UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
BIOTECNOLOGIA DA REDE BIONORTE

BIOEFICÁCIA DA INCLUSÃO DO ÓLEO DE RESÍDUO DE PESCADO EM RAÇÕES DE POEDEIRAS COMERCIAIS

KELY CRISTINA BASTOS TEIXEIRA RAMOS BRELAZ

Manaus - AM
2019

KELY CRISTINA BASTOS TEIXEIRA RAMOS BRELAZ

BIOEFICÁCIA DA INCLUSÃO DO ÓLEO DE RESÍDUO DE PESCADO EM RAÇÕES DE POEDEIRAS COMERCIAIS

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Frank George Guimarães Cruz

Manaus – AM
Novembro - 2019

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Brelaz, Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos
B835b Bioeficácia da inclusão do óleo de resíduo de pescado em rações de poedeiras comerciais / Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz. 2019
99 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Frank George Guimarães Cruz
Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Aditivo. 2. Desempenho. 3. Ovo enriquecido. 4. Qualidade de ovos. 5. Sabor. I. Cruz, Frank George Guimarães II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

KELY CRISTINA BASTOS TEIXEIRA RAMOS BRELAZ

"BIOEFICÁCIA DA INCLUSÃO DO ÓLEO DE RESÍDUO DE PESCADO EM RAÇÕES DE POEDEIRAS COMERCIAIS".

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal, na Universidade do Estado do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Doutora em Biotecnologia.

Orientador (a): **Prof. Dr. Frank George Guimarães Cruz**

Coorientador (a):

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Frank George Guimarães Cruz (UFAM)
Presidente da banca

Profa. Dra. Ligia Uribe Gonçalves (INPA)
Membro

Prof. Dr. Pedro Henrique Campelo Felix (UFAM)
Membro

Prof. Dr. Pedro de Queiroz Costa Neto (UFAM)
Membro

Prof. Dr. Jomel Francisco dos Santos (IFAM)
Membro

DEDICATÓRIA

A Deus.

À minha família e, em especial às minhas amadas mães Maria de Lourdes Teixeira Ramos (*in memoriam*) e Shirley Ignácio Bastos, ao meu padrinho Dimar Ferreira Ramos (*in memoriam*) por sempre me apoiarem incondicionalmente, por sempre ajudarem a realizar meus sonhos e pelo exemplo de vida.

Aos meus amados filhos Mateus e Lucas por serem minha razão de viver.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ser meu melhor amigo e me permitir ter a força necessária para seguir em frente e superar minhas limitações. Pelo seu infinito amor e misericórdia.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas por me liberar integralmente das minhas atividades laborais.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE pela oportunidade.

Ao professor Dr. Frank George Guimarães Cruz pela orientação.

Aos funcionários Jadildson e Francisco do Setor de Avicultura pelo apoio na realização dos experimentos.

A todos os professores da Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE.

Aos amigos e colegas de trabalho, André, Ronner, Valceli, Adriene, Gilberto, João, Pedro, pela contribuição e apoio na realização dos experimentos e nos momentos de descontração.

À Izabel Souza responsável técnica do Frigorífico RIO MAR LTDA por intermediar a doação do óleo de resíduo de pescado e por toda atenção disponibilizada.

Ao proprietário Sérgio Lekakis Frigorífico RIO MAR LTDA por disponibilizar o óleo de resíduo de pescado.

À técnica Midiam e ao professor Fábio Jacobs do Laboratório de Forragicultura por disponibilizarem e auxiliarem no preparo das amostras.

Ao professor Wallace Duncan por disponibilizar o Laboratório de Morfologia Funcional-LMF para as análises de bioquímica do sangue das poedeiras.

Ao professor Jeferson Rocha por disponibilizar o Laboratório de Cromatografia para preparo das amostras para determinação do perfil de ácidos graxos e colesterol da gema dos ovos, também pela paciência, ensinamentos e carinho.

À Dra. Ana Claudia Fernandes Amaral e à Central Analítica da Fiocruz por realizarem as análises de ácidos graxos e colesterol.

Em especial, às minhas amadas mães Maria de Lourdes (*in memorian*) e Shirley e padrinho Dimar pelos ensinamentos e amor incondicional.

Ao meu marido Thiago Brelaz Fonseca, por me ajudar durante o período experimental, pelo apoio e carinho.

À minha querida sogra Rosenilce Batista Brelaz que sempre esteve me apoiando e cuidando dos meus filhos.

À amiga Érika Dias Brelaz, que sempre esteve ao meu lado e que se disponibilizou assumir minha carga horária para a liberação das minhas atividades laborais.

Aos amigos Thiago e Fernanda pelo carinho e ajuda.

Às amigas-irmãs Cíntia, Clara, Érika, Helaine, Michelle e Fernanda, por sempre estarem presentes em minha vida e me fazendo perceber o verdadeiro sentido da amizade.

Aos meus avós Maria (*in memoriam*), Ieda (*in memoriam*) e Gabriel (*in memoriam*) e às minhas tias Solimar e Sílvia, pelo carinho e ensinamentos.

Ao meu afilhado Matheus por ser tão carinhoso, cuidadoso e zeloso.

E a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

“De nada nos valerá o conhecimento de todas as ciências do mundo, se não conhecermos e servimos a Deus.”

BRELAZ, Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos. Bioeficácia da inclusão do óleo de resíduo de pescado em rações de poedeiras comerciais. 2019, 99f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi verificar a bioeficácia da digestibilidade, do desempenho produtivo, qualidade de ovos, análise sensorial, análise de perfil bioquímico do sangue de poedeiras comerciais, perfil de ácidos graxos e colesterol da gema do ovo e análise econômica da inclusão do óleo de resíduo de pescado como aditivo regional em rações de poedeiras comerciais. O óleo foi oriundo do frigorífico comercial localizado no município de Itacoatiara/AM. Na análise de digestibilidade foram utilizadas 72 poedeiras da linhagem *Hisex White* com 25 semanas de idade submetidas a dois tratamentos (0% e 3,5% de inclusão de óleo) sendo realizada através do método de coleta total de fezes. Na avaliação de desempenho foram utilizadas 192 poedeiras da linhagem Hisex White com 29 semanas de idade e foram avaliadas em cinco períodos de 21 dias. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com oito tratamentos (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 e 3,5% de inclusão de óleo) e quatro repetições de seis aves por parcela. Foi avaliada a qualidade interna e externa de 640 ovos. O coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo foi estatisticamente superior na ração contendo 3,5% de óleo de pescado. As variáveis consumo de ração, produção e massa de ovos foram influenciadas significativamente pela inclusão de óleo de resíduo de pescado e o nível máximo de inclusão causou efeito negativo nestes parâmetros. O óleo de peixe utilizado não afetou a qualidade dos ovos. O nível máximo de inclusão de óleo de resíduo de pescado afetou negativamente o sabor dos ovos. A inclusão de óleo de peixe acarretou um efeito significativo no perfil bioquímico sérico de poedeiras, principalmente nas concentrações de glicose, triglicérides, colesterol total e ácido úrico. O nível de inclusão de 3,5% de óleo de peixe acarretou maior desequilíbrio no perfil bioquímico sérico das poedeiras. Os ovos foram enriquecidos com ácidos graxos essenciais, em especial o ácido araquidônico (AA) e o ácido docosahexaenóico (DHA). O aumento na inclusão de óleo de resíduo de pescado na ração das poedeiras alterou os teores de colesterol dos ovos. O óleo de resíduo de pescado pode ser utilizado como alimento alternativo em rações de poedeiras comerciais leves, tendo o nível de 1,25% de inclusão apresentado melhor viabilidade econômica e no nível de 3,5% de inclusão, observou-se queda no desempenho e perdas econômicas significativas.

Palavras-chave: Aditivo. Desempenho. Ovo enriquecido. Qualidade de ovos. Sabor.

BRELAZ, Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos. Bioeficácia da inclusão do óleo de resíduo de pescado em rações de poedeiras comerciais. 2019, 99f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the digestibility, performance, egg quality, sensory features, biochemical profile analysis, fatty acid profile and cholesterol of egg yolk, and economic analysis of laying hens fed diets with increase levels of fish waste oil. The fish waste oil was obtained from Commercial Refrigerator located in the Itacoatiara town. In the digestibility analysis, 72 Hisex White laying hens with 25 weeks of age were distributed in two treatments (0% and 3.5% oil inclusion), being analysed by total feces collection method. In principal stage of the study, 192 Hisex White laying hens with 29 weeks of age were distributed in a experimental design completely randomized constituted by eight treatments (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, and 3.5% fish waste oil) and four replications of six birds each. The experimental period was divided in five 21-day periods. 640 eggs were used to internal and external quality evaluations. In the digestibility results, digestibility of ether extract was statistically higher in birds fed diets containing 3.5% of fish waste oil. Feed intake, egg production, and egg mass were significantly influenced by the inclusion of fish waste oil, where the maximum inclusion level had a negative effect on these parameters. The fish waste oil used did not affect the egg quality. The higher level of fish waste oil negatively affected the eggs' taste. The inclusion of fish oil had a significant effect on the serum biochemical profile of laying hens, mainly on glucose, triglycerides, total cholesterol and uric acid concentrations. The inclusion level of 3.5% of fish waste oil caused greater imbalance in the serum biochemical profile of hens. It is important to metion that the eggs were enriched with essential fatty acids, especially arachidonic acid (AA) and docosahexaenoic acid (DHA). The inclusion of fish waste oil in the diets to laying hens changed the cholesterol levels of eggs. In conclusion, fish waste oil can be used as an alternative feedstuff in diets to commercial laying hens, where the inclusion level of 1.25% presented better economic viability. The 3.5% level of inclusion provided a decrease in performance and significant economic losses.

Keywords: Egg quality. Flavour. Performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Classificação dos ácidos graxos: saturados e insaturados..... 14

Figura 2. Metabolismo bioquímico dos ácidos graxos essenciais..... 17

Figura 3. Metabolismo e deposição do colesterol no ovo da ave..... 22

Figura 4. Foto aérea do Setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas 28

Figura 5. Prensagem do óleo para retirada de impurezas e sólidos (A), posteriormente armazenados em recipientes plásticos (B) para fabricação das rações experimentais (C)..... 30

Figura 6. Aves alojadas em gaiolas forradas para coleta das excretas (A e B) e as amostras armazenadas em sacos identificados (C)..... 32

Figura 7. Excretas secas em estufa ventilada (A), moídas (B) e armazenadas em recipientes para envio ao laboratório..... 33

Figura 8. Disposição das gaiolas no aviário experimental (A), pesagem das aves para uniformização das parcelas (B) e registro na ficha de produção (C)..... 34

Figura 9. Avaliação do consumo de ração, através da pesagem da ração fornecida (A e B) e coleta e pesagem das sobras (C)..... 36

Figura 10. Coleta diária dos ovos (A) e pesagem dos ovos para cálculo de produção de ovos e massa dos ovos (B)..... 37

Figura 11. Identificação (A) e pesagem individual dos ovos por tratamento (B)..... 38

Figura 12. Ajuste da densidade (A) das diferentes soluções salinas armazenadas em baldes plásticos (B) e posterior aferição da densidade dos ovos (C)..... 38

Figura 13. Ovo quebrado sobre placa plana de vidro (A) para a mensuração dos valores de altura de albúmen (B) e diâmetro da gema (C)..... 39

Figura 14. O albúmen (A) e a gema (B) foram colocados individualmente em recipiente descartável para pesagem em balança analítica e posterior registro dos valores..... 39

Figura 15. Secagem da casca do ovo para obtenção da percentagem de casca (A) e mensuração da espessura de casca (B)..... 40

Figura 16. Avaliadores de ambos os sexos sendo informados sobre a ficha de avaliação

(A) e amostra e ficha de avaliação com Escala Hedônica Estruturada de nove pontos (B)..... 41

Figura 17. As amostras de sangue (A) foram centrifugadas (B), para obtenção do plasma (C) e determinação do perfil bioquímico sérico..... 42

Figura 18. As gemas cozidas foram pesadas e identificadas (A), posteriormente colocadas em graal (B) e maceradas para completa homogeneização (C) e as demais amostras (D) foram armazenadas..... 43

Figura 19. As amostras forma homogeneizadas manualmente (A), adicionou-se os reagentes (metanol e clorofórmio) e posteriormente foram filtradas e colocados em funil separador (C) e os lipídeos extraídos foram armazenados em frascos e armazenados..... 44

Figura 20. Consumo de ração (g/ave/dia) de poedeiras leves submetidas a ração experimental contendo oito níveis de óleo de pescado..... 55

Figura 21. Produção de ovos (%) de poedeiras leves submetidas a ração experimental contendo oito níveis de óleo de pescado..... 56

Figura 22. Massa de ovo (g) de poedeiras leves submetidas a ração experimental contendo oito níveis de óleo de pescado..... 57

Figura 23. Sabor dos ovos de poedeiras submetidas a ração experimental contendo níveis crescentes de óleo de pescado..... 60

Figura 24. Níveis de triglicerídeos plasmáticos de poedeiras alimentadas com ração experimental contendo níveis crescentes de óleo de pescado..... 62

Figura 25. Colesterol total plasmático de poedeiras alimentadas com ração experimental contendo níveis crescentes de óleo de pescado..... 63

Figura 26. Glicose plasmática de poedeiras alimentadas com ração experimental contendo níveis crescente de óleo de pescado..... 64

Figura 27. Ácido úrico plasmático de poedeiras alimentadas com ração experimental contendo níveis crescentes de óleo de pescado..... 65

Figura 28. Percentual de postura de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de pescado..... 70

Figura 29. Produção de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de pescado..... 71

Figura 30. Consumo de ração de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de pescado..... 71

Figura 31. Custo alimentar da produção de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de pescado..... 72
Figura 32. Renda bruta da produção de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de pescado..... 74
Figura 33. Valor agregado da produção de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de pescado..... 74
Figura 34. Ponto de equilíbrio da produção de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de pescado..... 75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Índice de iodo de óleos de peixe..... 10

Tabela 2. Índice de peróxido do limite máximo estipulados pela legislação para o óleo de peixe..... 11

Tabela 3. Denominação dos grupos de ácidos graxo pelo nível de insaturação..... 15

Tabela 4. Principais ácidos graxos poli-insaturados..... 16

Tabela 5. Composição centesimal e calculada das rações experimentais de controle e contendo 3,5% de óleo de pescado..... 32

Tabela 6. Formulações das rações experimentais com os níveis de inclusão de óleo de pescado em dieta de poedeiras leves..... 35

Tabela 7. Composição do óleo de resíduo de pescado..... 47

Tabela 8. Coeficientes de metabolização aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), extrato não nitrogenado (ENN) da ração controle e da ração contendo 3,5% de óleo de pescado. 51

Tabela 9. Valores da energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) da ração controle e da ração contendo 3,5% de óleo de pescado..... 52

Tabela 10. Consumo de ração (CR), conversão alimentar quilo de ração por quilo de ovo produzido (CA, Kg/Kg), conversão alimentar quilo de ração por dúzia de ovo produzido (CA, Kg/dz), peso do ovo (PO), produção de ovos (PDO) e massa de ovo (MO)..... 53

Tabela 11. Peso do ovo (PO), gravidade específica (GE), índice de gema (IG), unidade Haugh (UH), pigmentação da gema (PIGG), percentual de albúmen (PA), percentual de gema (PG), percentual de casca (PC), espessura de casca (EC) de ovos oriundos de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de pescado..... 57

Tabela 12. Aroma, cor da gema, aparência e sabor de ovos oriundos de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de pescado..... 59

Tabela 13. Análise bioquímica do sangue de poedeiras alimentadas com rações

contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de pescado..... 61

Tabela 14. Perfil de ácidos graxos e colesterol da gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de pescado 66

Tabela 15. Percentual de postura (PP), preço da ração (PR), consumo de ração acumulado (CRA), custo alimentar (CA), produção de ovos (PO) e custo de produção (CP) de poedeiras alimentadas com rações contendo óleo de pescado..... 70

Tabela 16. Renda Bruta (REB), valor agregado bruto (VAB), índice de lucratividade (INL) e ponto de equilíbrio (PE) de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de pescado..... 73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AG - ácidos graxos

AGPI - ácidos graxos poli-insaturados

C - carbono

DHA - ácido docosahexaenoíco (DHA)

EPA - ácido eicosapentaenoíco (EPA)

H_2SO_4 – ácido sulfúrico

HDL - lipoproteinas de densidade alta (Hight density lipoproteins)

I - Iodo

IDL - lipoproteínas de densidade intermediária (Intermediate density lipoproteins)

IP - índice de peróxido

KOH - hidróxido de sódio

LDL - lipoproteínas de densidade baixa (Low density lipoproteins)

MUFAs - ácidos graxos monoinsaturado

PUFAs - ácidos graxos Poli-insaturados

QM - quilomicron

VLDL - lipoproteínas de densidade muito baixa (Very low density lipoproteins)

ω - ômega

ω-3 - ômega 3

ω-6 – ômega 6

SUMÁRIO

RESUMO ix
ABSTRACT i
LISTA DE FIGURAS ii
LISTA DE TABELAS v
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS vii
1. INTRODUÇÃO 1
2. REVISÃO DE LITERATURA 3
2.1. Resíduos de pescado 3
2.1.1. Legislação 4
2.1.2. Óleo de pescado 5
2.1.3.1 Controle de qualidade do óleo 8
2.2. Lipídeos 12
2.2.1. Classificação dos lipídeos 12
2.2.2. Lipídeos na dieta de poedeiras comerciais 13
2.3. Ácidos graxos 14
2.3.1. Efeito da adição de ácidos graxos na dieta de poedeiras 17
2.3.2. Benefícios dos ácidos graxos poli-insaturados para o ser humano 18
2.4. Colesterol 19
2.4.1. Efeito do colesterol na produção de ovos 20
2.5. Utilização de óleos na dieta de poedeiras comerciais 22
2.5.1. Digestibilidade 22
2.5.2. Desempenho produtivo e qualidade de ovos 23
3. OBJETIVOS 27
3.1. Objetivo geral 27
3.2. Objetivos específicos 27
4. MATERIAL E MÉTODOS 28
4.1. Local e período experimental 28
4.2. Etapas da pesquisa 28

4.3. Obtenção do óleo de resíduo de pescado 29
4.3.1. Obtenção 29
4.3.2. Processamento 29
4.3.3. Análise físico-química 31
4.4. Análise de digestibilidade 31
4.5.1. Análises estatísticas 34
4.6. Avaliação do desempenho 34
4.6.1 Rações experimentais 35
4.6.2 Parâmetros do desempenho produtivo das aves 36
4.4.1. Parâmetros de qualidade dos ovos 37
4.7 Análise sensorial dos ovos 41
4.8 Análise de perfil bioquímico do sangue 42
4.11 Análise estatística dos resultados 46
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 48
5.1 Óleo de resíduo de pescado 48
5.2 Digestibilidade 51
5.3 Desempenho zootécnico 54
5.4 Qualidade dos ovos 58
5.5 Análise sensorial 60
5.6 Análise bioquímica do sangue 62
5.7 Análise de ácidos graxos e colesterol da gema de ovos 67
5.8 Análise econômica 71
6 CONCLUSÃO 77
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 79
8 ANEXOS 95

1. INTRODUÇÃO

A avicultura em algumas regiões do Brasil é prejudicada pela baixa disponibilidade de matéria prima em virtude da sazonalidade e dos preços de produtos, devido a isso tem havido crescente busca por pesquisas na área de nutrição animal, que visam encontrar alimentos alternativos, como subprodutos agroindustriais e bioprocessamentos, em substituição aos alimentos tradicionais usados nas rações, principalmente em regiões que apresentem maior dificuldade de acessibilidade (JAFARI *et al.*, 2006; GARCIA *et al.*, 2009). O mercado consumidor cada vez mais exigente busca por alimentos mais saudáveis e naturais e o ovo atende a esses requisitos por ser um alimento completo (CEDRO, 2008). Além disso, é um alimento de fácil característica culinária e de baixo custo.

Atualmente o munícipio de Manaus se encontra em décimo segundo no *ranking* nacional na produção de ovos, produzindo um volume de 62.202 mil dúzias de ovos. Apresentou na última década um aumento de 13,89% no volume total produzido. O município é o destaque da região Norte, sendo o maior produtor do setor de avicultura de postura (IBGE, 2019).

Nesse contexto, uma das maiores dificuldades na manutenção da avicultura de postura no estado do Amazonas, refere-se à alimentação das aves que corresponde, aproximadamente, 70% do custo total de produção. A restrição de recursos e elevado valor das matérias primas, faz com que o Estado apresente um quadro desfavorável, uma vez que 100% de todas as matérias primas utilizadas na fabricação de rações balanceadas são oriundas de outras regiões, principalmente do Mato Grosso. Esses entraves acarretam maiores dificuldades na negociação e na concorrência de produtos oriundos de outros estados (CRUZ *et al.*, 2016).

Carvalho (2006) relatou que os resíduos de origem animal representam vasta fonte de energia e de nutrientes, que podem ser convertidos em ingredientes para a indústria de alimentação animal, sendo os subprodutos da indústria do pescado uma alternativa com grande potencial de aproveitamento, considerando em especial o óleo de peixe por ser rico em ácidos graxos essenciais e diversos nutrientes.

No Brasil, esse aproveitamento dos resíduos do pescado ainda é baixo. A indústria aproveita as sobras das linhas de produção na maioria das vezes para preparo de farinha de pescados, contudo esta ainda é de baixa qualidade, ou parte é descartado nas imediações do local, contribuindo para o aumento do problema da contaminação ambiental. Um manejo

adequado deste material descartado, através de biotécnicas possibilitaria à indústria brasileira ganhos econômicos e ambientais (SEIBEL, 2003).

Diversos estudos (IBAMA, 2009; GRANDA, 2010; ANJOS et.al, 2015; ARRUDA, 2017) ratificaram que a atividade aquícola no cenário nacional vem demonstrando crescimento e de forma mais acentuada na região Norte. Sendo o estado do Amazonas nesse contexto, um importante gerador de recursos pesqueiros de água doce do país. Este grande volume de produção gera uma considerável quantidade de resíduos que são descartados podem ser utilizados na atividade avícola, otimizando a produção das aves (RUFINO *et al.*, 2015). Em destaque, o óleo de peixe, além de ser fonte de energia é rico em ácidos graxos essenciais (CARVALHO, 2006; PITA, 2007).

Os ácidos graxos são necessários para manter sob condições normais, as membranas celulares, as funções cerebrais e a transmissão de impulsos nervosos. Esses ácidos também participam da transferência do oxigênio atmosférico para o plasma sanguíneo, da síntese da hemoglobina e da divisão celular, sendo denominados essenciais por não serem sintetizados pelo organismo (MARTIN *et al.*, 2006).

Ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), principalmente da família Ômega, são encontrados de forma abundante em peixes gordos e óleos de peixe (RAMEL *et al.*, 2010; FIORI *et al.*, 2012). Esses ácidos conferem importantes efeitos benéficos aos consumidores (MCMANUS *et al.*, 2011) e são passíveis de utilização pela indústria farmacêutica e alimentícia (ESPINOSA *et al.*, 2008). Várias pesquisas utilizando óleos de peixes de água doce, incluindo espécies amazônicas, demonstram quantitativos expressivos de AGPI, principalmente ácido araquidônico (ARA), eicosapentaenoíco (EPA) e docosahexaenoíco (DHA) (INHAMUNS e FRANCO, 2001; INHAMUNS e FRANCO, 2008), capazes de conferir efeitos fisiológicos e terapêuticos importantes, sendo melhor biologicamente aproveitados pelo consumo de concentrados de óleos de peixes (RAMEL *et al.*, 2010).

Sendo assim, observou-se o óleo do resíduo de pescado como um subproduto em potencial viável oriundo do refinamento do resíduo do pescado, obtendo-se um ingrediente que apresenta potencial de utilização na alimentação animal. Além disso, não demanda processamento altamente tecnológico para sua obtenção, processamento e refinamento, podendo ser utilizado no fornecimento de alimentos de qualidade as aves e consequentemente, ovos de qualidade diferenciada aos consumidores (MORAIS *et al.*, 2001; CUNHA *et al.*, 2002; MCMANUS *et al.*, 2011), que possuam alto valor nutricional e enriquecidos com ácidos graxos essenciais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Resíduos de pescado

Aproximadamente 20% das espécies de peixes de água doce conhecidas no mundo está no Brasil (MUSEU NACIONAL, 2015), e especificamente, na região Amazônica, o cenário é estimado em cinco mil espécies contidas no seu bioma (ARRUDA, 2017).

Granda (2010) relatou que o Amazonas é um dos poucos Estados brasileiros que não possui litoral, no entanto possui maior bacia hidrográfica e maior rio do mundo, a bacia Amazônica e o rio Amazonas, respectivamente. A pesca extrativista é uma das atividades mais tradicionais e importantes da região e o peixe é uma das principais fontes de proteína para consumo humano.

Diversas pesquisas (NEALP, 2008; IBAMA, 2009; GRANDA, 2010; ANJOS et.al, 2015; ARRUDA, 2017) ratificaram que a atividade aquícola no cenário nacional vem demonstrando crescimento e de forma mais acentuada na Região Norte. Sendo o Estado do Amazonas nesse contexto um importante gerador de recursos pesqueiros de água doce do país, representando uma geração de renda em torno de US$ 200 milhões/ano, contando com um volume de produção de 200.000 tol/ano, sendo a pesca extrativista responsável por 65.000 tol/ano e o restante produzido em ambientes controlados. Entorno de 200 mil pessoas estão envolvidas no sistema produtivo do pescado e seus subprodutos e 80 mil pescadores ribeirinhos, que com o advento do produto são responsáveis diretos pelo Estado possuir o maior consumo de carne de peixe do país, onde este ultrapassa 33,7 Kg/*per capita*/ano nas zonas urbanas e estimado entre 500-600 g/*per capita*/dia nas áreas ribeirinhas (IBGE, 2016; IDAM, 2016, SUFRAMA, 2017).

Naturalmente, este grande volume de produção gera uma considerável quantidade de resíduos que são descartados anualmente de forma inadequada e que possuem potencial para tornarem-se subprodutos e possuir aplicabilidade na indústria animal. O aproveitamento dos subprodutos do resíduo de pescado em consórcio com a atividade avícola pode ser uma boa alternativa para evitar danos ambientais, otimizar a produção através de biotécnicas de reaproveitamento do mesmo e otimizar o desempenho zootécnico das aves (RUFINO *et al.*, 2015).

O termo resíduo refere-se às sobras e aos subprodutos dos processamentos dos alimentos que são de valor relativamente baixo (ARRUDA, 2004). Caracteriza-se por resíduos de peixe a cabeça, nadadeiras, pele, escamas e vísceras que, dependendo da espécie, pode chegar a 70% em relação ao peso total. Com a produção intensiva de peixes

neotropicais, o aproveitamento dos resíduos provenientes do processamento é imprescindível (VIDOTTI *et al.*, 2011).

Souza e Inhamuns (2011) ao analisarem o rendimento cárneo das principais espécies de peixes comercializadas no estado do Amazonas, relataram que o pacu (209 g) e o tambaqui (1071 g) encontraram em torno de 46% e 45%, respectivamente, de resíduos (vísceras, escamas, nadadeiras e ossos), comprovando o grande volume de resíduos gerados pela piscicultura. Desta forma, os tipos e as quantidades de resíduos gerados na industrialização vão depender do modo de processamento realizado podendo ser: peixe inteiro eviscerado, e descabeçado, filé, dentre outras (NUNES *et al.*, 2013). Sendo assim, as quantidades de resíduos dependem do rendimento de carcaça dos peixes, que modifica em função do tipo de processamento, da espécie de peixe e também do tamanho do peixe.

De acordo com pesquisas existem vários métodos de reaproveitamento dos resíduos de pescado, sendo que os mais utilizados são a produção de farinha de peixe e óleo para a produção de ração animal (BOSCOLO *et al.*, 2010; NUNES, 2011; VIDOTTI *et al.*, 2011). A farinha e óleo de peixe são produtos obtidos simultaneamente, em escala industrial, a partir de subprodutos do processamento de peixes. De acordo com Silva *et al.* (2017) o uso de resíduos de origem animal é uma alternativa para minimizar a escassez de produtos de alta qualidade proteica, além de otimizar a redução do volume destes.

2.1.1. Legislação

De acordo com o Decreto Nº 9.013 DE 29 de março de 2017 que aprovou o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal, entende-se por "subprodutos não comestíveis de pescado" todo e qualquer resíduo de pescado devidamente elaborado, que se enquadre nas denominações e especificações. Os resíduos resultantes de manipulações do pescado, bem como o pescado condenado, devem ser destinados ao preparo de subprodutos não comestíveis (farinha de pescado; óleo de pescado, cola de pescado, adubo de pescado, solúvel concentrado de pescado).

Define-se farinha de peixe como um subproduto obtido pela cocção do pescado ou de seus resíduos mediante o emprego de vapor, convenientemente prensado, dessecado e triturado. Permite-se o tratamento pela cocção e secagem a vácuo ou por qualquer outro processo adequado ou ainda, permite-se a secagem por simples exposição ao sol, desde que essa prática não acarrete maiores inconvenientes. No processo de obtenção da farinha extrai-se o óleo; portanto, na mesma linha de processamento obtêm-se dois produtos: óleo e farinha de peixe.

O óleo de pescado é o subproduto líquido obtido pelo tratamento de matérias primas pela cocção a vapor, separado por decantação ou centrifugação e filtração. Permite -se, também, o tratamento por simples prensagem e decantação ou por qualquer outro processo adequado.

Os óleos de pescado devem satisfazer as seguintes características:

a) cor amarelo claro ou amarelo âmbar, tolerando se os que apresentarem uma ligeira turvação;

b) no máximo 1% (um por cento) de impurezas;

c) no máximo 10% (dez por cento) de umidade;

d) no máximo 3% (três por cento) de acidez em ácido oléico;

e) não conter substâncias estranhas, outros óleos animais ou óleos vegetais

A juízo do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA) poderá ser permitida uma ligeira variação nos limites revisto.

2.1.2. Óleo de pescado

Os óleos de pescados são constituídos dos mesmos componentes dos outros óleos e gorduras, sendo, portanto, formados predominantemente de ésteres de ácidos graxos e glicerol. A composição geral é de aproximadamente 25% de ácidos graxos saturados e 75% de ácidos graxos altamente insaturados. Os ácidos graxos insaturados dos óleos de peixe variam substancialmente em comprimento e a maioria destes contêm 16, 18, 20 e 22 carbonos em suas moléculas. A composição de seu material insaponificável varia consideravelmente, óleos de fígado de peixes contêm alto percentual de colesterol, enquanto os óleos do corpo de peixes um baixo teor de colesterol, em geral, as estruturas dos glicerídeos dos óleos de peixe são muito mais complexas do que as gorduras de animais terrestres e óleos vegetais (ARAÚJO, 2007).

O alto teor dos ácidos graxos poli-insaturados, eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), presentes no óleo de pescados conferem a esses óleos uma notável importância, já que são um dos únicos alimentos que aparecem como fontes expressivas destes ácidos graxos (PERINI *et al.*, 2010).

A composição dos ácidos graxos nos pescados deve-se à sua alimentação fitoplanctônica e zooplanctônica que concentra ácidos graxos de cadeia longa altamente insaturados, principalmente da família ômega 3 (BELDA e POURCHET-CAMPOS, 1991; MARTINS *et al.*, 2008). A alimentação pelágica proporciona dietas ricas em óleos e ceras, as quais são metabolizadas para glicerol e ácidos poli-insaturados através da desnaturação e alongamento das cadeias carbônicas. A presença de ácidos graxos poli-insaturados em peixes

possui como principais funções biológicas, a manutenção do mosaico fluído das membranas, bem como a reserva de energia e a regulação da densidade, através do acúmulo em depósitos de gordura, preferencialmente na forma de triglicerídeos (LEHNINGER *et al.*, 2000).

De acordo com Vidotti *et al.* (2011) as características de qualidade das farinhas e óleos de peixe variam em função da matéria prima utilizada, do controle de qualidade no processamento, das formas de proteção contra oxidação de gorduras e do armazenamento. Para o processamento de resíduos de produtos de origem animal torna-se indispensável a utilização de antioxidantes, cuja dosagem é recomendada de acordo com o princípio ativo e o fabricante.

O óleo de peixe pode ser extraído de peixes inteiros, vísceras, peles ou pelo processo de produção de farinha de peixe. É composto por 90% de lipídeos neutros (triacilgliceróis, ácidos graxos livres) e lipídeos polares (fosfolipídeos, esfingolipídeos e lipídeos oxidados) (PRENTICE-HERNÁNDEZ, 2011). Sua obtenção provém das etapas de cozimento e prensagem. O líquido removido da torta da farinha é misturado, centrifugado a uma temperatura de 80 ºC, obtendo-se o óleo de peixe bruto. Pode ainda, passar por um processo de refino para obtenção de um óleo clarificado e inodoro (LIMA, 2013). É considerado a principal fonte de ácidos graxos poli-insaturados ω-3, especialmente eicosapentaenoíco (EPA) e o ácido docosahexaenoíco (DHA).

A composição dos lipídeos nos tecidos dos peixes pode ser afetada pela dieta e por outros fatores ambientais, tais como salinidade, disponibilidade de alimentos, idade, sexo, temperatura da água, localização geográfica e estação do ano (BELDA e POURCHET, 1991; ALMEIDA e FRANCO, 2006). Estudos apontam que a composição de ácidos graxos em peixes marinhos apresenta maiores proporções de ácidos graxos poli-insaturados Ômega 3 do que os peixes de água doce. O ácido graxo palmítico e o oléico atingem os mais altos níveis no pescado de água marinha e de água doce. Na maioria dos peixes, o DHA, o EPA e alfa-linolênico são as maiores fontes de AGPI-ω3, enquanto o linoleico e o araquidônico contribuem como fonte de AGPI-ω6 (ALMEIDA e FRANCO, 2006).

