

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

VANEILA DANIELE LENHARDT SAVARIS

FONTES LIPIDICAS E NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA A EM
RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

VANEILA DANIELE LENHARDT SAVARIS

FONTES LIPÍDICAS E NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA A EM
RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção Animal, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

Co-Orientadora: Cinthia Eyng

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2019

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Savaris, Vaneila Daniele Lenhardt

Fontes lipídicas e níveis de suplementação de vitamina A em rações para frangos de corte / Vaneila Daniele Lenhardt Savaris; orientador(a), Ricardo Vianna Nunes; coorientador(a), Cinthia Eyng, 2019.
139 f.

Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2019.

1. Zootecnia. 2. Frangos de corte. 3. Vitamina A. 4. Lipídeos . I. Nunes, Ricardo Vianna . II. Eyng, Cinthia. III. Título.

VANEILA DANIELE LENHARDT SAVARIS

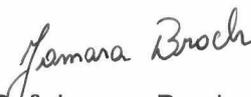
Fontes lipídicas e níveis de suplementação de vitamina A em rações para frangos de corte

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de “Doutora em Zootecnia”, Área de Concentração em “Produção e Nutrição Animal”, Linha de Pesquisa “Produção e Nutrição de Não-Ruminantes”, APROVADA pela seguinte Banca Examinadora:



Orientador / Presidente – Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon



Membro – Dr.^a Jomara Broch

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon (PNPD/PPZ)



Membro – Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon



Membro – Prof.^a Dr.^a Alice Eiko Murakami
Universidade Estadual de Maringá (UEM)



Membro – Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Marechal Cândido Rondon, 13 de dezembro de 2019.

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, João e Dulce,
ao meu esposo, Gustavo,
e às minhas amadas filhas Laura e Mariana,
dedico este trabalho e tudo que ainda virá...*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo Dom da vida, pela saúde, pelas oportunidades e por sempre me indicar o caminho a seguir.

Ao meu marido Gustavo e às minhas filhas Laura e Mariana, por estarem ao meu lado em todos os momentos, e mesmo nas ausências não desistirem de mim.

Aos meus pais, João e Dulce, e aos meus irmãos Camila e João Paulo, por sempre apoiarem as minhas decisões, estando ao meu lado e me ajudando em todas as oportunidades da minha vida... Obrigada por tudo!

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em especial ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, pela oportunidade.

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Ricardo Vianna Nunes, pela orientação, oportunidade, ensinamentos e amizade, e principalmente por ter confiado e acreditado em mim.

À professora Cinthia Eyng pelo apoio, ensinamentos e amizade durante este período.

Ao secretário do Programa de Pós Graduação, Paulo Henrique Morsh, pela dedicação, profissionalismo e interminável paciência.

Ao grupo de pesquisa GEMADA, pela incrível estrutura de pesquisa. E aos meus colegas de trabalho, em especial aqueles que sempre estiveram comigo durante esta caminhada, muito obrigada!

A todos aqueles que de alguma maneira, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta conquista.

FONTES LIPÍDICAS E NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA A EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE

RESUMO

Neste trabalho, foram realizados dois experimentos. No primeiro, avaliou-se a influência da vitamina A no desempenho, rendimento de carcaça e órgãos, parâmetros sanguíneos, deposição de proteína e gordura, qualidade de carne e parâmetros ósseos de frangos de corte. Foram distribuídos 2.300 pintainhos em esquema fatorial 2x2x5, com duas fontes lipídicas (soja e palma), dois tempos de suplementação, cinco níveis de vitamina A (0; 3.000; 6.000; 12.000; 24.000 UI kg⁻¹) e 10 repetições com 23 aves. Aos 22 dias de idade, os tratamentos foram redistribuídos, das 10 repetições, cinco repetições continuaram a receber a dieta inicial e as cinco repetições restantes receberam dieta suplementada com 6.700 UI kg⁻¹. Aos 21 dias de idade, a fonte lipídica influenciou o consumo de ração, conversão alimentar e gordura abdominal. A vitamina influenciou o consumo de ração e ganho de peso (resposta quadrática). A vitamina A influenciou o peso do fígado, proventrículo e gordura abdominal aos 21 dias de idade. Aos 42 dias de idade, a fonte lipídica e o nível de vitamina A influenciaram o consumo de ração. O ganho de peso e a conversão alimentar foram influenciados pelo tempo e nível de vitamina A. O rendimento de carcaça e o pH da carne foram influenciados pela suplementação de vitamina A. De 1 a 21 dias de idade, estimou-se uma suplementação de vitamina A de 15.585 UI kg⁻¹ e aos 42 dias foram estimados 15.527 UI kg⁻¹ e 15.148 UI kg⁻¹ para o períodos 1 a 21 e 1 a 42 dias, respectivamente. O segundo estudo avaliou a influência da vitamina A no desempenho, rendimento de carcaça e órgãos, características ósseas e de pele, qualidade da carne e miopatias em frangos de corte. Foram distribuídas 1.920 aves em delineamento casualizado, com 6 suplementações de vitamina A (0; 6.000; 16.000; 26.000; 36.000 e 46.000 UI kg⁻¹), 16 repetições com 20 aves. No período de 22 a 42 dias, os tratamentos foram divididos, 8 repetições continuaram no tratamento inicial e 8 repetições com dietas sem vitamina A (0 UI kg⁻¹). O nível de vitamina A influenciou o consumo de ração, o ganho de peso e peso do proventrículo aos 21 dias de idade (resposta quadrática). Aos 42 dias, a vitamina A influenciou o ganho de peso e o consumo de ração das aves não suplementadas a partir dos 21 dias. Nas aves suplementadas até 42 dias, o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar obtiveram respostas quadráticas. Houve influência da vitamina A no peso das asas, peito, pernas, intestino delgado, pâncreas, moela, gordura abdominal, índice de Seedor, força de ruptura óssea e intensidade de amarelo (b*). A

incidência de WB com maiores escores foi encontrada nas aves suplementadas de 5 a 42 dias. O WS apresentou resposta quadrática à suplementação vitamínica. Foram estimadas as suplementações de 28.209 UI kg⁻¹ aos 21 dias de idade, enquanto aos 42 dias de idade nas aves suplementadas até os 42 dias para ganho de peso a suplementação de 29.375 UI kg⁻¹, e conversão alimentar com 27.775 UI kg⁻¹ de vitamina A apresentam melhores resultados.

Palavras-chave: energia, palma, retinoides, soja, miopatias.

LIPID SOURCES AND LEVELS OF VITAMIN A IN BROILER FEED

ABSTRACT

In this work, two experiments have been carried out. In the first one, the influence of vitamin A on performance, carcass and organ yields, blood parameters, protein and fat deposition, meat quality and bone parameters of broilers were evaluated. 2,300 chicks were distributed in a 2x2x5 factorial scheme, with two lipid sources (soy and palm), two supplementation periods, five levels of vitamin A (0; 3,000; 6,000; 12,000; 24,000 IU kg⁻¹) and 10 repetitions with 23 birds each one. At 22 days old, treatments were redistributed; five repetitions continued to receive the initial diet and five repetitions received a diet supplemented with 6,700 IU kg⁻¹. At 21 days old, the lipid source influenced the feed consumption, feed conversion and abdominal fat. The vitamin A influenced feed intake and weight gain (quadratic response). Vitamin A also influenced the weight of the liver, proventricle and abdominal fat at 21 days old. At 42 days old, the lipid source and vitamin A level influenced feed intake. Weight gain and feed conversion were influenced by period of supplementation and vitamin A level. Carcass yield and meat pH were influenced by vitamin A supplementation. From 1 to 21 days old, vitamin A supplementation was estimated at 15,585 IU kg⁻¹ and at 42 days, 15,527 IU kg⁻¹ and 15,148 IU kg⁻¹ were estimated for periods 1 to 21 and 1 to 42 days, respectively. The second experiment evaluated the influence of vitamin A on performance, carcass and organ yields, bone and skin characteristics, meat quality and myopathies in broilers. 1,920 birds were distributed in a randomized design, with 6 vitamin A supplementations (0; 6,000; 16,000; 26,000; 36,000 and 46,000 IU kg⁻¹), into 16 repetitions with 20 birds. In the period from 22 to 42 days old, treatments were divided, 8 repetitions continued in the initial treatment and 8 repetitions with diets without vitamin A (0 IU kg⁻¹). The level of vitamin A influenced feed intake, weight gain and weight of the proventricle at 21 days old (quadratic response). At 42 days, vitamin A influenced the weight gain and feed intake of birds not supplemented after 21 days. In birds supplemented up to 42 days, weight gain, feed intake and feed conversion obtained quadratic responses. There was an influence of vitamin A on the weight of the wings, chest, legs, small intestine, pancreas, gizzard, abdominal fat, Seedor index, bone rupture strength and yellow intensity (b *). The incidence of WB with higher scores was found in birds supplemented from 5 to 42 days. WS showed a quadratic response to vitamin A supplementation. At 21 days old, supplementation of 28,209 IU kg⁻¹ was estimated, while birds supplemented up to 42 days supplementation of 29,375 IU

kg⁻¹ and 27,775 IU kg⁻¹ of vitamin A showed better results for weight gain and feed conversion, respectively.

