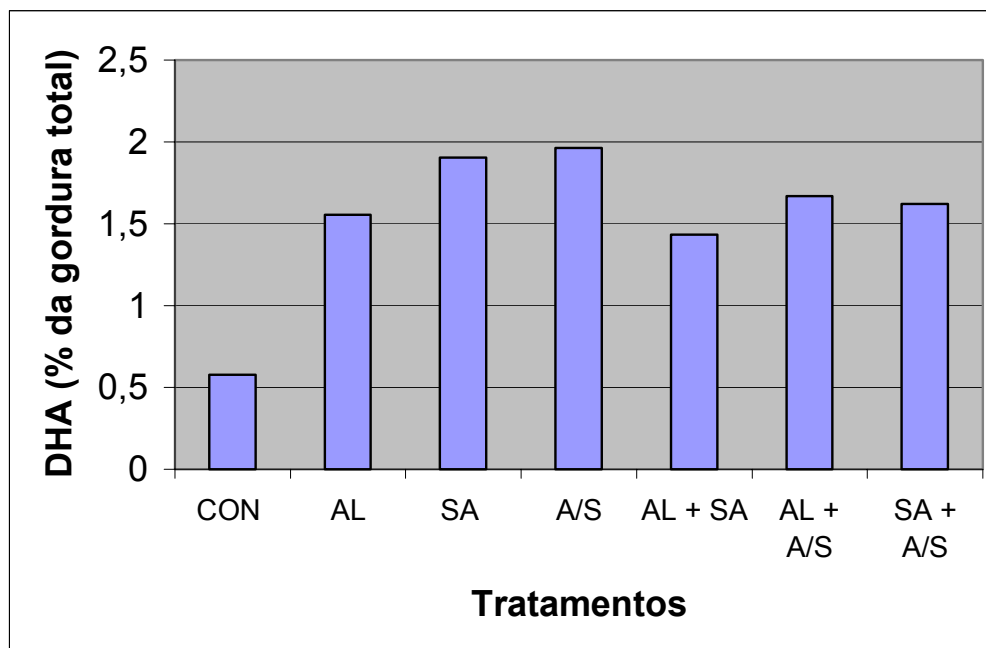


Figura 3 – Valores médios do ácido graxo DHA na gema do ovo, de acordo com os tratamentos estudados

Os percentuais do ácido docosapentaenóico (DPA) foram sempre muito próximos de zero em todos os cromatogramas processados, não permitindo leitura precisa desses valores, e não sendo então computados como parte dos PUFAs n-3.

A análise de variância para o total de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (Tabela 11) revelou diferença significativa ( $p \leq 0,01$ ) entre os tratamentos analisados. Esta mesma análise realizada individualmente entre os principais ácidos graxos PUFAs n-3 (Tabela 13) demonstrou as seguintes diferenças significativas: ( $p \leq 0,05$ ) para o ácido graxo linolênico, ( $p \leq 0,01$ ) para EPA, e ( $p \leq 0,01$ ) para DHA.

Quanto à taxa de incorporação de DHA na gema do ovo, que leva em consideração o percentual deste ácido graxo ingerido que foi transferido para os ovos, os valores médios situaram-se entre 76,44 e 91,54% (Tabela 14).

Para o ácido graxo EPA as taxas de incorporação obtidas no presente estudo foram de 6,97% (SA), 4,33% (A/S), 6,11% (AL+SA), 6,65% (AL+A/S) e 6,98 (AS+A/S).