HARUN *et al.*(1993), ao estudarem a composição de 12 espécies de peixes marinhos e duas espécies de peixes de água doce, relataram que o percentagem encontrado de ácidos graxos saturados foi de 38 a 59% nos peixes marinhos e de 40 a 46% nos peixes de água doce. Os AGPI-ω3 constituíram uma menor fração nos peixes de água doce, variando de 7 a 12%. Os AGPI-ω6, com menor porcentagem, variaram de 2,5 a 9,2% em ambos os tipos de peixes. O ácido araquidônico (C20:4) foi o majoritário da família ω-6 e o eicosapentaenoíco (C20:5) e docosahexaenoíco (C22:6) foram os predominantes da família ω-3 nos peixes marinhos e de água doce.

A composição de ácidos graxos e quantificação de EPA e DHA de matrinxã (*Brycon cephalus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*), cultivados e capturados na Amazônia Central, foram determinadas por Almeida (2004). Para o matrinxã de cultivo e capturados foram detectados entorno de 64 a 65 ácidos graxos. As concentrações de EPA e DHA no tecido muscular da matrinxã e tambaqui de habitat natural capturado na época da seca foram considerados melhores para o consumo, por apresentarem maiores concentrações dos ácidos graxos EPA e DHA.

Inhamuns (2000); Inhamuns e Franco (2001) estudaram a composição em ácidos graxos de três peixes da Amazônia, o curimatã (*Prochilodus nigricans*), o mapará (*Hypophthalmus* sp) e o tucunaré (*Cichla ocelaris*). Para as duas últimas espécies foi realizada a quantificação dos ácidos graxos EPA e DHA. Os resultados para o curimatã revelaram que, quando capturado no período de seca, pode ser utilizada em dietas balanceadas como fonte de ácidos graxos poli-insaturados. O mapará capturado na época da cheia foi recomendado para prescrição de dietas, quando o objetivo for incrementar a ingestão de EPA e DHA. Essa espécie apresentou 20 mg/g e 16 mg/g de EPA no músculo e 14 mg/g e 13 mg/g no tecido adiposo da cavidade ocular e o teor de DHA foi de 18 mg/g e 15 mg/g no músculo e 15 mg/g e 14 mg/g no tecido adiposo da cavidade ocular dos exemplares capturados na época da cheia e seca, respectivamente. O tucunaré, mesmo apresentando uma razão reduzida no período da cheia e da seca, nos dois tecidos analisados (músculos e tecido adiposo da cavidade ocular), foi considerado uma fonte rica em ácidos graxos essenciais das séries ômega 3 e 6. Esta espécie apresentou maior percentual desses ácidos no tecido muscular quando capturado no período da cheia e a quantificação revelou elevado teor de DHA no tecido muscular, atingindo 54 mg/g quando capturado no período de cheia.

2.1.3 Características do óleo de pescado

A degradação de lipídeos pode ser ocasionada por oxidação, hidrólise, polimerização, pirólise e absorção de sabores e odores estranhos. Dentre estes fatores, a oxidação é a principal causa da deterioração de vários produtos biologicamente importantes, alterando diversas propriedades, como qualidade sensorial (sabor, aroma, textura e cor), valor nutricional, funcionalidade e toxidez (ARAÚJO, 2007).

O óleo durante o armazenamento e o processamento pode sofrer transformações químicas como a hidrólise e a oxidação, afetando a qualidade do óleo, decorrente dos processos oxidativos, bem como sua aceitação pelo consumidor, com consequente prejuízo à saúde do consumidor devido aos efeitos tóxicos causados pela ingestão contínua e prolongada de produtos oxidados (BOBBIO e BOBBIO, 1992). A estabilidade oxidativa depende do grau

de insaturação dos ácidos graxos presentes, os óleos ricos em ácidos graxos poli-insaturados têm maior facilidade de sofrer deterioração oxidativa e formam facilmente sabores e odores desagradáveis.

Martins *et al.* (2008) ao avaliarem as propriedades dos ácidos graxos poli-insaturados ômega 3 obtidos de óleo de peixe e do óleo de linhaça relataram que os óleos de peixes são mais suscetíveis à oxidação (variabilidade da temperatura, estação e localização) e contaminação (metais e pesticidas). Além do fato das pessoas terem baixa aceitabilidade ao consumo direto do óleo, devido à inconveniência peculiar do odor e paladar e pela necessidade de ingerir altas doses por longo período de tempo. Desta forma, Shahidi (1998) explicou que a oxidação é causada a partir da reação do oxigênio atmosférico com os ácidos graxos insaturados dos óleos ou gorduras, sendo acelerada pela presença de íons metálicos, luz, temperatura, radiação ionizante e outros agentes oxidantes. A inibição da oxidação é de extrema importância no processamento de óleos marinhos.

A oxidação dos óleos acontece através da reação em cadeia de radicais livres em três etapas: iniciação, propagação e terminação. Na fase inicial ou de indução formam-se os radicais livres, não havendo alterações no odor ou sabor do óleo. Ocorre um baixo consumo de oxigênio e baixa formação de peróxido. A formação dos primeiros radicais livres pode ser explicada pela ação da luz sobre o grupo alílico, pela presença de cátions de metais com Fe, Cu, Cr e pelo ataque do oxigênio diretamente à dupla ligação (PACHECO, 2005). Na fase de propagação já é possível detectar a presença de odor e sabor de ranço característico, que tende a aumentar rapidamente. Há uma elevação no consumo de oxigênio e na quantidade de peróxidos e de seus produtos de decomposição, esta fase é tida como a principal etapa do processo oxidativo (OZAWA e GONÇALVES, 2006). A fase de terminação caracteriza-se pela presença de cheiros e sabores de ranço forte, alterações de cor, viscosidade e da composição do lipídeo, além de baixo consumo de oxigênio e baixa concentração de peróxido (BOBBIO e BOBBIO, 2001).

2.1.3.1 Controle de qualidade do óleo

Alguns métodos analíticos foram desenvolvidos para avaliar a qualidade dos óleos e gorduras. Por exemplo, a determinação dos índices de iodo, peróxido e ácidos graxos livres são técnicas volumétricas clássicas, constituindo-se processos que podem ajudar a avaliar o estado de conservação dos óleos e gorduras.

Índice de Acidez

Durante o processamento e armazenamento dos produtos de origem animal, é possível que ocorra algumas alterações químicas na estrutura dos lipídeos, sendo que a rancidez é uma das mais importantes, pois afeta diretamente a aceitação do alimento por parte dos animais. A rancidez pode ser de caráter hidrolítico e oxidativo. Na primeira as moléculas de triacilglicerídeos são hidrolisadas produzindo moléculas de ácidos graxos livre, sendo essa reação química acelerada por ação enzimática, bacteriana ou processo térmico na presença de água ou oxigênio (FERNANDES, 2016). A decomposição dos glicerídeos é acelerada por aquecimento e pela luz, sendo a rancidez quase sempre acompanhada pela formação de ácidos graxos livres. Estes são frequentemente expressos em termos de índice de acidez, podendo ser também em mL de solução normal porcento ou em g do componente ácido principal, geralmente o ácido oleico (ZENEBON *et al.*, 2008; BELLAVER, 2009).

Pesquisadores (DIAS, 2009; CORREA, 2014) atribuem aumento na acidez do óleo ao tempo em que o material passa armazenado desde o abate até o processamento, e possivelmente isso é devido à degradação do resíduo devido aos tipos de microrganismos presente na composição. O refinamento do óleo também pode ocasionar alterações. Menegazzo *et al.* (2014), ao avaliarem a produção, caracterização, refino do óleo bruto e a filtragem dos lipídeos residuais dos resíduos obtidos da carne mecanicamente separado das carcaças das tilápias do Nilo e do híbrido de surubins e observaram que o refino reduziu o índice de acidez do óleo, no entanto, favoreceu a oxidação, conforme demonstrado pelo aumento do índice de peróxido, na degomagem. Concluíram que após o refino dos óleos, ocorreram alterações na qualidade dos mesmos, diminuindo os ácidos graxos.

Índice de iodo

Índice de iodo é a medida da insaturação química de uma gordura e os resultados são dados como o número de gramas de iodo absorvido por 100 g de amostra. Está relacionado com a quantidade de ligações duplas presentes na amostra e a redução observada neste índice se deve à quebra de ligações duplas resultantes de reações de polimerização, ciclização e oxidação, o que aumenta o grau de saturação da amostra, tornando-a por fim, imprópria para o consumo humano. Quanto maior for o índice, maior será a insaturação da amostra. Mesmo este método tendo algumas desvantagens, deve ser considerado como um método empírico cujo resultado final dá uma ideia aproximada da realidade (JOSEPH-NATHAN, 1982; FELTES, 2006).

As moléculas contendo ligações duplas carbono-carbono (insaturadas) reagem com iodo, de modo que, quanto maior o número de insaturações maior é o índice de iodo e

maior é a probabilidade da ocorrência de processos oxidativos na molécula do ácido graxo insaturado devido aos hidrogênios alílicos (hidrogênios adjacentes ao carbono da ligação dupla). Esse índice não é uma medida quantitativa, é um número empírico que é útil na definição do grau de insaturação, porém sujeito a erros (REDA,2004).

Araújo (2007) ressaltou que o índice de iodo apresenta relação decrescente nos seus valores em relação ao aumento da temperatura de degradação (190 para 360 ºC). À medida que os peróxidos vão sendo transformados em compostos secundários mais estáveis e estes unem–se para formar polímeros, o número de ligações duplas de seu esqueleto carbônico vai sendo reduzida. A rancidez hidrolítica também afeta o índice de iodo, uma vez que, a quebra dos ésteres glicerídios acarreta em redução nos números de duplas ligações. Além disso, a formação de dienos conjugados pode alterar as medidas do índice de iodo, já que eles tendem a ligar-se apenas a uma das duplas conjugadas. Demonstrou em sua pesquisa que após o processo de refino do óleo de peixe o valor do índice de iodo foi elevado de 119,23 para 139,79 mgI_2/100g. Os ácidos graxos livres foram removidos durante o processo de refino, bem como outras impurezas presentes no óleo, concentrando assim o percentual de ácidos graxos insaturados que fazem parte da composição do óleo.

Tabela 1 - Índice de iodo de óleos de peixe

Índice de Iodo	CBAA (2004)	Bellaver e Zanotto (2004)	Feltes (2006)	Araújo (2007)	Higuchi (2015)
gI/100g	170-190	170-190	152,60	119,23-139,79	76,66- 82,33

*CBAA- Compendio Brasileiro de Alimentação Animal (2004).

Fonte: Brelaz (2019), adaptada

Higuchi (2015) ao avaliar a produção, caracterização nutricional e utilização de farinhas e óleos de resíduos de peixes neotropicais em dietas para tilápia do Nilo, relatou que o índice de iodo dos óleos de patinga (76,66 gI/100g) e pintado real® (82,33 gI/100g), não diferiram significativamente (P>0,05) e estavam dentro da faixa permitida na legislação (75 a 94).

Índice de peróxido

Este método representa a diferença entre a formação e a decomposição de peróxidos, é a maneira mais comum de detectar rancidez da gordura, e exprime-se em milimoles de oxigênio ativo por Kg de matéria graxa. A variação do nível de peróxido ao longo do tempo ocorre de uma forma gaussiana, pelo que um nível baixo de peróxidos não

constitui uma garantia de boa estabilidade oxidativa, podendo, pelo contrário, ser sinônimo de alteração pronunciada (ARAÚJO, 2007).

Fatores como temperatura, enzimas, luz e íons metálicos podem influenciar a formação de radicais livres. O radical livre em contato com oxigênio molecular forma um peróxido que, em reação com outra molécula oxidável, induz a formação de hidroperóxido e outro radical livre. Os hidroperóxidos dão origem a dois radicais livres, capazes de atacar outras moléculas e formar mais radicais livres, dando assim uma progressão geométrica. As moléculas formadas, contendo o radical livre, ao se romperem formam produtos de peso molecular mais baixo (aldeídos, cetonas, álcoois e ésteres), os quais são voláteis e responsáveis pelos odores da rancificação. Os peróxidos são o fator antinutricional das gorduras A formação de odores de rancidez é provável que indique que o processo de oxidação esteja em sua fase final. Tradicionalmente os valores de índice de peróxido estão entre 0 e 20 meq/Kg e nesse último valor é possível detectar o odor de rancidez (BARBI e LÚCIO, 2003).

Tabela 2 - Índice de peróxido do limite máximo estipulados pela legislação para o óleo de peixe

Índice de Peróxido	Codex Alimentarius[1]	FDA[2]	Brasil[3]
meq O_2/ Kg de óleo	10	5	10

1.Padrão para óleo refinados (FAO-WHO 1981, revisão 1999); 2. Padrão para óleo extraído de arenque (FDA 1995, revisão 2003); 3. Padrão para óleos e gorduras refinados (Brasil 2005)

Fonte: Feltes (2006)

Araújo (2007) ao realizar a análise físico-química do óleo de peixe notou um elevado teor de peróxido no óleo bruto (53,28 meq/ Kg) antes de ser processado e refinado (35,38 meq/ Kg). O autor ressalta que estes valores são indicativos de seu elevado estado deteriorativo, o que respalda a indicação do baixo valor qualitativo da matéria prima. Sendo que os altos valores de índice de peróxido sugerem que o óleo encontra-se na fase de propagação do processo oxidativo, tida como principal etapa da oxidação. Apesar da redução deste índice, o óleo refinado ainda apresenta-se com valor elevado em relação aos limites aceitáveis pela legislação (10 meq/ Kg).

Menegazzo *et al.*, (2014), avaliaram a produção, caracterização, refino do óleo bruto e a filtragem dos lipídeos residuais dos resíduos obtidos da carne mecanicamente separado das carcaças das tilápias do Nilo e do híbrido de surubins. Observaram que o refino reduziu o índice de acidez do óleo, no entanto, favoreceu a oxidação, conforme demonstrado

pelo aumento do índice de peróxido, na degomagem. Concluíram que após o refino dos óleos, ocorreram alterações na qualidade dos mesmos, diminuindo os ácidos graxos.

2.2. Lipídeos

Os lipídeos são moléculas orgânicas de origem animal ou vegetal, compostas na maioria das vezes por ácidos graxos e glicerol, insolúveis em água e solúveis solventes orgânicos (benzina e o éter). Apresentam coloração esbranquiçada ou levemente amarelada. De acordo com a natureza do ácido graxo e do glicerol que formam os lipídeos, eles podem ser classificados em três grandes grupos (simples, compostos e derivados). Apresentam várias funções no organismo, tais como (ESPÍNDOLA, 2016):

a) Composição das membranas biológicas: Os tecidos apresentam lipídeos em sua composição, uma vez que a membrana das células é formada por fosfolipídeos,

b) Fornecimento de energia: Quando comparado com os carboidratos, os lipídeos liberam, em média, 2,23 vezes mais energia quando oxidados,

c) Precursores de hormônios e de sais biliares: Os lipídeos estão relacionados com a produção de hormônios esteroides, tais como a testosterona, progesterona e estradiol. Também se relacionam com a produção de sais biliares, compostos que agem como detergente, ajudando no processo de absorção de lipídeos,

d) Transporte de vitaminas lipossolúveis: Transportam nutrientes e vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K),

e) Isolante térmico e físico: Garantem proteção contra as baixas temperaturas e contrachoques mecânicos,

f) Impermeabilização de superfícies: Impermeabilizam evitando a desidratação,

g) Melhorar a textura e o sabor dos alimentos (PINHEIRO, 2005).

2.2.1. Classificação dos lipídeos

Os lipídeos podem ser classificados como de origem exógena (proveniente da dieta) ou endógena (produzido principalmente pelo fígado e tecido adiposo). Os que tem origem exógena são importantes, pois é pela dieta que são obtidos os ácidos graxo essenciais que o organismo não sintetiza. São classificados como simples (monoglicerídeos, diglicerídeos e triglicerídeos), compostos (ácidos graxos e glicerol) e derivados (substâncias produzidas na hidrólise ou decomposição enzimática dos lipídeos, como o colesterol) (ESPÍNDOLA, 2016).

2.2.2. Lipídeos na dieta de poedeiras comerciais

O uso de lipídeos na alimentação animal é uma estratégia nutricional amplamente utilizada, que além de contribuir com o incremento energético fornecem importantes nutrientes para um equilíbrio nutricional ideal. Adicionalmente, o uso de alguns ingredientes ricos em lipídeos pode promover o enriquecimento dos produtos finais da produção animal, como carne e ovos (ROSA *et al.*, 2017).

Com o aperfeiçoamento dos métodos industriais de extração de óleos, reduziu-se o teor de extrato etéreo nos resíduos normalmente utilizados na composição das misturas balanceadas. No passado era fácil fazer uma ração com mais de 4% de gordura, porém, hoje é difícil atingir-se 3,5%. Gradualmente, tem aumentado o número de componentes de rações que vêm sofrendo uma extração prévia de gordura. A princípio, foram as tortas de oleaginosas, as farinhas de peixe e de carne, e, mais recentemente, os farelos de trigo (extraindo óleo de germe), de arroz e de milho (MACIEL, 2018).

A utilização de lipídeos na alimentação animal é um assunto bem discutido, sendo este nutriente grande fornecedor de energia prontamente disponível, sendo utilizados para aumentar a densidade energética das rações, além de contribuir com o fornecimento de ácidos graxos essenciais (JUNQUEIRA *et al.*, 2005). A energia é o princípio nutricional mais importante em dietas de monogástricos, pois é capaz de regular o consumo dos alimentos de acordo com a densidade energética da dieta, dentro de certos limites, não ocorrendo com a proteína (ESPÍNDOLA, 2016). Duarte *et al.* (2010) mencionaram outros benefícios resultantes da adição de lipídeos na dieta, classificando-os como efeitos extra calórico, destacando-se dentre eles, a melhora na digestão e absorção dos nutrientes e a redução do incremento calórico.

De acordo com Espíndola (2007) o efeito da dieta com nível energético inadequado pode influenciar de forma negativa o desempenho animal, desencadeando uma série de fatores, tais como, aumento ou redução no consumo de alimentos, prejuízos à produção (carne, ovos e leite), deposição de gordura e até deficiência de proteína. Desta forma, Harms *et al.* (2004) relataram que o decréscimo de óleo na dieta resulta em ovos mais leves pelo fato da galinha poedeira não ajustar o consumo de ração para compensar o decréscimo calórico. No mesmo sentido, o aumento no tamanho de ovos com maiores níveis de óleo na dieta foi observado por Oliveira *et al.* (2010). Outros atributos das fontes lipídicas utilizadas em dieta de poedeiras estão ligados à qualidade nutricional do ovo. Estudos foram conduzidos para atender a crescente parcela da população que se preocupa em consumir alimentos funcionais que beneficiam a saúde (ARAÚJO, 2017).

2.3. Ácidos graxos

Os ácidos graxos (AG) são ácidos carboxílicos, com cadeias hidrocarbonetos, que contêm entre 4 e 36 átomos de carbono, embora os mais comuns sejam compostos de 12 a 24 carbonos (SIKORSKI e KOLAKOWSKA, 2003). Espíndola (2016) explicou que os ácidos graxos podem ser classificados quanto a sua saturação, essencialidade e quantidade de carbono. Os ácidos graxos (Figura 1) saturados não apresentam duplas ligações e são encontrados em produtos de origem animal e vegetal e geralmente são sólidos em temperatura ambiente e os insaturados apresentam duplas ligações e geralmente são líquidos em temperatura ambiente e encontrados em vegetais, sendo classificados em monoinsaturado (MUFAs) e poli-insaturados (PUFAs). Os ácidos graxos essenciais são obtidos através da dieta e os não essenciais são produzidos pelo metabolismo animal.

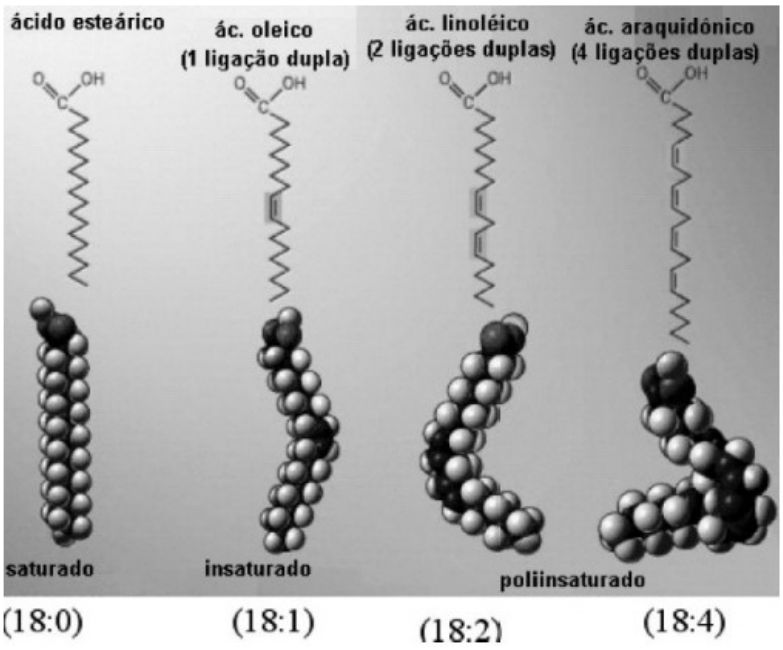


Figura 1. Classificação dos ácidos graxos: saturados e insaturados
Fonte: Pinheiro (2005)

A natureza dos ácidos graxos determina basicamente a qualidade dos lipídeos. Os ácidos graxos compõem os triglicerídeos e podem ser hidrolisados pela ação de lipases musculares e microbianas. Sendo os de cadeia de até dez átomos de carbono são considerados de cadeia curta e todos são saturados. Aqueles contendo de 12 a 14 átomos de carbono são de média cadeia e com mais de 14 átomos de carbono são considerados de cadeia longa, os quais podem ser saturados ou insaturados (OHR, 2005).

As duas principais famílias ou séries de ácidos graxos poli-insaturados (AGP) são os ômegas 3 e 6. A designação ômega (ω) tem relação com a posição da primeira dupla

ligação, contando a partir do grupo metílico final da molécula de ácido graxo. Os AGP da série ω-3 (AGP ω-3) apresentam a primeira dupla ligação entre o terceiro e o quarto átomo de carbono, enquanto os AGP ω-6 têm a primeira dupla ligação entre o sexto e o sétimo átomo de carbono. Os principais AGP ω-3 são os ácidos alfa-linolênico, eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), enquanto os principais AGP ω-6 são os ácidos linoleico e araquidônico (MAYSER *et al.*, 1998).

Tabela 3 - Denominação dos grupos de ácidos graxos pelo nível de insaturação

Grupo de ácidos graxos	Siglas
Ácidos graxos saturados	AGS
*(Saturated fatty acids)**	*(SFA)**
Ácidos graxos insaturados	AGI
*(Unsaturated fatty acids)**	*(UFA)**
Ácidos graxos monoinsaturados	AGM
*(Monounsaturated fatty acids)**	*(MUFA)**
Ácido graxo poli-insaturado	AGPI
*(Poliinsaturated fatty acids)**	*(PUFA)**

Fonte: Sargent *et al.* (2002). * Entre parêntese as denominações em inglês.

Hunter e Roberts (2000) destacaram que os ácidos alfa-linolênico e linoleico são, respectivamente, precursores das séries dos AGP ω-3 e ω-6. Estes lipídeos são denominados ácidos graxos essenciais, pois os mamíferos não possuem enzimas capazes de inserir dupla ligação nas posições 3 e 6 das cadeias hidrocarbonadas dos ácidos graxos, sendo necessário ingeri-los pela alimentação.

Tabela 4 - Principais ácidos graxos poli-insaturados

Ácidos Graxos	Siglas*	Nome em inglês	Denominação
Ácido linoleico; percursor de:	LA	Linoleic acid	C18:2 n-6
ácido araquidônico	AA	Araquidonic acid	C20:4 n-6
Ácido alfa linolênico; percursor de:	ALA	Alpha linoleic acid	C18:3 n-3
ácido eicosapentaenoíco	EPA	eicosapentaenoic acid	C20:5 n-3
ácido docosapentaenoico	DPA	docosapentaenoic acid	C22:5 n-3
ácido docosahexaenoíco	DHA	docosahexaenoic acid	C22:6 n-3

Fonte: Nelson e Cox (2006); Segura (2012)

A deficiência dos ácidos graxos essenciais em humanos pode provocar baixas taxas de crescimento, perda de peso, falhas na ovulação e lactação, degeneração testicular, aumento da permeabilidade da pele e da membrana celular, deficiência na cicatrização, aumento da susceptibilidade a infecções, queda de pelo, dermatite seborreica com hiperqueratose e aumento da síntese de DNA dos queratinócitos (MOREIRA *et al.*, 2001). Assim como nos mamíferos, nas aves, os ácidos linoleico e alfa-linolênico, também são considerados essenciais. A deficiência destes ácidos graxos determina diminuição do crescimento em aves e o aumento do tamanho do fígado em pintos, principalmente devido ao acúmulo de gordura nos hepatócitos, bem como no decréscimo das concentrações dos ácidos araquidônico e linoleico na musculatura e em outros tecidos. Nos machos, foi observado redução do tamanho dos testículos, atraso do desenvolvimento sexual, falha reprodutiva e maior incidência de doenças infecciosas (PITA, 2007).

A ingestão dos ácidos graxos essenciais desencadeia uma série de reações químicas mediadas por enzimas desnaturases e elongases no organismo animal. Estes lipídeos são convertidos em outros ácidos de cadeia longa, como o araquidônico, eicosapentanóico e docosahexanóico (Figura 2). Nestas reações há competição entre estas enzimas, de modo que, a ingestão em excesso de AGP ω-6 limita a formação dos AGP ω-3 no organismo animal e vice-versa (BRIZ, 1997).

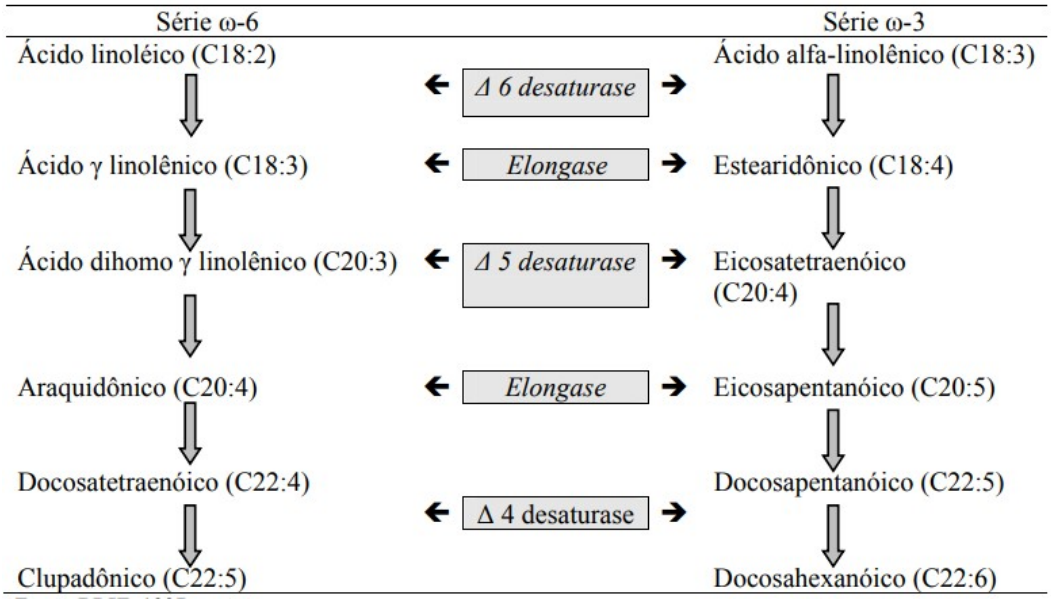


Figura 2. Metabolismo bioquímico dos ácidos graxos essenciais.

Fonte: Briz (1997)

De acordo com Simopoulos (2000), a relação ideal da razão entre ω-6/ω-3 é de 1 a 2:1, enquanto hoje, em dietas ocidentais a relação atinge 10 a 25:1, causando um desbalanceamento do metabolismo dos ácidos graxos essenciais.

2.3.1. Efeito da adição de ácidos graxos na dieta de poedeiras

No óleo de peixe, os principais ácidos graxos encontrados são da família ω-3 sendo o ácido linolênico, ácido eicosapentaenóico e o ácido docosahexaenóico, enquanto os principais da família ω-6 são o ácido linoleico e ácido araquidônico (MAYSER *et al.*, 1998). Portanto, as fontes de ω-3 obtidas através da ingestão de alimentos são muito importantes. A suplementação da dieta das aves com fontes ricas em AGP ω-3 eleva seu teor na gema, não alterando, no entanto, os teores de ácidos graxos saturados (SIMOPOULOS, 2000).

A gema do ovo tem, naturalmente, um bom balanceamento entre ácido linolênico (ómega-6) e o ácido linoleico (ómega-3), de 8:1. Contudo, a recomendação nutricional do *British Nutrition Foundation* é de 6:1. Para complementar esse balanceamento, produtos comerciais ou alimentos ricos em ácidos graxos do grupo ómega-3 (ácido docosahexanóico e ácido docosapentanóico), tem sido utilizados na alimentação das poedeiras, objetivando a produção de ovos com maior nível nutricional de "ácidos graxos essenciais" (SALDANHA e GONZALES, 2012).

De acordo com Brandão *et al.* (2005) os benefícios da suplementação dietética de AGP ω-3 em humanos, estão associados à redução de doenças cardiovasculares, neoplasias e colite ulcerativa, podendo também proteger pacientes com lesões pré-neoplásicas de cólon.

A produção de ovos enriquecidos com ω-3 é alcançada através do fornecimento de fontes ricas destes ácidos graxos na dieta de poedeiras comerciais, como substratos de peixes, algas marinhas e sementes oleaginosas. Os peixes são excelentes fontes de ácidos graxos poli-insaturados. Sua suplementação na dieta de poedeiras pode ser realizada sob a forma de farinha ou óleo, sendo esta última a mais utilizada. A utilização de óleo de peixe na ração de aves de postura eleva significativamente os níveis dos AGP ω-3: alfa-linolênico, EPA e DHA na gema de ovos comerciais (BRIZ, 1997).

Outra pesquisa demonstra que o perfil de ácidos graxos da gema do ovo varia em função das fontes lipídicas que são adicionadas na ração, acrescentando que a idade da galinha também é um fator determinante nessa relação existente entre os lipídeos da dieta e da gema (OLIVEIRA *et al.*, 2011). Gül *et al.* (2012) verificaram aumento da coloração amarela da gema do ovo à medida que aumentaram os níveis de óleo na ração. Além do nível de inclusão, a qualidade da fonte lipídica também irá refletir no teor nutricional dos ovos que são produzidos por poedeiras.

A combinação do óleo de girassol com o óleo de linhaça e/ou de peixe permite balancear dietas para poedeiras com diferentes relações ω-6/ ω-3, modulando a relação ω-6/ ω-3 do ovo. O balanço entre ômega 6 e ômega 3 recomendado para o consumo humano está em torno de 5 ou 4/1 (MARTIN *et al.*, 2006). Ceylan *et al.* (2011) observaram aumento no teor de ácido linolênico e de ácido docosaexaenoico em ovos de galinhas alimentadas com óleo de linhaça e de peixe, respectivamente. Esses resultados confirmaram, portanto, que a qualidade nutricional dos ovos pode ser beneficiada pela qualidade da fonte lipídica adicionada na dieta, se caracterizando como alternativa viável para produzir alimentos mais saudáveis e com maior valor agregado.

Saldanha e Gonzales (2012) relataram que, em geral, os benefícios do consumo de ovos enriquecidos com ácidos graxos insaturados do grupo ómega-3 são a diminuição de 10 a 40% de triglicérides sanguíneo; diminuição da pressão sanguínea depois de 6 semanas consumindo um ovo enriquecido por dia; melhor relação de ómega-6 / ómega-3 (3,5, contendo 35 mg de EPA +DHA) no leite materno de mulheres que consumiram dois ovos enriquecidos por dia (165 mg de EPA + DHA/ovo) durante a gestação. A recomendação do consumo de ovos enriquecidos recai especialmente para as pessoas com problemas do metabolismo lipídico, em geral pessoas idosas. É prudente aumentar o nível de vitamina E (50 a 100%), devido à maior demanda de antioxidantes que ocorre com o maior aporte de ácidos graxos insaturados. Além disso, os ovos enriquecidos são 60 a 80% mais caros que os ovos não enriquecidos.

2.3.2. Benefícios dos ácidos graxos poli-insaturados para o ser humano

Os ácidos graxos poliisaturados essenciais desempenham um importante papel no organismo, se destacam por apresentarem efeitos benéficos à saúde humana. Participam do metabolismo e transporte de gorduras, da manutenção da função e integridade das membranas celulares, modulação dos receptores de hormônios e função imune, além de serem precursores dos eicosanóides (prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos), um grupo de componentes semelhantes ao hormônio, que participam da regulação da pressão sanguínea, frequência cardíaca, dilatação vascular, coagulação sanguínea, lipólise, respostas imunológicas e sistema nervoso central (FRANCO, 1999).

Pesquisas científicas mostram que um aumento na ingestão de ácidos graxos poli-insaturados, principalmente ácido eicosapentaenóico (EPA), em uma dieta, reduz o risco de doenças cardíacas (NESTEL, 2000; PERINI *et al.*, 2010). Além disso, estudos realizados por Siguel (1996), Weaver e Holob (1998) e Simopoulos (2000), comprovaram que o consumo de ácidos graxos poli-insaturados reduz fatores bioquímicos associados a artrite, psoríase e

câncer, atuam diretamente no processo de crescimento e desenvolvimento humano e possuem ações antitrombóticas e antiflamatórias exercidas através do metabolismo dos eicosanoides. O ácido docosahexaenóico (DHA) é considerado fundamental na formação de tecidos nervosos e da visão. Seu requerimento associa-se principalmente com as primeiras etapas do desenvolvimento, tanto intra como extrauterino (MARTINHO e TAKAHASHI, 2001).