Keywords: energy, palm, retinoids, soy, myopathies.

LISTA DE TABELAS

Capítulo III.....	36
Tabela 1 - Composição centesimal e composição nutricional das rações experimentais com óleo de soja (OS) e gordura de palma (GP).....	56
Tabela 2 – Composição esperada de ácidos graxos para a gordura de palma e óleo de soja.....	57
Tabela 3 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte aos 21 dias de idade alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos com diferentes suplementações de vitamina A.....	58
Tabela 4 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), de frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos com diferentes suplementações de vitamina A no período de 1 a 42 dias de idade.....	59
Tabela 5 – Desdobramento da interação entre o tempo que as aves foram suplementadas com vitamina A e o nível de suplementação de vitamina A para ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) aos 42 dias de idade.....	60
Tabela 6 - Desdobramento da interação entre o tempo de suplementação de vitamina A, com a fonte de lipídeo e nível suplementado de vitamina A nas variáveis sanguíneas das aves aos 42 dias de idade.....	61
Tabela 7 - Taxa de deposição de gordura (TDG) e de proteína (TDP) em frangos de corte aos 21 dias de idade alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos e diferentes suplementações de vitamina A.....	62
Tabela 8 - Taxa de deposição de proteína (TDP) em g dia^{-1} em dietas contendo duas fontes de lipídeos e diferentes suplementações de vitamina A para frangos de corte aos 21 dias de idade.....	62
Tabela 9 - Taxa de deposição de gordura (TDG) e de proteína (TDP) em frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos, tempo de suplementação e diferentes níveis de suplementação de vitamina A.....	63
Tabela 10 - Placa de crescimento (PC) e cartilagem hipertrófica (CH) de frangos de corte de 42 dias de idade, alimentados com dietas contendo duas fontes lipídicas, com tempos de suplementação e diferentes níveis de vitamina A.....	64
Tabela 11 - Desdobramento da interação entre o tempo de suplementação de vitamina A, com a fonte de lipídeo e nível suplementado de vitamina A nas variáveis sanguíneas das aves aos 42 dias de idade.....	64

Capítulo IV.....	65
Tabela 1 - Composição centesimal e composição nutricional das rações experimentais com óleo de soja (OS) e gordura de palma (GP).....	83
Tabela 2 – Composição esperada de ácidos graxos para a gordura de palma e óleo de soja.....	84
Tabela 3 – Peso relativo (%) dos órgãos do trato gastrointestinal de frangos de corte aos 21 dias de idade alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos com diferentes níveis de vitamina A.....	85
Tabela 4 – Rendimento de carcaça e cortes e peso relativo dos órgãos (%) de frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos, com diferentes níveis de vitamina A e dois tempos de suplementação de vitamina A.....	86
Tabela 5 – Desdobramento da interação entre o tempo de suplementação de vitamina A e a fonte de lipídeo utilizada na ração no rendimento (%) de Asas (Asa) nas aves aos 42 dias de idade.....	87
Tabela 6 - Desdobramento da interação entre o tempo de suplementação de vitamina A e nível de vitamina A nas variáveis de rendimento de carcaça, e rendimento de peito nas aves aos 42 dias de idade.....	88
Tabela 7 - Desdobramento da interação entre tempo de suplementação de vitamina A e nível de vitamina A nas variáveis de peso relativo do pâncreas (% pâncreas) e percentagem de gordura abdominal (% GA) nas aves aos 42 dias de idade.....	89
Tabela 8 - Desdobramento da interação entre fonte de lipídeo e nível de vitamina A para o rendimento de carcaça nas aves aos 42 dias de idade.....	90
Tabela 9 – Coloração e pH da carne do peito e coxa, mensurados 15 min e 24h <i>post mortem</i> em frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos, com diferentes níveis de vitamina A e dois tempos de suplementação de vitamina A.....	91
Tabela 10 - Desdobramento da interação entre tempo de suplementação de vitamina A e nível de vitamina A nas variáveis de pH na carne da coxa às 24h <i>post mortem</i> (pH Coxa 24h), e luminosidade da carne de peito às 24h <i>post mortem</i> (Peito 24h L*) nas aves aos 42 dias de idade.....	92
Tabela 11 - Desdobramento da interação entre tempo de suplementação de vitamina A e nível de vitamina A nas variáveis de coloração da carne da coxa às 24h <i>post mortem</i> para luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) nas aves aos 42 dias de idade.....	93

Tabela 12 - Avaliações qualitativas da carne de peito de frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos, com diferentes níveis de vitamina A e dois tempos de suplementação de vitamina A.....	94
Tabela 13 - Desdobramento da interação entre tempo de suplementação de vitamina A e nível de vitamina A nas variáveis de capacidade de retenção de água (CRA) nas aves aos 42 dias de idade.....	95
Tabela 14 – Valores médios de TBARS (MDA mg kg ⁻¹) em carne de peito após abate (D0), congelada por 7 dias (D7), 30 dias (D30) e 60 dias (D60), e valores médios das placas de crescimento (PC) e cartilagem hipertrófica (CH) obtidos de frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos, com diferentes níveis de vitamina A e dois tempos de suplementação de vitamina A.....	95
Capítulo V.....	96
Tabela 1. Composição centesimal e composição nutricional das rações experimentais	110
Tabela 2 – Desempenho de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes suplementações de vitamina A aos 21 dias de idade.....	111
Tabela 3 – Desempenho de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes suplementações de vitamina A e tempos de suplementação de vitamina A aos 42 dias de idade.....	112
Tabela 4- Pesos relativos médios (%) dos órgãos do trato gastrointestinal de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes suplementações de vitamina A aos 21 dias de idade.....	113
Tabela 5 - Pesos relativos médios (%) dos órgãos do trato gastrointestinal de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes suplementações de vitamina A e tempo de suplementação aos 42 dias de idade.....	114
Tabela 6 – Características ósseas de frangos de corte alimentados com diferentes suplementações de vitamina A aos 21 dias de idade.....	115
Tabela 7 - Características ósseas e de pele de frangos de corte alimentados com diferentes suplementações de vitamina A e tempo de suplementação aos 42 dias de idade.....	116
Capítulo VI.....	117
Tabela 1 - Composição centesimal e composição nutricional das rações experimentais.....	132
Tabela 2 – Rendimento de carcaça e cortes (%) de frangos de corte alimentados com diferentes suplementações de vitamina A aos 42 dias de idade.....	133

Tabela 3 - Avaliações qualitativas da carne de peito de frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações contendo diferentes suplementações de vitamina A.....	134
Tabela 4 – Valores de coloração da carne de peito aos 15 minutos e 24 horas <i>post mortem</i> de frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações contendo diferentes suplementações de vitamina A.....	135
Tabela 5 - Valores médios de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em MDA mg kg ⁻¹ em carne de peito de frangos aos 42 dias, refrigerada por 24 horas, congelada a -20°C por 20 dias e 40 dias, alimentados com rações contendo diferentes suplementações de vitamina A.....	136
Tabela 6 - Média dos escores do <i>Wooden Breast</i> (WB), <i>White Striping</i> (WS) em peitos de frangos de corte aos 42 dias de idade.....	137
Tabela 7 - Ocorrência de <i>White Striping</i> (WS) (%) em peitos de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com diferentes suplementações de vitamina. A.....	138
Tabela 8 - Ocorrência de <i>Wooden Breast</i> (%) em peitos de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com diferentes suplementações de vitamina A.....	139

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	16
2. Revisão Bibliográfica.....	17
2.1 Óleos e Gorduras na Nutrição de Frangos de Corte	17
2.2 Digestão e Absorção de Lipídeos pelas Aves	21
2.3 Vitamina A	23
2.3.1 Metabolismo e Funções da Vitamina A em Frangos de Corte	24
3. FONTES LÍPIDAS E NÍVEIS DE VITAMINA A EM DIETAS	36
3.1 Introdução	38
3.2 Material e Métodos.....	39
3.2.1 Manejo e instalações	39
3.2.2 Dietas Experimentais.....	40
3.2.3 Desempenho zootécnico.....	41
3.2.4 Análises sanguíneas.....	41
3.2.5 Taxa de deposição de gordura e proteína na carcaça	41
3.2.6 Análise óssea	42
3.2.7 Análise estatística.....	42
3.3 Resultados	42
3.3.1 Desempenho Zootécnico	42
3.3.2 Análise de sangue.....	43
3.3.3 Taxa de deposição de gordura e proteína	45
3.3.4 Análise óssea.....	46
3.4 Discussão.....	46
3.5 Conclusões	51
3.6 Referências	52
4. INTERAÇÕES ENTRE TEMPO DE SUPLEMENTAÇÃO, FONTE LÍPIDICA E NÍVEIS DE VITAMINA A NA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO	65
4.1 Introdução	67
4.2 Material e Métodos.....	68
4.2.1 Aves e desenho experimental	68
4.2.2 Dietas Experimentais.....	69
4.2.3 Órgãos e rendimento de carcaça e cortes	69
4.2.4 Avaliações da qualidade da carne	70