Tabela 14 – Valores médios de DHA no ovo (mg), consumo médio diário de ração (g) e DHA (mg), e taxa de incorporação na gema (%), de acordo com os tratamentos estudados – São Paulo – 2004

DHA	AL	SA	A/S	AL + SA	AL + A/S	SA + A/S
DHA no Ovo	90,20 <sup>a</sup>	98,90 <sup>a</sup>	106,80 <sup>a</sup>	84,60 <sup>a</sup>	90,90 <sup>a</sup>	92,40 <sup>a</sup>
Consumo de Ração	101,89 <sup>a</sup>	99,63 <sup>a</sup>	100,90 <sup>a</sup>	103,01 <sup>a</sup>	101,17 <sup>a</sup>	100,97 <sup>a</sup>
Consumo de DHA	98,84 <sup>d</sup>	129,52 <sup>a</sup>	117,04 <sup>b</sup>	106,10 <sup>c</sup>	106,23 <sup>c</sup>	118,13 <sup>b</sup>
Incorporação de DHA na gema	91,40 <sup>a</sup>	76,44 <sup>c</sup>	91,54 <sup>a</sup>	80,24 <sup>c</sup>	85,62 <sup>b</sup>	78,35 <sup>c</sup>

\* Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Os mais elevados percentuais de incorporação de DHA foram consignados nos ovos dos grupos de aves alimentados com mistura de algas (AL) e com óleo de atum e sardinha (A/S), médias estas que diferiram significativamente das demais. A menor taxa foi assinalada para as aves que receberam óleo de salmão na dieta. Os maiores consumos de DHA (SA e SA + A/S) proporcionaram as menores taxas de incorporação, respectivamente 76,44% e 78,35% (Tabela 14).

#### 4.3.3.2 Ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 (PUFAs n-6)

Os percentuais totais de PUFAs n-6 não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes tratamentos estudados (Tabelas 10 e 11).

A análise individual dos ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-6 (Tabela 12) não demonstrou nenhuma diferença estatística entre os grupos experimentais. As médias de

linoléico mostraram-se muito próximas oscilando entre o mínimo de 16,18% (A/S) e o máximo de 18,11% (AL+SA), conforme a tabela 12. Em contrapartida, o ácido araquidônico apresentou no grupo CON o valor mais elevado (1,69%), diferindo significativamente de todos os demais tratamentos, à exceção do AL (1,38%).

Os percentuais do ácido gama-linolênico foram sempre muito reduzidos em todos os cromatogramas analisados, não permitindo leitura precisa desses valores, e não sendo então computados como PUFAs n-6.

#### 4.3.3.3 Relação ácidos graxos poliinsaturados/saturados (P/S)

Os valores médios da relação P/S não apresentaram nenhuma diferença significativa entre tratamentos (Tabelas 10 e 11). A relação mais estreita ocorreu no grupo AL+SA (0,66) enquanto, a mais larga teve lugar no tratamento A/S (0,58).

#### 4.3.3.4 Relação ácidos graxos poliinsaturados n-6/n-3

A análise de variância (Tabela 11) revelou diferenças julgadas altamente significativas nas relações n-6/n-3 entre os tratamentos estudados. A média mais elevada desta relação entre ômega-6 e ômega-3 foi observada no grupo controle (29,41) cujas diferenças em relação aos demais tratamentos mostraram-se significativas (Tabela 10).



## 5 DISCUSSÃO

Na seqüência todos os dados obtidos na presente pesquisa são analisados frente ao mencionado na literatura.

### 5.1 QUALIDADE EXTERNA DOS OVOS

A incorporação das diferentes fontes de PUFAs n-3 à ração basal (CON) das aves não resultou em efeito significativo sobre os três parâmetros de qualidade externa dos ovos estudados. No relativo à gravidade específica, os resultados observados na presente pesquisa concordam com as observações de Mendonça Júnior et al. (2000) que não assinalaram qualquer influência da adição de até 4% de óleo de peixe sobre este parâmetro. A inclusão de alga à ração também proporcionou gravidade específica de mesma magnitude que o grupo controle, concordando com Ross e Dominy (1990), que não reportaram alterações significativas em ovos produzidos por aves que tiveram alga adicionada à dieta.