Além disso, o balanço na ingestão destes ácidos graxos, e consequentemente a incorporação dos AGPI na membrana das células imunes, é importante para determinar a severidade do processo inflamatório. O sistema imunológico está envolvido na defesa do organismo frente a agentes infecciosos como bactérias, vírus, fungos e parasitas; células tumorais e agressões externas. Os ácidos graxos da família ômega 3 possuem efeitos supressores, como inibição da proliferação de linfócitos, produção de anticorpos e citocinas, expressão de moléculas de adesão e ativação das células *Natural Killers* (NK). No entanto, os AGPI n-6 possuem ambos os efeitos, tanto inibitório quanto estimulatório da resposta imune (ANDRADE e CARMO, 2006; CALDER *et al.*, 2009; PERINI *et al.*, 2010).

2.4. Colesterol

O colesterol pertence à classe dos lipídeos derivados, isto é, substâncias obtidas pela hidrólise de outros compostos lipídicos (KLASING, 1998). É encontrado de forma natural no organismo de seres humanos e animais. O colesterol possui uma função vital, pois é o componente das membranas celulares no corpo, pode ser encontrado no sangue, nervos, músculos, cérebro, coração, intestinos, fígado, na lanolina da lã, manteiga e ovo. Suas principais funções são a influência na permeabilidade e integridade celular; participação na formação dos ácidos biliares e síntese de hormônios esteroides, adrenais e da vitamina D3 (MAYNARD *et al.*, 1984; LUDKE e LÓPEZ, 1999). É considerado uma substância indispensável para o metabolismo, cuja ausência, pode ser tão prejudicial para sua saúde como o excesso (ESPÍNDOLA, 2016).

Contudo, mesmo sendo importante para o nosso organismo, o excesso de colesterol pode ser muito prejudicial, pois é fator de risco para diversas doenças cardiovasculares. Os altos níveis dessa gordura são responsáveis pelo desenvolvimento da aterosclerose, que atinge principalmente artérias do coração e cérebro causando infarto e derrame, respectivamente. O desenvolvimento dessas doenças se dá de forma insidiosa, progressiva, com deposição de colesterol na parede das artérias e posterior entupimento, impedindo a passagem de sangue e destruindo o tecido (LUDKE e LÓPEZ, 1999).

A maior parte do colesterol do organismo, segundo Miles (1989) aproximadamente 75%, origina-se da biossíntese (colesterol endógeno), enquanto apenas 25%

é fornecido pela dieta (colesterol exógeno). Quando a alimentação é rica em colesterol, ocorre um bloqueio da sua síntese endógena. Por outro lado, a redução muito acentuada de colesterol-alimento pode aumentar sua síntese endógena (HARPER, 1993). O colesterol na luz intestinal pode ter sua origem, além da dieta, também da bile que carreia 1 a 2 g / dia, e das secreções ou da descamação das células da mucosa intestinal. Na ausência da bile, não ocorrerá absorção do colesterol.

O colesterol é transportado no plasma pelas lipoproteínas que são sintetizadas no fígado e intestino. Segundo Kris-Etherton *et al.* (1988), as lipoproteínas do plasma sanguíneo são classificadas de acordo com suas densidades em cinco grandes grupos: Quilomicron (QM), Lipoproteínas de densidade muito baixa (*Very Low-Density Lipoproteins*, VLDL), Lipoproteínas de densidade intermediária (*Intermediate-Density Lipoproteins*, IDL), Lipoproteínas de densidade baixa (*Low-density lipoproteins*, LDL) e Lipoproteinas de densidade alta (*Hightdensity lipoproteins*, HDL). O LDL constitui o principal componente do *pool* de ésteres de colesterol no corpo humano, por isto este componente é frequentemente referido como ´mau colesterol (SMITH e PINCKNEY, 1991). Porém, o HDL são as mais densas partículas das lipoproteínas plasmáticas, é o ″bom colesterol″, pois apesar de ser constituído de 15% de ésteres de colesterol, ele apresenta apenas 4% de triglicerídeos. Além disso, ele atua como a principal via de degradação do colesterol pela conversão a ácidos biliares no fígado. Estes são liberados no intestino delgado, onde auxiliam na absorção dos lipídeos para formarem os quilomicrons. Os ácidos biliares são reabsorvidos durante a absorção lipídica. Então, as principais vias de excreção do colesterol do corpo são:

a) Conversão a ácidos biliares, no qual é excretado nas fezes, onde é formado o coprostanol (principal esterol das fezes) por ação microbiana;

b) Secreção de colesterol na bile, no qual é transportado ao intestino para eliminação e,

c) Uma fração menor do colesterol é convertida em hormônios esteróides, sofrendo eliminação urinária.

2.4.1. Efeito do colesterol na produção de ovos

Na avicultura de postura, as aves são alimentadas com rações praticamente isentas de colesterol, dessa forma, a maior quantidade do colesterol do ovo, e dos tecidos, têm origem endógena Moura e Melo (2018). Porém, quando há adição de colesterol à ração, a sua biossíntese hepática é reduzida e, com isso, aumenta a excreção fecal do colesterol, sem alterar a síntese ovariana. Segundo Bitman e Wood (1980), a taxa de deposição de colesterol na gema reduz com o aumento na produção e no tamanho do ovo. Embora o colesterol

presente na gema do ovo seja sintetizado no fígado e transportado via corrente sanguínea na forma de lipoproteínas, a concentração do colesterol plasmático não está estritamente associada com a concentração de colesterol da gema. Além disso, estudos *in vitro* demonstraram que as membranas ao redor do ovário sintetizam colesterol a partir do acetato (SUTTON *et al.*, 1984).

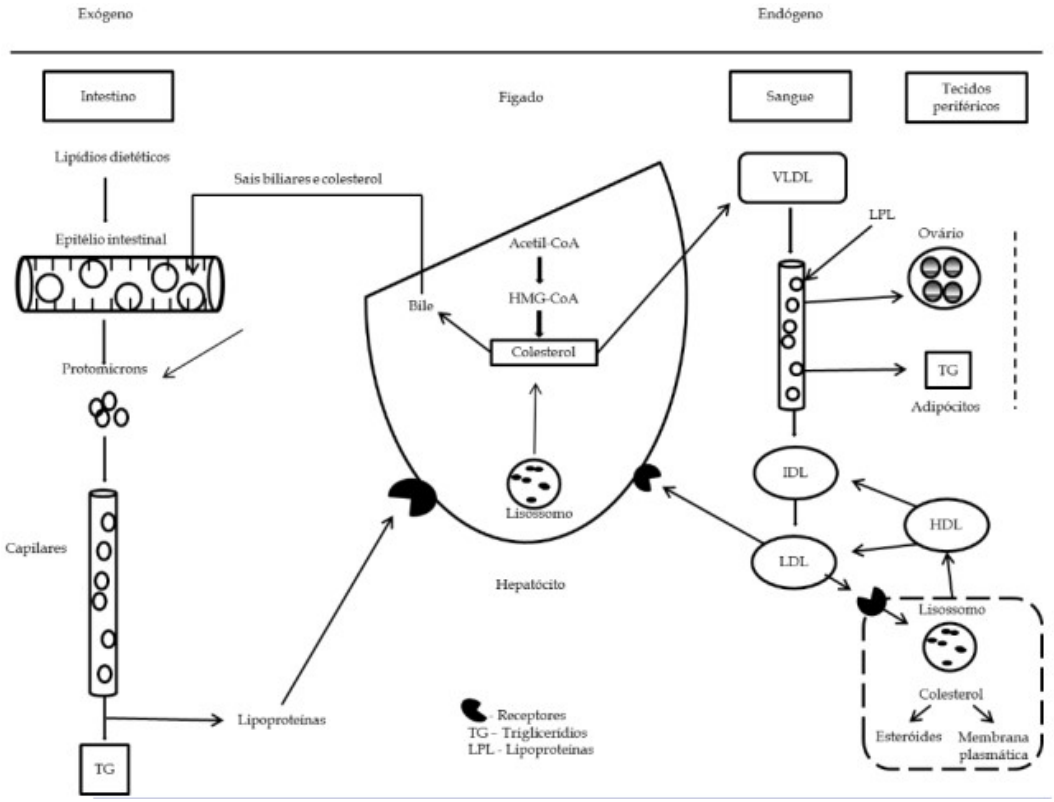


Figura 3. Metabolismo e deposição do colesterol no ovo da ave (Adaptado de KLASING, 1998).
Fonte: Moura e Melo (2018)

De acordo com Baucells *et al.*, (2003), a inclusão de óleo de peixe na dieta de galinhas poedeiras diminui o colesterol e enriquece a quantidade de ômega 3 do ovo. Os resultados demonstram que o perfil de ácidos graxos do ovo pode ser claramente manipulado pela dieta, indicando que o uso de óleo de peixe na ração de poedeiras pode produzir ovos com maior valor biológico, implicando em possibilidade de obtenção de maior retorno econômico.

A composição bromatológica do ovo é influenciada diretamente pela dieta da ave, porém, a manipulação na concentração de colesterol ainda controversa (COSTA *et al.*, 2008). Por se tratar de um gameta apto à fecundação, o ovo dispõe de mecanismos fisiológicos que garantem o equilíbrio entre os seus componentes para que o desenvolvimento embrionário não seja comprometido. Moura e Melo (2018) esclarecem que a produção de ovos com baixa

concentração de colesterol, contemplará um mercado com amplo potencial a ser explorado, além de agregar valor comercial ao produto. Desta maneira, estudos de viabilidade econômica devem ser precedidos a fim de garantir a sustentabilidade da cadeia produtiva em virtude de uma possível redução na produtividade de ovos.

Segundo Turatti (2001), os ovos têm pouca influência nos altos níveis de colesterol sanguíneo ou nas doenças cardiovasculares, sendo os maus hábitos de alimentação, obesidade, vida sedentária, fumo, álcool e problemas genéticos, as verdadeiras causas dessas alterações. Sabe-se que, nosso corpo produz seu próprio colesterol diário, e estima-se que um adulto possua cerca de 140 gramas de colesterol em seu corpo. Portanto com consumo de dois ovos por dia, correspondendo a 430 mg de colesterol (0,3%), haveria aumento diário de colesterol sanguíneo de 1-2 mg/dL, valor que segundo este autor, é pouco significativo.

2.5. Utilização de óleos na dieta de poedeiras comerciais

2.5.1. Digestibilidade

A digestibilidade é um dos métodos mais utilizados em estudos com animais para avaliar a qualidade nutricional dos alimentos e estimar a eficiência das dietas, através da quantificação dos nutrientes absorvidos do alimento que não são excretados nas fezes (NRC, 2011). O conhecimento da digestibilidade dos nutrientes dos alimentos permite a formulação de rações com custo mínimo que atendam às exigências nutricionais dos animais.

Os animais aproveitam de forma diferente os alimentos, sendo esta variação quantificada através da determinação da digestibilidade aparente, podendo ser definida como a habilidade com que o animal digere, absorve os nutrientes e a energia dos alimentos (ANDRIGUETO *et al.*, 1982).

Sakomura e Rostagno (2016) relataram que o método de coleta total das fezes e urina, no caso das aves, é um dos métodos mais usado para determinar a digestibilidade de nutrientes, assim como os valores de energia digestível e metabolizável das rações ou ingredientes para aves. Esse método baseia-se no princípio de mensurar o total de alimento consumido e o total de excretas produzidas durante um certo período de tempo. Para determinação dos valores energéticos de um alimento, são utilizadas duas dietas, uma dieta referência e a outra teste.

A energia bruta se define como a energia liberada em forma de calor quando um alimento, fezes ou tecido animal é completamente oxidado, queimando totalmente uma amostra (ESPÍNDOLA, 2016). No entanto, a energia bruta não é utilizada em formulações por não ser completamente aproveitada pela ave, havendo diferença na taxa de metabolização

entre os diferentes ingredientes devido às propriedades que os constituem. Em outras palavras, a energia bruta indica a quantidade de energia contida no alimento, sem considerar o quanto dessa energia é utilizada pela ave. A energia dos alimentos que é usada pelo organismo começa a ser considerada nos cálculos dos valores de energia digestível, que é a diferença entre a energia bruta do alimento menos a energia liberada nas fezes. No entanto, uma boa parcela da energia não metabolizada, que é expelida na urina, permanece não contabilizada. Além disso, como as aves excretam urina junto com as fezes, a energia digestível é difícil de ser determinada e muito pouco utilizada (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

Araújo (2017) explicou que a energia metabolizável é atualmente a principal partição energética dos alimentos que é usada nas formulações de rações avícolas. Esta é calculada pela diferença entre a energia bruta do ingrediente e a energia bruta perdida nas fezes, urina e gases produzidos na digestão. Em aves, a energia perdida na forma de gases é muito baixa, tendo sido desprezada nos cálculos da energia metabolizável (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007). Assim, a utilização dos valores de energia metabolizável dos ingredientes contempla todas as perdas metabólicas durante a digestão (com exceção do incremento calórico), representando uma forma muito mais precisa e fidedigna de expressar a quantidade de energia que está contida nos alimentos, considerando o aproveitamento biológico da ave.

2.5.2. Desempenho produtivo e qualidade de ovos

Além da preocupação em conhecer a digestibilidade dos nutrientes e da energia dos ingredientes, existe a necessidade de estudar a influência da dieta fornecida sob o desempenho dos animais. O desempenho é a avaliação mais importante e comumente utilizado para medir a resposta dos animais às dietas ou ingredientes testados (ARAÚJO, 2017).

De acordo com Faitarone (2010), os óleos e gorduras são ingredientes frequentemente empregados em rações, uma vez que são fontes concentradas de energia e permitem a formulação de dietas de alta densidade energética. Sendo esses ingredientes empregados nas rações para promover a melhora na palatabilidade e redução na perda de seus nutrientes, agindo positivamente sobre a conversão alimentar (NRC, 1994). No entanto, ainda controversas nos resultados obtidos utilizando fonte lipídica à base de peixe.

Oliveira *et al.* (2010) relataram que independente da fonte lipídica, as poedeiras novas alimentadas com dietas adicionadas de óleos vegetais produziram ovos

significativamente mais pesados do que as que receberam a dieta-controle, sem adição de óleos. Grobas *et al.* (2001) também observaram aumento de peso dos ovos produzidos por poedeiras tratadas com dietas adicionadas de fontes de lipídeos, indicando que essa adição foi suficiente para promover o aumento de peso dos ovos. Segundo Keshavarz e Nakajima (1995), esse aumento do peso do ovo pode estar relacionado ao aumento da disponibilidade dos nutrientes, em consequência da diminuição da taxa de passagem da ingesta, pela presença do óleo.

Silva *et al.* (2017) verificaram que a produção de ovos aumentou com o aumento da inclusão do subproduto de peixe na dieta. Nesse caso, o aumento de proteína e o alto perfil lipídico do subproduto de peixe podem ter auxiliado no enriquecimento nutricional das dietas, onde a presença de uma variedade de nutrientes contidos neste subproduto auxilia na estimulação da produção de ovos. Outras pesquisas (COSTA *et al.*, 2009 e HANNA *et al.* 2013), também relataram o efeito significativo para massa de ovos a partir da inclusão de alimentos alternativos em ração. Estes resultados obtidos para massa de ovos estão diretamente relacionados à produção de ovos, uma vez que este resultado influencia o cálculo da massa de ovos juntamente com o peso do ovo (FEIJO *et al.*, 2016).

Bertipaglia *et al.* (2016) não observaram diferença significativa na qualidade dos ovos (peso do ovo, cor da gema, índice de gema e UH) e ressaltaram que as fontes lipídicas testadas em sua pesquisa, inclusive a de resíduo de peixe podem ser utilizadas como ingredientes energéticos nas rações de codornas de postura sem afetar estes parâmetros. Entretanto, resultados obtidos por Miller *et al.* (2013) e Feijó *et al.* (2016), ao avaliarem a inclusão de alimentos alternativos em dietas de poedeiras, atestaram que à medida que há inclusão destes nas rações, verificou-se enriquecimento na qualidade dos ovos com incremento no peso do ovo e do conteúdo interno e externo.

2.5.3 Análise sensorial dos ovos

Em seu estudo, Santangelo (2006), mostrou que o painel sensorial é uma ferramenta fundamental utilizada para avaliar a aceitação de produtos no mercado. Pesquisando os gostos e preferências de consumidores, por meio de uma metodologia científica referendada internacionalmente, apresenta-se, ainda, como ferramenta moderna, utilizada para o desenvolvimento de novos produtos, reformulação de produtos já estabelecidos, estudo de vida de prateleira, determinação das diferenças e similaridades entre produtos concorrentes e, finalmente, para otimização e melhoria da qualidade de produtos existentes no mercado. Tal avaliação é realizada, utilizando-se o paladar, olfato, visão e tato.

De acordo com Franco e Sakamoto (2012), a nutrição das poedeiras, além de influenciar na qualidade física dos ovos (tamanho, percentagem de seus componentes e resistência da casca), pode ainda influenciar em sua qualidade nutricional (composição química). A realização de análises sensoriais, em ovos oriundos de poedeiras alimentadas com dietas contendo ingredientes ricos em ácidos graxos poli-insaturados (PUFas), tem sugerido alteração no odor e sabor principalmente as rações que contenham óleo ou farinha de peixe em suas composições (JIANG e SIM, 1992). Murata (1998), no entanto, não observou diferenças quanto ao sabor, aroma e texturas da gema e albúmen em ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo 3% dos óleos de soja, canola e peixe.

O sabor é um fator decisivo na escolha e aceitação de alimentos em virtude de ser uma resposta integrada, principalmente à sensação do gosto e do aroma. O gosto é atribuído aos compostos não voláteis nos alimentos, tais como açúcares, sais, limonina e ácidos, determinando os quatro gostos básicos conhecidos como doce, salgado, amargo e ácido. O aroma é bem mais complexo e é devido a dezenas ou centenas de substâncias voláteis, representantes de várias classes químicas, com diferentes propriedades físico-químicas (FRANCO e SAKAMOTO, 2012).

Araújo (2007) relatou que a degradação de lipídeos pode ser ocasionada por oxidação, hidrólise, polimerização, pirólise e absorção de sabores e odores estranhos. Dentre estes fatores, a oxidação é a principal causa da deterioração de vários produtos biologicamente importantes, alterando diversas propriedades, como qualidade sensorial (sabor, aroma, textura e cor), valor nutricional, funcionalidade e até mesmo a toxidez. Tais mudanças podem ter sua origem durante a produção, processamento e armazenamento do óleo (BOBBIO e BOBBIO, 1992). Sendo que a rancificação oxidativa ocorre normalmente com ácidos graxos insaturados, pois com ácidos graxos saturados a formação do radical livre é energeticamente desfavorável.

A estabilidade oxidativa depende do grau de insaturação dos ácidos graxos presentes, sendo os óleos que contenham altas proporções de ácidos graxos poli-insaturados apresentarem problemas de conservação devido a deterioração oxidativa e consequentemente podem formar facilmente sabores e odores desagradáveis (PACHECO, 2005). A inibição da oxidação é de extrema importância no processamento de óleos de pescado.

Seibel *et al.* (2010) ao realizarem a caracterização sensorial de ovos de codornas alimentadas com silagem química de pescado e óleo comercial semi-purificado de pescado, observaram sabores e odores de maior intensidade nos ovos provenientes das aves que foram suplementadas com óleo. Atribuíram o ocorrido à provável oxidação do óleo presente e a

existência da rancidez oxidativa, resultante das longas cadeias insaturadas, pois houve uma percepção geral de um leve sabor residual, pelos julgadores de sabor.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Verificar a bioeficácia da inclusão de óleo de resíduo de pescado em rações de poedeiras comerciais.

3.2. Objetivos específicos

- Quantificar a composição físico-química do óleo de resíduo de pescado a fim de avaliar seu potencial nas rações avícolas;
- Avaliar os efeitos de diferentes níveis da inclusão de óleo de resíduo de pescado sobre a digestibilidade dos nutrientes das rações;
- Avaliar os efeitos de diferentes níveis da inclusão de óleo de resíduo de pescado sobre o desempenho produtivo, qualidade do ovo, análise sensorial do ovo e viabilidade econômica;
- Avaliar os efeitos de diferentes níveis da inclusão de óleo de resíduo de pescado sobre a análise de perfil bioquímico do sangue das poedeiras; perfil de ácidos graxos e de colesterol da gema do ovo;
- Buscar novo bioproduto que possua aplicabilidade na indústria avícola de produção à nível regional e nacional.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local e período experimental

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), no período de outubro de 2017 a março de 2018. O setor está situado no Setor Sul do Campus Universitário em Manaus/AM, tendo como coordenadas geográficas, latitude 3° 06’ 14’’ S, longitude 59° 58’ 46’’ W e altitude de 260 m.

Figura 4 . Vista aérea do Setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas.
Fonte: Arquivo pessoal de Thiago Brelaz.

O clima é classificado como equatorial úmido, com aumento de chuvas no verão, tendo uma precipitação média anual de 2200 mm, temperatura média de 27,9 °C no período mais quente (agosto e setembro) e 26,2 º C no período mais ameno (abril) e umidade relativa do ar entre 76 a 89 % (INMET, 2006; GRANDA, 2010).

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal (CEUA) da Universidade Federal do Amazonas sob o protocolo número 012/2017 de 03 de maio de 2017 (Anexo).

4.2. Etapas da pesquisa

A pesquisa foi dividida nas etapas: obtenção e análise físico-química do óleo de resíduo de pescado; análise de digestibilidade do óleo de resíduo de pescado; avaliação de

desempenho e qualidade do ovo; análise sensorial do ovo; análise de perfil bioquímico do sangue; perfil de ácidos graxos e colesterol da gema do ovo e viabilidade econômica da utilização de óleo de resíduo de pescado em rações de poedeiras comerciais.

4.3. Obtenção do óleo de resíduo de pescado

4.3.1. Obtenção

O óleo de pescado foi doado pelo Frigorífico Comercial, localizado no município de Itacoatiara/AM. Está registrado com o S.I.E. (Serviço de Inspeção Estadual) na CODESAV (Comissão Executiva de Defesa Sanitária Animal e Vegetal), o estabelecimento atua na área de processamento de pescado e seus derivados.

4.3.2. Processamento

O óleo de pescado foi o produto final do processo da fabricação da farinha de pescado que foi oriunda do processamento dos resíduos coletados após o beneficiamento do peixe.

Após o beneficiamento, os resíduos sólidos (cabeça, estrutura óssea, nadadeiras, resíduo tecidual e visceral) foram selecionados, lavados e coletados em monoblocos e colocados em sacos de ráfia e transportado até a fábrica de farinha, posteriormente foram colocados em tanques de espera dentro da área suja da fábrica de farinha para processamentos diários e /ou congelado e armazenado em contêineres refrigerado aguardando para o processamento.

Etapas do processo para fabricação da farinha de peixe e da extração do óleo de pescado:

A matéria-prima (peixes inteiros de diversas espécies), foi oriunda da planta de processamento de pescado da empresa ou de outras empresas, foram transportadas em recipientes e veículos apropriados, devidamente higienizados antes e depois do carregamento. Posteriormente à recepção, os resíduos foram triturados em um triturador de ossos, para facilitar a sua cocção. O triturador é do tipo moedor, confeccionado em aços especiais, eixo de 5”, apoiados sobre dois mancais com rolamento e buchas especiais, com unhas fixas e giratórias, acionado por motor elétrico acoplado a um volante, interligados por correias e polias em V, e acabamento com fundo ante oxido e esmalte sintético. O resíduo triturado foi conduzido por um transportador helicoidal até a tolva, um depósito que armazena a quantidade de matéria-prima que entra no digestor para cocção. O transportador mede 12” de

diâmetro, passo de 8”, com calhas em chapas de aço SAE 1020, eixo em tubos SCH-40, com hélices, acionado por motor elétrico e redutor de velocidade, interligados por correia e com acabamento em fundo ante oxido e esmalte sintético.

Na etapa de centrifugação ocorreu a separação de líquidos e sólidos, com o objetivo de desidratar e desengordurar o produto cozido, ou seja, separar água e a maioria dos lipídeos neutros, componentes esses que limitam o tempo de vida útil da farinha. Para isso foi usada uma centrífuga confeccionada em chapa de aço SAE 1020, com cubo de aço em um eixo, cesto em chapas perfuradas, com cone e tampa, acionada por motor, e uma base ante-vibrática, confeccionada em viga U com quatro jogos de amortecedores de molas. O produto já seco foi conduzido até o moinho por um transportador helicoidal e o óleo extraído da farinha foi conduzido por tubulação. A moagem tem o objetivo de uniformizar a composição física da farinha de peixe, facilitar sua utilização, reduzir ao máximo o volume do produto, facilitando sua estocagem, embalagem, transporte, e melhorar seu aspecto externo. Após essa operação obtêm-se um pó seco cujos grânulos passam em peneira de malha 20. O moinho foi confeccionado em aço especial, rotor com separador de discos e martelos, eixo de 2, apoiados sobre dois rolamentos, com mancais especiais, boca de alimentação, acionado por um motor elétrico, montado em uma base metálica, e acabamento em fundo ante oxido e esmalte sintético.

Após a etapa de centrifugação a farinha de peixe pronta foi ensacada e armazenada em sacos rotulados de polipropileno, até o peso de 25 Kg, devidamente fechado, costurado com máquina de costurar e armazenados. O óleo de pescado foi conduzido por tubulação até o silo vertical que fica situado ao lado da fábrica de farinha, onde fica armazenado até seu transporte.

O óleo bruto de pescado foi acondicionado e transportado em recipiente plástico apropriado até o Setor de Avicultura da UFAM, posteriormente foi filtrado em prensa mecânica (Figura 5: A) no Laboratório de Tecnologia do Pescado/ FCA/ UFAM para retirada de impurezas e sólidos que restaram do processamento para obtenção da farinha e armazenados em recipientes plásticos para fabricação da ração experimental (Figura 5: B e C).

Figura 5 - Prensagem do óleo para retirada de impurezas e sólidos (A), posteriormente armazenados em recipientes plásticos (B) para fabricação das rações experimentais (C)

Fonte: Arquivo pessoal de Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz.

4.3.3. Análise físico-química

Uma fração do óleo foi armazenado em recipiente hermeticamente fechado, previamente identificado e enviado para o laboratório comercial CBO localizado em Campinas/ SP para determinação físico-químicas (umidade e voláteis, extrato etéreo, acidez em ácido oleico, índice de peróxido e índice de iodo) e das proporções dos ácidos graxos.

4.4. Análise de digestibilidade

O aviário experimental possui cobertura de fibrocimento medindo 17,0 m de comprimento, 3,5 m de largura e 3,20 m de pé-direito, com uma fileira de gaiolas de arame de cada lado, comedouros tipo calha e bebedouros tipo niplle.

Foram utilizadas 72 poedeiras da linhagem Hisex White com 25 semanas de idade alojadas em 12 gaiolas dimensionadas em 1,0 m x 0,45 m x 0,45 m com divisórias internas de 0,50 m no sentido do comprimento. Todas as aves foram pesadas individualmente no início do experimento com objetivo de uniformizar as parcelas, apresentando peso médio de 1,46±0,0028 Kg e distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), onde os tratamentos constituíram-se de uma dieta controle e uma dieta experimental (tratamento controle - 0% de inclusão e dieta experimental – 3,5% de inclusão) com seis repetições de seis aves cada.

O período experimental teve duração de 12 dias, considerando sete dias de adaptação das aves às dietas e às instalações e mais cinco dias para coleta total das excretas e dos dados conforme metodologia proposta por Sakomura e Rostagno (2016).

Os animais receberam alimento e água à vontade, e as rações (Tabela 5) foram formuladas através do *software* computacional Supercrac (2008) em atendimento às exigências nutricionais e conforme os valores dos ingredientes fornecidos pelas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO *et al.*, 2017), com exceção da composição do óleo de resíduo de pescado.

Tabela 5 - Composição centesimal e calculada das rações experimentais (controle e contendo 3,5% de óleo de pescado)

Ingredientes (%)	Rações Experimentais	
	0,0%	3,5%
Milho grão 7,88%	65,0528	52,1421
Soja Farelo 46%	23,2198	22,0501
Farelo de trigo	0,0000	10,0000
Óleo de peixe	0,0000	3,5000
Calcário calcítico	8,8070	9,5122
Fosfato bicálcico	1,9812	1,8568
Sal comum	0,3500	0,3500
DL-metionina 99	0,0891	0,0887
Premix Vitamínico e mineral[1]	0,5000	0,5000
Total em Kg	100,00	100,00
Composição calculada*		
Energia Metabolizável, kcal/Kg	2.727,3	2.750,0
Proteína bruta (%)	16,0000	16,0000
Metionina + Cistina total (%)	0,6000	0,6000
Metionina total (%)	0,3444	0,3396
Fósforo disponível (%)	0,4500	0,4500
Cálcio (%)	3,9000	4,1481
Sódio (%)	0,1566	0,1558

[1]Níveis de garantia por quilograma de produto: Vitamina A 2.000.000 UI, Vitamina D3 400.000 UI, Vitamina E 2.400 mg, Vitamina K3 400 mg, Vitamina B1 100 mg, Vitamina B2 760 mg, Vitamina B6 100 mg, Vitamina B12 2.400 mcg, Niacina 5.000 mg, Pantotenato de Cálcio 2000 mg, Ácido Fólico 50 mg, Coccidiostático 12.000 mg, Colina 50.000 mg, Cobre 1.200 mg, Ferro 6.000 mg, Manganês 14.000 mg, Zinco 10.000 mg, Iodo 100 mg. Selênio 40 mg. Veículo Q.S.P. 1.000 g

A digestibilidade dos nutrientes das rações foi determinada utilizando-se o método de coleta total das excretas. Para este procedimento foram utilizadas bandejas acopladas sob o piso das gaiolas e forradas com plástico (Figura 6: A e B), de onde as excretas foram coletadas duas vezes ao dia, no início da manhã (08 horas) e no final da tarde (16 horas). Em seguida foram pesadas e acondicionadas em sacos hermeticamente fechados, identificados conforme o tratamento e armazenadas em freezer a -10 ºC (Figura 6: C).

Figura 6 - Aves alojadas em gaiolas forradas para coleta das excretas (A e B) e as amostras armazenadas em sacos identificados (C).

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz.

Ao término do período de coleta, as amostras foram descongeladas a temperatura ambiente, homogeneizadas por unidade experimental e retirada uma amostra composta para secagem em estufa ventilada a 50 ºC por um período de 72 horas, posteriormente foram moídas e armazenada em recipientes identificados (Figura 7: A, B e C).

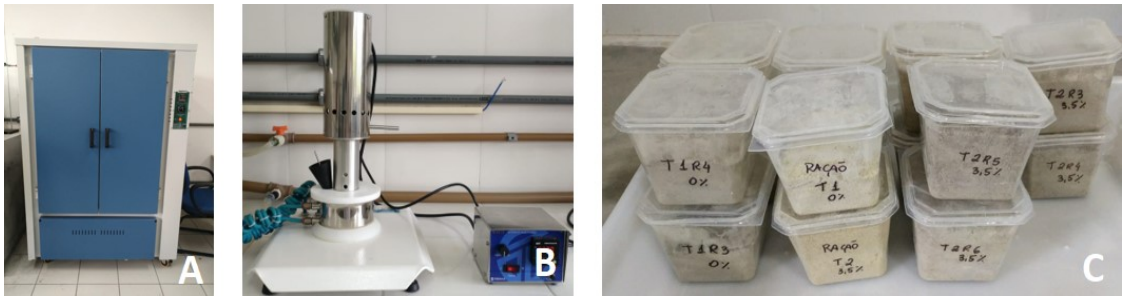


Figura 7 - Excretas secas em estufa ventilada (A), moídas (B) e armazenadas em recipientes para envio para o laboratório

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

As análises químicas das rações e das excretas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRRJ, para análise de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM) e energia bruta (EB) segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2017).

Após as análises, foram determinados os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, valores de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio das rações conforme as equações descritas por Matterson *et al.* (1965) para avaliação dos alimentos (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016).

$$CDA = \frac{\text{Nutriente consumido - Nutriente excretado nas fezes}}{\text{Nutriente consumido}} \times 100$$

$$EMA = \frac{\text{Energia Bruta ingerida - Energia bruta excretada}}{\text{Matéria seca ingerida}}$$

$$EMA = \frac{\text{Energia Bruta ingerida - Energia bruta excretada} \pm 8{,}22}{\text{Matéria seca ingerida}} \times BN$$

$$BN = \text{Nitrogênio ingerido} - \text{Nitrogênio excretado}$$

Em que:

CDA = Coeficiente de digestibilidade aparente

EMA = Energia metabolizável aparente

EMAn = Energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio

BN = Balanço do nitrogênio

4.5.1. Análises estatísticas

Os dados coletados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), em seguida submetidos ao teste de comparação de médias Tukey ($p<0,05$), utilizando o programa computacional Statistical Analysis System – SAS (2008).

4.6. Avaliação do desempenho

O aviário experimental (Figura 8: A) possui cobertura de fibrocimento medindo 17,00 m de comprimento, 3,50 m de largura e 3,20 m de pé-direito, com corredor central e uma fileira de gaiolas (1,00 m x 0,45 m x 0,45 m) de arame de cada lado, com divisórias internas de 0,50m no sentido do comprimento, com comedouros lineares, tipo calha e bebedouros tipo niplle.

O período experimental foi de 105 dias, novembro de 2017 a fevereiro de 2018, divididos em cinco períodos de 21 dias cada um. As aves foram pesadas (1,45 ±0,0025 Kg) no início do experimento para uniformização das parcelas (Figura 8: B) e submetidas a um período de adaptação de quinze dias às rações.