4.2.4.1	pH e coloração.....	70
4.2.4.2	Capacidade de retenção de água; perda por cocção e força de cisalhamento.....	70
4.2.4.3	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).....	71
4.3	Análise estatística.....	71
4.4	Resultados.....	72
4.5	Discussão.....	75
4.6	Conclusões.....	79
4.7	Referências.....	80
5.	DESEMPENHO E ALTERAÇÕES ÓSSEAS DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM VITAMINA A.....	96
5.1	Introdução.....	98
5.2	Material e Métodos.....	99
5.2.1	Manejo e instalações.....	99
5.2.2	Dietas Experimentais.....	100
5.2.3	Desempenho zootécnico.....	100
5.2.4	Peso relativo dos órgãos, análise óssea e da pele.....	101
5.2.5	Análise estatística.....	102
5.3	Resultados.....	102
5.3.1	Desempenho zootécnico e peso relativo dos órgãos.....	102
5.3.2	Análise óssea e da pele.....	103
5.4	Discussão.....	104
5.5	Conclusões.....	106
5.6	Referências.....	108
6.	VITAMINA A SOBRE O RENDIMENTO DE CARÇA E QUALIDADE DE CARNE DE FRANGOS DE CORTE.....	117
6.1	Introdução.....	119
6.2	Material e Métodos.....	120
6.2.1	Aves e programa experimental.....	120
6.2.2	Dietas experimentais.....	121
6.2.3	Rendimento de carça e cortes.....	121
6.2.4	Avaliações de Qualidade da Carne.....	122
6.2.4.1	pH e coloração.....	122
6.2.4.2	Capacidade de retenção de água, perda por cocção e força de cisalhamento.....	123
6.2.4.3	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico.....	123
6.2.5	Miopatias.....	124

6.2.6	Análise Estatística	124
6.3	Resultados	125
6.3.1	Rendimento de carcaça e cortes	125
6.3.2	Qualidade de carne	125
6.3.3	Miopatias	126
6.4	Discussão.....	126
6.5	Conclusões	129
6.6	Referências.....	130

1. INTRODUÇÃO GERAL

As pesquisas em nutrição de frangos de corte são constantes e concomitantes ao avanço genético, uma vez que não seria possível obter o máximo desempenho sem um aporte nutricional adequado. Além disso, existe uma maior pressão do mercado consumidor em relação à qualidade e à segurança alimentar do produto final.

Durante a formulação de rações, devem ser consideradas as variações nas composições nutricionais e energéticas dos alimentos, uma vez que estas podem ocorrer devido às diferenças regionais, armazenamento, genética do cultivar, fertilidade do solo, no caso de vegetais, processamento do ingrediente, entre outros (VIEIRA et al., 2014). Conhecer a composição nutricional dos alimentos é extremamente importante para uma melhor adequação e balanceamento das rações.

Como alternativa para redução de custos e aumento da produtividade, a inclusão de ingredientes como óleos e gorduras incrementam a energia metabolizável das rações de frangos de corte. Além de fornecer maior aporte energético, a adição dietética de gorduras traz vantagens, tais como: redução da poeira, menor separação de partículas nas rações, palatabilidade melhorada, fonte de vitaminas lipossolúveis, fornecimento de ácidos graxos e lubrificação de equipamentos de moagem e preparo de ração (RAVINDRAN et al., 2016).

De acordo com Kato (2011), os valores de energia metabolizável de um ingrediente podem ser afetados pelo seu processamento, superfície de exposição deste à ação enzimática e tempo de passagem deste ingrediente no trato digestório da ave. É possível incluir a estes fatores a qualidade do ingrediente, presença de fatores antinutricionais, idade dos animais e sua composição química.

Outro ponto a ser destacado, refere-se à composição das gorduras. Nos resultados observados por Hu et al. (2018), o sebo bovino apresentou menor digestibilidade e menor teor de energia metabolizável quando comparado a óleos vegetais, fato resultante do seu maior conteúdo de ácidos graxos saturados de cadeia longa.

Dentre os óleos vegetais, o mais comumente utilizado no Brasil é o óleo de soja. No entanto, outro lípideo de origem vegetal amplamente produzido no mundo é a gordura de palma. A utilização da gordura de palma em dietas de frangos de corte não tem sido relatada.

Conjuntamente com a importância dos lípideos para os adequados aportes energéticos para aves, este nutriente tem importância para a absorção de outros micronutrientes fundamentais à manutenção da vida, como as vitaminas lipossolúveis.

Maiores níveis de suplementação de vitaminas vêm sendo realizados nas rações de frangos, na tentativa de compensar variações de consumo, biodisponibilidade, fatores antinutricionais dos diferentes alimentos, estresse, entre outros. Existe uma grande dificuldade em estabelecer níveis adequados de suplementação de vitaminas para frangos de corte, uma vez que os resultados são desconhecidos, devido aos desafios do campo que não são totalmente reproduzidos em estações experimentais, o que pode resultar na subestimação das reais necessidades apresentadas pelas aves.

Dentre as vitaminas lipossolúveis, a vitamina A atua na diferenciação celular, possui efeitos na reprodução (crescimento fetal e vitalidade) e participa no processo da visão. No entanto, não existe apenas uma recomendação de suplementação para esta vitamina, bem como são escassos os dados de seus efeitos no desempenho, crescimento e qual a interferência de diferentes fontes de gorduras da dieta em sua absorção e aproveitamento.

Diante disso, a avaliação da suplementação de diferentes níveis de vitamina A, com utilização de diferentes fontes lipídicas, sobre o desempenho, qualidade de carne, parâmetros sanguíneos, crescimento ósseo, características da pele e incidência de miopatias em frangos de corte são importantes para o desenvolvimento da avicultura industrial.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Óleos e Gorduras na Nutrição de Frangos de Corte

As formulações de rações para frangos de corte no Brasil têm como base principal o milho e o farelo de soja. Estes ingredientes não possuem as quantidades adequadas de energia necessárias para que as aves alcancem seu máximo desenvolvimento, sendo necessário incluir a estas rações ingredientes com maior densidade energética, como os óleos e gorduras. A adição de óleos e gordura à dieta, além de fornecer energia, melhora a absorção de vitaminas lipossolúveis, diminui a pulverulência e aumenta a palatabilidade das rações (POORGHASEMI et al., 2013).

Os óleos e gorduras são derivados dos ácidos graxos, sendo estes derivados dos hidrocarbonetos, suas cadeias carbônicas podem variar de quatro a 36 carbonos (C_4 a C_{36}), podendo essa cadeia ser totalmente saturada (sem duplas ligações) e não ramificada, ou conter em sua cadeia uma ou mais duplas ligações (insaturados) (NELSON; COX, 2014). Os óleos e gorduras de animais e vegetais têm a mesma estrutura geral, no entanto, têm diferentes propriedades químicas. Os óleos costumam ter ponto de fusão tal que em temperatura

ambiente estes costumam ser líquidos e tendem a ser mais reativos que as gorduras sólidas à mesma temperatura (McDONALD et al., 2010).

A consistência apresentada pelos ácidos graxos (ponto de fusão) é influenciada pelo comprimento e grau de insaturação da cadeia hidro carbonada, essa diferença no ponto de fusão é devida ao grau de empacotamento das moléculas. No caso dos ácidos graxos saturados, as ligações carbono-carbono permitem uma rotação livre e flexível à cadeia hidro carbonada, que resulta em maior estabilidade. Esses ácidos graxos podem se agrupar em interações com outros átomos por ligações de van der Waals.

Os ácidos graxos insaturados possuem duplas ligações na forma *cis*, que ocasiona uma dobra na cadeia hidro carbonada. Quanto maior o número dessas dobras, menor a estabilidade do AG, visto que sua interação com outras moléculas é mais fraca. Neste caso, como menos energia é necessária para desestruturar estes arranjos, menor é o ponto de fusão dos AG insaturados (NELSON; COX, 2014).

As gorduras saturadas são mais comumente encontradas em produtos de origem animal. No entanto, podem ser encontradas na forma vegetal, como por exemplo, na gordura de coco e derivadas do palmiste.

No caso de óleos e gorduras, a EM é influenciada pela sua digestibilidade e esta pelo perfil de ácidos graxos e número de duplas ligações. Ou seja, o metabolismo lipídico é intimamente ligado à qualidade da fonte de gordura utilizada na ração e influencia o desenvolvimento corporal dos frangos de corte (POLYCARPO et al., 2014). Avaliando metabolicamente, a utilização de lipídios vegetais parece ser mais adequada para aves, uma vez que contém maior concentração de ácidos graxos insaturados, como oleico, linoleico e linolênico, que podem ser facilmente digeridos pelas aves em diferentes fases de criação (DUARTE, 2007).

De acordo com REECE (2006), as aves jovens possuem uma tendência a aproveitar melhor as gorduras insaturadas quando comparadas às gorduras saturadas, devendo este ser um fator avaliado durante a formulação das dietas.

Conhecer a composição de ácidos graxos essenciais de cada fonte de gordura utilizada nas dietas é tão importante quanto o seu comprimento de cadeia carbônica, número e posições das duplas ligações, sendo que o grau de saturação de um lipídeo pode interferir no valor final da energia liberada (RAVINDRAN et al., 2016).