No referente aos parâmetros de espessura e peso da casca, como demonstrado anteriormente por Mendonça Júnior et al. (2000) e Ross e Dominy (1990), os resultados aqui assinalados não revelaram diferenças significativas entre os tratamentos pela inclusão de fontes marinhas (óleos de salmão e de sardinha/atum e de alga marinha) de PUFAs n-3 à dieta.

Este fato evidencia não comprometimento na qualidade da casca dos ovos produzidos por aves alimentadas com rações enriquecidas com fontes marinhas de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa.

## 5.2 QUALIDADE INTERNA DOS OVOS

Dentre os parâmetros de qualidade interna dos ovos estudados, apenas a análise colorimétrica apresentou diferenças significativas entre tratamentos.

A adição de mistura de algas à ração das poedeiras determinou a melhor média de pigmentação da gema, não diferindo, entretanto, do grupo controle. Tais resultados estão em concordância com o descrito por Bem-Amortz et al. (1986), Herber e Van Elswyk (1998) e Ross e Dominy (1990).

Porém, apesar de o maior resultado obtido estar em concordância com a literatura, os menores resultados encontrados divergem do esperado visto que, dentre os dois menores valores obtidos para esse parâmetro encontra-se a associação de alga e óleo de salmão que, por apresentar alga em sua constituição, não deveria estar entre os menores valores observados na escala colorimétrica. Uma possível explicação para o ocorrido seria a subjetividade do próprio método que utiliza comparação de padrões de cores no estabelecimento de valores de pigmentação da gema.

Nenhuma alteração significativa foi denotada no parâmetro unidade Haugh dentre todos os tratamentos analisados na presente pesquisa, o que concorda com os achados de Cherian et al. (1996) e Mendonça Jr. et al. (2000). Estes últimos, ao adicionarem 3,5% de óleo de savelha à ração das aves, não assinalaram qualquer efeito sobre a altura do albume de ovos

frescos, da mesma forma que Hulan (1988), ao adicionar 12% de farinha de arenque à ração das aves.

Ahn et al. (1995), também em concordância com este estudo, não observaram qualquer alteração significativa nos resultados de unidades Haugh em ovos com teores elevados de PUFAs n-3 quando comparados com ovos convencionais.

Os resultados aqui obtidos evidenciam o não comprometimento da qualidade do albume, evidenciada por possíveis alterações em sua viscosidade, com a adição de fontes marinhas de PUFAs n-3 na ração das aves estudadas.

### 5.3 ÁCIDOS GRAXOS NA GEMA DO OVO

A presente pesquisa comprova estudos anteriores (HARGIS; VAN ELSWYK, 1991; LI-CHAN et al., 1995; SIMOPOULOS, 2000) que atestam as dificuldades de se alterar as proporções de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados da gema do ovo mediante alteração dos lípides dietéticos. A relação aproximada de respectivamente 3,5 : 4,5 : 2,0 permaneceu constante em todos os tratamentos estudados (Tabela 10), não sendo assinaladas diferenças significativas entre eles, pela análise de variância (Tabela 11).

#### 5.3.1 Ácidos graxos saturados

A suplementação das fontes marinhas de PUFAs n-3 à ração das galinhas não promoveu alterações significativas nos teores totais de ácidos graxos saturados dos ovos, o

que entra em acordo com o citado por Herber e Van Elswyk (1996), Li-Chan et al. (1995) e Simopoulos (2000). Tais autores, entretanto, fazem menção apenas aos ácidos esteárico e palmítico entre os saturados, já a presente pesquisa analisou o ácido graxo mirístico, sendo justamente este o único dos saturados que apresentou alteração significativa pela incorporação da maioria das fontes de ácidos graxos à dieta. Apenas a suplementação de óleo de salmão (SA) à ração das aves não resultou em elevação significativa de ácido mirístico na gema, em comparação ao grupo controle. Esta evidência pode ser explicada, em parte, pelo baixo teor deste ácido graxo no óleo de salmão.