Foram utilizadas 192 poedeiras da linhagem Hisex White com 29 semanas de idade, distribuídas em 28 gaiolas de um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), onde os tratamentos constituíram oito níveis crescentes de óleo de pescado (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 e 3,5%, respectivamente) na ração com quatro repetições de seis aves cada. A ração experimental e a água foram fornecidas *ad libitum* em cada unidade experimental. A coleta de ovos foi realizada duas vezes ao dia, as 09 e as 15 horas e suas quantidades registradas na ficha de produção (Figura 8: C), de acordo com os tratamentos e suas respectivas repetições.

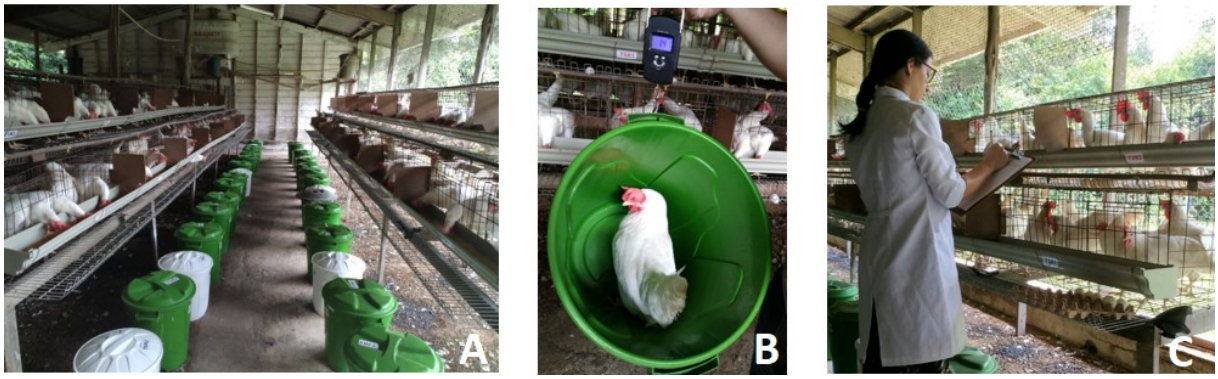


Figura 8 - Disposição das gaiolas no aviário experimental (A) e pesagem das aves para uniformização das parcelas (B) e registro na ficha de produção (C)

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Durante o período experimental, as aves receberam 16 horas de luz (12 horas natural + 4 horas artificial). A temperatura média e a umidade relativa do ar foram registradas duas vezes ao dia (09 e 15 horas) através de um termo higrômetro digital posicionados na altura das aves, com resultados de 28,9 a 31,87 ºC e 62,02 a 72,25%, respectivamente.

4.6.1 Rações experimentais

As rações experimentais (Tabela 6) foram formuladas conforme as exigências nutricionais das poedeiras através do programa computacional Supercrac (2008) utilizando os valores preconizados por Rostagno *et al.* (2017) e a inclusão de óleo de resíduo de pescado respeitou os níveis de inclusão percentuais nas rações.

Tabela 6 - Formulações das rações experimentais com os níveis de inclusão de óleo de pescado em dieta de poedeiras leves.

Ingredientes (%)	Níveis de óleo de pescado por tratamento							
	0,0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%	3,5%
Milho grão (7,88%)	65,0528	63,7357	62,5469	60,5696	58,2468	58,2468	54,3412	52,1421
Soja Farelo (46%)	23,2198	23,2741	23,3068	23,1381	22,6938	22,6938	22,6845	22,0501
Farelo de trigo	0,000	0,5000	1,0000	2,5000	5,0000	7,5000	7,5000	10,0000
Óleo de peixe	0,000	0,5000	1,0000	1,5000	2,0000	2,5000	3,0000	3,5000
Calcário calcítico	8,8070	9,0744	9,2352	9,3998	9,2005	9,2005	9,6488	9,5122
Fosfato bicálcico	1,9812	1,9760	1,9706	1,9520	1,9195	1,9195	1,8877	1,8568
Sal comum	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500
DL-metionina (99)	0,0891	0,0899	0,0905	0,0905	0,0893	0,0893	0,0878	0,0887
Premix Vitamínico e mineral[1]	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
Total em Kg	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutriente	Composição calculada*							
E.M. (kcal^{-1}/Kg)	2.727,3	2.736,7	2.750,0	2.750,0	2.750,0	2.745,7	2.750,0	2.750,0
Proteína bruta (%)	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000	16,0000	16,000	16,000	16,0000
Metionina + Cistina total (%)	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000
Metionina Total (%)	0,3444	0,3446	0,3447	0,3440	0,3422	0,3406	0,3404	0,3396
Fósforo disponível	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500

(%)								
Cálcio (%)	3,9000	4,0000	4,0598	4,1182	4,0365	4,0000	4,2000	4,1481
Sódio (%)	0,1566	0,1565	0,1563	0,1562	0,1561	0,1561	0,1559	0,1558

1 Níveis de garantia por quilograma de produto: Vitamina A 2.000.000 UI, Vitamina D3 400.000 UI, Vitamina E 2.400 mg, Vitamina K3 400 mg, Vitamina B1 100 mg, Vitamina B2 760 mg, Vitamina B6 100 mg, Vitamina B12 2.400 mcg, Niacina 5.000 mg, Pantotenato de Cálcio 2000 mg, Ácido Fólico 50 mg, Cocciostático 12.000 mg, Colina 50.000 mg, Cobre 1.200 mg, Ferro 6.000 mg, Manganês 14.000 mg, Zinco 10.000 mg, Iodo 100 mg, Selênio 40 mg. Veículo Q.S.P. 1.000 g

4.6.2 Parâmetros do desempenho produtivo das aves

As variáveis de desempenho analisadas foram: CR - Consumo de Ração (g/ave/dia), CA - Conversão Alimentar (Kg de ração/ Kg de peso de ovo), CA - Conversão Alimentar (Kg de ração/dúzia de ovo), PDO - Produção de Ovos (%), MO – Massa de Ovo (g) e MT – Mortalidade (%).

Consumo de ração

Foi determinado através do quociente entre o total de ração consumida e o número de aves em um período de 21 dias, a partir da quantidade de ração oferecida durante o ciclo, menos a sobra ao final de cada ciclo (Figura 9: A, B e C).

Figura 9 - Avaliação do consumo de ração, através da pesagem da ração fornecida (A e B) e coleta e pesagem das sobras (C)

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Conversão alimentar (Kg/Kg)

Foi determinada através do total de ração consumida em quilogramas e o total da massa do ovo produzido.

Conversão alimentar (Kg/dúzia)

Foi determinada através dos dados do total de ração consumida e o total de dúzia de ovo produzido.

Produção de ovos (%)

Foi determinada através do total de ovos produzidos (Figura 10: A) e o total de ovos possíveis que seriam produzidos, multiplicado por cem.

Massa de ovo (g)

Foi obtida através do cálculo do produto entre peso do ovo e a produção de ovos (Figura 10: A e B) divididos por cem.

Mortalidade (%)

Foi determinada através do quociente do número de aves mortas e o total de aves ao início na parcela, multiplicado por cem.

Figura 10 - Coleta diária dos ovos (A) e pesagem dos ovos para cálculo de produção de ovos e massa dos ovos (B)

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

4.4.1. Parâmetros de qualidade dos ovos

Nos dois últimos de cada período, foram coletados ao acaso quatro ovos de cada parcela para mensuração da qualidade do ovo. Antes de serem submetidos à avaliação, os ovos recém postos foram armazenados durante uma hora, até igualar sua temperatura com a temperatura ambiente. Foram utilizados 16 ovos por tratamento, totalizando 128 ovos por período e 640 ovos durante todo o período experimental.

As variáveis de qualidade do ovo analisadas foram: peso do ovo (PO), gravidade específica (GE), altura do albúmen (AA), altura da gema (AG), diâmetro da gema (DG), pigmentação da gema (PG), percentagem de albúmen (PA), percentagem de gema (PG), espessura da casca (EC), percentagem de casca (PC), índice de gema (IG), unidade Haugh (UH).

Peso do ovo (g)

Os ovos foram separados e identificados (Figura 11: A) por repetição, posteriormente pesados em balança analítica, foi considerado o peso em gramas dos ovos inteiros com casca (Figura 11: B).

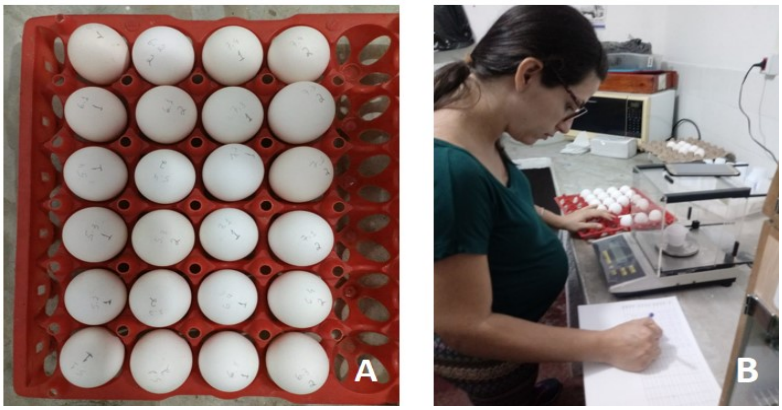


Figura 11. Identificação (A) e pesagem individual dos ovos por tratamento (B). Arquivo pessoal de Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz.

Gravidade específica (g/mL^3)

Os ovos inteiros logo após a coleta foram colocados em cesta de metal e submersos em baldes plásticos contendo diferentes soluções de cloreto de sódio (NaCl), da menor para a maior concentração, com densidade variando de 1.075 a 1.100 g/cm^3, com intervalo de 0,005 entre elas. A salinidade foi ajustada antes do final de cada período, através de um densímetro (Figura 12: A). Os ovos passaram por um balde contendo água pura antes de seguirem para as soluções salinas (Figura 12: B). Os ovos foram retirados ao flutuarem até a superfície e seus respectivos valores anotados Figura 12: C).

Figura 12. Ajuste da densidade (A) das diferentes soluções salinas armazenadas em baldes plásticos (B) e posterior aferição da densidade dos ovos (C). Arquivo pessoal de Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz.

Altura do albúmen e gema (mm)

Os ovos após pesados, foram quebrados sobre uma placa plana de vidro (Figura 13: A) para a mensuração dos valores de altura em milímetros de albúmen e gema.

Este procedimento consistiu em medir com o auxílio de um paquímetro digital a região mediana, entre a borda externa do albúmen e a gema (Figura 13: B).

Diâmetro da gema (mm)

Após a mensuração de altura do albúmen e a separação do mesmo da gema foi aferido com um paquímetro digital o diâmetro da gema (Figura 13: C).

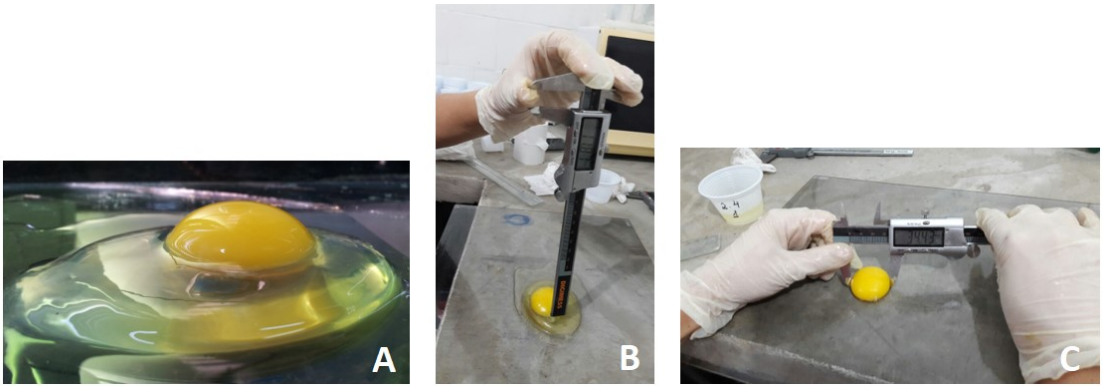


Figura 13. Ovo quebrado sobre placa plana de vidro (A) para a mensuração dos valores de altura de albúmen (B) e diâmetro da gema (C)

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz.

Percentagem de albúmen e gema (%)

Para a análise de percentagem destas variáveis, ao albúmen foi separado manualmente da gema. Os componentes foram colocados individualmente em recipiente descartável, posteriormente pesado em balança analítica e os valores foram registrados em gramas (Figura 14: A e B). Para cálculo de percentagem, o peso do albúmen e da gema foram divididos pelo peso do ovo e multiplicados por cem, dando os valores em percentagem.

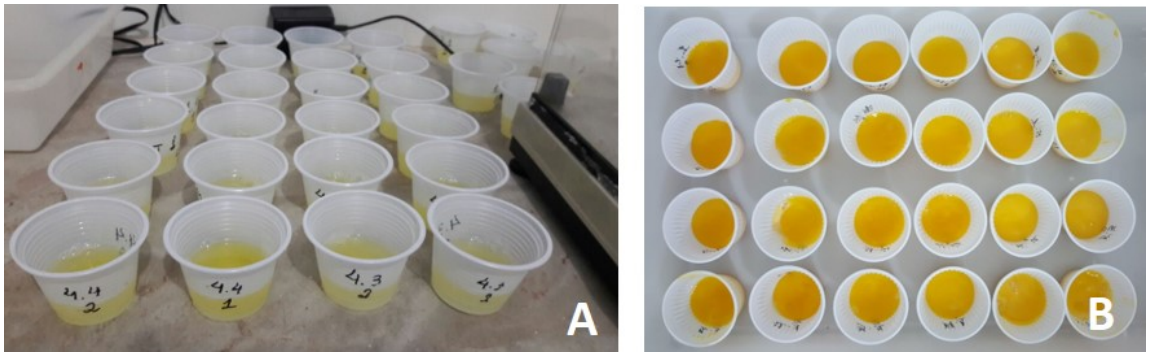


Figura 14 - O albúmen (A) e a gema (B) foram colocados individualmente em recipiente descartável para pesagem em balança analítica e posterior registro dos valores

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz.

Pigmentação da gema

Esta variável foi obtida com o auxílio de um leque colorimétrico da marca ROCHE© com escala de 1 a 15.

Percentagem de casca (%)

A percentagem de casca do ovo foi obtida após a quebra do ovo para análise da qualidade interna. As cascas foram lavadas em água corrente, em seguida foram secas a 50 ºC por um período de 48 horas (Figura 15: A). Posteriormente a este procedimento as cascas foram pesadas individualmente em balança analítica e os valores registrados em gramas.

Para obtenção da percentagem, o peso da casca foi dividido pelo peso do ovo e multiplicado por cem.

Espessura da casca (µm)

Para essa determinação foram utilizadas as cascas secas. Sua leitura foi realizada com o auxílio de um micrômetro analógico, e efetuada em três pontos: na região basal, equatorial e apical da casca do ovo. A média, em micrômetro e os valores anotados (Figura 15: B).

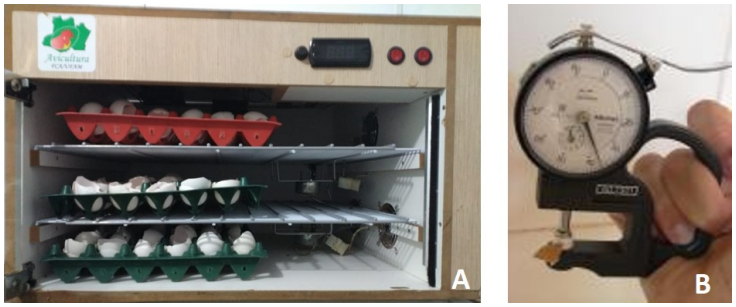


Figura 15 - Secagem da casca do ovo para obtenção da percentagem de casca (A) e mensuração da espessura de casca (B)

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Índice de gema

Foi obtido dividindo-se a altura da gema (mm) pelo valor do seu respectivo diâmetro (mm).

A unidade Haugh (UH)

Para determinação da unidade Haugh foi utilizada a fórmula matemática proposta por Haugh (1937) descrita abaixo.

$$UH = 100 \log (H + 7{,}57 - 1{,}7W^{0{,}37})$$

Onde:

UH: unidade Haugh

H: altura do albúmen denso (mm)

W: peso do ovo (g)

4.7 Análise sensorial dos ovos

A análise sensorial foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Dutcosky (1996), participaram da análise 45 julgadores não treinados de ambos os sexos e idades (Figura 16: A).

Cada participante recebeu uma ficha de avaliação (Figura 16: B) contendo Escala Hedônica Estruturada de nove pontos (9. gosta extremamente; 8. gosta muito; 7. gosta moderadamente; 6. gosta pouco; 5. Indiferente (nem gosta/nem desgosta); 4. desgosta pouco; 3. desgosta moderadamente; 2. desgosta muito; 1. desgosta extremamente) para os atributos de aroma, cor, sabor e aparência. O teste de preferência foi realizado para todos os tratamentos e os resultados foram expressos em escala de 1 a 9.

Todos os julgadores foram instruídos quanto à avaliação e o preenchimento das fichas. A identidade dos provadores foi preservada, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi assinado e as normas (Resolução CNS número 466/12 e suas complementares) foram respeitadas.

Foram utilizados 240 ovos experimentais (30 ovos de cada tratamento), estes ovos passaram por cozimento em água fervente por dez minutos após início da ebulição, em seguida os ovos cozidos foram retirados e deixados a temperatura ambiente para esfriar. Após esse procedimento foram fornecidas as amostras (meio ovo) de cada tratamento aos julgadores.

Figura 16 - Avaliadores de ambos os sexos sendo informados sobre a ficha de avaliação (A) e amostra e ficha de avaliação com Escala Hedônica Estruturada de nove pontos (B)
Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz.

4.8 Análise de perfil bioquímico do sangue

Ao final do experimento de desempenho, foram selecionadas 32 poedeiras, sendo quatro aves de cada tratamento (uma por repetição) para coleta de 1 mL de sangue diretamente da veia ulnar, afim de realizar a análise dos parâmetros bioquímicos do sangue das poedeiras alimentadas com diferentes níveis de óleo de pescado na ração.

As amostras de sangue foram coletadas no período da manhã, após a aves serem submetidas a jejum prévio de 12 horas (Figura 17: A). O sangue coletado foi transferido para os tubos contendo EDTA, posteriormente levados para o Laboratório de Morfologia Funcional-LMF do Instituto de Ciências Biológicas da UFAM. As amostras foram centrifugadas a 3.500 rpm por 15 minutos (Nova instrument NI 1800), para obtenção do plasma (Figura 17: B e C), posteriormente foram congeladas e armazenadas em freezer a -18 ºC.

As variáveis bioquímicas foram analisadas utilizando espectrofotômetro da marca Multiskan GO (Thermo Scientific). Foram utilizados kits comerciais da marca Labtest Diagnóstico® para determinação dos parâmetros: triglicerídeos (mg/dL), glicose (mg/dL), proteínas totais (g/dL), albumina (g/dL), ácido úrico (mg/dL), colesterol total (mg/dL) (Figura 17: D). As variáveis globulinas (g/dL) e relação de albumina e globulinas foram calculadas.

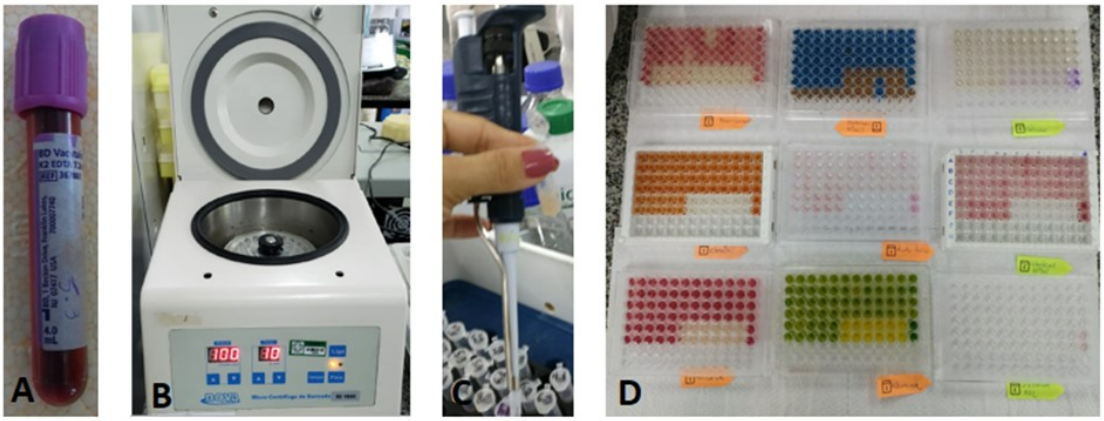


Figura 17 - As amostras de sangue (A) foram centrifugadas (B), para obtenção do plasma (C) e determinação do perfil bioquímico sérico (D)

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

4.8 Determinação do perfil de ácidos graxos e colesterol da gema

4.8.1 Obtenção das amostras

Ao final do período de desempenho foram coletados dois ovos por repetição, totalizando oito ovos por tratamento. Os ovos foram identificados e pesados individualmente, posteriormente foram cozidos durante 10 minutos, após o início da ebulição da água, e foram resfriados à temperatura ambiente. Em seguida, cada ovo foi descascado manualmente, e separou-se a gema inteira do albúmen (Figura 18: A). Após o registro do peso as gemas foram embaladas em sacos plásticos previamente identificados e armazenadas em *freezer* a -18 ºC.

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Cromatografia no Departamento de Química da UFAM. Onde após o descongelamento, as gemas foram colocadas em graal e maceradas para completa homogeneização de modo a se obter uma amostra por tratamento, cada uma constituída por um *pool* de oito gemas (Figura 18: B, C e D).

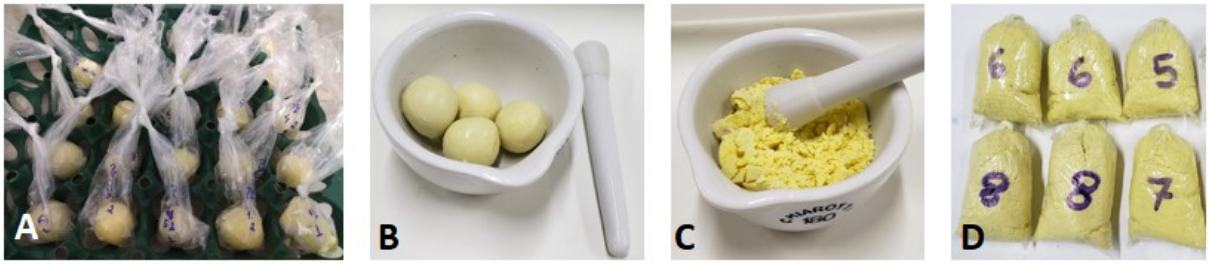


Figura 18 - As gemas cozidas foram pesadas e identificadas (A), posteriormente colocadas em graal (B) e maceradas para completa homogeneização (C) e as demais amostras (D) foram armazenadas

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

4.9 Extração de lipídeos

A extração dos lipídeos totais foi realizada seguindo o método descrito por Folch *et al.* (1957), adaptado. A extração foi feita usando uma mistura de clorofórmio / metanol. Pesou-se 15 g de gema de ovo cozida em balança analítica, adicionou-se 50 mL metanol homogeneizando manualmente por 2 min, posteriormente foi adicionado 100mL de clorofórmio e a homogeneização ocorreu por mais 2 min. A mistura foi filtrada, e o resíduo lavado com a solução clorofórmio / metanol (2:1). Os filtrados foram colocados em funil separador e adicionou-se 50 mL cloreto de potássio aquoso a 0,88% seguido por solução de metanol / água (1:1).

A camada de lipídeo purificado (parte inferior) foi filtrada, após adicionar sulfato de sódio anidro, e posteriormente os solventes foram removidos em rota-evaporador a 35 ºC. Os lipídeos extraídos foram transferidos para frascos com 2 mL de clorofórmio e armazenados a -18 °C até nova análise (Figura 19: A, B, C e D).

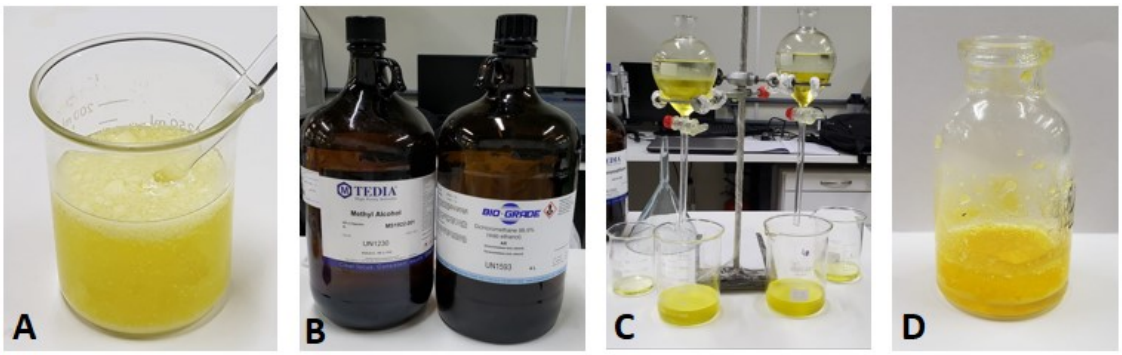


Figura 19 - As amostras forma homogeneizadas manualmente (A), adicionou-se os reagentes (metanol e clorofórmio) e posteriormente foram filtradas e colocados em funil separador (C) e os lipídeos extraídos foram armazenados em frascos e armazenados

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz.

4.9.3 Ácidos graxos: Saponificação e Esterificação

A saponificação e esterificação foram realizadas posterior a extração de lipídeos. Pesou-se 100mg de extrato lipídico da gema em um tubo de vidro de rosca de 20 mL e foram adicionados 0,7 mL de 10M KOH, e 5,3 mL de metanol foram adicionados.

Os tubos foram incubados em banho-maria a 55 ºC por uma hora e meia com agitação manual durante cinco segundos a cada vinte minutos com a finalidade de dissolver e hidrolisar adequadamente a amostra.

Após resfriamento dos tubos até a temperatura ambiente adicionou-se 0,58 mL de 12M H_2SO_4. A amostra foi agitada e formou-se o precipitado de K_2SO_4 na parte inferior do

tubo. Posteriormente foram incubados novamente em um banho-maria a 55 ºC por uma hora e meia com agitação manual durante 5 segundos a cada 20 minutos.

Adicionou-se aos tubos 3mL de hexano, as amostras foram agitadas em vórtice por 10 minutos a 3500 rpm. A camada de hexano (superior), contendo os ácidos graxos, foi transferida para um frasco de vidro contendo sulfato de sódio anidro, filtradas e armazenadas a -18 ° C.

4.9.4 Colesterol da gema

Para determinar as concentrações de colesterol foi pesado 1 g de gema cozida em um tubo de vidro de rosca. Para saponificação da amostra foi adicionado 10 mL de 33% de KOH etanólico e posteriormente foi incubado em banho-maria a 60° C por 1 hora. A mistura foi então resfriada em água gelada e foram adicionados 5 mL de água destilada. Colesterol em frações insaponificáveis foi extraído três vezes com 5 mL de hexano.

4.9.5 Cromatografia com fase gasosa acoplada a espectrometria de massas - CG-EM

As amostras foram armazenadas em recipientes hermeticamente fechado, previamente identificados e enviadas para o Laboratório Química de Produtos Naturais, Farmanguinhos-Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) localizado no Rio de Janeiro /RJ para determinação do perfil de ácidos graxos e colesterol.

A cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM) para separação e identificação dos ácidos graxos e colesterol foi realizada em um cromatógrafo a gás Shimadzu GCMS-QP2010 Ultra, nas seguintes condições: Coluna capilar: Rtx®-5MS (5% difenil e 95% dimetil polisiloxano) com dimensões de 30 m x 0,25 mm x 0,25 μm; Injetor: 260 °C; Impacto de elétrons: 70 eV; Gás de arraste: Hélio; Vazão: 1,5 mL/min; Injeção sem divisão de fluxo; Programa de Temperatura: 50 – 260 °C (7 °C min^{-1}).

4.10 Análise econômica

Para determinação dos resultados da análise econômica as variáveis analisadas foram: preço da ração (R$), consumo de ração acumulado (Kg), custo alimentar (R$), produção de ovos (unidades), custo de produção dos ovos (R$/unidade), receita bruta (R$), valor agregado bruto (R$), índice de lucratividade (%) e ponto de equilíbrio (unidades).

Para obtenção do preço da ração e dos custos de produção foram utilizados apenas os valores por quilo das matérias-primas utilizadas e o preço atualizado destes na região no período de realização do experimento, que foram: milho, R$ 1,24; farelo de soja, R$ 2,56; calcário, R$ 0,75; fosfato bicálcico, R$ 4,00; sal comum, R$ 0,90; DL-Metionina, R$ 33,90; e

suplemento mineral e vitamínico, R$ 24,08; e farelo de trigo, R$ 0,93 . Para o cálculo do custo do óleo do resíduo de pescado levou-se em consideração apenas as despesas com transporte e manejo do produto (mão-de-obra), estimando-se o preço por quilo/litro do produto em R$ 2,30. Os custos fixos não se alteraram à curto prazo durante o período experimental.

O custo alimentar (CA), único custo de produção utilizado como variável foi determinado através da aquisição dos ingredientes e confecção da ração, sendo estimado pela formula: CA = CRA x PR, onde CA = custo com alimentação (R$), CRA = consumo de ração acumulado (Kg) e PR = preço do quilo de ração (R$/Kg). O custo de produção por ovos foi obtido do quociente do total de ovos produzidos pelo custo total de produção dos ovos, neste caso o custo alimentar, pela fórmula, CPO = Q/CA, onde CPO = custo de produção por ovo (R$), Q = quantidade de ovos produzidos, e CA = custo alimentar (R$).

A receita bruta foi obtida a partir do cálculo entre a produção de ovos e o preço de venda por unidade do produto, em que RB = Q x PV, onde RB = receita bruta (R$), Q – quantidade de ovos produzidos por unidade, e PV = preço de venda de cada ovo (R$). O preço de venda dos ovos, aplicando cálculo de margem bruta de valor agregado bruto, determinou-se por meio preço praticado na região com o valor fixo de R$ 0,24.

O valor agregado bruto (VAB) denota do cálculo monetário entre a diferença do total acumulado da venda dos ovos com o custo descontado de produção que oriunda do custo com alimentação. A dedução entre a receita bruta e o custo com alimentação foi determinado pela formula, VAB = RB – CA em que VAB = valor agregado bruto (R$), RB = receita bruta (R$) e CA = custo com alimentação (R$). Logo, o índice de lucratividade indica a taxa disponível de capital após o pagamento dos custos, no caso custo com alimentação, e é oriundo da relação entre a margem de valor agregado bruto e a receita bruta, através da fórmula: IL = (VAB/RB) x 100.

O ponto de equilíbrio define a quantidade da produção que apresenta retorno zero. No caso, trata-se de ponto de equilíbrio parcial, pois apresenta o volume de produção necessário para cobrir apenas os custos com alimentação. Sendo assim, considerando que a RB é produto da quantidade de ovos produzidos por unidade (Q) e o preço de venda cada ovo (PV), e o custo de produção (CP) produto entre a quantidade de ração consumida e o preço da ração conforme tratamento utilizado temos: RB = Q x PV e, CP = CRA x PR. Logo, o ponto de equilíbrio se estabelece quando: RB = CP, onde receita bruta é igual ao custo, ou, Q x PV = CRA x PR.

4.11 Análise estatística dos resultados

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância utilizando o procedimento GLM do programa computacional *Statistical Analysis System* - SAS (2008) e as estimativas dos tratamentos foram submetidas à análise de regressão polinomial ao nível de 5% de significância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Óleo de resíduo de pescado

Os resultados obtidos para o perfil de ácidos graxos e características físico-químicas do óleo de resíduo de pescado encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Composição do óleo de resíduo de pescado

Componentes	**Composição**
Gordura saturada, %	48,23
Gordura insaturada, %	50,83
Gordura monoinsaturada, %	28,92
Gordura poli-insaturada, %	21,91
Ômega 3, %	12,79
Ômega 6, %	8,57
Ácidos Graxos Saturados (%)	
Ácido palmítico (C16:0)	29,01
Ácido esteárico (C18:0)	9,62
Ácido mirístico (C14:0)	4,50
Ácidos Graxos Monoinsaturados (%)	
Ácido Palmitoleico (C16:1n7)	7,21
Ácido oleico (C18:1n9c)	18,48
Ácidos Graxos Poli-insaturados da Série ω-6 (%)	
Ácido Linoleico-LA (C18:2n6)	4,39
Ácido Araquidônico-AA (C20:4n6)	3,09
Ácidos Graxos Poli-insaturados da Série ω-3 (%)	
Ácido alfa Linolenico-LNA (C18:3n3)	4,51
Ácido eicosapentaenóico-EPA (C20:5n3)	3,26
Ácido docosahexaenóico-DHA (C22:6n3)	4,20
Umidade e voláteis, %	0,19
Extrato etéreo, %	99,06
Índice de acidez em ácido oleico, %	13,38
Índice de peróxido, meq/Kg	4,36
Índice de iodo, g/100g	85,37

MÉTODO: MA-003 Perda por Secagem - Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal, 2013, método 53; **MA-006** GC: Official Methods of Analyses of the Association of Analytical Chemists . 18. ed., 2005. method 996.06 p.20-25; **MA-050** Titulometria: Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal, 2013, método 28; **MA-059;** Gravimetria - Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal, 2013, método 14; **MA-066** Wijjs- Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal, 2013, método 31; **MA-070** Titulometria - Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal, 2013, método 32.