Além da composição do ácido graxo estar intimamente relacionada aos conteúdos de energia do ingrediente, essa pode afetar os teores de gordura de carcaça das aves, maiores níveis de gordura abdominal e gordura intramuscular são relacionadas a um maior teor de

gordura saturada na dieta. Sanz et al. (1999), observaram esse resultado quando compararam diferentes tipos de gorduras em dietas de aves. De acordo com os autores, essa variação na deposição de gordura na carcaça, ocasionada por diferentes graus de saturação dos AG, podem ocorrer devido a diferentes sinais de regulação de síntese endógena ou da absorção tecidual destes AG. Além disso, a fonte de lipídio da dieta pode não causar efeito nos níveis produtivos quando uma adequada relação entre energia e proteína, ou adequada suplementação de todos os nutrientes seja mantida.

De acordo com Kerr et al. (2015), a produção de óleos vegetais vem aumentando nos últimos 20 anos, sendo que em 2014 a produção mundial alcançou os 168 milhões de toneladas. Dentre estes, o óleo de palma ocupa o primeiro lugar, sendo que sua produção equivale a 35% da produção total, seguido pelo óleo de soja, responsável por 26% do total produzido mundialmente.

No Brasil, o principal óleo vegetal utilizado nas formulações de frangos de corte é o óleo de soja degomado. A soja (*Glycine max*) é uma semente rica em proteína (40%) e óleo (20%), sendo estes os produtos oriundos da soja mais consumidos mundialmente, seja por animais (farelo de soja), ou por humanos (óleo de soja refinado) (PHANSAK et al., 2016). O óleo de soja possivelmente é um dos produtos lipídicos mais importantes economicamente no Brasil, pois além de fazer parte da alimentação (humana e animal), também é muito utilizado na produção de biocombustíveis.

O óleo de soja é composto por aproximadamente 15% de ácidos graxos saturados, 24% de ácido graxo monoinsaturado, e 61% de ácido graxo poli-insaturado, (RAVINDRAN et al., 2016). Na composição dos AG insaturados do óleo de soja, são encontrados aproximadamente 7% de ácido linolênico (C18:3), 51% de ácido linoleico (C18:3) e 23% de ácido oleico. Dos AG saturados presentes, destacam-se o ácido esteárico (4%) e ácido palmítico (10%), além de conter quantidades de vitamina E que agem como antioxidantes naturais, que contribuem para prevenir a rancidez oxidativa (SINGH, 2010).

A utilização de óleo na dieta de aves pode melhorar o aproveitamento de nutrientes pela redução da taxa de passagem, aumentando a absorção de vitaminas lipossolúveis e fornecendo ácidos graxos (BAVARESCO et al., 2018). A utilização de óleo de soja tem muitas vantagens, visto que este possui alto conteúdo de ácidos graxos essenciais, sua composição possibilita sua hidrogenação e fracionamento, características muito importantes para a indústria alimentícia (SILVA; GIOIELLI, 2006).

Por estes motivos, a indústria de rações animais acaba sofrendo grande concorrência com a indústria alimentar humana e com a indústria de produção de biocombustível. O óleo

de soja acaba atingindo preços elevados, tornando em alguns casos, sua utilização nas rações inviável economicamente (MARTINS et al., 2017). Este fator aumenta a necessidade de avaliação de alternativas para a substituição do óleo de soja nas rações animais, como os lipídeos extraídos da palma.

A gordura extraída da palma (*Elaeis guineensis*) tem sido o óleo de origem vegetal mais consumido no mundo, sendo parte da composição de margarinas, chocolates, biscoitos e também de cremes e produtos de higiene. Esse óleo é refinado via branqueamento. De acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Óleo de Palma (ABRAPALMA, 2018), mais de 85% da produção brasileira está concentrada no Pará, onde existem 207 mil hectares de palma.

A palma ou palma de óleo (*Elaeis guineenses*) tem como principal produto o óleo extraído da polpa e da amêndoa do seu fruto, o óleo de palma e óleo de palmiste, respectivamente. Sua produção de óleo por hectare é muito superior a das demais oleaginosas, pois há maior eficiência de transformação de energia solar em óleo vegetal, em média produz de 4 a 6 ton. ha⁻¹ ano⁻¹ de óleo de palma e de 0,3 a 0,5 ton. ha⁻¹ ano⁻¹ de óleo de palmiste (ANTONINI; VELOSO; MALAQUIAS, 2015).

A extração do óleo se dá utilizando a prensagem dos frutos da palmeira, sendo uma gordura de textura macia e sem odores, o que aumenta sua possibilidade de utilização, é uma gordura que apresenta conservantes naturais, além de apresentar maior rendimento comparado aos demais óleos e gorduras, e o mais importante é o fato de que este não contém gorduras *trans* ou organismos geneticamente modificados (OGM) (ABRAPALMA, 2018). O óleo de palma é formado por aproximadamente 50% de gorduras saturadas. Dentro destas, o principal é o ácido palmítico (90%) e o ácido esteárico (10%), dentre os ácidos insaturados o principal é o ácido oleico.

Definem-se como gordura *trans*, os ácidos graxos insaturados que apresentam pelo menos uma dupla ligação na posição *trans*. No entanto, ácidos graxos naturais têm configurações *cis*, que é a forma química utilizada pelo organismo animal (ARENHART et al., 2009).

Em estudo sobre a desnutrição infantil na Índia, Solomon (1998), observou que deficiências de vitamina A foram reduzidas com a administração de gordura de palma bruta para crianças. No entanto, o mesmo autor descreve que não se sabe se o processo de clareamento desta gordura interfere nos conteúdos vitamínicos e de melhoria da absorção das vitaminas lipossolúveis.

Apesar da gordura de palma ser a mais produzida no mundo, não há muitos estudos sobre a utilização deste lipídeo nas rações de animais monogástricos, sua utilização se restringe às rações de animais ruminantes na forma das chamadas “gorduras protegidas”.

Além disso, no caso dos óleos e gorduras, deve ser considerado o fato de estes serem suscetíveis a processos de deterioração, variada concentração de ácidos graxos livres, bem como outras substâncias que podem reduzir a digestibilidade, tais como matéria insaponificável (incluindo esteróis, álcoois graxos, hidrocarbonetos e pigmentos), fosfolipídios e impurezas oriundas do material do qual o óleo é extraído (DUARTE, 2007), uma vez que estes fatores podem ter interferência nos processos metabólicos de digestão, absorção e aproveitamento dos lipídeos da dieta.

2.2 Digestão e Absorção de Lipídeos pelas Aves

O processo de digestão nas aves ocorre no intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo), através da ação das enzimas digestivas secretadas pelo pâncreas no lúmen intestinal, sendo que para a digestão dos lipídios e ação da lipase é necessário o auxílio dos sais biliares (emulsificantes) produzidos pelo fígado e liberados no duodeno (REECE, 2006).

Durante a hidrólise do triglicerídeo, ocorre a liberação de duas das moléculas de ácidos graxos do triglicerídeo, resultando na produção de um monoglicerídeo e dois AG, que são a forma absorvível dos lipídeos (RAVINDRAN et al., 2016). Para que a lipase tenha atividade, esta necessita da ação conjunta da colipase (fator polipeptídico), secretada com a lipase no suco pancreático. Os sais biliares se ligam aos lipídeos (camada ao redor), no entanto, estes não solubilizam estes triglicerídeos, limitando a ação da lipase pancreática nestas gorduras, sendo necessária a colipase, para aderir a lipase à molécula de gordura, permitindo assim a quebra desta molécula. Os produtos resultantes da hidrólise, 2-acilglicerol e ácidos graxos, são mantidos em solução aquosa pelos sais biliares, garantindo assim que estes possam migrar ou se difundir pela superfície absorptiva da mucosa intestinal (BRODY, 1998).

Além da lipase pancreática (responsável pela hidrólise de gorduras em ácidos graxos e monoglicerídeos), tem ação intestinal na quebra de gorduras o colesterol esterase, que hidrolisa ésteres de colesterol, e a fosfolipase, que quebra os ácidos graxos de fosfolipídios (HALL; GUYTON; 2006).

A absorção dos lipídeos só ocorre com a formação de micelas, na presença dos sais biliares, os AG e monoacilgliceróis produzidos pela hidrólise ocasionada pela lipase

pancreática, agregam-se em micelas (D'MELLO, 2000). As micelas são estruturas com alta concentração de lipídeos dissolvidas na camada aquosa do intestino delgado. Quando estas entram em contato com os microvilos, elas se rompem e monoglicérides, que podem ser passivamente absorvidos pelas células, da mesma forma que as enzimas envolvidas na digestão de triglicérides podem agir e liberar os AG e glicerol (RAVINDRAN et al., 2016). Assim que os lipídeos alcançam a borda em escova do enterócito, os ácidos graxos atravessam a membrana por diferentes mecanismos possíveis: difusão ou proteínas de transporte. Após a absorção no enterócito, cerca de 70% dos ácidos graxos são reesterificados e exportados para a circulação sanguínea na forma de triglicérides (SKLAN et al., 1974), sendo que nas aves a absorção se faz pelo mesentério (BERTECHINI, 2006). A absorção dos sais biliares só ocorre no íleo terminal por transporte ativo e são devolvidos ao fígado e reincorporados a bile (D'MELLO, 2000).