### 5.3.2 Ácidos graxos monoinsaturados

Em concordância com o descrito por Hargis e Van Elswyk (1993) e Herber e Van Elswyk (1996) a presente pesquisa não encontrou qualquer alteração significativa nos ácidos graxos monoinsaturados da gema dos ovos (seja em sua totalidade, ou quando analisados individualmente) em decorrência das diferentes fontes de ácidos graxos testadas.

Os altos teores de ácidos graxos ômega-3 introduzidos nas dietas experimentais parecem não agir nos teores dos monoinsaturados incorporados na gema, mantendo-os praticamente fixos.

### 5.3.3 Ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs)

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos analisados no que diz respeito à totalidade dos ácidos graxos poliinsaturados, concordando com os achados de Mori (2001), que não assinalou diferença significativa entre o grupo controle e aquele adicionado de óleo de peixe.

#### 5.3.3.1 Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (PUFAs n-3)

O total de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 da gema foi aumentado de forma significativa pela incorporação das diferentes fontes de PUFAs n-3 à ração das aves em comparação ao grupo controle (CON), constituído de ração basal de milho e soja. Tais resultados estão de acordo com as observações de Hargis e Van Elswyk (1991) de que a gordura dietética não interfere no total de ácidos graxos da gema, alterando em contrapartida os PUFAs n-3. Tanto a adição de alga quanto de óleo de peixe à ração proporcionou incremento significativo nos valores de PUFAs n-3 na gema dos ovos. Estas fontes marinhas utilizadas para o enriquecimento das rações são conhecidas por sua grande quantidade de ácidos graxos ômega-3, como já anteriormente mencionado, sendo evidenciada nesta pesquisa a sua capacidade de transferência desses ácidos graxos desde a dieta das aves até a gema dos ovos, enriquecendo-os de maneira natural e proporcionando, assim, fonte acessível de PUFAs n-3 para a população.

Segundo Simopoulos, Leaf e Salem (1999), a ingestão diária adequada em DHA para um adulto, submetido a dieta de 2.000 kcal, é de 200 mg. Dessa forma, o consumo diário de

dois ovos produzidos por aves alimentadas com fontes marinhas de PUFA $\omega$ -3 forneceria valores bem próximos, e até mesmo superiores (A/S), do DHA necessário diariamente (Tabela 15).

Tabela 15 – Comparação dos valores médios de DHA nos ovos (mg) e as necessidades diárias (mg), e a porcentagem dos requerimentos obtida com ingestão de 1 ovo – São Paulo – 2004

<b>DHA</b>	CON	AL	SA	A/S	AL + SA	AL + A/S	SA + A/S
Ovo (mg)	30,40	90,20	98,90	106,80	84,60	90,90	92,40
Necessidades diárias (mg)	200	200	200	200	200	200	200
(*) % dos requerimentos obtida com a ingestão de 1 ovo	15,2	45,1	49,45	53,4	42,3	45,45	46,2

(\*) Simopoulos, Leaf e Salem (1999)

O consumo de dois ovos ao dia, em geral, não tem contra-indicações para indivíduos com níveis sanguíneos normais de colesterol (LEWIS et al., 2000). Alguns estudos mostram que esse consumo pode promover pequeno incremento nas taxas de colesterol sanguíneo, mas este aumento parece ocorrer tanto no colesterol HDL (“colesterol bom”) quanto no LDL (“mau colesterol”), resultando na manutenção da relação LDL:HDL, muito importante na prevenção de doenças cardiovasculares (BERTECHINI, 2003).

Conforme sugerido por Briz (1997) o DHA apresentou uma maior incorporação na gema dos ovos de galinhas alimentadas com fontes marinhas de PUFA $\omega$ -3 quando comparado ao EPA. As taxas de incorporação superiores a 75% para DHA e inferiores a 10% para EPA obtidas no presente estudo concordam com o descrito por Herber e Van Elswyk (1996).