A gordura insaturada (50,83%) predominou na composição do óleo estudado em comparação a gordura saturada (48,23%). Sendo o percentual de gordura monoinsaturada (28,92%) superior a poli-insaturada (21,91%). O óleo de resíduo de pescado apresentou maior nível de ácidos graxos poli-insaturados da família ômega 3 em relação à ômega 6, sendo os valores de 12,79% e 8,57%, respectivamente.

O ácido palmítico (29,01%) foi o predominante entre os ácidos graxos saturados, seguido do ácido esteárico (9,62%) e mirístico (4,50%). O óleo apresentou maior nível de ácido oleico (18,48%) entre os ácidos graxos monoinsaturados.

O óleo apresentou quantidade significativa de ácidos graxos poli-insaturados das famílias ω-6 e ω-3. Sendo quantificado para os ácidos graxos linoleico (LA), araquidônico (AA), alfa linolênico (LNA), eicosapentaenoíco (EPA) e docosahexaenóico (DHA) os valores respectivos de 4,39; 3,09; 4,51; 3,26 e 4,20%.

O ácido graxo palmítico e o oleico atingem os mais altos níveis no pescado de água marinha e de água doce. Na maioria dos peixes, o DHA, o EPA e alfa-linolênico são as maiores fontes de AGPI-ω3, enquanto o linoleico e o araquidônico contribuem como fonte de AGPI-ω6 (ALMEIDA e FRANCO, 2006).

A composição de ácidos graxos e quantificação de EPA e DHA de matrinxã (*Brycon cephalus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*), cultivados e capturados na Amazônia Central, foram determinadas por Almeida (2004). Para o matrinxã de cultivo e capturados foram detectados entorno de 64 a 65 ácidos graxos. As concentrações de EPA e DHA no tecido muscular da matrinxã e tambaqui de habitat natural capturado na época da seca foram considerados melhores para o consumo, por apresentarem maiores concentrações dos ácidos graxos EPA e DHA.

A composição em ácidos graxos de três peixes da Amazônia foi estudada por Inhamuns (2000) e Inhamuns e Franco (2001), sendo as espécies de estudo curimatã (*Prochilodus nigricans*), mapará (*Hypophthalmus* sp) e tucunaré (*Cichla ocelaris*). Para as duas últimas espécies foi realizada a quantificação dos ácidos graxos EPA e DHA. Os resultados para o curimatã revelaram que, quando capturado no período de seca, pode ser utilizada em dietas balanceadas como fonte de AGPI. O mapará capturado na época da cheia foi recomendado para prescrição de dietas, quando o objetivo for incrementar a ingestão de EPA e DHA. O tucunaré, mesmo apresentando razão reduzida de ω3/ω6 no período da cheia e da seca, foi considerado fonte rica em ácidos graxos essenciais das séries ω3 e ω6.

Almeida e Franco (2006) ao avaliarem a influência da dieta alimentar na composição de ácidos graxos em pescado: aspectos nutricionais e benefícios à saúde humana

relataram que na maioria dos peixes examinados o DHA, seguido do EPA e αlinolênico são as maiores fontes de AGPI-ω3, enquanto o linoleico e o araquidônico são os que mais contribuíram como fonte de AGPI-ω6. A composição de ácidos graxos para peixes marinhos apresentaram maiores proporções de ácidos graxos poli-insaturados ômega 3 do que peixes de água doce.

Os ácidos graxos essenciais não são sintetizados pelo organismo humano, e por isso, devem ser obtidos através da alimentação. A suplementação desses ácidos graxos, em especial o EPA e DHA, da família ômega 3 e, provindos do óleo de peixe, tem apresentado resultados promissores no que se refere a melhora no metabolismo e no controle de patologias: perfil lipídico (colesterol total, HDL, LDL, triglicerídeos), hipertensão arterial sistêmica e outros marcadores cardiovasculares, resistência à insulina, oxidação de gordura, diminuição da inflamação, cognição, Alzheimer, desenvolvimento encefálico e da retina no feto e no neonato, depressão, imunidade, diminuição da incidência de alergias, controle de doenças autoimunes, entre outros (MARTINS *et al.*, 2008; CEDERHOLM *et al.*, 2013).

O óleo bruto de resíduo de pescado avaliado apresentou índice de acidez elevado (13,38%) em ácido oleico. Segundo o Regulamento Industrial de Inspeção Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), o limite estipulado para o óleo de pescado deve ser de no máximo 3% de acidez em ácido oleico. Pesquisadores (BELLAVER, 2009; FERNANDES, 2016), relataram que o principal problema relacionado à qualidade do óleo é o aumento da acidez. O óleo de peixe pode apresentar teor de água elevado e ser passível de atividade enzimática, o que favorece a hidrólise dos triacilgliceróis liberando ácidos graxos. Elencam que, a determinação da acidez pode fornecer um dado valioso na apreciação do estado de conservação de um óleo. A decomposição dos glicerídeos é acelerada por aquecimento e pela luz, sendo a rancidez quase sempre acompanhada pela formação de ácidos graxos livres. Outros autores (FELTES *et al.*, 2010; FERNANDES, 2016) também observaram elevado índice de acidez nos óleos estudados. Associaram esses resultados ao armazenamento da matéria prima até o momento do processamento. Indicaram que, para que os óleos tenham melhor qualidade o aproveitamento dos resíduos deve ser o mais breve possível após o processamento dos peixes.

O índice de peróxido obtido para o óleo de pescado do presente estudo foi de 4,36%, atendendo às especificações dos padrões da regulamentação nacional e internacional (Tabela 2) que pode ser aceitável de 5 a 10 meq O_2/ Kg de óleo. Feltes (2006) analisando a síntese química e enzimática de triglicerídeos estruturados a partir de óleo de peixe observou que o índice de peróxido do óleo peixe comercial foi de 0,44% estando dentro dos padrões da legislação. Araújo (2007) avaliando a qualidade físico-química do óleo de peixe, mostrou um

elevado teor de peróxido no óleo bruto (53,28 meq/Kg) e no refinado (35,38 meq/Kg). Ressaltou que estes valores são indicativos de seu elevado estado deteriorativo, o que respalda a indicação do baixo valor qualitativo da matéria prima. Sendo que os altos valores de índice de peróxido sugerem que o óleo encontra-se na fase de propagação do processo oxidativo, tida como principal etapa da oxidação. Apesar da redução deste índice, o óleo refinado ainda apresenta-se com valor elevado em relação aos limites aceitáveis pela legislação.

O óleo de resíduo de pescado avaliado apresentou o índice de iodo de 85,37 g/100 g de óleo. Esses resultados estão próximos aos valor obtidos por Higuchi (2015) que avaliou a produção, caracterização nutricional e utilização de farinhas e óleos de resíduos de peixes neotropicais em dietas para tilápia do Nilo, relatou que o índice de iodo dos óleos de patinga (76,66) e pintado real® (82,33), não diferiram significativamente (P>0,05) e estavam dentro da faixa permitida na legislação (75 a 94). Contudo é inferior aos valores obtidos por Araújo (2007) que demonstrou que após o processo de refino do óleo de peixe o valor do índice de iodo foi elevado de 119,23 para 139,79 mgI_2/100 g. Os ácidos graxos livres foram removidos durante o processo de refino, bem como outras impurezas presentes no óleo, concentrando assim o percentual de ácidos graxos insaturados que fazem parte da composição do óleo.

5.2 Digestibilidade

Os resultados encontrados para os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) das rações encontram-se na Tabela 8 e 9, respectivamente.

Não foram observadas diferenças significativas (P>0,05) nos resultados dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, matéria mineral, fibra bruta e extrato não nitrogenado, entre a ração experimental contendo óleo de pescado e da ração referência, pois as poedeiras tiveram aproveitamento semelhantes dos nutrientes.

Batalha *et al.* (2017) também não observaram diferenças (P>0,05) para a digestibilidade de matéria seca e fibra bruta entre a ração experimental contendo 3% de inclusão de silagem ácida de resíduos de pirarucu e a ração referência.

Tabela 8 - Coeficientes de metabolização aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), extrato não nitrogenado (ENN) da ração controle e da ração contendo 3,5% de óleo de pescado

Coeficientes de Digestibilidade	Rações Experimentais		P Valor	CV (%)
	0,0%	3,5%		
MS (%)	67,52	67,71	0,91^{ns}	4,52
PB (%)	51,33	54,50	0,45^{ns}	13,17
MM(%)	27,97	29,60	0,58^{ns}	17,20
FB (%)	4,77	5,26	0,19^{ns}	11,90
EE (%)	59,49^{b}	83,59^{a}	0,00*	4,16
ENN (%)	81,02	81,99	0,55^{ns}	3,40

CV – Coeficiente de variação; * Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (p <0,05); ns – não significativo
Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Rahmi *et al.* (2008) constataram que os resíduos de pescado possuem grande potencial para serem ofertadas na alimentação de pequenos ruminantes, pois melhoram a qualidade da carne e forma de carcaça, além de suprir a falta de proteínas em determinados alimentos onde existem escassez desse nutriente. Nesse sentido, Maia Junior e Sales (2013), ressaltaram que os resíduos de pescado podem ser direcionados para a produção de vários subprodutos e, se destacam por apresentarem excelente valor nutricional em dietas para animais.

Foi observada diferença estatística (P<0,05) no coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo. Observou-se que poedeiras alimentadas com ração contendo 3,5% de óleo de peixe apresentaram melhor aproveitamento de extrato etéreo em comparação a ração controle, podendo este resultado estar relacionado ao maior teor de lipídeos na ração experimental. O aumento na digestibilidade registrada pode ser atribuído ao aumento da quantidade de gordura na ração com a inclusão do óleo de pescado. A presença de gordura na ração pode aumentar a utilização da energia de outros componentes da ração e elevar o tempo de passagem do alimento pelo trato gastrintestinal, promovendo maior digestão e melhor absorção dos nutrientes do alimento (MATEOS *et al.*, 1996). Segundo Sakomura *et al.* (1998, 2004), em aves, com o aumento do teor de gordura na ração, podem ocorrer benefícios relacionados ao efeito extracalórico das gorduras, que consiste no aumento da disponibilidade dos nutrientes de outros ingredientes da ração, e ao efeito extrametabólico das gorduras, que resulta em

melhoria da eficiência energética, decorrente do aumento da energia líquida da ração, em razão do menor incremento calórico das gorduras.

Boscolo *et al.* (2004) ao avaliarem a digestibilidade das farinhas de peixe e de camarão ressaltaram em seus estudos que esses resíduos têm potencial para utilização na alimentação animal. Encontraram valores de digestibilidade da proteína bruta de 67,09% para farinha de tilápia, 70,67% farinha de corvina e 88,79% da e farinha de camarão.

Neste estudo os valores de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio não apresentaram diferenças significativas (P>0,05) para poedeiras alimentadas com ração contendo 3,5% de óleo de pescado (tabela 9).

Tabela 9 - Valores da energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) da ração controle e da ração contendo 3,5% de óleo de pescado

Coeficientes de	Rações Experimentais		P	CV
Digestibilidade	0,0%	3,5%	Valor	(%)
EMA (kcal/Kg)	2850,69	2903,42	0,65^{ns}	6,87
EMAn (kcal/Kg)	2713,72	2751,79	0,70 ^{ns}	6,20

CV – Coeficiente de variação; * Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (P <0,05); ns – não significativo

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Batalha *et al.* (2017), relataram que os resultados de energia metabolizável aparente das rações apresentaram diferenças significativas (P<0,05) para poedeiras alimentadas com ração contendo 3% de silagem ácida, em função do maior aproveitamento das fontes energéticas na dieta, apresentando valores médios de 2921,18 Kcal/Kg para ração controle e 3253,01 Kcal/Kg para ração suplementada com silagem de resíduo de pirarucu. No entanto, Oliveira *et al.* (2014) encontraram valores energéticos variando entre 3.804 Kcal/Kg a 3.842 Kcal/Kg em rações elaboradas com silagem de peixe ensiladas com diferentes fontes de carboidratos em dietas para frangos de corte e não observaram diferença estatística nos valores.

A diferença nos valores energéticos entre os trabalhos pode estar relacionada às variações na composição química do alimento (CALDERANO *et al.*, 2010), e o seu melhor aproveitamento pelas aves. Deste modo, a avaliação nutricional de alimentos alternativos com aves destinadas a produção de ovos representa uma ação investigativa de grande valia técnica e científica, pois em muitos casos não é totalmente aproveitada, diante da escassez da

diversidade regional (MELO *et al.*, 2015).

Nesse contexto, principalmente no estado do Amazonas, com dificuldade com transporte, restrição de recursos e elevado custo de matérias primas, as pesquisas com alimentos alternativos regionais em rações para poedeiras visam principalmente minimizar os custos com alimentação e otimizar o desempenho zootécnico.

5.3 Desempenho zootécnico

Não foi observada mortalidade durante todo o período experimental.

Os resultados obtidos para o desempenho das poedeiras estão apresentados na Tabela 10. Não foram observadas diferenças significativas (P>0,05) nos resultados de conversão alimentar Kg/Kg, na conversão alimentar Kg/dúzia e no peso do ovo de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de pescado.

Tabela 10 - Consumo de ração (CR), conversão alimentar quilo de ração por quilo de ovo produzido (CA, Kg/Kg), conversão alimentar quilo de ração por dúzia de ovo produzido (CA, Kg/dz), peso do ovo (PO), produção de ovos (PDO) e massa de ovo (MO) de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de pescado

Variável	Níveis de inclusão de óleo de pescado (%)								P	R^2	CV
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	Valor		%
CR (g/ave/dia)	101,52	103,83	102,02	102,98	103,25	102,19	101,75	94,78	0,0008	$0,77^{Q}$	2,41
CA (Kg/Kg)	1,78	1,79	1,79	1,80	1,77	1,77	1,75	1,81	0,6807	NS	2,55
CA (Kg/dz)	1,28	1,32	1,30	1,30	1,32	1,31	1,30	1,36	0,2067	NS	2,91
PO (g)	57,05	58,10	56,86	57,15	58,20	57,62	57,90	57,74	0,5446	NS	1,87
PDO (%)	94,76	94,60	94,12	94,52	93,45	93,45	93,57	84,96	0,0000	$0,72^{Q}$	1,94
MO (g)	54,05	54,96	53,51	54,01	54,37	53,83	54,16	44,09	0,0000	$0,65^{Q}$	2,49

P Valor: Coeficiente de Probabilidade, R^2: Coeficiente de determinação, CV: Coeficiente de variação, Q: efeito quadrático, NS: Não significativo

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Não foi observada mudança no peso médio dos ovos através de dietas contendo níveis crescentes de óleo de pescado, mostrando que não houve alteração no metabolismo lipídico das aves para deposição de nutrientes nos ovos. Corroboram com os resultados para variável peso do ovo os achados de Faitarone *et al.* (2013) que não observaram influencia (P>0,05) pela inclusão de diversos óleos vegetais estudados. No entanto, Oliveira *et al.* (2010) relataram que independente da fonte lipídica, as poedeiras novas alimentadas com dietas adicionadas de óleos vegetais produziram ovos significativamente mais pesados do que as que receberam a dieta-controle, sem adição de óleos. Grobas *et al.* (2001), que também

observaram aumento de peso dos ovos produzidos por poedeiras tratadas com dietas adicionadas de fontes de lipídeos, indicando que essa adição foi suficiente para promover o aumento de peso dos ovos. Segundo Keshavarz e Nakajima (1995), esse aumento do peso do ovo pode estar relacionado ao aumento da disponibilidade dos nutrientes, em consequência da diminuição da taxa de passagem da ingesta, pela presença do óleo.

Foi possível determinar que os resultados de conversão alimentar Kg/Kg e conversão alimentar Kg/dúzia foram semelhantes entre os tratamentos estudados e que mesmo o consumo de ração sendo menor por parte das aves do tratamento com maior nível de inclusão de óleo, não alterou esse parâmetro durante o período experimental. Resultados semelhantes foram relatados por Mendonça *et al.* (2000) que também não observaram influência (P>0,05) na inclusão de teores de óleo de peixe na alimentação de poedeiras e por Baucells *et al.* (2000) e Santos *et al.* (2009) que ao incluírem diversos tipos óleos vegetais (soja, linhaça, algodão, colza, linhaça e girassol) e animal (óleo de peixe e sebo) nas dietas de poedeiras também não observaram alteração no desempenho das aves. Bertipaglia *et al.* (2016) ressaltaram que as fontes lipídicas testadas, inclusive a de resíduo de peixe podem ser utilizadas como ingredientes energéticos nas rações de codornas de postura sem afetar estes parâmetros, pois não observaram diferenças significativas no desempenho zootécnico (conversão alimentar, Kg por Kg e Kg por dúzia e viabilidade).

Com o uso de diferentes níveis de adição de óleo de soja (0, 1, 2, 3 e 4%), em rações de poedeiras comerciais, Rabello *et al.* (2007) relataram que os níveis de óleo influenciaram de forma quadrática a conversão alimentar e o peso corporal das aves. Em pesquisa anterior, Mendonça Jr. (1996) ao avaliar os efeitos do óleo de peixe no desempenho de poedeiras de 89 semanas de idade, que foram suplementadas com níveis de 0,5, 1, 2, 3 e 4% de óleo bruto de peixe durante cinco semanas, observou que a inclusão do óleo provocou redução no peso dos ovos, no entanto, não influenciou a conversão alimentar.

Conforme foi constatado nos resultados obtidos nesse experimento, os valores de inclusão de óleo de pescado influenciaram de forma quadrática (P<0,05) o consumo de ração, a produção de ovos e a massa de ovo.

A partir destes resultados, foi possível ainda determinar que o consumo de ração apresentou efeito quadrático (p <0,05) ($Y = - 1,5262 + 2,6893x + 102,74$, $R^2 = 0,77$), no qual a partir da derivação da função foi possível estimar o maior consumo de alimento (103,92 g) ao nível de inclusão de 0,88% do óleo de peixe na dieta (Figura 20).

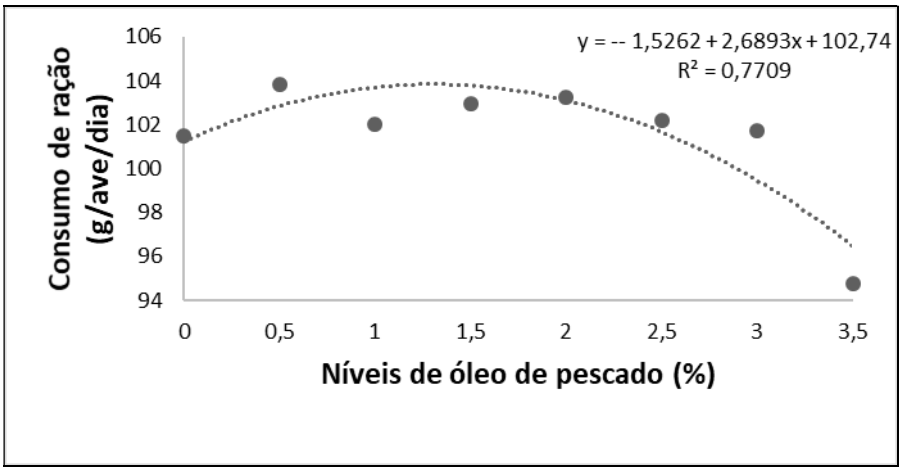


Figura 20 - Consumo de ração (g/ave/dia) de poedeiras leves submetidas a ração experimental contendo oito níveis de óleo de pescado

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Nesta pesquisa, observou-se mudança evidente no consumo da ração por parte das aves alimentadas com o nível máximo de inclusão do óleo de pescado, consequentemente apresentando queda acentuada no consumo. Este fato pode estar relacionado a palatabilidade do óleo e seu efeito quando incluído em maior quantidade na dieta. Os resultados encontrados diferem dos de Faitarone *et al.* (2013) que ao avaliarem os efeitos da suplementação de diferentes óleos vegetais (canola, soja e colza) na dieta de poedeiras comerciais observaram que o consumo foi maior por parte das aves que receberam diferentes níveis de óleo de soja.

Resultados semelhantes foram registrados por Bertipaglia *et al.* (2016) ao avaliarem o desempenho de codornas japonesas suplementadas com fontes lipídica de origem animal (abatedouro de aves e resíduo de peixe) e vegetal (óleo de soja e semente de uva) constataram que aves alimentadas com óleo de peixe apresentaram menor consumo de ração em relação as aves suplementadas com óleo de semente de uva.

Silva *et al.* (2017) identificaram que ao incluir maiores quantidades do subproduto do pescado na ração de poedeiras leves, acarretou diminuição do consumo. Fato que pode estar relacionado às necessidades energéticas das aves, ocasionadas pelo elevado teor lipídico subproduto. Outras pesquisas (FREITAS *et al.*, 2013; NOGUEIRA *et al.*, 2014) mostram que os produtos de origem animal afetam diretamente a palatabilidade do alimento e aves têm predileção por alimentos com médio a alto conteúdo lipídico.

A produção de ovos apresentou efeito quadrático nos níveis crescentes do óleo de pescado (Figura 21), onde a partir da derivação da equação de regressão ($Y = - 1,3417x^2 + 1,7665x + 94,482$ $R^2 = 0,72$) foi possível observar que o melhor índice de produção (95,063%) foi obtido no nível de 0,65% de inclusão do óleo. Consequentemente, ao avaliar a massa de ovo, também foi observado efeito quadrático ($Y = - 1,6148x^2 + 2,1279x + 54,563$,

R^2 = 0,65), obtendo-se a máxima de 55,26 g de massa de ovo no nível de 0,65% de inclusão na ração.

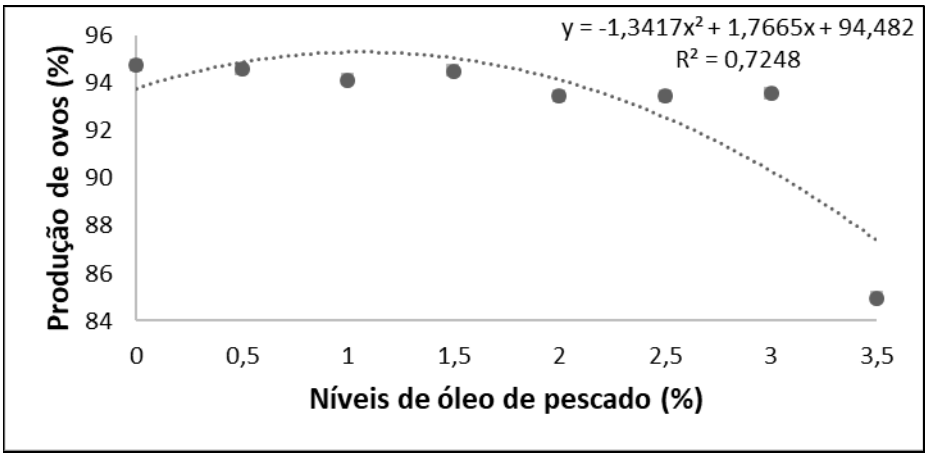


Figura 21 - Produção de ovos (%) de poedeiras leves submetidas à ração experimental contendo oito níveis de óleo de pescado

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

É importante destacar que as poedeiras alimentadas com menores níveis de inclusão de óleo de pescado apresentaram melhor produção e massa de ovos em comparação às aves que consumiram a ração com maior nível de inclusão, conforme pode ser observado nas Figura 21 e 22, respectivamente. O efeito negativo causado nesses parâmetros está diretamente relacionado com a menor ingestão de ração que foi observado no tratamento contendo 3,5% de óleo de peixe. Esse comportamento também foi verificado por Whitehead *et al.* (1993) ao relatarem que o uso de 6% de óleo de peixe na dieta causa queda no peso do ovo e no índice de postura e por Mendonça Jr. *et al.* (2000) que descreveram que o consumo de ração, produção e peso dos ovos foram influenciados, conforme aumentou os teores de óleo de peixe na ração. A inclusão do óleo em até 4% proporcionou, em comparação, com o grupo controle, redução significativa do peso e da produção dos ovos, afetando de forma negativa o desempenho das aves.

Lelis *et al.* (2009) concluíram que as fontes e os níveis de óleo (soja, canola, linhaça ou óleo de peixe) utilizados no experimento não influenciaram (P>0,05) a produção de ovos e massa de ovos. Silva *et al.* (2017) que o resíduo de pescado pode ser usado como alternativa alimentar em dietas para poedeiras comerciais, proporcionando melhor produção de ovos, conversão alimentar e peso de ovo.

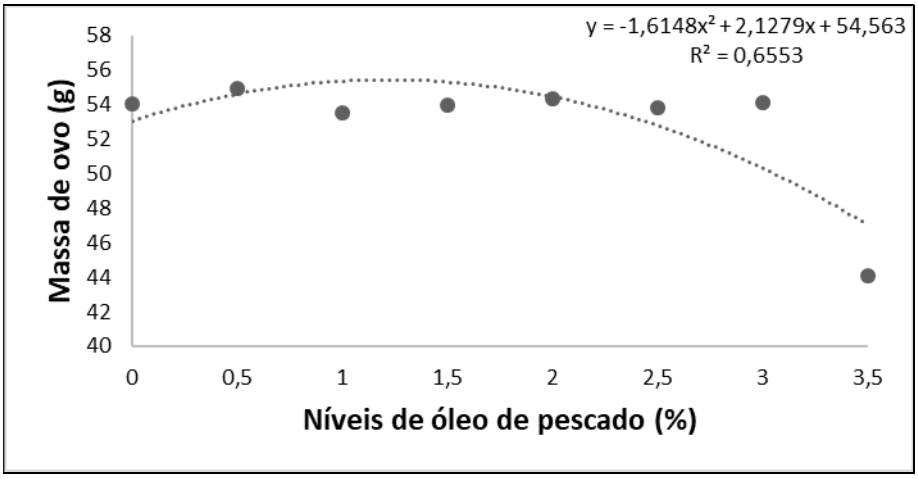


Figura 22 - Massa de ovo (g) de poedeiras leves submetidas à ração experimental contendo oito níveis de óleo de pescado

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

5.4 Qualidade dos ovos

Na tabela 11, encontram-se descritos os resultados de qualidade dos ovos das aves submetidas aos tratamentos experimentais.

Tabela 11 - Peso do ovo (PO), gravidade específica (GE), Índice de gema (IG), unidade Haugh (UH), pigmentação da gema (PIGG), percentual de albúmen (PA), percentual de gema (PG), percentual de casca (PC), espessura de casca (EC) de ovos oriundos de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de pescado.

Variável	Níveis de inclusão de óleo de pescado (%)								P	R^2	CV
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	Valor		%
PO (g)	57,76	58,96	57,14	57,71	58,29	57,98	58,46	58,14	0,6599	NS	2,23
GE (g/mL^3)	1092,19	1091,19	1091,94	1092,12	1091,47	1090,81	1091,31	1090,79	0,0681	NS	0,80
IG	0,38	0,40	0,40	0,40	0,40	0,41	0,40	0,40	0,1722	NS	3,24
UH	101,04	100,20	101,05	100,23	101,39	102,68	100,40	99,95	0,0589	NS	1,21
PIGG	6,01	6,11	5,91	5,86	6,10	6,16	6,00	5,81	0,0986	NS	2,97
PA (%)	60,45	61,22	60,38	60,69	61,50	61,12	60,89	60,39	0,5730	NS	1,53
PG (%)	26,55	26,34	26,94	27,26	26,72	27,37	26,75	27,11	0,2849	NS	2,31
PC (%)	9,81	9,73	9,95	9,91	9,86	9,73	9,85	9,71	0,5052	NS	1,86
EC (µm)	0,45	0,45	0,45	0,46	0,46	0,45	0,45	0,46	0,0595	NS	1,51

P Valor: Coeficiente de Probabilidade, R^2: Coeficiente de determinação, CV: Coeficiente de variação, Q: efeito quadrático, NS: Não significativo

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Observou-se que os resultados obtidos neste trabalho que não houve diferença estatística entre os tratamentos com níveis crescentes de inclusão do óleo pescado e o

tratamento controle (sem óleo) para as variáveis que refletem a qualidade da casca dos ovos (gravidade específica, percentagem de casca e espessura de casca). Santos *et al.* (2009) também observaram que a porcentagem de casca não foi influenciada pelos tipos e níveis de óleo estudados. Outros estudos (MAZALLI *et al.*, 2004; FILARDI *et al.*, 2005) mostraram que o óleo não influencia a qualidade externas de ovos. Entretanto, alguns autores revelaram que a adição de óleo em dietas para poedeiras deve ser feita com bastante cuidado, e níveis elevados podem piorar a qualidade da casca. Esse fato se deve a possível interferência no metabolismo mineral, principalmente sobre a retenção de cálcio, através da formação de sabões insolúveis durante a digestão, o que dificulta a absorção desse nutriente (HESTER, 1999; MURAMATSU *et al.*,2005).

Mendonça Jr. *et al.* (2000) verificaram que a qualidade da casca, expressa por meio da gravidade específica, peso da casca (gramas e porcentagem do peso do ovo), espessura da casca não foram significativamente afetadas pela adição de óleo de peixe à dieta, indicando que a inclusão de uma fonte lipídica rica em ômega-3 não prejudica estas variáveis de qualidade de ovos.

Os parâmetros de qualidade interna (índice de gema, unidade Haugh, pigmentação da gema, e percentual de gema e de albúmen) e peso dos ovos não apresentaram diferenças significativas (P>0,05) a partir da inclusão de níveis de óleo de pescado nas rações de poedeiras comerciais e o tratamento sem inclusão de óleo (controle).

Verificou-se que a média de índice de gema dos ovos dos diferentes tratamentos está dentro do limite padrão desta variável que vai de 0,30 a 0,50, e que foi estabelecido para ovos frescos (ROMANOFF e ROMANOFF, 1949; MORAIS *et al.*, 1997; KRAEMER *et al.*, 2003).

A unidade Haugh é um dos parâmetros mais utilizados para expressar a qualidade interna de ovos comerciais. De modo geral, quanto maiores os valores de unidade Haugh, melhor a qualidade interna dos ovos (STADELMAN e COTTERILL, 1995). Neste estudo, essa variável apresentou elevados valores em todos os tratamentos.

Estes resultados estão de acordo com os de Grobas *et al.* (2001), que avaliaram o efeito da adição de óleo de peixe, soja, girassol, linhaça, canola e sebo bovino à dieta de poedeiras sobre UH e cor do ovo e também não observaram qualquer influência dessas fontes lipídicas sobre as variáveis apresentadas. Da mesma forma Agboola *et al.* (2016) ao utilizaram dietas contendo óleo de soja e óleo de peixe (ω-6/ω-3 de1:1), também não encontraram alterações para unidade Haugh, indicando que esta variável não foi influenciada pela adição dessas fontes lipídicas na dieta.

Da mesma forma que neste estudo, Bertipaglia *et al.* (2016) não observaram diferença significativa na qualidade dos ovos (peso do ovo, cor da gema, índice de gema e UH) e ressaltaram que as fontes lipídicas testadas em sua pesquisa, inclusive a de resíduo de peixe podem ser utilizadas como ingredientes energéticos nas rações de codornas de postura sem afetar estes parâmetros. Entretanto, estes resultados não corroboram com os obtidos por Miller *et al.* (2013) e Feijó *et al.* (2016), que ao avaliarem a inclusão de alimentos alternativos em dietas de poedeiras, atestaram que na medida que há inclusão destes nas rações, verificou-se enriquecimento na qualidade dos ovos com incremento no peso do ovo e do conteúdo interno e externo.

Os resultados mensurados mostram que a adição de óleo de resíduo de pescado pode ser utilizado nos níveis testados neste estudo sem a alteração da qualidade interna e externa dos ovos de poedeiras leves.

5.5 Análise sensorial

Na análise sensorial (Tabela 12), não foram observadas diferenças significativas (P>0,05) entre as médias das variáveis aroma, coloração da gema e aparência a partir da inclusão de níveis de óleo de pescado nas rações.

Tabela 12 - Aroma, cor da gema, aparência e sabor de ovos oriundos de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de pescado

Variável	Níveis de inclusão de óleo de pescado (%)								P	R^2	CV
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	Valor		%
Aroma	6,75	6,86	6,43	6,68	7,18	6,75	6,68	6,25	0.3804	NS	26,53
Cor da gema	7,02	7,11	6,61	6,91	6,89	6,98	6,98	6,50	0,5823	NS	22,61
Aparência	7,29	6,95	7,16	7,18	6,93	7,20	7,02	6,59	0,5183	NS	22,31
Sabor	7,36	7,43	7,36	7,39	7,73	7,07	6,95	6,45	0,0197	$0,83^{Q}$	22,87

P Valor: Coeficiente de Probabilidade, R^2: Coeficiente de determinação, CV: Coeficiente de variação, Q: efeito quadrático, NS: Não significativo

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

No que se refere ao sabor do ovo verificou-se efeito quadrático ($Y = - 0,0467x^2 + 0,2093x + 7,4157$ $R^2 = 0,83$), onde se observou (Figura 23) que a partir do nível de 2,24% de inclusão de óleo de pescado a aceitação do produto foi influenciada de forma evidente, desta forma, os ovos de poedeiras alimentadas com níveis mais elevados de óleo de pescado apresentaram um sabor menos atrativo pelo consumidor. No conjunto dos atributos avaliados, o sabor é um de fundamental importância para aquisição do produto, pode-se observar que os

julgadores avaliaram os ovos dos diferentes tratamentos entre a escala gosto moderadamente a gosta pouco, no entanto, não rejeitaram o produto pelo seu sabor.