No interior das células intestinais, ocorre uma nova síntese de triacilgliceróis, os quais são transportados pela linfa em partículas denominadas quilomicrons (SAKOMURA et al., 2014). Como o sistema linfático das aves é pouco desenvolvido, os quilomicrons são secretados na circulação porta e chamados de portomicrons, e esses portomicrons são direcionados via circulação para o fígado, o qual irá fazer a distribuição dos lipídeos para as células (oxidação), síntese de gorduras e formação de lipídios de reserva (BERTECHINI, 2006; RAVINDRAN, 2013).

No entanto, deve-se levar em consideração que os frangos jovens apresentam dificuldade na absorção e utilização de gorduras, principalmente quando estas são oriundas de fontes animais (MARZOOQI; LEESON, 2000). Esta dificuldade ocorre, pois nestes animais as funções fisiológicas necessárias à digestão de lipídeos são imaturas e irão se desenvolver no decorrer das semanas pós-eclosão, com o aumento da síntese de ácidos biliares, lipase e colipase (MENG et al., 2004). As baixas concentrações de lipase, em frangos jovens, e o fato de que sua atividade aumenta lentamente em relação às demais enzimas digestivas é amplamente conhecido, da mesma forma a secreção biliar é reduzida no início da vida das aves e aumenta com a idade (RAVINDRAN et al., 2016).

Portanto, a baixa produção natural de lipase em aves jovens provavelmente limite a digestão de gorduras nas primeiras semanas de vida, fato que remete à necessidade de avaliação do tipo de gordura utilizada nas rações destes animais. A avaliação da possibilidade de inclusão adicional desta enzima em dietas para frangos de corte poderia ser uma alternativa para não reduzir a inclusão de gorduras nas rações e ocasionar uma consequente melhora da digestibilidade dos diferentes lipídeos da dieta.

2.3 Vitamina A

A vitamina A é um nutriente essencial a todas as espécies animais, influenciando a reprodução, o sistema imune, a visão, a manutenção e diferenciação celular, sendo desta forma imprescindível sua correta suplementação durante os períodos de crescimento e desenvolvimento de tecidos (UNDERWOOD, 1994).

São descritos como vitamina A, todos os compostos com atividade biológica semelhante ao retinol (álcool mono-hídrico insaturado cíclico), podendo ser encontrados na natureza, como:

- Retinol: Álcool contendo anel P-ionona com cadeia lateral insaturada, muito comum em tecidos animais na forma de éster de retinil (COMBS, 2008; CHAMPE et al., 2005);
- Retinal: Forma aldeído derivada do processo de oxidação do retinol, sendo que retinal e retinol podem ser interconvertidos (COMBS, 2008; CHAMPE et al., 2005);
- Ácido Retinóico: Forma ácida derivada da oxidação de retinal. Esta forma não pode ser reduzida no organismo, ou seja, não pode formar retinal ou retinol (COMBS, 2008; CHAMPE et al., 2005);

Além dessas três formas de vitamina A, alguns pigmentos vegetais da classe dos poliioprenóides, conhecidos como carotenóides possuem atividade de vitamina A sendo o β -caroteno um destes compostos (COMBS, 2008). O β -caroteno pode ser clivado em nível de intestino delgado em duas moléculas de retinal (CHAMPE et al., 2005). A vitamina A é um cristal sólido de cor amarela clara, insolúvel em água, mas solúvel em gordura e seus solventes, os quais sofrem oxidação quando expostos ao ar ou luz (McDONALD et al., 2010).

A vitamina A é normalmente encontrada em alimentos de origem animal na forma de retinol esterificado com uma molécula de AG (Ácido Palmítico), sendo muito comum em ovos, manteiga, leite e fígado. Apesar das plantas não conterem vitamina A, é possível encontrar a provitamina A em algumas plantas, que são os chamados carotenoides. Existem mais de 500 carotenóides distribuídos na natureza, destes, apenas 50 tem ação de provitamina A (BRODY, 1998).

Em aves, apenas três carotenóides podem contribuir na formação de vitamina A pelo metabolismo, como o α -caroteno, β -caroteno e criptoxantina (SURAI et al., 2003). As provitaminas (carotenóides) adquirem atividade biológica de vitamina A após sua conversão para retinol no lúmen intestinal (GERSTER, 1996).

Das moléculas de vitamina A, a mais ativa metabolicamente é o ácido retinóico derivado da oxidação do retinol da dieta, sendo este o mediador da maioria das funções dos retinóides, com exceção do processo da visão, que é dependente do retinal (aldeído do retinol) (CHAMPE et al., 2005).

De acordo com Surai et al. (2003), devido à suplementação das rações atuais de aves com vitamina A na sua forma ativa, os carotenóides apresentam uma contribuição insignificante nos requerimentos desta vitamina.

No Brasil, de acordo com a indicação do Ministério da Agricultura, a suplementação de vitamina A em suplementos vitamínicos para animais deve ser indicada por unidade internacional (UI) por quilograma de produto, conforme descrito na Instrução Normativa nº 30 de Agosto de 2009 (MAPA, 2009). Uma UI de atividade de vitamina A pode ser fornecida por 0,3µg trans-retinol, 0,344 µg de acetato de trans-retinol, 0,60 µg de trans-β-caroteno (BRODY, 1998) e 0,55 µg de palmitato de trans-retinol (COMBS, 2008).

2.3.1 Metabolismo e Funções da Vitamina A em Frangos de Corte

A absorção de vitamina A ocorre no intestino delgado, conjuntamente com os lipídeos da dieta, necessitando obrigatoriamente da formação das micelas, tanto que em dietas com reduzidos níveis de lipídeos ocorre baixa eficiência de absorção de vitaminas lipossolúveis (BERTECHINI, 1994).

A absorção da vitamina A, seja na forma de retinol, retinal ou ácido retinóico só é possível na presença de moléculas de lipídeos (BERDANIER, 1998), dependente de sais biliares e colipase, sendo necessária a formação das micelas para sua absorção. Assim, a absorção da vitamina A segue a mesma via dos AG de cadeia longa, após o transporte via quilomicrons, o retinol é removido pelo fígado, onde será hidrolisado e reesterificado para ser armazenado no hepatócito associado a uma molécula de lipídio (BERDANIER, 1998).

A maior parte da vitamina A nas dietas se encontra na forma de ésteres de retinil, que após sua absorção pelo epitélio intestinal, são hidrolisados a retinol no lumén intestinal (COMBS, 2008). Após serem absorvidas, tanto as moléculas de vitamina A quanto os carotenóides (provitamina) são hidrolisados a retinol. Para reesterificação do retinol, são utilizados ácido palmítico, esteárico ou qualquer outro presente no retículo endoplasmático liso (SAKOMURA et al., 2014).

Após a reesterificação do retinol na mucosa intestinal, os ésteres de retinil constituem parte dos quilomicrons, ou no caso das aves em portomicra, visto que estas não possuem sistema linfático. Os ésteres de retinol, ao alcançarem o fígado, serão armazenados neste local (CHAMPE et al., 2005). Os ésteres de retinil então são liberados e novamente hidrolisados em retinol, o qual se liga à proteína de ligação ao retinol (PLR), sendo transportado para as células de Ito no fígado (células estreladas). Assim que chega às células de Ito, o retinol mais uma vez é convertido em ésteres de retinil, que é a sua forma de armazenamento (BRODY, 1998).

De acordo com Blomhoff et al. (1990), aparentemente duas enzimas são responsáveis pela esterificação intestinal do retinol no intestino, a acil coenzima A-retinol aciltransferase (ARAT) e a lecitina:retinol aciltransferase (LRAT). Ainda de acordo com estes autores, a ARAT é mais ativa que a LRAT, isto porque a LRAT tem maior afinidade com o retinol complexado a proteína intracelular de ligação ao retinol (CRPB), enquanto que o retinol livre possui maior afinidade com a ARAT. Sendo assim, existe a indicação de que a LRAT esterifique o retinol em condições ou consumo normal de retinol e a ARAT esterifique o excesso de retinol absorvido e ou consumido.

Depois de armazenado no fígado, o retinol pode ser liberado deste para outros tecidos, isso ocorre pela ação da PLR. O complexo PLR-retinol se liga a receptores específicos na superfície das células de tecido periféricos permitindo a entrada do retinol (CHAMPE et al., 2005). A ação da vitamina A ocorre pela afinidade do ácido retinóico com as proteínas receptoras das células alvo, sendo que o complexo ativado receptor-ácido retinóico estimula a síntese de RNA retinóide por ação conjunta da cromatina, isso irá desencadear a produção de proteínas específicas que irão mediar às diversas funções fisiológicas dependentes de vitamina A (CHAMPE et al., 2005).

A excreção de vitamina A ocorre via fezes e urina. De acordo com Combs (2008), em condições fisiológicas normais, a absorção entérica de vitamina A é de 80 a 95%, sendo que de 30 a 60% da quantidade absorvida é depositada no fígado, o excedente não armazenado é catabolizado e liberado na bile ou plasma e é filtrado pelo rim e excretado na urina. A parte não reabsorvida dos metabólitos biliares é excretada nas fezes na forma de vitamina A não absorvida da dieta.