### 5.3.3.2 Ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 (PUFAs n-6)

Não foi assinalada alteração significativa no valor total de ácidos graxos poliinsaturados ômega-6, diferindo de Herber e Van Elswyk (1996), que demonstraram redução dos valores de PUFAs n-6 (linoléico + araquidônico) da gema com a adição de alga e óleo de peixe a ração das aves de postura.

Na análise individual dos ácidos graxos deste grupo lipídico foi possível encontrar redução significativa nos valores do ácido araquidônico para todos os tratamentos, com exceção do grupo AL, em relação ao grupo controle (CON).

O ácido linoléico não apresentou qualquer alteração significativa no presente estudo.

### 5.3.3.3 Relação ácidos graxos poliinsaturados : saturados (P/S)

Nenhuma diferença significativa foi verificada entre os tratamentos estudados no referente à relação P/S, o que está de acordo com o demonstrado por Mori (2001) ao não verificar alteração na relação P/S da gema dos ovos produzidos por aves com a adição de 2% de óleo de peixe à sua ração. Como já citado anteriormente, os ácidos graxos saturados parecem permanecer praticamente inalterados na gema dos ovos, mesmo com a adição de fontes de PUFAs n-3 na dieta das aves (HERBER; VAN ELSWYK, 1996; LI-CHAN et al., 1995; SIMOPOULOS, 2000), e como também a totalidade de ácidos graxos poliinsaturados parece não sofrer alterações com estes enriquecimentos na dieta das aves (MORI, 2001), fica óbvia a não variação dos valores da relação destes dois tipos de ácidos graxos.

#### 5.3.3.4 Relação ácidos graxos poliinsaturados n-6/n-3

Herber e Van Elswyk (1996) demonstraram que a adição de alga e de óleo de peixe a ração de aves de postura ocasiona tanto redução dos ácidos graxos poliinsaturados ômega-6, quanto aumento dos ômega-3 na gema do ovo. Estes resultados proporcionam, matematicamente, menor valor para a relação n-6/n-3. Isto concorda, portanto, com os valores obtidos no presente estudo, no qual todos os tratamentos com adição de fontes de PUFAs n-3 na dieta das aves apresentaram valores de relação n-6/n-3 na gema, significativamente inferiores àqueles obtidos no grupo controle (CON).



## 6 CONCLUSÕES

Nas condições da presente pesquisa, analisando os resultados obtidos, é possível chegar às conclusões descritas abaixo.

- A suplementação de fontes marinhas de PUFAs n-3 às dietas das poedeiras não resultou em benefícios para a qualidade externa e interna dos ovos produzidos.
- A relação entre os lípides saturados : monoinsaturados : poliinsaturados da gema, obtida no presente estudo (3,5 : 4,5 : 2,0), manteve-se constante mesmo com a adição de fontes de PUFAs n-3 na ração das aves, não sendo observadas diferenças significativas entre tratamentos, para estes grupos de gorduras.
- Dentre as fontes de PUFAs n-3 utilizadas, os óleos de salmão e de atum e sardinha mostraram-se os mais efetivos no enriquecimento das gemas em PUFAs n-3, em especial o DHA, embora todos os suplementos tenham proporcionado aumentos significativos destes ácidos graxos no ovo.
- A adição de fontes marinhas de PUFAs n-3 determinaram redução significativa nos valores da relação PUFAs n-6/PUFAs n-3.
- O teor de EPA, não detectado na gema dos ovos produzidos pelas aves do grupo controle e daquele que recebeu mistura de algas, apresentou incremento significativo com a utilização dos óleos de peixes, tanto de salmão quanto de atum/sardinha.

- A mistura de algas (AL) e o óleo de atum e sardinha (A/S) proporcionaram os mais elevados percentuais de incorporação de DHA na gema do ovo.
- O consumo de dois ovos enriquecidos com PUFAs n-3 por dia, produzidos pelas aves do presente experimento, atenderia grande parte dos requerimentos diários, destes ácidos graxos, para um homem adulto.