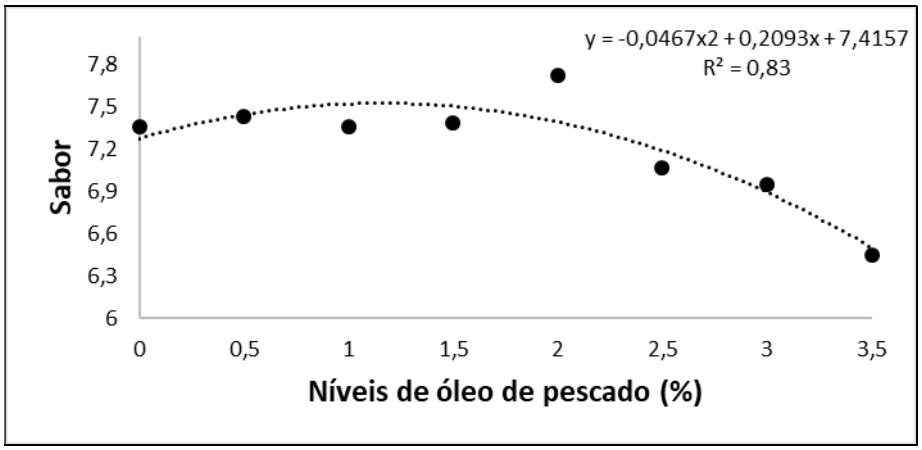


Figura 23 - Sabor dos ovos de poedeiras submetidas a ração experimental contendo níveis crescentes de óleo de pescado

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Estes resultados vem corroborar com o efeito limitante que o óleo de pescado pode apresentar na alimentação de poedeiras, conforme descritos por Araújo (1999) a degradação de lipídeos pode ser ocasionada por oxidação, hidrólise, polimerização, pirólise e absorção de sabores e odores estranhos. Dentre estes fatores, a oxidação é a principal causa da deterioração de vários produtos biologicamente importantes, alterando diversas propriedades, como qualidade sensorial (sabor, aroma, textura e cor), valor nutricional, funcionalidade e até mesmo a toxidez. Tais mudanças podem ter sua origem durante a produção, processamento e armazenamento do óleo (BOBBIO e BOBBIO, 1992).

Segundo Gómez (2003), os ácidos graxos poli-insaturados, pelo fato de possuírem várias duplas ligações, tornam-se muito suscetíveis à oxidação. Dessa forma, gemas de ovos enriquecidos com esses óleos tornam-se também suscetíveis à deterioração lipídica, resultado este comprovado pelo presente experimento. Faitarone (2010), também relatou que observou que os ovos enriquecidos com ácidos graxos poli-insaturados, provenientes de poedeiras alimentadas com rações suplementadas com óleos de soja, canola e linhaça, apresentaram elevado grau de oxidação lipídica.

Seibel *et al.* (2010) ao realizarem a caracterização sensorial de ovos de codornas alimentadas com silagem química de pescado e óleo comercial semi-purificado de pescado, observaram sabores e odores de maior intensidade nos ovos provenientes das aves que foram suplementadas com óleo. Atribuíram o ocorrido à provável oxidação do óleo presente e a

existência da rancidez oxidativa, resultante das longas cadeias insaturadas, pois houve uma percepção geral de um leve sabor residual, pelos julgadores de sabor.

A estabilidade oxidativa depende do grau de insaturação dos ácidos graxos presentes, daí óleos que contenham altas proporções de ácidos graxos poli-insaturados apresentarem problemas de conservação (PACHECO, 2005).

5.6 Análise bioquímica do sangue

Os resultados referentes à análise bioquímica do sangue de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de pescado encontram-se na Tabela 13. Foram observadas diferenças significativas ($p<0,05$) nos parâmetros cloreto, triglicerídeos, glicose, ácido úrico e colesterol total.

Tabela 13 - Análise bioquímica do sangue de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de pescado

Variável	Níveis de inclusão de óleo de pescado (%)								P Valor	R^2	CV
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5			%
Triglicerídeos, mg/dL	208,32	205,29	209,36	207,31	215,15	214,63	199,84	36,17	0,0000	0,70 Q	14,60
Colesterol total, mg/dL	126,12	158,52	159,36	176,52	168,6	177,56	165,42	226,18	0,0000	0,67 Q	5,99
Glicose, mg/dL	126,73	164,36	166,51	157,29	161,03	160,29	172,67	175,92	0,0003	0,57 Q	7,54
Proteínas, g/dL	2,43	2,58	2,53	2,59	2,58	2,58	2,51	2,55	0,0705	NS	2,80
Albumina, g/dL	1,22	1,26	1,38	1,33	1,28	1,36	1,28	1,22	0,3619	NS	8,90
Globulinas, g/dL	1,22	1,32	1,15	1,27	1,30	1,22	1,23	1,33	0,6183	NS	11,38
Relação A/G	0,99	0,96	1,20	1,08	0,99	1,15	1,06	0,92	0,5185	NS	19,45
Ácido úrico, mg/dL	2,31	2,01	2,65	2,38	3,05	2,31	2,26	4,99	0,0000	0,60 Q	20,77

P Valor: Coeficiente de Probabilidade, R^2: Coeficiente de determinação, CV: Coeficiente de variação, Q: efeito quadrático, NS: Não significativo

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Houve efeito quadrático ($p<0,05$) nos valores de triglicerídeos plasmáticos ($y = -30,184x^2 + 156,865x + 14,55$ $R^2 = 0,70$), onde percebeu-se diminuição acentuada desse parâmetro sanguíneo no grupo de aves que recebeu ração contendo maior nível de óleo de pescado em relação aos demais (Figura 24). Fato que pode estar relacionado a menor ingestão de alimentos por partes das aves desse tratamento e que consequentemente causou queda na produção de ovos. Do ponto de vista fisiológico e clínico, os lipídeos biologicamente mais relevantes são os fosfolípides, o colesterol, os triglicerídeos e os ácidos graxos. Sendo os triglicerídeos formados a partir de três ácidos graxos ligados a uma molécula de glicerol e constituem uma das formas de armazenamento energético mais importante no organismo, depositados nos tecidos adiposo e muscular (LEHNINGER *et al.*, 2006; SPOSITO *et al.*, 2007). Os triglicerídeos são sintetizados na mucosa intestinal e no fígado a partir dos

componentes da digestão e absorção de ácidos graxos. Suas concentrações podem variar em função de fatores como dieta, sexo e hormonais (REZENDE, 2017).

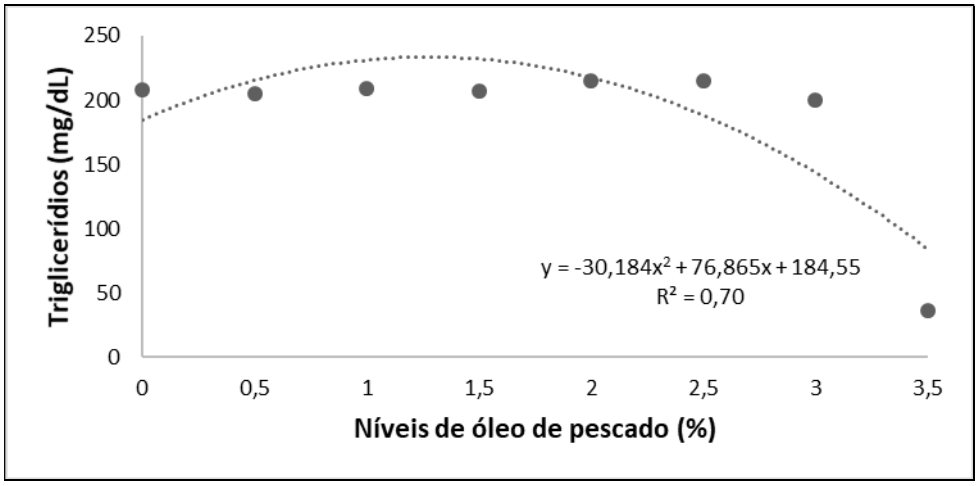


Figura 24 - Triglicerídeos plasmáticos de poedeiras alimentadas com ração experimental contendo níveis crescente de óleo de pescado

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Os lipídeos séricos podem provir da absorção intestinal dos lipídeos ingeridos, da mobilização dos lipídeos decorrente de estocagem no tecido adiposo ou de processos metabólicos. A quantidade e o tipo de alimento, entre outros fatores, influenciam as concentrações lipídicas no plasma (SILVA *et al.*, 2012).

Quanto à mensuração do colesterol ($y = 1{,}2781x^2 + 14{,}136x + 139{,}46$ $R^2 = 0{,}67$), as poedeiras alimentadas com nível de 3,5% de óleo de resíduo de pescado apresentaram maior nível de colesterol total em relação às aves dos demais tratamentos controle (Figura 25). O colesterol constitui o lipídio mais comum nos tecidos corporais e atua como precursor na síntese de hormônios esteroides (como o estrogênio), de sais biliares e vitamina D. Além disso, como constituinte das membranas celulares, o colesterol atua na fluidez destas e na ativação de enzimas aí situadas (DUNCAN, 2000, SPOSITO et., 2007). O colesterol circula no plasma em forma livre e esterificada, sendo sintetizado principalmente no fígado, em seguida transportado a todas as outras células do organismo (ATTIE, 2007).

Os valores médios de colesterol sérico do presente estudo, foram de 126 a 226,18 mg/dL, ficando dentro da média descrita na literatura que relata que os níveis normais de colesterol nas galinhas podem variar entre 100 a 250 mg/dL (SWENSON e O'REECE, 1996; LUMEIJ, 2008). Em algumas situações, a elevação do colesterol sérico pode não estar relacionada a alterações patológicas. Ocorrendo em aves adultas, em consequência a um reflexo da produção de esteroides no metabolismo lipídico para a produção de hormônios sexuais, ou em função da dieta (ALONSO-ALVAREZ, 2005).

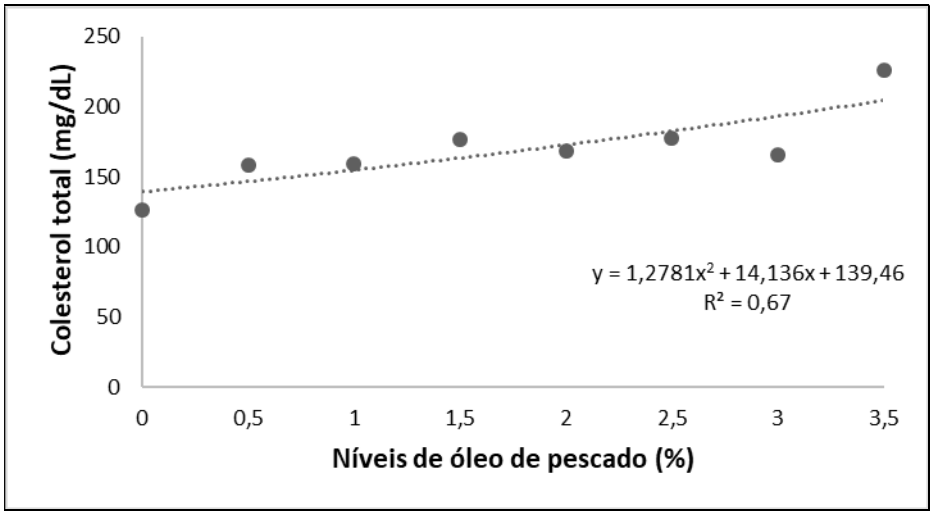


Figura 25 - Colesterol total plasmático de poedeiras alimentadas com ração experimental contendo níveis crescentes de óleo de pescado

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Contrariamnete a esta pesquisa, estudo anterior realizado por Mendonça Jr. *et al.*, (2000) que ao avaliarem o efeito da adição de óleo bruto de peixe à dieta sobre os níveis de lipídeos plasmáticos de poedeiras, relataram que os valores de triglicérides e colesterol total do plasma sanguíneo não apresentaram diferença entre os tratamentos estudados (seis níveis de óleo de peixe). Em outras pesquisas que incluíram à dieta alimentos (óleo de linhaça, óleo de girassol e algas marinhas) ricos em ácidos graxos da família ômega 3 e 6, também não observaram diferença significativa no teor de colesterol total e triglicerídeos no plasma das aves submetidas aos diferentes tratamento (AHMAD *et al.*, 2013; NEIJAT *et al.*, 2016; OLIVEIRA, 2018).

Os teores séricos de glicose foram significativamente superiores (y = -2,7719x2 + 8,534x + 146,29 R^2 = 0,57) no plasma de poedeiras que receberam ração contendo óleo em comparação ao tratamento que recebeu a ração controle (Figura 26). Estudos prévios apontaram que a regulação do metabolismo da glicose das aves é similar à dos mamíferos, sendo influenciada pela insulina e pelo glucagon, uma galinha pode ter 130 a 270 mg/dL de glicose (SWENSON e O'REECE, 1996). Alguns autores relataram que em aves sadias os níveis de glicose podem variar entre 200 a 500 mg/dL (SCHMIDT *et al.*, 2007; LUMEIJ, 2008).

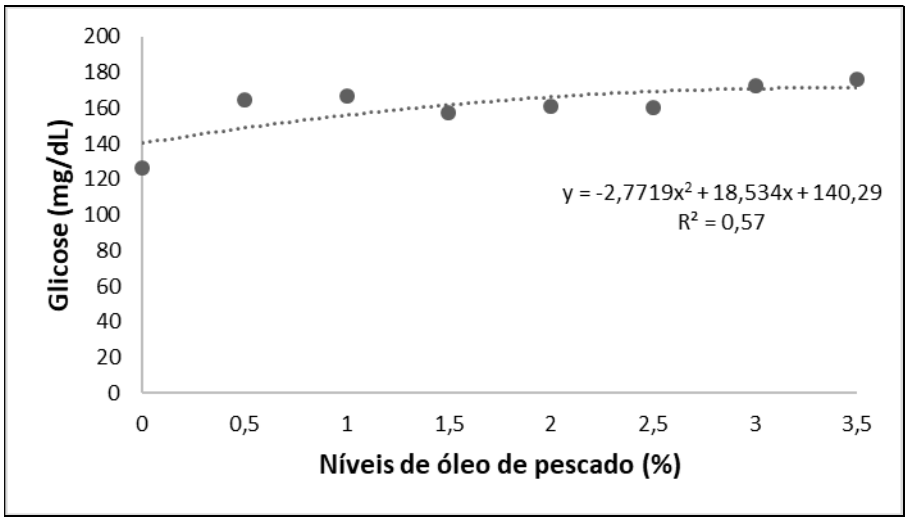


Figura 26 - Glicose plasmática de poedeiras alimentadas com ração experimental contendo níveis crescente de óleo de pescado

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Os níveis séricos apresentados neste estudo apresentaram valores médios de 126,73 a 175,92 mg/dL. Podendo esses valores estarem associados ao jejum de 12 horas ao qual as aves foram submetidas para coleta das amostras do sangue. Os valores sanguíneos podem ser influenciados pelo estado nutricional, sexo, idade, habitat, estação do ano, estado reprodutivo, trauma, criação e estresse ambiental. A hipoglicemia pode ser observada quando os teores de glicose caem para menos de 200 mg/dL, e resulta de jejum prolongado, doença hepática severa, septicemia ou distúrbios endócrinos. Contudo, a demora na separação do soro ou plasma das células não diminui de forma significativa a concentração de glicose como nos mamíferos, pois os eritrócitos das aves utilizam ácidos graxos e não glicose para seu metabolismo (AMAND, 1986; CAMPBELL, 2004; CAMPBELL e ELLIS, 2007).

As concentrações séricas de proteína total, albumina, globulina e relação de albumina e globulinas foram similares ($p>0,05$) entre os tratamentos avaliados. Nesse sentido, observou-se que os níveis de proteína da ração foram suficientes para suprir as necessidades de manutenção e produção das aves. De acordo com Capitelli e Crosta (2013) a proteína total pode variar de 1 e 10 g/dL.

Os principais fatores que afetam as concentrações das proteínas totais nas aves são a idade, sazonalidade, condições de manejo e doenças (LUMEIJ, 2008). A grande maioria das proteínas circulantes no plasma são sintetizadas pelo fígado, e apresentam funções como manter o volume sanguíneo por meio do efeito osmótico coloidal, participar na manutenção do pH do sangue, fazer o transporte de hormônios e fármacos, participar da coagulação celular e catalisar (enzimas) e regular (hormônios) processos biológicos. Além de serem

indispensáveis nas reações inflamatórias, imunes e nos processos de regeneração e reparação tissular (MELILLO, 2013).

As concentrações de ácido úrico no sangue das poedeiras mostraram efeito quadrático (y = 0,3176x2 - 1,3436x + 4,4817 R^2 = 0,60), uma vez que o tratamento alimentado com maior nível de inclusão de óleo de pescado apresentou o maior valor de ácido úrico sérico (Figura 27). Estudos mostraram que os níveis de ácido úrico normais para as aves de postura podem variar entre 2 até 7 mg/dL. O aumento desses níveis no plasma geralmente são observados quando os rins trabalham acima de 30% de sua capacidade normal (SCHMIDT *et al.*, 2007; LUMEIJ, 2008; CAPITELLI e CROSTA, 2013).

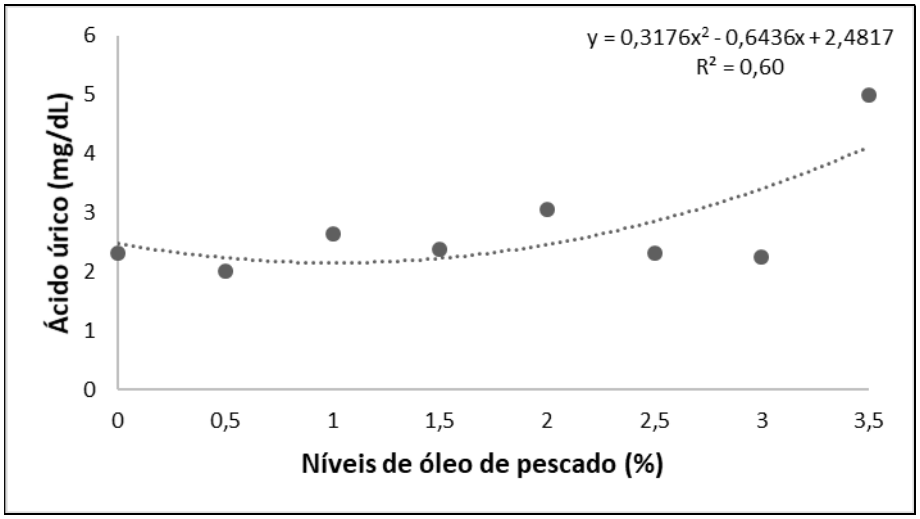


Figura 27 - Ácido úrico plasmático de poedeiras alimentadas com ração experimental contendo níveis crescentes de óleo de pescado

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

As aves excretam o nitrogênio em pequenos volumes de água mediante o ácido úrico como principal produto do metabolismo de Nitrogênio, constituindo 60-80% do N excretado na urina (THRALL *et al.*, 2004; GONZÁLEZ e SILVA, 2006). O ácido úrico é sintetizado no fígado e nos rins, se excreta via secreção tubular em 90%, independente da reabsorção tubular de água; assim, os distúrbios na função renal podem acrescentar a concentração do ácido úrico no soro ou no plasma nas aves. Dietas hiperproteicas também podem causar tal incremento, assim como necrose tissular massiva ou desnutrição (causa aceleração no catabolismo de proteínas). Situações de restrição alimentar que levem a mobilização de reservas e, portanto, a mudanças no catabolismo de proteínas pelo uso de proteínas estruturais como fonte de energia, também foram relacionadas com elevações no ácido úrico (RAJMAN *et al.*, 2006).

A bioquímica sanguínea é uma ferramenta importantíssima para avaliar o estado fisiológico de aves, incluindo aquelas expostas a diferentes efeitos ambientais relacionados à nutrição e oferta de alimento ou intoxicação e poluentes, como tem sido apontado em diversos estudos (SCHMIDT *et al.*, 2007; ARTACHO *et al.*, 2007; HUANG *et al.* 2018). Nesse sentido, os resultados do presente estudo indicaram que as poedeiras, apresentam alterações no perfil bioquímico sérico, quando alimentadas com níveis crescentes de inclução de óleo bruto de resíduo de pescado.

5.7 Análise de ácidos graxos e colesterol da gema de ovos

Os resultados referentes a análise de perfil de ácidos graxos e colesterol da gema de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de óleo de resíduo de peixe encontram-se na Tabela 14. Com relação à família dos ácidos graxos saturados, observou-se que o ácido palmítico foi o predominante entre os ácidos graxos saturados, seguido do ácido esteárico e mirístico. O ácido palmítico apresentou queda acentuada nos ovos de aves alimentadas com maior nível de inclusão de óleo de peixe. Não foi verificada diferença significativa (P>0,05) entre as médias dos níveis de ácidos graxos saturados nos tratamentos estudados por Simopoulos, 2000; Cherian, 2007 e Cedro *et al.*, 2011. Estes pesquisadores relataram que a composição de ácidos graxos saturados na gema é resistente a mudanças e não são influenciados pela dieta.

Tabela 14 - Perfil de ácidos graxos e colesterol da gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescestes de óleo de resíduo de pescado

Perfil de Ácidos Graxos	**Níveis de óleo do resíduo de pescado (%)**							
	0,00	**0,50**	**1,00**	**1,50**	**2,00**	**2,50**	**3,00**	**3,50**
Ácidos Graxos Saturados (%)								
Ácido palmítico (C16:0)	29,52	29,61	30,18	29,91	26,57	25,29	26,72	22,51
Ácido esteárico (C18:0)	7,17	7,27	7,61	8,51	9,98	8,93	8,66	8,11
Ácido Mirístico (C14:0)	0,94	1,12	1,20	1,28	0,77	1,12	0,88	1,56
Ácidos Graxos Monoinsaturados (%)								
Ácido Palmitoleico (C16:1n7)	6,93	7,09	7,01	6,44	4,64	6,25	4,68	6,11
Ácido oleico (C18:1n9c)	38,67	39,71	37,61	37,85	32,49	28,97	28,82	24,60
Ácidos Graxos Poli-insaturados da Série ω-6 (%)								
Ácido Linoleico-LA (C18:2n6c)	11,89	8,68	7,95	9,59	8,51	8,74	8,02	8,66
Ácido Araquidônico-AA (C20:4n6)	0,43	0,20	0,18	0,24	2,42	2,23	2,43	1,46
Ácidos Graxos Poli-insaturados da Série ω-3 (%)								
Ácido Alfa Linolênico-LNA (C18:3n3)	0,20	---	---	---	---	0,15	---	0,15
Ácido Eicosapentaenóico-EPA (C20:5n3)	---	---	---	---	0,22	0,28	0,28	0,17
Ácido Docosahexaenóico-DHA(C22:6n3)	---	---	---	---	2,26	2,09	2,48	1,36
Colesterol (mg/g de gema)								
Colesterol	9,80	9,50	12,30	10,10	20,00	21,10	23,10	18,30

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Na família dos ácidos graxos monoinsaturados, observou-se que o aumento na inclusão de óleo de resíduo de pescado na dieta das poedeiras ocasionou queda acentuada nos valores de ácido oleico das gemas. Corroboram com os resultados deste estudo os achados de Cherian *et al.* (2007), que ao enriquecerem as dietas de poedeiras comerciais com óleo de peixe, verificaram que à medida que aumentava os níveis dietéticos de ácidos graxos poli-insaturados ômega-3, diminuía o percentual de ácido oleico da gema. Cedro *et al.* (2011) ao enriquecer os ovos com ração contendo substrato em pó de algas marinhas (19,41% de ω-3) e de óleo de peixe (33,97% de ω-3) também observaram o mesmo padrão no decréscimo dos valores de ácido oleico ao aumentar os níveis de ômega 3 na dieta das aves.

Os resultados obtidos podem ser explicados conforme os relatos de Cherian e Sim (1991) e Faitarone (2010), que afirmaram que o excesso de ácidos graxos poli-insaturados da série ω-3 na dieta promove inibição da atividade da enzima formadora do ácido oleico (monoinsaturado); diminuindo, portanto, sua concentração, bem como a dos ácidos graxos monoinsaturados disponíveis, e dessa forma, diminuindo seus teores nas gemas dos ovos. Fato observado na presente pesquisa onde, à medida que aumentou o nível de óleo de peixe as dietas das poedeiras, observou-se diminuição na concentração de ácidos graxos monoinsaturados nas gemas.

Morais e Magalhaes (2004) ao determinarem o perfil de ácidos graxos e teor de colesterol de ovos de codorna e ovos de casca branca e escura de galinha, verificaram que os principais ácidos graxos encontrados na gema são os saturados: palmítico, esteárico e mirístico e os insaturados: oleico, palmitoléico, linoleico e o araquidônico.

Para ácidos graxos poli-insaturados da família ômega 6, foi verificado que os ovos proveniente de poedeiras alimentadas com ração contendo óleo de pescado apresentaram menores percentuais do ácido linoleico (LA) em comparação dos ovos do tratamento sem adição de óleo. Para o ácido araquidônico (AA) observou-se que os tratamentos com 2,0; 2,5 e 3,0% de inclusão de óleo de pescado apresentaram elevados valores desse ácido graxo, 2,42, 2,23 e 2,43%, respectivamente.

Observou-se que a composição dos ácidos graxos da série-3, em especial o ácido eicosapentaenóico (EPA) e o ácido docosahexaenóico (DHA), das gemas dos ovos sofreram alteração com o aumento da inclusão do óleo de resíduo de pescado na dieta. Cedro *et al.* (2011) verificaram que os ovos enriquecidos com ômega 3 (óleo de peixe) apresentaram médias significativamente menores dos ácidos linoleico (LA) e araquidônico (AA), da série 6, e médias significativamente maiores dos ácidos alfa-linolênico e docosahexanóico (DHA), da série 3, quando comparado aos ovos convencionais.

De acordo com Leeson e Summers (2001) e Pita (2007), nas aves poedeiras, os triglicérides ingeridos são hidrolisados no intestino a ácidos graxos e monoglicérides e absorvidos no lúmen intestinal pelo sistema porta hepático, sendo transportados através de portomicrons até o fígado. O sistema hepático é responsável pela síntese das VLDLs que serão transportadas pelo plasma até a gema do ovo. As VLDLs são incorporadas à gema de forma intacta. Esta característica única do metabolismo lipídico das aves possibilita que o perfil de ácidos graxos dos ovos possa ser manipulado proporcionalmente ao conteúdo e qualidade da gordura da dieta.

Ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), especialmente o ômega-3 e ômega-6, são considerados ácidos graxos essenciais e demonstram efeitos curativos e preventivos em doenças cardiovasculares, neurológicas em crianças, na prevenção de câncer e controle glicêmico. Alguns estudos têm evidenciado que os ácidos da série 3 reduzem marcadamente os níveis de triacilglicerídeos plasmáticos, como os ácidos graxos da série 6, como o linoleico, que tendem a diminuir os níveis plasmáticos de colesterol dos lipoproteínas de baixa densidade (LDL) (KINSELLA *et al.*, 1990; CEDERHOLM *et al.,* 2013).

O uso de estratégias nutricionais para melhorar a qualidade e a composição dos produtos de origem animal, utilizados na alimentação humana, tem se constituído no elo entre a produção animal, a tecnologia de alimentos e a nutrição humana. Atenta a essa nova tendência, a indústria avícola vem pesquisando e promovendo a comercialização de ovos enriquecidos com ácidos graxos poli-insaturados da série ômega-3. A percentagem de composição da gema do ovo em seus elementos principais , como a proteína, água, gordura, vitaminas e minerais e mesmo ácido graxos saturados dificilmente podem ser alteradas por fatores genéticos (seleção de linhagens) ou meio ambiente (manipulação nutricional). Mas, ao contrário dos ácidos graxos saturados, a composição em ácidos graxos mono e poli-insaturados da gema pode ser alterada pela manipulação da quantidade e do tipo de gordura (linhaça, canola, óleos de peixe) incluída na dieta das galinhas poedeiras (SALDANHA e GONZALES, 2012). Os pesquisadores ressaltam que os benefícios do consumo de ovos enriquecidos com ácidos graxos insaturados do grupo ômega-3 são diminuição de 10 a 40% de triglicérides sanguíneo; diminuição da pressão sanguínea depois de seis semanas consumindo um ovo enriquecido por dia. A recomendação do consumo de ovos enriquecidos recai especialmente para as pessoas com problemas do metabolismo lipídico, em geral pessoas idosas.

Observou-se no presente estudo que a manipulação nutricional das dietas das galinhas poedeiras para incluir o óleo de resíduo de pescado, promoveu a incorporação dos AGPI na gema dos ovos. Portanto, os ovos enriquecidos podem fornecer fonte alimentícia

alternativa para aumentar o consumo destes ácidos graxos essenciais, em especial o ácido araquidônico (AA) e o ácido docosahexaenóico (DHA).

Os dados obtidos no presente experimento indicaram que o aumento na inclusão de óleo de resíduo de pescado na ração das poedeiras alterou os teores de colesterol dos ovos. O maior teor de colesterol (23,10 mg/g de gema) da gema foi observado no nível de 3% de inclusão de óleo. Entretanto, estes resultados discordando dos resultados obtidos por Mendonça Jr. *et al.* (2000) que observaram a inclusão de diferentes níveis de óleo não alteraram os teores de colesterol da gema. Pesquisa realizada por Santos (2005) mostrou que a inclusão de óleos vegetais (soja, algodão e linhaça) na dieta de poedeiras possibilitou uma redução do nível de colesterol dos ovos, em relação à dieta controle (sem óleo). Da mesma forma, Faitarone (2010) relatou que aos 60 dias de fornecimento das dietas experimentais, ovos provenientes das poedeiras que não foram suplementadas com óleo, na dieta, apresentaram teores de colesterol significativamente inferiores aos ovos oriundos das poedeiras suplementadas com 5% de óleo de linhaça, 5% de óleo de canola, 5% de óleo de soja, 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja, 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola.

De acordo com Baucells *et al.* (2003), a inclusão de óleo de peixe na dieta de galinhas poedeiras diminui o colesterol e enriquece a quantidade de ômega-3 do ovo. Os resultados demonstraram que o perfil de ácidos graxos do ovo pode ser claramente manipulado pela dieta, indicando que o uso de óleo de peixe na ração de poedeiras pode produzir ovos com maior valor biológico, implicando em possibilidade de obtenção de maior retorno econômico. Costa *et al.*, 2008, afirmaram que a composição bromatológica do ovo é influenciada diretamente pela dieta da ave, no entanto, a manipulação na concentração de colesterol ainda é controversa. Por se tratar de um gameta apto à fecundação, o ovo dispõe de mecanismos fisiológicos que garantem o equilíbrio entre os seus componentes para que o desenvolvimento embrionário não seja comprometido.

Segundo Turatti (2001), os ovos têm pouca influência nos altos níveis de colesterol sanguíneo ou nas doenças cardiovasculares, sendo os maus hábitos de alimentação, obesidade, vida sedentária, fumo, álcool e problemas genéticos, as verdadeiras causas dessas alterações. Sabe-se que, nosso corpo produz seu próprio colesterol diário, e estima-se que um adulto possua cerca de 140 gramas de colesterol em seu corpo. Portanto com um consumo de dois ovos por dia, correspondendo a 430 mg de colesterol (0,3%), haveria aumento diário de colesterol sanguíneo de 1-2 mg/dL, valor que segundo este autor, é pouco significativo.

5.8 Análise econômica

Os resultados referentes à análise econômica do custo e da produção de ovos encontram-se na Tabela 15. Foram observadas diferenças significativas ($p<0,05$) no percentual de postura ($y=-1,3421x^2+2,8663x+93,787$ $R^2 = 0,73$), consumo de ração acumulado ($y=-0,9617x^2 + 2,5146x + 63,778$ $R^2 = 0,77$), custo alimentar ($y= -1,6888x^2 + 4,6507x+108,47$ $R^2 = 0,84$), produção de ovos ($y=-8,3988x^2 + 17,878x + 590,86$ $R^2 = 0,72$).

Tabela 15 - Percentual de postura (PP), Preço da ração (PR), Consumo de Ração Acumulado (CRA), Custo alimentar (CAL), Produção de ovos (PO) e Custo de produção (CP) de poedeiras alimentadas com rações contendo óleo de pescado

Variáveis	Níveis de Óleo de Pescado (%)								p-valor	R^2	CV, %
	0,0	0,5	1,0	1,50	2,0	2,5	3,0	3,5			
PP, %	94,76	94,60	94,12	94,52	93,45	93,45	93,57	84,96	0,0000	0,73	1,94
PR, R$	1,70	1,71	1,71	1,71	1,71	1,70	1,72	1,71	-	-	-
CRA,Kg/ave	63,96	65,41	64,27	64,87	65,05	64,38	64,11	59,71	0,0008	0,77	2,41
CAL, R$	108,73	111,21	109,90	110,29	110,58	108,81	108,34	100,32	0,0008	0,73	2,42
PO, uni	597,00	596,00	593,00	595,50	588,75	588,5	589,50	535,25	0,0000	0,72	1,94
CP, R$/uni	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,19	0,19	0,7350	-	2,86

CV – Coeficiente de variação. p-valor – Coeficiente de Probabilidade. Q – Quadrático. LP – Linear Positivo

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Verificou-se maior produção de ovos em percentual e unidades (95,31% e 600,37 unidades, respectivamente) no nível de inclusão de óleo do resíduo de pescado de 1,06%, observando-se queda acentuada de produção em poedeiras alimentadas com rações contendo níveis elevados de óleo do resíduo de pescado (Figuras 28 e 29). Este resultado pode estar relacionado diretamente com a palatabilidade do óleo e sua aceitabilidade pelas aves. Silva *et al.* (2017) comentaram que a inclusão de quantidades elevadas de subproduto do pescado em rações de poedeiras leves proporcionou piores resultados de desempenho, acarretando em prejuízos. Outros estudos afirmaram ainda que a inclusão de óleos e gorduras de produtos de origem animal ou vegetal afetam diretamente a palatabilidade do alimento e a aceitabilidade deste pelas aves, ressaltando que estas apresentam uma predileção natural por alimentos com médio ou alto teor lipídico (FREITAS *et al.*, 2013; NOGUEIRA *et al.*, 2014).

.