A vitamina A possui funções no processo da visão, quanto na reprodução, manutenção de tecidos, formação óssea, síntese de corticosteroides, de DNA e RNA (SAKOMURA et al., 2014; BERTECHINI et al., 2006), antioxidante, diferenciação celular, regulação da proliferação celular e intracelular, atividades desintoxicantes, aumento da

imunidade e corantes naturais (carotenóides) (SURAI et al., 2003). O ácido retinóico é responsável por todas as funções da vitamina A, com exceção da visão e reprodução, sendo que a ação é desempenhada pelo retinol e retinal (SAKOMURA et al., 2014).

O retinal (11-cis-retinal) faz parte dos cones e bastonetes da retina, sendo o pigmento destes, iniciando a resposta à luz, por um sinal neural ao cérebro (NELSON; COX, 2014). O 11-cis-retinol, forma oxidada da vitamina A, o retinal, unido à opsina, forma a rodopsina. Sobre ação da luz visível, a rodopsina é convertida a metarrodopsina II, que ativa a molécula de transducina; esta última, então ativa várias moléculas de fosfodiesterase. A fosfodiesterase catalisa a hidrólise de monofosfato cíclico de guanosina (GMP_c), formando 5'-GMP. O GMP_c , antes de ser hidrolisado, fica ligado aos canais de Na^+ e Ca^{2+} , o que deixa os canais abertos, e permite o influxo de Ca^{2+} e Na^+ , em condições de baixa luminosidade. A quebra de GMP_c fecha os canais de Na^+ e Ca^{2+} , dessa forma a membrana hiperpolariza, e no escuro o isômero é reconvertido para 11-cis-retinal (EDEM, 2009).

De acordo com Abd El-Hack et al. (2017) a vitamina A, quando adequadamente suplementada, pode agir como um antioxidante, reduzindo a peroxidação dos lipídios de membrana, reduzindo assim sua deterioração, principalmente em situações de estresse térmico. Os mesmos autores, em sua pesquisa de avaliação de diferentes suplementações de vitamina A, e esta combinada com selênio, concluíram que tanto juntos ou isoladamente, estes foram capazes de aliviar os efeitos causados pelo estresse térmico na produção e saúde dos animais, e que a suplementação de 16.000 UI kg^{-1} melhorou a produtividade de poedeiras comerciais.

Ramalho (2010) cita que a vitamina A é intimamente ligada ao sistema imunológico, sendo considerada como o micronutriente mais associado às doenças infecciosas. Visto que possui papel fundamental na manutenção da integridade das mucosas, diferenciação, crescimento e função de neutrófilos, células Natural Killer (NK), monócitos, células de Langerhans e linfócitos T e B, modulação da resposta de células fagocitárias, estímulo à fagocitose, expressão de mucina, queratina e citocinas, produção de imunoglobulinas, participação na hematopoese e no processo de apoptose.

Os efeitos do ácido retinóico sobre monócitos e macrófagos, são sobre a ativação dos macrófagos na resposta imune, através da inibição da produção de citocinas, que consequentemente favorecem a geração de células Th1 e potencializam a produção de citocinas que favorecem as células do tipo Th2 (PINO-LAGOS et al., 2008).

A vitamina A tem função na manutenção da integridade intestinal, uma vez que em aves o intestino é associado ao tecido linfóide, este quando mantido íntegro irá contribuir na imunidade e controle de patógenos pelas aves (GUERRA, 2016).

Outra importante função da vitamina A, em relação ao seu papel na diferenciação celular, é que em casos de deficiência desta vitamina pode ocorrer a queratinização das células ciliadas, além de alterações epiteliais. As falhas na diferenciação e divisão celular podem ser causadas por afetarem as células-tronco, prejudicando a hematopoese (GERSTER, 1996).

Surgimento de malformações congênitas, devido ao desenvolvimento anormal dos tecidos embrionários, pode estar ligado à ação da vitamina A, uma vez que esta se liga às regiões dos genes responsáveis pela regulação do crescimento e diferenciação dos neurônios (RAMALHO, 2010).

Como a vitamina A controla a formação de tecido esquelético durante seu desenvolvimento, aparentemente sua deficiência ou suprimento inadequado resulta em crescimento ósseo anormal. Da mesma forma, seu excesso tem sido relacionado a problemas esqueléticos em animais e humanos. Conforme descrito por Wang et al. (2002), níveis acentuados de vitamina A estão relacionados a uma maior incidência de claudicação e redução da densidade óssea, o que em humanos tem causando maior número de fraturas de quadril. De acordo com os autores, isso seria resultado da maior estimulação da reabsorção óssea pela ativação dos osteoclastos, causada pelos retinóides.

Essa maior reabsorção é resultado de uma modulação da expressão de endopeptidases, como a colagenase-3 durante o processo de formação óssea (RAMALHO, 2010). Aparentemente, o *trans* ácido retinóico regula a expressão de proteínas nos osteoblastos e osteoclastos, incluindo proteínas matrizes e enzimas lisossomais, sendo estas as responsáveis pela reabsorção óssea (SOUZA et al., 2011). No entanto, existem relatos de que o uso de ácido retinóico induziu a expressão de genes fosfatase alcalina, osteonectina e osteopontina, resultando em aumento da atividade APase e causando mineralização óssea (PINTO et al., 2015).

Um estudo realizado por Dingle et al. (1972), indicou que o complexo retinol-PBR é muito estável e capaz de impedir que o plasma ou membranas lisossomais captem quantidades de retinol que causem deformações nos tecidos, visto que essa proteína de ligação serve para transporte a locais específicos, protegendo desta forma as membranas biológicas contra um efeito não específico da atividade da vitamina A.

Altas doses de vitamina A causam alterações no disco epifisário, pois esse excesso ocasiona uma maturação óssea mais acelerada, que resulta na redução da espessura do disco, afetando o crescimento dos ossos longos (PINTO et al., 2015).

Os efeitos da vitamina A sobre o crescimento e desenvolvimento animal também podem estar relacionados ao papel desta vitamina na regulação da enzima hepática sobre os hormônios da tireóide (ABD El-HACK et al., 2017).

Wilcke (1940) relatou que em casos de deficiência severa em frangos de corte pode ser observada perda de peso, marcha irregular e incerta com tendência a se sentar, podendo ser observada morte em alguns casos. Ainda sendo possível de ser encontrados depósitos de uratos nos rins e ureteres.

Apesar de serem extremamente importantes no organismo das aves, as indicações nutricionais para a vitamina A são muito variadas, não tendo um padrão fixo ou próximo de indicação de suplementação. Além disso, não há estudos que avaliem se o tipo de gordura utilizado pode interferir na sua utilização, e conseqüentemente, no desempenho das aves.

O NRC (1994) sugere como suplementação para frangos de corte o nível de 1.500 UI kg⁻¹ de vitamina em todas as fases de criação, valores inferiores aos apresentados por INRA (1999), que indica a suplementação de 10.000 UI kg⁻¹, e Rostagno et al. (2005), de 10.000; 8.000 e 4.000 UI kg⁻¹, para as fases inicial, crescimento e retirada, respectivamente. Os níveis são bem distintos entre si e abaixo dos atualmente indicados por Rostagno et al. (2017), que são de 13.538; 12.216; 9.637 e 7.873 UI kg⁻¹ para as fases pré - inicial, inicial, crescimento I e crescimento II, respectivamente.

Poucos trabalhos têm sido realizados nos últimos 40 anos sobre os requerimentos de vitaminas para aves de corte, sendo que muitos dos valores ainda utilizados são muitas vezes estimativas baseadas em outras espécies, o que traz preocupação quando se pensa em formulações vitamínicas baseadas em potencial genético de produção de carne, mostrando a necessidade de reavaliação dos valores indicados (LEESON, 2007).

Conjuntamente às informações desconhecidas das necessidades nutricionais de vitaminas, existem rumores de que a retirada de suplementação vitamínica mineral para frangos de corte no período final de criação não afeta o desempenho e sanidade das aves. Moreira et al. (1998) avaliaram o efeito da suplementação vitamínica mineral de frangos de corte a partir de 21 dias de idade sobre o rendimento de carcaça, gordura abdominal e composição da carne. Para isso, utilizaram quatro dietas: uma suplementada de 21 a 42 dias de idade; a segunda sem suplementação; a terceira com suplementação de 21 a 27 dias de idade e a quarta com suplementação de 21 a 34 dias de idade. Os pesquisadores não

observaram interferência da suplementação no rendimento de carcaça, no entanto, as aves que não foram suplementadas com vitaminas e minerais apresentaram maior deposição de gordura abdominal em relação aos outros tratamentos, e na composição da carne somente o tratamento com suplementação de 21 a 34 dias de idade apresentou maior nível lipídico em relação aos demais.