O ovo é um alimento bastante acessível, mesmo para a grande parcela menos favorecida da população, dessa forma seu enriquecimento seria muito interessante, pois ajudaria a elevar o consumo de nutrientes importantes mesmo nas populações mais pobres de nosso país.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. L.; PRATT, D. E.; LIN, J. H.; STADELMAN, W. J. Introduction of omega-3 polyunsaturated fatty acids into eggs. **Poultry Science**, v. 68, p. 166, 1989. Supplement 1.
- AHN, D. U.; SUNWOO, H. H.; WOLFE, F. H.; SIM, J. S. Effects of dietary  $\alpha$ -linolenic acid and strain of hen on the fatty acid composition, storage stability, and flavor characteristics of chicken eggs. **Poultry Science**, v. 74, n. 9, p. 1540-1547, 1995.
- AYERZA R.; COATES, W. Dietary level of CHIA: Influence of yolk cholesterol, lipid content and fatty acid composition for two strains of hens. **Poultry Science**, v. 79, n. 5, p. 724, 1999.
- AYMOND, W. M.; VAN ELSWYK, M. E. Yolk thiobarbituric acid reactive substances and n-3 fatty acids in response to whole and ground flaxseed. **Poultry Science**, v.74, n. 8, p. 1388-1394, 1995.
- BARCLAY, W. R.; MEAGER, K. M.; ABRIL, J. R. Heterotrophic production of long chain omega-3 fatty acids utilizing algae and algae-like microorganisms. **Journal of Applied Phycology**, v. 6, n. 2, p. 123-129, 1994.
- BAUCCELLS, M. D.; CRESPO, N.; BARROETA, A. C.; LÓPEZ-FERRER, S.; GRASHORNT, M. A. Incorporation of different saturated fatty acids into eggs. **Poultry Science**, v. 79, n. 1, p. 51-59, 2000.
- BEN-AMOTZ, A.; EDELSTEIN, S.; AVRON, M. Use of the  $\beta$ -carotene rich alga *Dunaliella bardawil* as a source of retinol. **British Poultry Science**, v. 27, n. 4, p. 613-619, 1986.
- BENDICH, A. Symposium conclusions: biological action of carotenoids. **Journal of Nutrition**, v. 119, n. 1, p. 135-136, 1989.
- BERTECHINI, A. G. Mitos e verdades sobre o ovo de consumo. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TÉCNOLOGIA AVÍCOLAS, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2003, p. 19-26.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

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

CHERIAN, G.; SIM, J. S. Effects of feeding full fat flax and canola seeds on the fatty acid composition of eggs, embryos, and newly hatched eggs. **Poultry Science**, v. 70, n. 4, p. 917-922, 1991.

CHERIAN, G.; WOLFE, E. H.; SIM, J. S. Feeding dietary oil with tocopherols: effect of internal qualities of eggs during storage. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 1, p. 15-18, 1996.

CHOW C. K. **Fatty acids in foods and their health implications**. New York: Marcel Dekker, 1992. 890 p.

CONNOR, W. E.; NEURINGER, M.; REISBICK, S. Essentiality of n-3 fatty acids: evidence from the primate model and implications for human nutrition. **World Review of Nutrition and Dietetics**, v. 66, p. 118-132, 1991.

CRUICKSHANK, E. M. Studies in fat metabolism in the fowl. I. The composition of the egg fat and depot fat of the fowl as affected by the ingestion of large amounts of different fats. **Biochemistry Journal**, v. 28, n. 3, p. 965-977, 1934.

DE FELICE, S.L. The nutraceutical revolution: Its impact on food industry R&D. **Trends in Food Science and Technology**, v. 6, n. 2, p. 59-61, 1995.

FARRELL, D. J. The fortification of hen's eggs with  $\omega$ -3 long chain fatty acids and their effect in humans. In: SIM, J.S; NAKAI, S. **Egg uses and processing technologies: new developments**. Wallingford, Oxon: CAB International, 1994. 436 p.