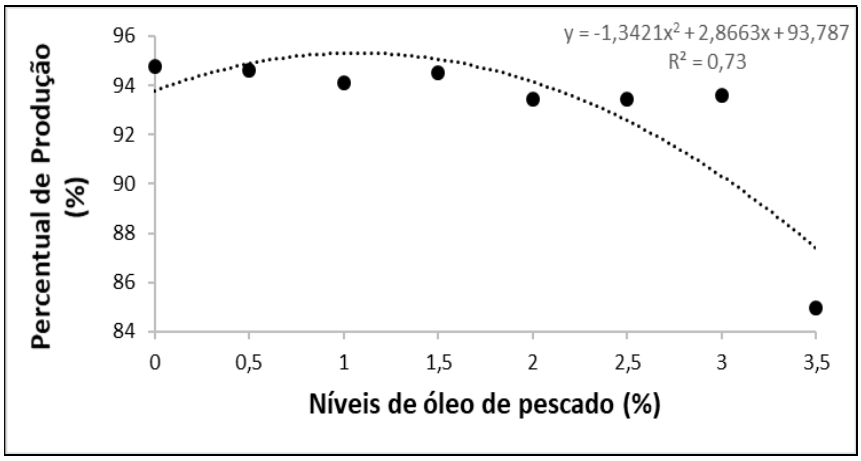


Figura 28 - Percentual de postura de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescestes de óleo de resíduo de pescado

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

A adição de óleo pode ocasionar a alteração do metabolismo lipídico e, consequentemente, alterar a deposição de nutrientes nos ovos. De acordo com Keshavarz e Nakajima (1995), a alteração do peso e da produção dos ovos pode estar relacionada ao aumento da disponibilidade dos nutrientes devido as interferências na taxa de passagem da ingesta.

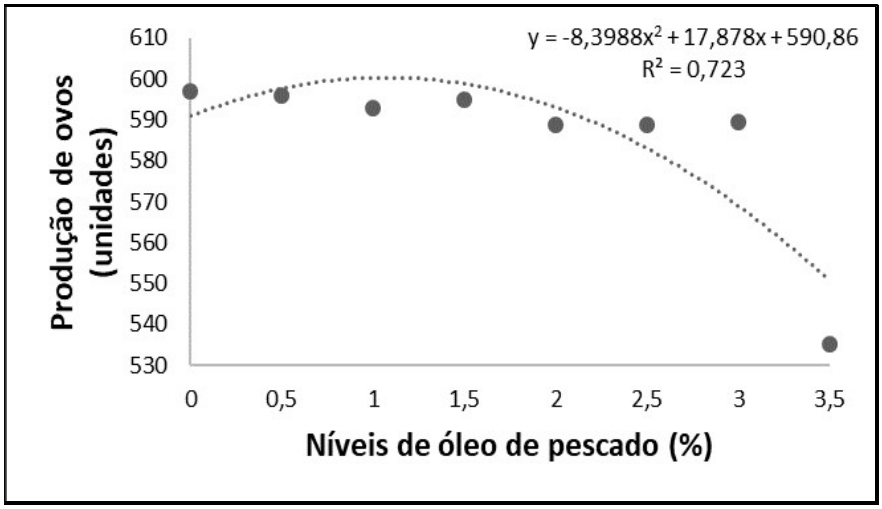


Figura 29 - Produção de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescestes de óleo de resíduo de pescado

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Houve maior consumo de ração (65,42 Kg) a partir da inclusão de 1,30% de óleo do resíduo de pescado, constatando-se uma redução no consumo de ração das poedeiras alimentadas com o maior nível de óleo do resíduo de pescado (Figura 30). Este resultado pode estar relacionado ao ajuste do consumo de ração durante o último ciclo de produção

decorrente a exposição prolongada das aves ao subproduto do pescado, fato que foi suficiente para gerar o decréscimo no consumo de alimento, gerando um reflexo negativo na produção de ovos.

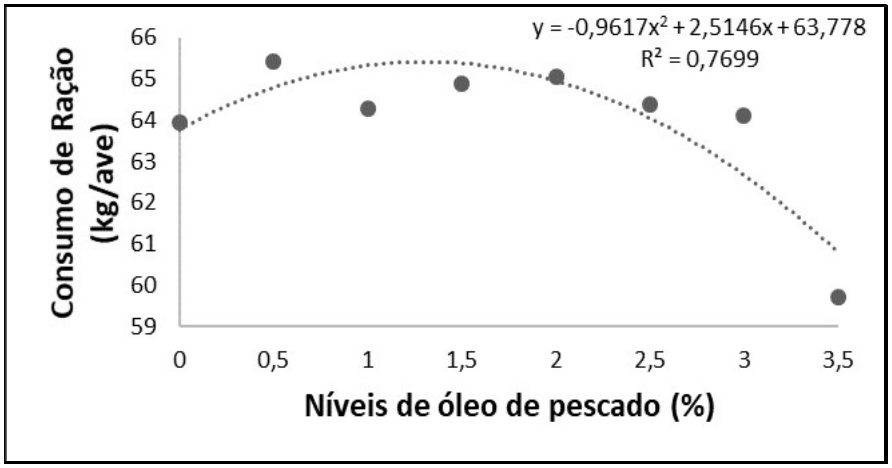


Figura 30. Consumo de ração de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescestes de óleo de resíduo de pescado.

O maior custo alimentar foi estimado em R$ 111,39 no nível de inclusão 1,25% durante o período de produção (Figura 31). Diferentemente dos demais níveis, verificou-se que as aves que consumiram rações maior nível de óleo do resíduo de pescado demandaram menor custo alimentar devido a maior percentagem de inclusão deste ingrediente nas rações. Segundo Rufino *et al.* (2015), um maior nível de inclusão de alimentos alternativos nas rações resulta em menor volume de produção exigido para arcar com os custos com a alimentação devido às relações de custo-benefício derivadas da inclusão destes ingredientes com menor custo nas rações. Outrora, o custo de produção dos ovos não apresentou diferença ($p>0,05$) independentemente do nível de inclusão do óleo do resíduo de pescado em rações para poedeiras leves.

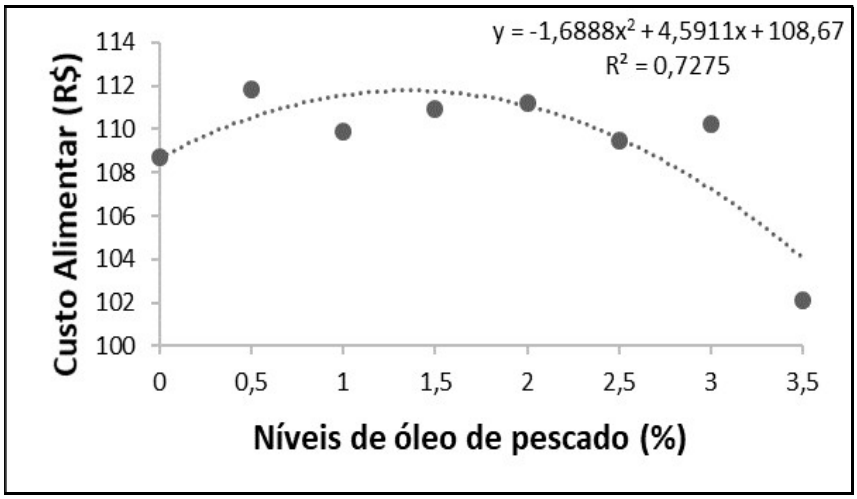


Figura 31 - Custo alimentar da produção da produção de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescestes de óleo de resíduo de pescado

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Outros estudos realizando a análise econômica de alimentos alternativos em rações para poedeiras demonstraram que fatores como facilidade de aquisição, produção e flutuação dos preços dos insumos devem ser considerados na decisão quanto a utilização de um ingrediente alternativo (SILVA *et al.*, 2009; RUFINO *et al.* 2015; MELO *et al.*, 2017; BATALHA *et al.*, 2019). Estes são parâmetros que auxiliam na comprovação da viabilidade econômica deste alimento alternativo, tendo seus resultados intimamente associados com o desempenho (PELIZER *et al.*, 2007; COSTA *et al.*, 2009).

A análise de viabilidade econômico-financeira de investimentos é extremamente importante, pois estima e analisa as perspectivas do desempenho financeiro mediante os resultados do desempenho produtivo. E a partir da análise, o processo de tomada de decisão acaba levando em consideração uma série de fatores como o preço do alimento alternativo no mercado, sua disponibilidade ao longo do ano, logística de produção e transporte, dentre outros que podem influenciar diretamente na decisão de utilizar ou preterir a sua inclusão em rações avícolas (SANTOS e GRANJEIRO, 2012; MELO *et al.*, 2017).

O custo de produção dos ovos se manteve semelhante ($p>0,05$) conforme houve a inclusão do óleo de resíduo de pescado nas rações para poedeiras leves. Nos resultados médios da análise de custo e produção, verificou--se valores similar no preço das rações a partir da inclusão do óleo de resíduo de pescado.

Os resultados referentes a análise de receita e rentabilidade encontram-se na Tabela 16.

Tabela 16 - Renda Bruta (REB), Valor Agregado Bruto (VAB), Índice de Lucratividade (IL) e Ponto de Equilíbrio (PE) de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescestes de óleo de resíduo de pescado

Variáveis	Níveis de óleo do resíduo de pescado (%)								p-valor	Efeito	CV, %
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50			
REB, R$	238,80	238,40	237,20	238,20	235,50	235,50	235,80	214,10	0,01	0,72Q	1,94
VAB, R$	130,08	127,20	127,29	127,91	124,92	126,69	127,46	113,79	0,01	0,69Q	3,60
IL, %	54,47	53,36	53,65	53,70	53,01	53,79	54,05	53,13	0,72	-	2,25
PE, uni	271,81	278,01	274,76	275,73	276,46	272,02	270,84	250,79	0,01	0,72Q	2,42

CV – Coeficiente de variação. p-valor – Coeficiente de Probabilidade. Q – Quadrático. LN – Linear Negativo. LP – Linear Positivo

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Houve efeito significativo ($p<0,05$) nos resultados de renda bruta ($y = -3,3833x^2 + 7,2298x + 236,34$ $R^2 = 0,73$), com uma estimativa de melhor renda no nível de 1,06% de inclusão de óleo do resíduo de pescado nas rações (Figura 32). O nível máximo de inclusão de óleo do resíduo de pescado apresentou menor renda bruta quando comparado aos demais níveis de inclusão, ocasionando uma queda de R$ 24,70.

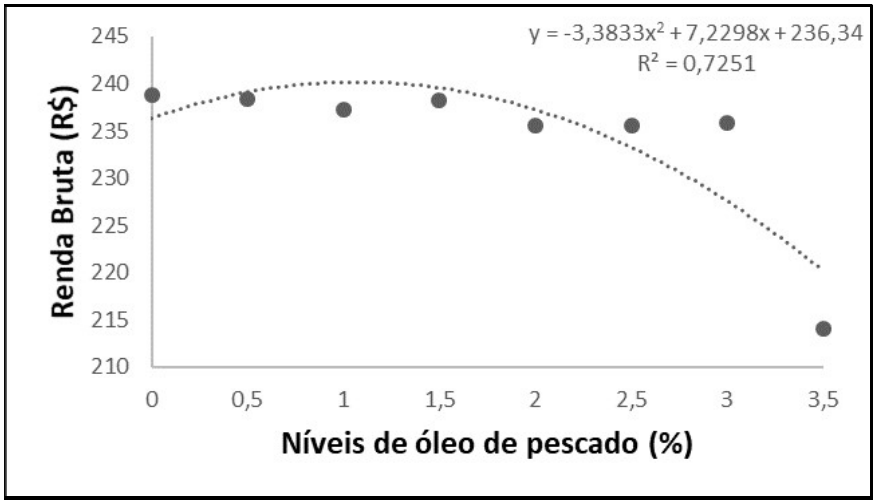


Figura 32 - Renda bruta da produção de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescestes de óleo de resíduo de pescado

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Este resultado afetou ($p<0,05$) diretamente o valor agregado bruto ($y = -1,77x^2 + 3,6493x + 127,8$ $R^2 = 0,63$), onde o maior lucro (R$ 129,68) foi estimado no nível de inclusão de 1,03% (Figura 33). Costa *et al.* (2009) e Rufino *et al.* (2015) afirmaram que antes da tomada de decisões quanto à utilização de um alimento alternativo em escala industrial de produção, deve-se levar em consideração os resultados da análise de rentabilidade e lucratividade deste nas rações, e se possível, constatar uma relação positiva entre estes resultados e a análise nutricional e a análise produtiva, obtendo reduções significativas de custo e melhores ganhos potenciais.

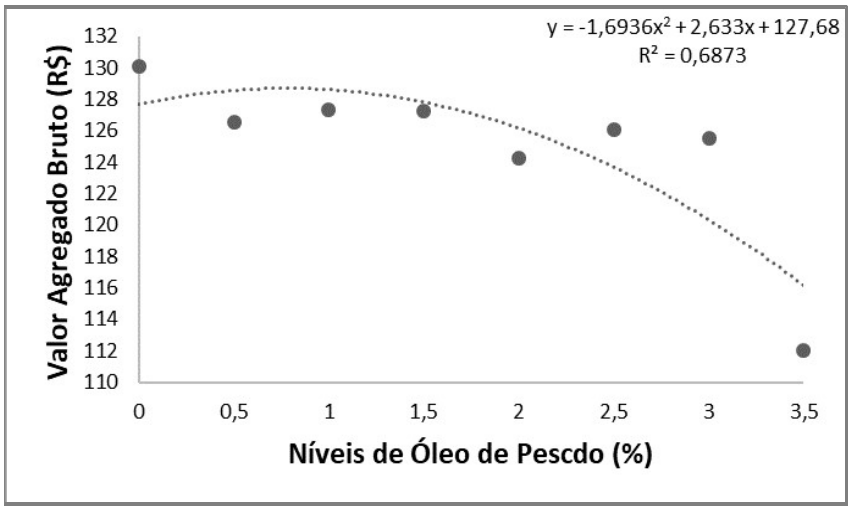


Figura 33 - Valor agregado da produção de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescestes de óleo de resíduo de pescado

Fonte: Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos Brelaz

Entretanto, o índice de lucratividade, que indica a taxa disponível de capital após o pagamento dos custos, não foi influenciado estatisticamente ($p>0,05$) pela inclusão de óleo do resíduo de pescado nas rações.

Quanto ao ponto de equilíbrio, foram observadas diferenças significativas ($p<0,05$) onde através da derivação da equação de regressão ($y = -4,6248x^2 + 11,651x+271,15$ $R^2 = 0,84$), foi possível obter o ponto ótimo de produção (278,48) no nível de inclusão de 1,25% de óleo do resíduo de pescado nas rações (Figura 34). Nesse contexto, segundo Murakami *et al.* (2009), o ponto de equilíbrio, teoricamente, indica o ponto que define o volume exato de produção que apresente retorno zero.

Estes resultados refletem a análise de custos realizada anteriormente, indicando o limite fisiológico do animal em resposta ao produto utilizado nas rações. Rufino *et al.* (2015) utilização de um alimento alternativo, deve-se levar em consideração os resultados obtidos na análise de rentabilidade e lucratividade. Neste sentido, é fundamental levar em consideração

os parâmetros nutricionais, o desempenho produtivo e a análise de viabilidade econômica, reduzindo significativamente os riscos.

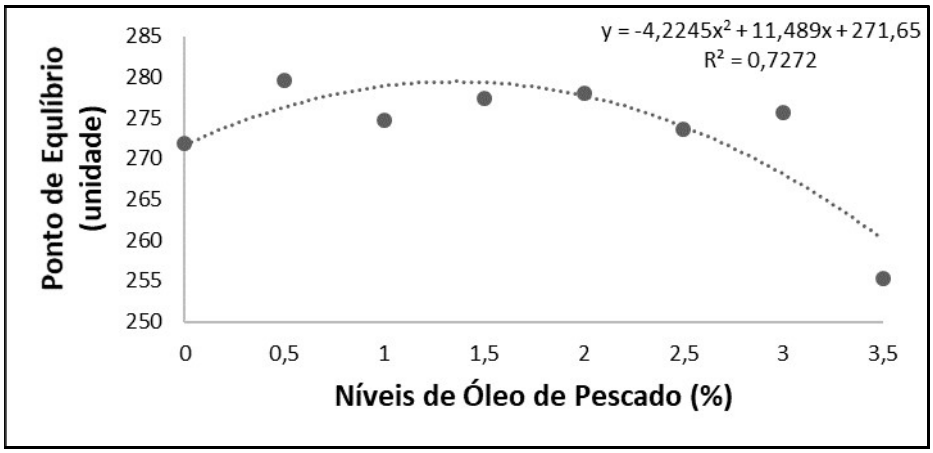


Figura 34. Ponto de equilíbrio da produção de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescestes de óleo de resíduo de pescado.

A busca constante por alimentos balanceados utilizados em rações para aves, somados ao alto custo e à crescente utilização de alguns desses alimentos para o consumo humano, tem sido fatores que têm motivado os pesquisadores continuamente a buscarem alimentos alternativos. E devido ao custo do óleo do resíduo de pescado regional ser inferior a produtos oriundos de outras regiões, o mesmo apresenta grande potencial para ser utilizado na alimentação de poedeiras, consequentemente diminuindo a dependência dos produtores na aquisição de insumos, principalmente em regiões com restrição de acessibilidade.

6 CONCLUSÃO

O coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo foi superior na ração contendo 3,5% de óleo de pescado.

As variáveis consumo de ração, produção e massa de ovos foram influenciados significativamente pela inclusão de óleo de resíduo de pescado e o nível máximo de inclusão causou efeito negativo nestes parâmetros.

O óleo de pescado utilizado não alterou a qualidade interna e externa dos ovos.

O nível máximo de inclusão do óleo de resíduo de pescado afetou negativamente o sabor dos ovos.

A inclusão de óleo de peixe acarretou um efeito significativo no perfil bioquímico sérico de poedeiras, principalmente nas concentrações de glicose, triglicérides, colesterol total

e ácido úrico. O nível de inclusão de 3,5% do óleo de peixe acarretou maior desequilíbrio no perfil bioquímico sérico das poedeiras.

No presente estudo o aumento dos níveis de óleo de resíduo de pescado, promoveu a incorporação dos ácidos graxos na gema dos ovos. Os ovos foram enriquecidos com ácidos graxos essenciais, em especial o ácido araquidônico (AA) e o ácido docosahexaenóico (DHA).

A partir de 2% de inclusão de óleo de resíduo de pescado na ração, observou-se

O óleo de resíduo de pescado pode ser utilizado como alimento alternativo em rações de poedeiras comerciais leves, tendo o nível de 1,25% de inclusão apresentado melhor viabilidade econômica. No nível de 3,5% de inclusão, observam-se queda no desempenho e perdas econômicas significativas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGBOOLA, A.F.; OMIDIWURA, B.R.O.; OYEYEMI, A.; IYAYI, E.A.; ADELANI, A.S. Effects of four dietary oils on cholesterol and fatty acid composition of egg yolk in layers**. International Journal of Nutrition and Food Engineering**, v. 10, n. 2, 2016.

ALMEIDA, N.M. Composição em ácidos graxos e quantificação de EPA e DHA de matrinxã (*Brycon cephalus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado e capturado na Amazônia Central. Campinas, 2004. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ALMEIDA, N.M; FRANCO, M.R.B. Influência da dieta alimentar na composição de ácidos graxos em pescado: aspectos nutricionais e benefícios à saúde humana. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.65, n.1, p.7-14, 2006.

ANDRADE, P.M.M.; CARMO, M.G.T. Ácidos graxos n-3: um link entre eicosanóides, inflamação e imunidade. **Revista Mn-Metabólica**, v8, n., p.135-43, 2006.

ANDRIGUETO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; FLEMMING, J.S.; SOUZA, G.A.; BONA FILHO, A. **Nutrição animal**. São Paulo: Nobel; Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, 1982. 102p.

AHMAD, S.; AHSAN-UL-HAQ.; YOUSAF. M.; KAMRAN, Z. Effect of feeding whole linseed as a source of polyunsaturated fatty acids on performance and egg characteristics of laying hens kept at high ambient temperature. **Revista Brasileira Ciência Avícola**., v. 15, n. 1, p. 21-26, 2013.

ALONSO-ALVAREZ, C. Age-dependent changes in plasma biochemistry of yellow-legged 314 gulls (*Larus cachinnans*). **Comp. Biochem. Physiol**. Part A. Mol. Integr. Physiol., v. 140, p. 315 512–518, 2005.

AMAND, W.B. Avian clinical hematology and blood chemistry. In: FOWLER, M.E. (ed.). **Zoo and Wild Animal Medicine**. Philadelphia: W.B. Saunders, 1986. p. 264-276.

ANJOS, M.R.; SOUZA, V.C.; SANTIAGO, R.C.; MACHADO, N.G.; BIUDES, M.S.; FULAN, J.A. Piscicultura no sudoeste da Amazônia brasileira: o caso de Rondônia em 2009. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 8, n. 2, p. 143-152, 2015.

ARAÚJO, J.M.A**. Química de alimentos.** Viçosa, UFV, 1999. 416p.

ARAÚJO, K.L.G.V. Avaliação físico-química do óleo de peixe, 2007. Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal da Paraíba – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB. 2007. 79p.

ARAÚJO, R.G.A.C. Perfil de ácidos graxos e energia metabolizável aparente de diferentes fontes lipídicas para galinhas poedeiras. Dissertação (Ciência e Tecnologia Animal). Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), Universidade Estadual Paulista - UNESP, Dracena/SP. 2017. 56p.

ARRUDA, L. F.; BORGHESI, R.; BRUM, A.; REGITANO D'ARCE, M.; OETTERER, M. Nutritional aspects of nile tilapia (Oreochromis niloticus) silage. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 749-756, 2006.

ARRUDA, L.F. Aproveitamento do resíduo do beneficiamento da tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus) para obtenção de silagem e óleo como subprodutos. Dissertação. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba/SP. 2004. 91p.

ARRUDA, M.C.F. Avaliação dos indicadores da política de pesca do programa zona franca verde: perspectivas econômicas e ambientais. UFAM: Manaus, 2017.

ARTACHO, P.; SOTO-GAMBOA, M.; VERDUGO, C. Using haematological parameters to infer health and nutritional status of an endangered black-necked swan population. **Comp. Biochem. Physiol**. A Mol. Integr. Physiol., v. 147, n. 4, p. 1060-1066, 2007.

ATTIE, A.D. ABCA: at the nexus of cholesterol, HDL and atherosclerosis. *Trends Biochem. Sci.*, v. 32, n. 4, p. 172-179, 2007.

AVISITE. 20 principais municípios produtores de ovos em 2017. Disponível em: https://www.avisite.com.br/index.php?page=noticias&id=19250. Acesso em: 12 de outubro de 2018.

BARBI, J.H.T.; LÚCIO, C.G. 2003. Qualidade e digestibilidade de gorduras e óleos na alimentação de aves. In: XI Congresso de la AMENA y I del CLANA. México. P.159-177.

BATALHA, O.S.; ALFAIA, S.S.; CRUZ, F.G.G.; JESUS, R.S.; RUFINO, J.P.F.; COSTA, V.R. Digestibility and physico-chemical characteristics of acid silage meal made of pirarucu waste in diets for commercial laying hens. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 3, p. 251-257, July-Sept., 2017.

BATALHA, O.S.; ALFAIA, S.S.; CRUZ, F.G.G.; JESUS, R.S.; RUFINO, J.P.F.; GUIMARAES, C.C. Análise econômica da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu em rações de poedeiras comerciais leves. **RAMA - Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, p. 363-375, 2019.

BAUCELLS, M.D.; CRESPO, N.; BARROETA, A.C. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids eggs. **Poultry Science**, v. 79, p. 51-59, 2003.

BAUCELLS, M.D.; CRESPO, N.; BARROETA, A.C.; LÓPEZFERRER, S.; RASHORN, M.A. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. **Poultry Science**, v. 79, p. 51-59, 2000.

BELDA, M.C.R.; POURCHET, C.M.A. Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. **Ciência Tecnologia Alimento.,** v.11, n.1, p.5-35, 1991.

BELLAVER, C. Peroxidação de lipídeos e índice de peróxido. **Revista Graxaria Brasileira.** Jan/Fev n.40, 2009.

BELLAVER, C; ZANOTTO, D.L. **Parâmetros de Qualidade em Gorduras e Subproduto Proteicos de Origem Animal**. Santos, SP: APINCO. 2004.

BERTIPAGLIA, L.A; SAKAMOTO, M.I.; BERTIPAGLIA, L.M; MELO, G.M.P. Lipid sources in diets for eggs-layning japanese quail:performanceand egg quality. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 38, n. 3, p. 281-284, 2016.

BITMAN, J.; WOOD, D.L. Cholesterol and cholesteryl esters of eggs from avian species. **Poultry Science**, v. 59, p. 2014-2023, 1980.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo, Varela, 2001.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, 1992. cap.3, p.39-50: Lipídeos.

BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.A.; COLDEBELLA, A.; BUENO, G.B.; FEIDEN, A. Rações orgânicas suplementadas com farinha de resíduos de peixe para juvenis da tilapia do Nilo (Oreochromis niloticus). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 686-692, 2010.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F.; FEIDEN, A.; BOMBARDELLI, R.A. Digestibilidade Aparente da Energia e Proteína das Farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do nilo (Oreochromis niloticus) e da corvina (Plagioscion squamosissimus) e farinha integral do camarão canela (macrobrachium amazonicum) para a tilápia do nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 8-13, 2004.

BRANDÃO, P.A.; COSTA, F.G.P.; BARROS, L.R.; NASCIMENTO, G.A.J. Ácidos graxos e colesterol na alimentação humana. **Agropecuária Técnica**, v. 26, n. 1, p. 5-14, 2005.

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: APA, 1997, p. 153-193.

CALDER, P.C.; ALBERS, R.; ANTOINE, J.M., BLUM, S.; BOURDET-SICARD, R.; FERNS, G.A. Inflammatory disease processes and interactions with nutrition. **Br. J. Nutrition**, v.101, (S1), 2009.

CALDERANO, A.A.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; SOUZA, R.M.; MELLO, H.H.C. Composição química e energética de alimentos de origem vegetal determinada em aves de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 2, p. 320-326, 2010.

CAMPBELL, T.W.; ELLIS, C.K. **Avian and exotic animal hematology and cytology**. Ames: Blackwell Publishing Professional, 2007. 2049p.

CAMPBELL, T.W. Clinical chemistry of birds. In: THRALL, M.A. (ed.) **Veterinary Hematology and Clinical Chemistry**. Philadelphia: Lippincott, Williams e Wilkins, 2004. p. 479-492.

CAPITELLI, R.; CROSTA, L. Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species. **Vet. Clin. North Am. Exot. Anim. Pract**., v. 16, n. 1, p. 71–120, 2013.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; SILVA, F.F.; CARVALHO, B.M.A. Silagem de resíduo de peixe em dietas para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 126-130, 2006.

CEDERHOLM, T.; SALEM, N.; PALMBLAD, J. N-3 fatty acids in the prevention of cognitive decline in humans. Nutrition, v. 4, n.6, p.672-676, 2013.

CEDRO, T.M.M. Níveis de ácidos graxos e qualidade de ovos comerciais convencionais e enriquecidos com ômega-3. Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ. 2008, 75p.

CEDRO, T.M.M.; CALIXTO, L.F.L.; GASPAR, A.; AGOSTINHO, T.S.P. Proporções entre ácidos graxos poli-insaturados em ovos comerciais convencionais e enriquecidos com ômega-3. **Ciência Rural**, v. 41, n. 4, p. 706-711, 2011.

CEYLAN, N.; CIFTÇI, I.; ZRAK, C.; KAHRAMAN Z.; EFIL, H. Influence of different dietary oil sources on performance and fatty acid profile of egg yolk in laying hens. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 20, n. 1, p. 71-83, 2011.

CHERIAN, G.; TRABER, M.G.; LEONARD, S.W. Conjugated linoleic acid and fish oil in laying hen diets: effects on egg fatty acids, thiobarbituric acid reactive substances, and tocopherols during storage. **Poultry Science**, v.86, n.5, p. 953-958, 2007.

CHERIAN, G.; SIM, J.S. Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty embryos, and newly hatched chicks. **Poultry Science**, Savoy, v. 70, p. 917-922, 1991.

Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal. São Paulo: Sindirações/Anfal. Campinas CBNA/SDR/MA. 2004 371p.

CORREA, A.R.L. Análise qualitativa do óleo de vísceras de tilápia para inclusão em ração animal. 2014. Monografia (graduação). Curso de graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2014.

COSTA, F.G.P.; QUIRINO, B.J.S.; GIVISIEZ, P.E.N.; SILVA, J.H.V.; ALMEIDA, H.H.S.; COSTA, J.S.; OLIVEIRA, C.F.S.; GOULART, C.C. Poedeiras alimentadas com diferentes níveis de energia e óleo de soja na ração. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 223, p. 405-411, 2009.

COSTA, F.G.P., GOULART, C.C.; COSTA, J.S.; SOUZA, C.J.; DOURADO, L.R.B; SILVA, J.H.V. Desempenho, qualidade de ovos e análise econômica da produção de poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de raspa de mandioca. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 1, p. 13-18, 2009.

COSTA, F.G.P.; SOUZA, J.G.; SILVA, J.H.V. Influência do óleo de linhaça sobre o desempenho e a qualidade dos ovos de poedeiras semipesadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 861-868, 2008.

CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; MELO, R.D.; FEIJÓ, J.C.; DAMASCENO, J.L.; COSTA, A.P.G.C. Perfil socioeconômico da Avicultura no setor primário do Estado do

Amazonas, Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 2, p. 371-391, 2016.

CUNHA, D.C.; SOUZA-SOARES, L.A.; PINTO, L.A.A. Estudo do fracionamento físico do óleo de pescado via "winterização". **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 97, n. 5, p.183-188, 2002.

DIAS, F.P. Aproveitamento de vísceras de tilápia para produção de biodiesel. 2009.Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE. 2009.

DUARTE, F.D.; LARA, L.J.C.; BAIÃO, N.C.; CANÇADO, S.V.; TEIXEIRA, J.L. Efeito da inclusão de diferentes fontes lipídicas em dietas para frangos de corte sobre o desempenho, rendimento e composição da carcaça. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 2, p. 439-444, 2010.

DUNCAN, J. Bioquímica Clínica. In: DAVIDSON, M.; ELSE, R.; LUMSDEN, J. (Eds). Manual de Patología Clínica em Pequeños Animales. Madrid: Ed. Harcourt, 2000.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 1996.

ESPÍNDOLA, G. **Nutrição de monogástricos**. Fortaleza/CE: Expressão gráfica editora, 2007. 65p.

ESPÍNDOLA, G.B. **Nutrição de animais monogástricos de produção**. Fortaleza: Expressão gráfica editora, 2016. 204p.

ESPINOSA, S.; DIAZ, M.S.; BRIGNOLE, E.A. Food additives obtained by supercritical extraction from natural sources. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 45, p. 213-219, 2008.

FAITARONE, A.B.G. Fornecimento de fontes lipídicas na dieta de poedeiras e seus efeitos sobre o desempenho, qualidade dos ovos, perfil de ácidos graxos e colesterol na gema. Botucatu. Tese (doutorado). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade Estadual Paulista-USP. 2010, 108p.

FAITARONE, A.B.G.; GARCIA, E.A.; ROÇA, R.; RICARDO, H.; ANDRADE, E.N.; PELÍCIA, K.; VERCESE F. Cholesterol Levels and Nutritional Composition of Commercial Layers Eggs Fed Diets with Different Vegetable Oils. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 15, n. 1, p. 31-38, Jan – Mar, 2013.

FEIJÓ, J.C.; CRUZ, F.G.G.; MELO, R.D.; RUFINO, J.P.F.; DAMASCENO, J.L.; COSTA, A.P.G.C.; NEGREIROS, T. de J. N. Farinha de cará (*Dioscorea trifida L.*) sobre o desempenho, qualidade do ovo e sérica de poedeiras comerciais leves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 17, p. 413-423, 2016.

FELTES, M.M.C.; CORREIA, J.F.G.; BEIRÃO, L.H.; BLOCK, J.M.; NINOW, J.L.; SPILLE, V.R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 669-677, 2010.

FELTES, M.M.C. Estudo da síntese química e enzimática de triglicerídeos estruturados a partir de óleo de peixe. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

FERNANDES, E.S. Avaliação de fatores que afetam a qualidade de farinha de vísceras na indústria de subprodutos avícolas. 2016. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Escola de Veterinária e Zootecnia – EVZ, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

FILARDI, R.S.; JUNQUEIRA, O.M.; LAURENTIZ, A.C.; CASARTELLI, E.M.; RODRIGUES, E.A.; ARAÚJO, L.F. Influence of different fat sources on the performance, egg quality, and lipid profile of egg yolks of commercial layers in the second laying cycle. **Poultry Science Association**, n. 14, p. 258–264, 2005.

FIORI, L.; SOLANA, M.; TOSI, P.; MANFRINI, M.; STRIM, C.; GUELLA, G. Lipid profiles of oil from trout (*Oncorhynchus mykiss*) heads, spines and viscera: trout em alimentos. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 6, p. 761-770, 2012.

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

FRANCO, GUILHERME. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1999, 9.ed.

FRANCO, J. R. G; SAKAMOTO, M. I. **Qualidade dos ovos: uma visão geral dos fatores que a influenciam. 2012.** Disponível em: <http://www.pt.engormix.com>. Acesso em: 07 jun. 2019.

FREITAS, E.R.; BORGES, A.S.; TREVISAN, M.T.S.; CUNHA, A.L.; BRÁS, N.M.; WATANABE, P.H.; NASCIMENTO, G.A.J. Extratos etanolicos de mangá como antioxidantes na alimentação de poedeiras**. Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 48, n. 7, p. 714-721, 2013.