Em outro estudo realizado por Abawi et al. (1985), foi avaliada a influência do nível de gordura da dieta sobre a absorção de vitamina A em frangos de corte até seis semanas de idade, para tal, dois experimentos foram realizados. No primeiro, utilizaram três níveis de suplementação de vitamina A (2.000; 10.000 e 18.000 UI kg⁻¹ de ração) e três níveis de inclusão de sebo bovino (0; 3 e 6%). A escolha pelo sebo bovino foi em função de relatos de uma possível interferência das gorduras insaturadas na absorção de vitaminas lipossolúveis. Para a realização do estudo, as aves receberam dietas sem suplementação de vitamina A do 1° ao 14° dia de idade. Os autores encontraram um aumento linear na concentração de vitamina A no fígado, conforme a suplementação desta aumentava na dieta, mas não foi observado efeito do nível de gordura da dieta. O segundo estudo consistiu em sete inclusões de sebo bovino às rações (0; 1; 2; 3;4;5 e 10%) e um nível fixo de vitamina A (14.500 UI kg⁻¹ de ração). Neste ensaio, o aumento da gordura resultou em maior concentração de vitamina A no fígado, sendo que a maior concentração de vitamina A foi observada na inclusão de 5% de sebo bovino. Os autores relataram que a adição de gordura nas rações melhorou a absorção, transporte e retenção de vitamina A pelas aves.

Devido à vasta gama de funções às quais a vitamina A está ligada, é possível inferir que seus requerimentos possam ser afetados por fatores ambientais além dos que se referem à manutenção. Lessard et al. (1997) avaliaram a influência da suplementação dietética de três níveis de vitamina A. Na resposta imunitária pós-vacinal à Newcastle, os pesquisadores utilizaram três níveis de suplementação de vitamina A por kg de ração; baixo (400 UI kg⁻¹); padrão NRC (1.500 UI kg⁻¹) e alto (15.000 UI kg⁻¹). As aves que receberam rações com 400 e 1.500 UI kg⁻¹ apresentaram menor ganho de peso do que as alimentadas com rações contendo 15.000 UI kg⁻¹, além de maior concentração de vitamina A no fígado e maior tamanho de baço comparado aos demais tratamentos. Os pesquisadores concluíram que respostas imunes e humorais foram moduladas pelo nível de vitamina A na dieta, e sugeriram que aves deficientes desenvolvem uma resposta Th2, enquanto as aves que receberam dietas enriquecidas apresentam uma resposta Th1. De acordo com os autores, maiores estudos para avaliar a interferência da vitamina A na diferenciação de células do sistema imune são necessários, para assim estabelecer um nível seguro de suplementação.

Avaliações atualizadas para determinar os requerimentos de vitamina A para frangos de corte são necessárias, uma vez que tanto os animais quanto os ingredientes vêm sofrendo modificações genéticas ano a ano, e suplementar na proporção correta pode resultar não somente em melhor eficiência produtiva, como também em menor dano metabólico à ave.

2.4 Referências

- ABAWI, F. G.; SULLIVAN, T. W.; SCHEIDELER, S. E. Interaction of Dietary Fat with Levels of Vitamins A and E in Broiler Chicks. **Poultry Science**, v. 64, p. 1192–1198, 1985.
- ABD EL-HACK, M. E.; MAHROSE, K.; ASKAR, A. A.; ALAGAWANY, M.A.; SAEED, M.; ABBASI, F.; SOOMRO, R. N.; SIYAL, F. A.; CHAUDHRY, M. T. Single and combined impacts of vitamin A and Selenium in diet on productive performance, egg quality, and some blood parameters of laying hens during hot season. **Biological Trace Element Research**, v. 177, n. 1, p. 169-179, 2017.
- AL MARZOOQI, W.; LEESON, S. Effect of dietary lipase enzyme on gut morphology, gastric motility and long-term performance of broiler chicks. **Poultry Science**, v. 79, n.7, p. 956-960, 2000.
- A palma no Brasil e no mundo. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE ÓLEOS DE PALMA (ABRAPALMA). Disponível em: < <http://www.abrapalma.org>>. Acesso em: 13 /12/2018.
- ANTONINI, J. C. A.; VELOSO, R. F.; MALAQUIAS, J. V. Produtividade de óleo da palma de óleo cultivada com irrigação suplementar nas condições de clima tropical de savana. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 23., 2015, São Cristovão/SE. **Anais...** São Cristovão: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, [2015]. Disponível em: < <http://www.abid.org.br/cd-xxv-conird/PDF/189.pdf>> . Acesso em: 19/11/2018.
- ARENHART, M.; BALBINOT, E. L.; BATISTA, C. P.; PROCHNOW, L. R.; MARQUES, E. B.; PORTELLA, E. A.; BLASI, T. C. A Realidade das Gorduras Trans: Conhecimento ou Desconhecimento. **Disciplinarum Scientia**, v. 10, n. 1, p. 59-68, 2009.
- BAVARESCO, C.; ZIEGLER, V.; LOPES, D. C. N.; ELIAS, M. C.; XAVIER, E. G.; ROLL, V. F. B. Coprodutos do óleo de soja na dieta de codornas: impactos sobre a qualidade durante o armazenamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, e2016168, 2018.
- BERDANIER, C. D. **Advanced nutrition: micronutrients**. Boca Raton: CRC Press, 1998.
- BERTECHINI, A. C. **Fisiologia da digestão de suínos e aves**. ESAL- Lavras, MG, p.141, 1994.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006. p.301.
- BLOMHOFF, R.; GREEN, M. H.; BERG, T.; NORUM, K. R. Transport and Storage of Vitamin A. **Science**, v. 250, p. 399 – 404, 1990.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 30, de 05 de Agosto de 2009. Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Disponível em: <

<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1312271284> . Acesso em: 19/11/2018.

- BRODY, T. **Nutritional Biochemistry**. 1998. San Diego: Academic Press, 1998. p. 1012.
- CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. *Bioquímica Ilustrada*. 3.ed. – Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 545.
- COMBS, G. F. **The Vitamins Fundamental Aspects in Nutrition and Health**, San Diego: Academic Press Inc., 2008. p. 603.
- D’MELLO, J.P.F. **Farm Animal Metabolism and Nutrition**. London: CAB International., 2000. p. 433.
- DINGLE, J. T.; FELL, H. B.; GOODMAN, D. S. The Effect of Retinol and of Retinolbinding Protein on Embryonic Skeletal Tissue in Organ Culture. **Journal of Cell Science**, v. II, p. 393-402,1972.
- DUARTE, F. D. **Efeitos de fontes lipídicas em dietas para frangos de corte sobre o desempenho, rendimento e composição da carcaça**. 2007. 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- EDEM, D. O. Vitamin A: A Review. **Asian Journal of Clinical Nutrition**, v.1, p. 65-82, 2009.
- GERSTER, H. Vitamin A – Functions, Dietary Requirements and Safety in Humans. **International Journal Vit. Nutr. Research**. v. 67, p. 71-90, 1996.
- GUERRA, A. F. Q. **Vitamina A e vitamina D₃ na alimentação de Frangos de corte**. 2016. 102f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- HALL, J. E.; GUYTON, A. C. **Guyton & Hall tratado de fisiologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- HU, Y. D., LAN, D., ZHU, Y., PANGL, H. Z., MU, X. P., and HU, X. F. Effect of diets with different energy and lipase levels on performance, digestibility and carcass trait in broilers. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**. v. 31, p. 1275-1284, 2018.
- INRA. **Alimentação dos Animais Monogástricos: Suínos, Coelhos e Aves**. 2° ed. São Paulo: Roca, 1999.
- KATO, R. K.; BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J.; BRITO, J. A. G.; CASTRO, S. F. Metabolizable Energy of Corn Hybrids for Broiler Chickens at Different Ages. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1218-1226, 2011.
- KERR, B. J.; KELLNER, T. A.; SHURSON, G. C. Characteristics of lipids and their feeding value in swine diets. **Journal of animal science and biotechnology**. v. 6, n.30, 2015.
- LEESON, S. Vitamin requirements: is there basis for re-evaluating dietary specifications? **World’s Poultry Science Journal**, v. 63, p. 255-266, 2007.

- LESSARD, M.; HUTCHINGS, D.; CAVE, N. A. Cell-Mediated and Humoral Immune Responses in Broiler Chickens Maintained on Diets Containing Different Levels of Vitamin. **Poultry Science**, v. 76, p. 1368–1378, 1997.
- MARTINS, R. A.; ASSUNÇÃO, A. S. A.; LIMA, H. J. D.; MARTINS, A. C. S.; SOUZA, L. A. Z. Óleo de Soja e Sebo Bovino na Ração de Poedeiras Semipesadas Criadas em Regiões de Clima Quente. **Boletim de Indústria Animal**, v.74, n.1, p.51-57, 2017.
- McDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALALGH, J. F. D.; MORGAN, C. A.; SINCLAIR, L. A.; WILKINSON, R. G. **Animal Nutrition**. 7° ed. London:Pearson, 2010.
- MENG, X.; SLOMINSKI, B. A.; GUENTER, W. The Effect of Fat Type, Carbohydrase, and Lipase Addition on Growth Performance and Nutrient Utilization of Young Broilers Fed Wheat-Based Diets. **Poultry Science**, v. 83, p. 1718–1727, 2004.
- MOREIRA, R. S. R.; ZAPATA, J. F. F.; FUENTES, M. F. F.; SAMPAIO, E. M.; MAIA, G. A. **Efeito da Restrição de Vitaminas e Minerais na Alimentação de Frangos de Corte sobre o Rendimento e a Composição da Carne**. Ciênc. Tecnol. Alimen. [online]. 1998, v. 18, n.1, p. 77-81.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.p.1328.
- NRC – **National Research Council, Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington, 1994. 155p.
- PHANSAK, P.; SOONSUWON, W.; HYTEN, D. L.; SONG, Q.; CREGAN, P. B.; GRAEF, G. L.; SPECHT, J. E. Multi-Population Selective Genotyping to Identify Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Seed Protein and Oil QTLs. **G3: Genes|Genomes|Genetics Early Online**, April, 2016.
- PINO-LAGOS, K.; BENSON, M. J.; NOELLE, R. J. Retinoic Acid in the Immune System. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1143, p. 170–187, 2008.
- PINTO, M. T.; CRISCI, A. R.; JORGE, M. H. S.; FERREIRA, A. L. Efeitos da Hipervitaminose A Sobre o Disco Epifisário de Fêmures de Ratos. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 8, n. 2, p. 225-232, 2015.
- POLYCARPO, G.V.; CRUZ, V.C.; ALEXANDRE, N.C.; et al. Effect of lipid sources and inclusion levels in diets for broiler chickens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 66, n.2, p. 519-528, 2014.
- POORGHASEMI, M.; SEIDAVI, A.; QOTBI, A. A. A.; LAUDADIO, V.; TUFARELLI, V. Influence of Dietary Fat Source on Growth Performance Responses and Carcass Traits of Broiler Chicks. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 26, n. 5, p. 705-710, 2013.