FARRELL, D. J. The problems and practicalities of producing an Omega (n)-3fortified egg. **World Poultry**, v. 12, n. 2, p. 39-41, 1996.

FARRELL, D. J. UNES'S designer egg. **Poultry Internacional**, v. 32, n. 1, p. 62, May 1993.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G. H. S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 226, n. 1, p. 497-509, 1957.

FRANKEL, E. N. Lipid oxidation: mechanisms, products and biological significance. **The Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 61, n. 12, p. 1908-1917, 1984.

GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LESSON, S. Effect of feeding hens regular or deodorized savelha oil on production parameters, yolk acid profile, and sensory quality of eggs. **Poultry Science**, v. 79, n. 11, p. 1597-1602, 2000.

GRUNDY, S. M. What is the desirable ratio of saturated, polyunsaturated and monounsaturated fatty acids in the diet? **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 66, n. 4, p. 988S-990S, 1997. Supplement.

HAMILTON, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, v. 61, n. 10, p. 2022-2039, 1982.

HARGIS, P. S. Modifying egg yolk cholesterol in the domestic fowl - a review. **World's Poultry Science Journal**, v. 44, n. 1, p. 17-29, 1988.

HARGIS, P. S.; VAN ELSWYK, M. E. Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. **Poultry Science**, v. 70, n. 4, p. 874-883, 1991.

HARGIS, P. S.; VAN ELSWYK, M. E. Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. **World's Poultry Science Journal**, v. 49, n. 3, p. 251-264, 1993.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v. 22, n. 6, p. 475-477, 1973.

HERBER, S. M.; VAN ELSWYK, M. E. Dietary marine algae maintains egg consumer acceptability while enhancing yolk color. **Poultry Science**, v. 77, n. 3, p. 493-496, 1998.

HERBER, S. M.; VAN ELSWYK, M. E. Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. **Poultry Science**, v. 75, n. 12, p. 1501-1507, 1996.

HOWE, P. R. C.; DOWNING, J. A.; GRENYER, B. F. S.; GRIGINIS-DEANE, E. M.; BRYDEN, W. L. Tuna fishmeal as source of DHA for n-3 PUFA enrichment of pork, chicken and eggs. **Lipids**, v. 37, n. 11, p. 1067-1076, 2002.

HULAN, H. W. Omega-3 fatty acids levels of eggs and performance of SCWL layer genotypes fed herring meal. **Poultry Science**, v. 67, p. 99, 1988. Supplement 1.

IGARASHI, T.; AURSAND, M.; SACCHI, R.; PAOLILLO, L.; NONAKA, M.; WADA, S. Determination of docosahexanoic acid and n-3 fatty acids in refined fish oil by H-NMR spectroscopy: IUPAC interlaboratory study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 6, p.1341-1354, 2002.

JIANG, Z.; AHN, D. U.; SIM, J. S. Effect of feeding flaxseed and two types of sunflower seed on fatty acid compositions of yolk lipid classes. **Poultry Science**, v. 70, n. 12, p. 2467-2475, 1991.

LEESON, S.; CASTON, L.; MACLAURIN, T. Organoleptic evaluation of eggs produced by laying hens fed diets containing graded levels of flaxseed and vitamin E. **Poultry Science**, v. 77, n. 9, p. 1436-1440, 1998.

LEWIS, N. M.; SEBURG, S.; FLANAGAN, N. L. Enriched eggs as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids for humans. **Poultry Science**, v. 79, n. 7, p. 971-974, 2000.

LI-CHAN, E. C. Y.; POWRIE, W. D.; NAKAI, S. The chemistry of eggs and egg products. In: STADELMAN, W. J.; COTTERILL, O. J. **Egg science and technology**. 4. ed. New York: Food Products Press, 1995. p. 591.