FREITAS, E.R.; BORGES, A.S.; TREVISAN, M.T.S.; CUNHA, A.L.; BRÁS, N.M.; WATANABE, P.H.; NASCIMENTO, G.A.J. Extratos etanólicos de mangá como antioxidantes na alimentação de poedeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 7, p. 714-721, 2013.

GARCIA, E.A.; MOLINO, A.B.; BERTO, D.A.; PELÍCIA, K.; OSERA, R.H.; FAITARONE, A.B.G. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com semente de urucum (*Bixa orellana* L.) moída na dieta. **Veterinária e Zootecnia**, v. 16, n. 4, p. 689-697, 2009.

GÓMEZ, M.E.D.B. Modulação da composição de ácidos graxos poli-insaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta: Estabilidade oxidativa. 2003. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade De São Paulo/SP. 149p., 2003.

GONZÁLEZ, F.; SILVA, S. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2a edição. 2006.

GRANDA, A.L. O mercado do pescado da região metropolitana de Manaus. 2010. Disponível em: http://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/publilibreacceso/282/Manaus-completo.pdf.Acesso em: Acesso em: 10 de agosto 2018.

GROBAS, S.; MÉNDEZ, J.; LÁZARO, R. Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. **Poultry Science**, v. 80, p. 1171-1179, 2001.

GÜL, M.; YÖRÜK, M.A.; AKSU, T.; KAYA, A.; KAYNAR, O. The effect of different levels of canola oil on performance, egg shell quality and fatty acid composition of laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v. 11, n. 12, p. 769-776, 2012.

HANNA, A.C.S.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; TANAKA, E.S.; CHAGAS, E.O.; MELO, J.B.S. Bioefficacy of the copaiba oil (*Copaifera sp.*) in diets of laying hens in the second production cycle in humid tropical climate. **International Journal of Poultry Science**, v. 12, n. 11, p. 647-652, 2013.

HARMS, R.H.; RUSSEL, G.B.; BOHNSACK, C.R.; MERKEL, W.D. The effect of corn oil reduction in the diet on laying hen performance. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 6, n. 3, p. 183-186, 2004.

HARPER, A.E. Dietary guidelines challenge animal product consumption. **Feedstuffs**, August, v. 2, p. 13-17, 1993.

HARUN K.M.Y.; SHARMIN, R.A.; RAFIQUR, R. Fatty acids of 12 marine fish species of the Bay of Bengal. **Journal Food Comp Anal**,v.6, p346-353, 1993.

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

HESTER, P.Y. A qualidade da casca do ovo. **Avicultura Industrial**, São Paulo, v.90, n.1072, p.20-30, 1999.

HIGUCHI, L.H. Produção, caracterização nutricional e utilização de farinhas e óleos de resíduos de peixes neotropicais em dietas para Tilápia do Nilo. 2015, Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015.

Holman R.T. The Slow discovery of the importance of ω 3 essential fatty acids in human health. **Journal Nutrition,**128 p, 1998.

HUANG, S.; YANG, H.; REHMAN, M.U. Acute heat stress in broiler chickens and its impact on serum biochemical and electrolyte parameters. **Indian Journal Anim. Res**., v. 52, n. 5, p. 683-686, 2018.

HUNTER, B.J.; ROBERTS, D.C.K. Potencial impact of the fat composition of farmed fish on human health. **Nutrion Research**, v. 20, p. 1047-7058, 2000.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Estatística da pesca 2007 Brasil: grandes regiões e unidades da federação / Brasília: Ibama, 2009. Disponível em: www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/estatisticadepescadigital.pdf. Acesso em: 10 de agosto 2018.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produto de origem animal 2018. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/74#resultado. Acesso em: 12 de outubro de 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produto interno bruto dos municípios 2010-2013, 2013. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 03 setembro de 2016.

IDAM - Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas. Relatório de atividades: 2017. Manaus: 2018. 73p. Disponível em: www.idam.am.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/RAIDAM2017.pdf. Acesso em: 10 de agosto 2018.

INHAMUNS, A.J.; FRANCO, M.R.B. Composition of total, neutral and phospholipids in mapará (*Hypophtalmus* sp.) from the Brazilian Amazonian area. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4859-4863, 2001.

INHAMUNS, A.J.; FRANCO, M.R.B. EPA and DHA quantification in two species of freshwater fish from Central Amazonia. **Food Chemistry**, v. 107, p. 587-591, 2008.

INHAMUNS, A.J. Composição de ácidos de peixes de água doce da Região Amazônica brasileira. Campinas, 2000. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2006. Disponível em: www.inmet.gov.br. Acessado em 03 set. de 2015.

JAFARI, M.; PIRMOHAMMADI, R.; BAMPIDIS, V. The use of dried tomato pulp in diets of laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 7, p. 618-622, 2006.

JIANG, Z.; SIM, J.S. Consumption of n-3 polyunsaturated fatty acidenriched eggs and changes in plasma lipids of humans subjects. **Nutrition**. v.9, n.6, p.513-518, 1992.

JOSEPH-NATHAN, P. Resonancia Magnetica Nuclear de Hidrogenio-1 y de Carbono-13. Intituto Politécnico Nacional: México, 1982.

JUNQUEIRA, O.M.; ANDREOTTI, M.O.; ARAÚJO, L.F.; DUARTE, K.F.; CANCHERINI, L.C.; RODRIGUES, E.A. Valor energético de algumas fontes lipídicas determinado com frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2335-2339, 2005.

KESHAVARZ, K.; NAKAJIMA, S. The effect of dietary manipulations of energy, protein, and fat during the growing and laying periods on early egg weight and egg components. **Poultry Science**, v. 74, p. 50-61, 1995.

KINSELLA, T.R.; LOKESH, B.; STONE, R.A. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 52, p. 1-28, 1990.

KLASING, K.C. Lipids. In: **Comparative avian nutrition**. CAB international, Oxon, UK. p.171-200. 1998.

KRAEMER, F.B.; HUTTEN, G.C.; TEIXEIRA, C.E.; PARDI, H.S.; MANO, S. Avaliação da qualidade interna de ovos em função da variação da temperatura de armazenamento. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 10, n. 3, p. 145-151, 2003.

KRIS-ETHERTON, P.M., KRUMMEL, D., RUSSELL, M.E.. The effect of diet on plasma lipids, lipoproteins and coronary heart disease. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 88, p. 1373, 1988.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chicken**, 4. edition. Guelph: University Books, 2001.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica**. São Paulo, Sarvier, 2000.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 2006. 975p.

LELIS, G.R.; SILVA, M.D.; TAVERNARI, F.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. Performance of Layers Fed Diets Containing Different Oils. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 11, n. 4, p. 235-240, 2009.

LIMA, L.K.F. **Reaproveitamento de resíduos sólidos na cadeia agroindustrial do pescado**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2013.

LUDKE, M.C.M.M.; LÓPEZ, J. Colesterol e composição dos ácidos graxos nas dietas para humanos e na carcaça suína. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p.181-187, 1999.

LUMEIJ, J.T. Avian clinical biochemistry. In: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. (eds.). **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. Waltham: Academic Press, 2008. p. 839-872.

MACIEL, R. Uso de óleos e gorduras nas rações. Disponível em: www.dzo.ufla.br/Roberto/uso_oleos_gorduras.pdf. Acesso em: 18 de agosto 2018.

MAIA JUNIOR, W.M.; SALES, R.O. Propriedades funcionais da obtenção da silagem ácida e biológica de resíduos de pescado: Uma revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, 7, 126-156, 2013.

MARTIN, C.A.; ALMEIDA, V.V.; RUIZ, M.R.; VISENTAINER, J.E.L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. Ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 6, p. 761-770, 2006.

MARTINHO, R.; TAKAHASHI, N.S. A importância da adição de lipídeos em rações para aquicultura. **Óleos e grãos**, n.58, p. 32-37, 2001.

MARTINS, M.B; SUAIDEN, A.S.; PIOTTO R.F.; BARBOSA, M. Propriedades dos ácidos graxos poli-insaturados – Ômega 3 obtidos de óleo de peixe e óleo de linhaça. **Revista Instituto Ciências da Saúde**, v. 6, n. 2, p.153-6, 2008.

MATEOS, G.G.; REBOLLAR, P.G.; MENDEL, P. Utilización de grasas y subproductos lipídicos em monograstricos. In: Curso De Especialización Fundación Española Para El Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), 12., 1996, Madri. Apostila... Madri: FEDNA, 1996. p. 3-20.

MATTERSON, L.D., POTTER, L.M., STUTZ, M.W., SINGSEN, E.P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11p. (Research Report, 7).

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; WARNER, R.G. **Nutrição animal**. Tradução de Antônio B. Neiva Figueredo Filho. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos S.A, 1984. 726p.

MAYSER, P.; MROWIETZ, U.; ARENBERGER, P.; BARTAK, P.; BUCHVALD, J., CRISTHOPHER, E.; JABLONSKA, S.; SALMOHOFER, W.; SCHILL, W.B.; KRAMER, H.J.; SCHLOTZER, E.; MAYER, K.; SEEGER, W.; GRIMMINGER, F. Omega-3 fatty acidbased lipid infusion in patients with chronic plaque psoriasis: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicenter trial. **Journal of the American Academy of Dermatology,** v. 38, p. 421, 1998.

MAZALLI, M.R.; FARIA, D.E.; SALVADOR, D. A comparison of the feeding value of different sources of fats for laying hens: 1. Performance characteristics. **Journal off Applied Poultry Research**., v. 13, p. 274-279, 2004.

McMANUS, A.; FIELDER, L.; NEWTON, W.; WHITE, J. Health benefits of seafood men. **Journal of Men's Health**, v. 8, n. 4, p. 252-257, 2011.

MELILLO, A. Applications of serum protein electrophoresis in exotic pet medicine. **Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice.**, v. 16, n. 1, p. 211–225, 2013.

MELO, R.D.; CRUZ, F.G.G.; FEIJÓ, J.C.; RUFINO, J.P.F.; DAMASCENO, J.L.; DIAS, E.C.S.; BRANDÃO, A.B.T. Digestibility of diets containing cara flour (*Dioscorea trifida L.*) For Laying Hens. **International Journal of Poultry Science**, v. 14, n. 3, p. 156-160, 2015.

MELO, R.D.; CRUZ, F.G.G.; FEIJO, J.C.; RUFINO, J.P.F.; MELO, L.D.; COSTA, A.P.G.C. Viabilidade econômica da farinha de cará na alimentação de poedeiras comerciais leves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, n. 2, p. 221-230, 2017.

MENDONÇA Jr, C.X.; MARTINS, A.P.; MORI, A.V.; SILVA, E.B.; MORI, C.S. Efeito da adição de óleo de peixe à dietas sobre o desempenho e níveis de lipídeos plasmáticos e de colesterol no ovo de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. v. 47, n. 1, p. 79-83, 2000.

MENDONÇA Jr. C.X. **Colesterol no ovo: possibilidade de mudança**. In: Simpósio Latino-Americano de Nutrição de Suínos e Aves, Campinas/ SP, 1996, Anais, p. 87-118, 1996.

MENEGAZZO, M.L.; PETENUCI, M.E.; FONSECA, G.G. Production and characterization of crude and refined oils obtained from the co-products of Nile tilapia and hybrid sorubim processing. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 157, p. 100-104, 2014.

MILES, R.D. Eggs important in diet, unfairly criticized as heart disease risk. **Feedstuffs**, september, p. 26-51, 1989.

MILLER, W.M.P.; CRUZ, F. G. G.; CHAGAS, E.O.; SILVA, A.F.; ASSANTE, R.T.; Farinha do resíduo de tucumã (*Astrocaryum vulgare Mart*.) na alimentação de poedeiras. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v.11, n.1, p.105-114, 2013.

MORAIS, C.F.A.; CAMPOS, E.J.; SILVA, T.J.P. Qualidade interna de ovos comercializados em diferentes supermercados na cidade de Uberlândia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.49, p.365-373, 1997.

MORAIS, M. M.; LUIZ, A.A.; ORTIZ, S.C.A.; CREXI, V.T.; SILVA, R.L.; SILVA, J.D. Estudo do processo de refino do óleo de pescado. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 60, n. 1, p. 23-33, 2001.

MORAIS, S.M.; MAGALHÃES, E.F. Perfil de ácidos graxos e teor de colesterol de ovos de galinha e codorna e de carne de tilápia do nordeste do Brasil. **Ciência Animal**, v. 14, n.1, p.21-27, 2004.

MOREIRA, A.B.; VISENTAINER, J.V.; de SOUZA, N.; MATSUSHITA, M. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian brycon freshwater fishes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 14, p. 565-574, 2001.

MOURA, A.M.A.; MELO, T.V. Estratégias nutricionais para manipulação da concentração de colesterol no ovo de poedeiras comerciais. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 9, n. 1, p.148-163, 2018.

MURAKAMI, A.E.; SOUZA, L.M.G.; MASSUDA, E.M.; ALVES, F.V.; GUERRA, R.H.; GARCIA, A.F.Q. Avaliação econômica e desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de milheto em substituição ao milho. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 1, p. 31-37, 2009.

MURAMATSU, K.; STRINGHINI, J.H.; CAFÉ, M.B.; JARDIM FILHO, R.M.; ANDRADE, L.; GODOI, F. Desempenho, qualidade e composição de ácidos graxos do ovo de poedeiras comerciais alimentadas com rações formuladas com milho ou milheto contendo diferentes níveis de óleo vegetal. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 27, n. 1, p 43-48, jan/march, 2005.

MURATA, L.S. Efeito de fontes de óleo da ração sobre o desempenho e perfil lipídico dos ovos e sangue de poedeiras comerciais. São Paulo. Tese (doutorado). Faculdade de Ciências Agrarias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista-USP. 1998, 66p.

MUSEU NACIONAL. O Catálogo das Espécies de Peixes de Água Doce do Brasil. Rio de Janeiro: Museu Nacional. 2015.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of poultry. Washington (DC): National Academic Press; 1994.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: National Academy Press, 2011. 376 p.

NEALP. NÚCLEO ESTADUAL DE ARRANJOS E PRODUTIVOS LOCAIS. APL de Produção de Pescado. Manaus: Governo do Estado do Amazonas, 2008. 75p.

NEIJAT, M.; OJEKUDO, O.; HOUSE, J.D. Effect of flaxseed oil and microalgae DHA on the production performance, fatty acids and total lipids of egg yolk and plasma in laying hens. **Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids**, v. 115, p. 77–88, 2016.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger princípios de bioquímica**. 4ª edição. São Paulo. Sarvier, 2006.

NESTEL, P. Fish oil and cardiovascular disease: lipds and arterial function. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 71 (Suppl.), p. 228s-231, 2000.

NOGUEIRA, M.A.; CRUZ, F.G.G.; TANAKA, E.S.; RUFINO, J.P.F.; SANTANA, T.M. Suplementação de óleo de dendê (*Elaeis guineenses jaquim*) na alimentação de poedeiras em clima tropical. **Revista Académica: Ciências Agrarias e Ambientais**, v. 12, n. 2, p. 103-111, 2014.

NUNES, M.L.C. **Farinha de pescado**. In: GONÇALVES, A. A. Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação. São Paulo: Atheneu, 2011. 608 p.

NUNES, R.M.; VIANA, A.M.; SON, C.B.M.W.; BRUM, L.R.; OLIVEIRA, L.P.; COSTA, H.G. Aproveitamento de resíduos de pescados na região dos lagos uma questão ambiental. RESCAC - **Revista Saúde, Corpo, Ambiente e Cuidado**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 58-70, 2013.

OHR, L.M. Functional fatty acids. **Food Technology**, v. 59, n. 4, p. 63-65, 2005.

OLIVEIRA, C.R.C.; LUDKE, M.C.M. M.; LUDKE, J.V.; LOPES, E.C.; PEREIRA, P.S.; CUNHA, G.T.G. Composição físico-química e valores energéticos de farinhas de silagem de peixe para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 3, p. 933-939, 2014.

OLIVEIRA, D.D.; BAIÃO, N.C.; CANÇADO, S.V.; OLIVEIRA, B.L.; LANA, A.M.Q.; FIGUEIREDO, T.C. Effects of the use of soybean oil and animal fat in the diet of laying hens on production performance and egg quality. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 5, p. 995-1001, 2011.

OLIVEIRA, D.D.; BAIÃO, N.C.; CANÇADO, S.V.; FIGUEIREDO, T.C..; LARA, L.J.C.; LANA, A.M.Q. Fontes de lipídeos na dieta de poedeiras: desempenho produtivo e qualidade dos ovos. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia,** v. 62, n. 3, p. 718-724, 2010.

OLIVEIRA, J.F. Diferentes relações ômega-6/ômega-3 na dieta de galinhas poedeiras. 2018. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP/ Dracena, Dracena.

OZAWA, C.C.; GONÇALVES, L.A.G. Oxidación lipídica y nuevos métodos analíticos de PACHECO, S.G.A. Estabilidade oxidativa de óleo de peixe encapsulado e acondicionado em diferentes tipos de embalagem em condição ambiente. Piracicaba. Dissertação (Mestre em Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2005, 63p.

PELIZER, L.H.; PONTIERI, M.H.; MORAES, I.O. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução de impacto ambiental. **Journal of Tecnology Management Innovation**, v. 2, n. 1, p. 118-127, 2007.

PERINI, J.A.L; STEVANATO, F.B; SARGI, S.C.; VISENTAINER, J.E.L.; DALALIO, M.M.O.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. Ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6: metabolismo em mamíferos e resposta imune. **Revista Nutrição**, v.23, n.6, 2010.

PINHEIRO, D.M.; PORTO, K.R.A.; MENEZES, M.E.S. **A química dos alimentos: carboidratos, lipídeos, proteínas e minerais**. Maceió : EDUFAL, 2005. 52p.

PITA, M.C.G. Fontes marinhas e vegetais de PUFAs na dieta de galinhas poedeiras: efeito na composição lipídica da gema do ovo e tempo de incorporação dos ácidos graxos, 2007. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PRENTICE-HERNÁDEZ, C. **Óleo de Pescado**. In: GONÇALVES, A. A. Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação. São Paulo. p. 608. 2011.

RABELLO, C.B.; PINTO, A.L.; SILVA, E.P.; LIMA, S.B.P. Efeito do uso de óleo na ração sobre o desempenho de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Ciências. Agrárias**, v. 2, n. 2, p. 174-182, 2007.

RAJMAN, M.; JURANI, M.; LAMOSOVA, D.; MACAJOVA, M.; SEDLACKOVA, M.; KOSTAL, L.; JESOVA, D.; VYBOH, P. The effects of feed restriction on plasma biochemistry in growing meat type chickens (*Gallus gallus*). **Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology**, n. 145, p. 363-371, 2006.

RAHMI, M.; FAID, M., ELYACHIOUI, M.; BERNY, E.H.; FAKIR, M.; OUHSSINE, M. Protein rich ingredients from fish waste for sheep feeding. **African Journal of Microbiology Research**, v. 2, p. 073-077, 2008.

RAMEL, A.; Martinez J. A, Kiely M. Moderate consumption of fatty fish reduces diastolic blood pressure in overweight and obese European young adults during energy restriction. **Nutrition**, v. 26, n. 2, p. 168-174, 2010.

REDA, S.Y. **Estudo comparativo de óleos vegetais submetidos a estresse térmico** Ponta grossa, 2004. 153P. Dissertação (Avaliação tecnológica de matérias primas) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2004.

REZENDE, M.S. Perfil bioquímico sanguíneo de linhagem pesada de frango de corte. 2017. 63f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.

ROMANOFF, A.L.; ROMANOFF, A.J. **The avian egg**. New York: John Wiley, 1949. 918p.

ROSA, M.S.; SILVA, T.R.; FREITAS, H.B.; PAIVA, L.L.; MACIE, V.A.; SILVA, L.A.R.; NASCIMENTO, K.M.S.; KIEFER, C. Ácidos graxos funcionais em dietas de poedeiras. **Anais** da X mostra científica FAMEZ / UFMS, Campo Grande, 189-194, 2017.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos. 3ªedição, Viçosa, MG: UFV, 252 p., 2011.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, PERAZZO, F.G.; F.G.P.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 4ª edição. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.

RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; MILLER, W.P.M.; MELO, R.D.; FEIJÓ, J.C.; CHAGAS, E.O. Análise econômica da inclusão de farinha do resíduo de tucumã (*Astrocaryum vulgare*, Mart) na alimentação de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2015.

SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.A.; RABELLO, C.B. *et al.* Efeito do nível de energia metabolizável da dieta no desempenho e metabolismo energético de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1758-1767, 2004.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal: Funep, 2016. 283p.

SAKOMURA, N.K.; SILVA, R.; LAURENTZ, A.C.; MALHEIROS, E.B.; NAKATJI, L.S.O. Avaliação da soja integral tostada ou extrusada sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 27, p. 584-594, 1998.

SALDANHA, E.S.P.B; GONZALES, E. Enriquecimento de ácidos graxos n3 na alimentação de poedeiras. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 1, 2012.

SANTANGELO, S.B. Utilização da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*, L.) em panetone. (Dissertação). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica (RJ), 2006.

SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T. Desempenho de aves caipiras de corte alimentadas com mandioca e palma forrageira enriquecidas com levedura. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 6, n. 2, p. 49-54, 2012.

SANTOS, M.S.V.; ESPÍNDOLA, G.B.; LOBO, R.N.B.; FUENTES, M.F.F.; CARVALHO, L.E.; SANTOS, A.B.E. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais submetidas às dietas com diferentes óleos vegetais. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v. 10, n. 3, p. 654-667, 2009.

SARGENT, J.R.; TOCHER, D.R.; BELL, J.G. **The lipids. In: Fish Nutrition**. 3 ed. Maryland Heights/MO: Elsevier Science, 2002. Cap 4, p. 181-257.

SAS. **Statistical Analysis System**. SAS/STAT Software Version 9.2. Cary: SAS Institute Inc., 2008.

SCHMIDT, E.M.S.; PAULILLO, A.C.; SANTIN, E.; DITTRICH R.L.; OLIVEIRA, E.G. Hematological and serum chemistry values for the ring-necked pheasant (*Phasianus colchicus*): variation with sex and age. **International Journal Poultry Science**, v. 6, n. 2, p. 137-139, 2007.

SEGURA, J.G. Extração e caracterização de óleos de resíduos de peixes de água doce. 2012. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

SEIBEL, N.F.; SCHOFFEN, A.B.; QUEIROZ, M.I.; SOUZA-SOARES, L.A. Caracterização sensorial de ovos de codornas alimentadas com dietas modificadas. **Ciência Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v. 30, n. 4, p. 884-889, 2010.

SEIBEL, N.F.; SOUZA-SOARES, L.A. Produção de Silagem Química com Resíduos de Pescado Marinho, **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 333-337, 2003.

SIGUEL, E. A new relationship between total high densidade lipoprotein cholesterol and polyunsaturaded fatty acids. **Lipids**, v. 31, p. 51-56, 1996.

SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, P.K.J.P.D. Phenolic antioxidants. **Critical Reviews Food Science Nutrition**, Lauderdale, v.32, n.1, p.67-103, 1998.

SIKORSKI, Z.E.; KOLAKOWSKA, A. **Chemical and functional properties of food lipids**. Boca Raton: CRC Press, 2003. 388 p.

SILVA, A.F.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; MILLER, W.M.P.; FLOR, N.S.; ASSANTE, R.T. Farinha de resíduo de pescado em rações de poedeiras comerciais leves. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 3, p. 273-279, 2017.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ª edição, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017. 235p.

SILVA, E.P.; RABELLO, C.B.V.; DUTRA JÚNIOR, W.M.; LOUREIRO, R.R.S.; GUIMARÃES, A.A.S.; LIMA, M.B.; ARRUDA, E.M.F.; BARBOSA-LIMA, R. Análise econômica da inclusão dos resíduos de goiaba e tomate na ração de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 4, p. 774-785, 2009.

SILVA, J.E.S.; MOURA, A.M.A; NOGUEIRA, R.A. Efeito dos ácidos graxos essenciais sobre lipidemia e vascularização da membrana vitelina de codornas japonesas. **Arquivos Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 6, p. 1603-1612, 2012.

SIMOPOULOS, A.P. Human requirement for N-3 polyunsaturated fatty acids. **Poultry Science**, v. 79, p. 961-970, 2000.

SMITH, R.L., PINCKNEY, E.R. **The cholesterol conspiracy**, Missouri, Wanen H. Green, Inc., 1991, 388p.

SOUZA, A.F.L.; INHAMUNS, A.J. Analise de rendimento cárneo das principais espécies de peixes comercializadas no Estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 41, n. 2, p. 289-296, 2011.

SPOSITO, A.C.; CARAMELLI, B.; FONSECA, F.A.H.. IV diretriz brasileira sobre dislipidemias e prevenção da aterosclerose departamento de aterosclerose da sociedade brasileira de cardiologia. Sociedade Brasileira de Cardiologia. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 88, Suplemento I, 2007.

STADELMAN, W.J.; COTTERILL, O.J. **Egg science and technology**. Food products press, New York/London. 1994. 323p.

SUFRAMA - Superintendência da zona franca de Manaus. Potencialidades – piscicultura. 2017. Disponível em: http://site.suframa.gov.br/assuntos/potencialidades-piscicultura. Acesso em: 10 de agosto 2018.

SUPERCRAC. Ração de custo mínimo. Versão 1.02 p/ Windows. [S.I]: TD Software, 2008.

SUTTON, C.D.; MUIR, W.M.; MITCHELL, G.E. Cholesterol metabolism in the laying hen as influencied by dietary cholesterol, caloric intake and genotype. **Poultry Science**, v. 63, n. 5, p. 972-980, 1984.

SWENSON, M.; O'REECE, W. Dukes. Fisiologia dos animais domésticos. Cornell: Cornell University Press.,1996.

THRALL, M.A.; BAKER, D. C.; CAMPBELL, T.W.; NICOLA, D.; FETTMAN, M.J.; LASSEN, E.D.; REBAR, A.; WEISER, G. **Veterinary Hematology and Clinical Chemistry**. Lippincott: Williams e Wilkins, 2004. 618p.

TURATTI, J.M. A importância dos ovos numa dieta saudável. **Óleos e grãos**, São Caetano do Sul, n.59, p.22-24, 2001.

VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, G.S.; MARTINS, M.I.E. G. **Farinha e óleo de resíduos de Tilápia: informações técnica e econômica**. Jaboticabal: Funep, 2011. 24p.

WEAVER, B.J.; HOLOB, B.J. Health effects and metabolism of dietary eicosapentaenoic acid. **Progress in Food and Nutrion Science**, v.12, p. 111-150, 1998.

WHITEHEAD, C.C.; BOWMAN, A.S.; GRIFFIN, H.D. Regulation of plsma oestrogen by dietary fats in the laying hen: relationships with egg weight. British. **Poultry Science**, v. 34, n. 5, p. 999-1010, 1993.

ZENEBON, O.; PASCUET, N.S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4. ed. 1. ed. digit. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p.1020.

8 ANEXOS

Anexo 1. Artigo aceito: Fish waste oil in diets for commercial laying hens
Revista Brasileira de Ciência Avícola - RBCA

REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIA AVÍCOLA
BRAZILIAN JOURNAL OF POULTRY SCIENCE

Campinas, October 13, 2019

I declare for all due intents and purposes that the article " Fish waste oil in diets to laying hens", whose authors are: Cruz, Frank George Guimarães; brelaz, kely cristina; Mendonça Brasil, Ronner; Silva, André; Rufino, João Paulo; Costa, Valcely; Viana Filho, Gilberto, will be published in Brazilian Journal of Poultry Science volume 21, number 4, 2019.

Sincerely,

Irenilza de Alencar Nääs
Editora
Brazilian Journal of Poultry Science

Brazilian Journal of Poultry Science
Av. Andrade Neves, 2501 – Castelo – Campinas, SP – 13070-001
Fone: 19 3243-6555 – Fax: 19 3243-8542
revista@facta.org.br www.facta.org.br

Anexo 2. Artigo submetido: Digestibility of fish waste oil in diets to laying hens
Revista Brasileira de Ciência Avícola - RBCA

Revista Brasileira de Ciência Avícola

REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIA AVÍCOLA
BRAZILIAN JOURNAL OF POULTRY SCIENCE

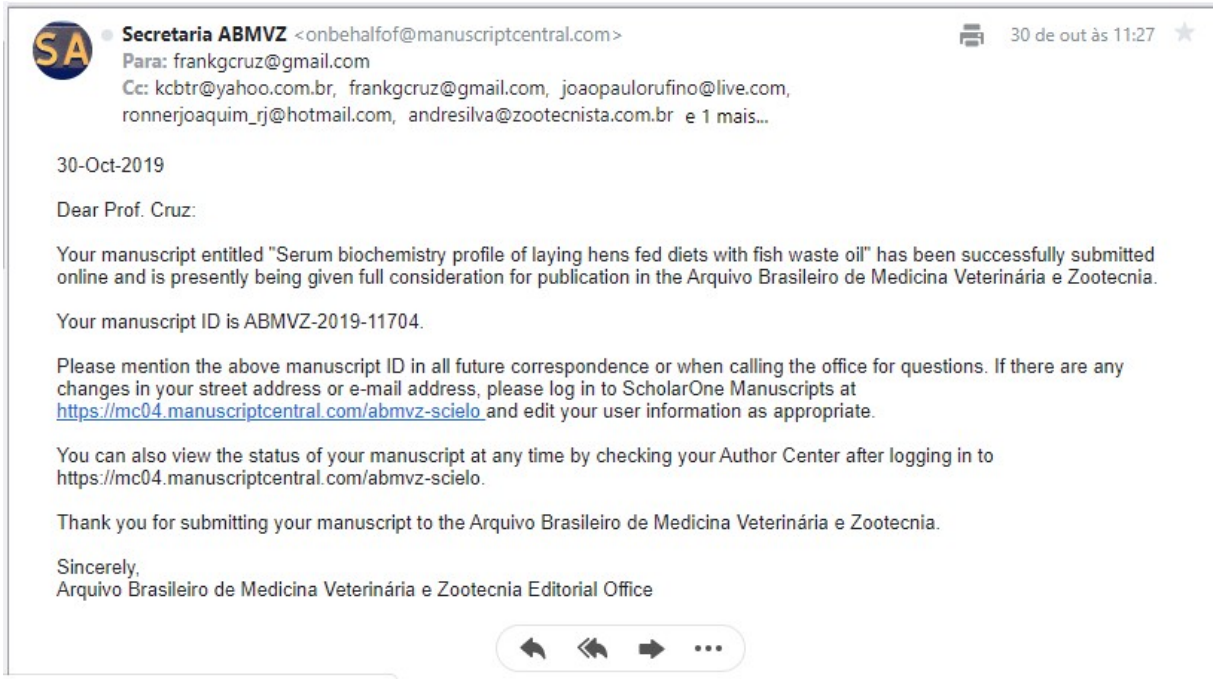
Digestibility of fish waste oil in diets to laying hens

Journal:	*Revista Brasileira de Ciência Avícola*
Manuscript ID	RBCA-2019-1085.R1
Manuscript Type:	Original Article
Keyword:	alternative food, fish by-product, metabolizable energy, nutrients use

SCHOLARONE™
Manuscripts

Anexo 3. Artigo submetido: Serum biochemistry profile of laying hens fed diets with fish waste oil

Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia - ABMVZ



Secretaria ABMVZ <onbehalfof@manuscriptcentral.com> 30 de out às 11:27

Para: frankgcruz@gmail.com

Cc: kcbtr@yahoo.com.br, frankgcruz@gmail.com, joaopaulorufino@live.com, ronnerjoaquim_rj@hotmail.com, andresilva@zootecnista.com.br e 1 mais...

30-Oct-2019

Dear Prof. Cruz:

Your manuscript entitled "Serum biochemistry profile of laying hens fed diets with fish waste oil" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.

Your manuscript ID is ABMVZ-2019-11704.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at https://mc04.manuscriptcentral.com/abmvz-scielo and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to https://mc04.manuscriptcentral.com/abmvz-scielo.

Thank you for submitting your manuscript to the Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.

Sincerely,
Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia Editorial Office

Anexo 4. Artigo submetido: Análise de viabilidade econômica do óleo do resíduo de pescado na alimentação poedeiras comerciais leves.
Revista em Agronegócio e Meio Ambiente - RAMA

De: **RAMA** <naep@unicesumar.edu.br>
Date: seg, 17 de jun de 2019 às 16:33
Subject: [RAMA] Agradecimento pela Submissão
To: Prof. Dr. Frank George Guimarães Cruz <frankgcruz@gmail.com>

Prof. Dr. Frank George Guimarães Cruz,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "Análise de viabilidade econômica do óleo do resíduo de pescado na alimentação poedeiras comerciais leves" para Revista em Agronegócio e Meio Ambiente. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastanto logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:
http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/author/submission/7426
Login: frankgcruz

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

RAMA
Revista em Agronegócio e Meio Ambiente
Profa. Dra. Máriam Trierveiler Pereira
Editora-Chefe
Revista em Agronegócio e Meio Ambiente
http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/index

Anexo 5. Certificado do Comitê de Ética em Experimentação Animal (CEEA – UFAM)

Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Comissão de Ética no Uso de Animais

UFAM

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto de Protocolo n° **012/2017– CEUA / UFAM**, intitulado como "Bioeficácia da inclusão do óleo de resíduo de pescado em rações de poedeiras comerciais", sob a orientação de Dr. Frank George Guimarães Cruz e na responsabilidade de Kely Cristina Bastos Teixeira Ramos doutoranda do Programa de Pós Graduação em Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal - BIONORTE, está de acordo com a Legislação Federal pertinente ao uso científico de animais e foi **APROVADO** pelo COMITÊ DE ÉTICA EM EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL (CEEA-UFAM).

Manaus, 20 de outubro de 2017.

Profa. Dra. Cinthya Iamile Frithz Brandão de Oliveira
Presidente do CEUA-UFAM

Portaria 1595/2014 - GR