MARKS, N. L.; WASHBURN, K. W. Divergent selection for yolk cholesterol in laying hens. **British Poultry Science**, v. 18, n. 2, p. 179-188, 1977.

MATEOS, G. G.; LÁZARO, R.; GRACIA, M. I. Colesterol e alimentos transgênicos: mitos e realidade sobre riscos à saúde do consumidor. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação APINCO de ciência e tecnologia avícolas, 2000. v. 2, p. 195-203.

MENDONÇA JR., C. X. Colesterol no Ovo – Possibilidades de sua Redução. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1996, Campinas. **Anais**, p. 87-117.

MENDONÇA JR., C. X.; MARTINS, A. P.; MORI, A.V.; SILVA, E. B.; MORI, C. S. Efeito da adição de óleo de peixe à dieta sobre o desempenho e níveis de lípidos plasmáticos e de colesterol no ovo de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 37, n. 1, p. 79-83, 2000.

MORI, A.V. **Utilização de óleo de peixe e linhaça na ração como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em ovos de galinha**. 2001. 162 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

NASH, D. M.; HAMILTON, R. M. G.; SANFORD, K. A.; HULAN, H. W. The effect of dietary menhaden meal and storage on the omega-3 fatty acids and sensory attributes of egg yolk in laying hens. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 76, n. 3, p. 377-383, 1996.

NETTLETON, J. A. Are n-3 fatty acids essential nutrients for fetal and infant development? **Journal of the American Dietetic Association**, v. 93, n. 1, p. 58-64, 1993.

NIELSEN, H. Hen age and fatty acid composition of egg yolk lipid. **British Poultry Science**, v. 39, n. 1, p. 53-56, 1998.

PEARSON, A. M.; GRAY, J. I.; WOLZAK, A.; HORENSTEIN, N. A. Safety implications of oxidized lipids in muscle foods. **Food Technology**, v. 37, n. 7, p. 121-129, 1983.

PITA, M. C. G. **Efeito da suplementação de linhaça, óleo de canola e vitamina E na dieta sobre as concentrações de ácidos graxos poliinsaturados e  $\alpha$ -tocoferol em ovos de galinhas**. 2003. 141f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

ROSS, E.; DOMINY, W. The nutritional value of dehydrated, blue-green algae (*Spirulina platensis*) for poultry. **Poultry Science**, v. 69, n. 5, p. 794-800, 1990.

SANTOS, C. O. F. **Efeito da adição de óleos poliinsaturados à ração nos lípides plasmáticos e de colesterol no ovo de galinhas poedeiras**. 1998. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

SAS Institute. **SAS user's guide: statistics**. Cary: SAS Institute, 1985. 965 p.

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. **Poultry Science**, v. 75, n. 10, p. 1221-1226, 1996.

SCHEIDELER, S. E.; FRONING, G. W.; CUPPETT, S. Studies of consumer acceptance of high omega-3 fatty acid enriched eggs. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 6, n. 2, p. 137-146, 1997.

SIMOPOULOS, A. P. Symposium: role of poultry products in enriching the human diet with n-3 pufa. **Poultry Science**, v. 79, n. 7, p. 961-970, 2000.

SIMOPOULOS, A. P.; LEAF, A.; SALEM, N. Workshop on the essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 18, n. 5, p. 487-489, 1999.

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical Methods**, Ames: Iowa State University Press, 1967. 593 p.

SUNDE, M. L. The scientific way to pigment poultry products. Introduction to the symposium. **Poultry Science**, v. 71, n. 4, p. 709-710, 1992.



VAN ELSWYK, M. E. Comparison of n-3 fatty acid sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: a review. **British Journal of Nutrition**, v. 78, p. S61-S69, 1997. Supplement 1.

YU, M. M.; SIM, J. S. Biological incorporation of n-3 polyunsaturated fatty acids into chicken eggs. **Poultry Science**, v. 66, p. 96, 1987. Supplement 1.