- RAMALHO, A. **Vitamina A**. In: Série de publicações ILSI Brasil: funções plenamente reconhecidas de nutrientes, v. 4, ILSI Brasil, São Paulo, 2010.
- RAVINDRAN, V. Feed enzymes: The Science, practice, and metabolic realities. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, p. 628-636, 2013.
- RAVINDRAN, V.; TANCHAROENRAT, P.; ZAEFARIAN, F.; RAVINDRAN G. Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilization. **Animal Feed Science and Technology**, v. 213, p. 1–21, 2016.
- REECE, W.O. In: **Dukes: Fisiologia dos animais domésticos**. 12° ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p.926.
- ROSTAGNO, S. H.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D.C. ; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2005, 186p.
- ROSTAGNO, S. H.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; ABREU, M. L. T.; 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**. 4.ed. Viçosa: UFV, 2017, p. 488.
- SAKOMURA, N. K.; SILVA, H. V. ; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. 1 ed. Jaboticabal: Funep, 2014, p. 678.
- SANZ, M.; FLORES, A.; AYALA, P. P.; LOPEZ-BOTES, C. J. Higher lipid accumulation in broilers fed on saturated fats than in those fed on unsaturated fats. **British Poultry Science**, v. 40, p. 95–101, 1999.
- SILVA, R. C.; GIOIELLI, L. A. Propriedades físicas de lipídios estruturados obtidos a partir de banha e óleo de soja. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 2, abr./jun., p.223-235, 2006.
- SINGH, G. **The Soybean: Botany, Production and Uses**. 1 ed. Cambridge: CAB International, 2010, p. 507.
- SKLAN, D.; BUDOWSKI, P.; HURWITZ, S. Effect of soy sterols on intestinal absorption and secretion of cholesterol and bile acids in the chick. **The Journal of Nutrition**, v.104, n. 8, p. 1086 – 1090, 1974.
- SOUZA, L. B.; FREIRE, C. M. M.; ALMEIDA, R. N. A.; MÜLLER, S. S.; PAIVA, S. A. R.; MAZETO, G. M. F. S. Efeito de diferentes doses de ácido retinoico sobre a resistência óssea de ratos jovens. **Revista de Nutrição**, v. 24, n.3, p. 375-381, 2011.
- SURAI, A.P.; SURAI, P.F.; STEINBERG, W.; WAKEMAN, W.G.; SPEAKE, B.K.; SPARKS N.H.C. Effect of canthaxanthin content of the maternal diet on the antioxidant system of the developing chick. **British Poultry Science**, v. 44, n. 4, p. 612–619, 2003.

- UNDERWOOD, B. A. Maternal vitamin A status and its importance in infancy and early childhood. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 59 (suppl),p. 517S -524S, 1994.
- VIEIRA, R. A.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; VIANA, G. S.; MUNIZ, J. C. L.; SILVA, D. L.; RIBEIRO JUNIOR, V.; REIS, J. V. C. Composição química e valores de energia metabolizável aparente corrigida de alguns alimentos energéticos determinado com frango de corte. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 4, n. 2, p. 75-83, 2014.
- WANG, X.; WU, J.; SHIDOJI, Y.; MUTO, Y.; OHISHI, N.; YAGI, K.; IKEGAMI, S.; SHINKI, T.; UDAGAWA, N.; SUDA, T.; ISHIMI, Y. Effects of geranylgeranoic acid in bone: Induction of osteoblast differentiation and inhibition of osteoclast formation. **Journal of bone and mineral research**, v. 17, n. 1, p.91-101, 2002.
- WILCKE, H.L. Vitamins In Poultry Nutrition. **Iowa State University: Digital Repository**, v.2, n.3, p. 122-128, 1940. Disponível em: <https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1072&context=iowastate_veterinarian> . Acesso em: 29/12/2018.

3. FONTES LÍPIDAS E NÍVEIS DE VITAMINA A EM DIETAS

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de duas fontes lipídicas, diferentes níveis de suplementação de vitamina A e do tempo que as aves receberam a suplementação no desempenho, parâmetros sanguíneos, taxa de deposição de gordura e proteína e crescimento ósseo de frangos aos 21 e 42 dias de idade. Um total de 2.300 frangos machos foi distribuído em esquema fatorial 2x2x5, utilizando duas fontes lipídicas (óleo de soja e gordura de palma), dois tempos de suplementação, e cinco níveis de vitamina A (0; 3.000; 6.000; 12.000; 24.000 UI kg⁻¹), com 10 repetições, sendo cada unidade experimental composta por 23 aves. No período de 22 a 42 dias de idade, os tratamentos foram redistribuídos, das 10 repetições do tratamento, cinco repetições continuaram a receber a dieta do tratamento e as cinco repetições restantes receberam a dieta suplementada com 6.700 UI kg⁻¹ (uma por tipo de lipídeo). Na fase de 1 a 21 dias de idade, observou-se o efeito da fonte lipídica no consumo de ração e na conversão alimentar, e o efeito da vitamina no consumo de ração e ganho de peso com resposta quadrática para ambas as variáveis. Aos 42 dias de idade, a fonte lipídica e o nível de vitamina A influenciaram o consumo de ração, enquanto o ganho de peso e a conversão alimentar tiveram interação entre tempo de suplementação e nível de vitamina A. Nenhuma das fontes lipídicas resultou em parâmetros sanguíneos fora do padrão típico para as aves, e o mesmo foi observado em relação à suplementação dietética de vitamina A. De 1 a 21 dias de idade, estimou-se uma suplementação de vitamina A de 15.585 UI kg⁻¹ e aos 42 dias foram estimados 15.527 UI kg⁻¹ e 15.148 UI kg⁻¹ para os períodos 1 a 21 e 1 a 42 dias, respectivamente.

Palavras-chave: lipídios, palma, retinóides, soja, suplementação vitamínica.

LIPID SOURCES AND VITAMIN A LEVELS ON BROILER DIETS

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the influence of two lipid sources, different levels and duration of vitamin A supplementation on performance, blood parameters, fat and protein deposition rate and bone growth in broilers at 21 and 42 days old. A total of 2,300 male broilers were distributed in a 2x2x5 factorial scheme, using two lipid sources (soy oil and palm fat), two supplementation periods, and five levels of vitamin A (0; 3,000; 6,000; 12,000; 24,000 UI kg⁻¹), with 10 repetitions and 23 birds per experimental unit. From 22 to 42 days old, the treatments were redistributed; five repetitions continued to receive the treatment diet and the remaining five repetitions received the diet supplemented with 6,700 IU kg⁻¹ (one per type of lipid). From 1 to 21 days old, it was detected the effect of the lipid source on feed intake and feed conversion and the effect of the vitamin on feed intake and weight gain with quadratic response for both variables. At 42 days old, the lipid source and vitamin A level influenced feed intake, while weight gain and feed conversion had an interaction between supplementation period and vitamin A level. None of the lipid sources resulted in different blood parameters from typical pattern for birds and the same was observed in relation to vitamin A dietary supplementation. From 1 to 21 days old, vitamin A supplementation was estimated as 15,585 IU kg⁻¹ and at 42 days were estimated 15,527 IU kg⁻¹ and 15,148 IU kg⁻¹ for periods 1 to 21 and 1 to 42 days, respectively.

Keywords: lipid, palm, retinoids, soy, vitamin supplementation.

3.1 Introdução

A utilização de óleos e gorduras nas formulações para frangos de corte é muito vantajosa, principalmente em dietas com necessidade de alta energia. No entanto, é importante entender e estudar quais as possíveis interações dessas com outros nutrientes das rações (ABAWI et al., 1985). Quando se compara a digestão de gorduras com a de carboidratos e proteína, tem-se um campo complexo, visto que as gorduras necessitam de passos diferentes, como a emulsificação e formação de micelas, além das diferentes variações e interações envolvidas (RAVINDRAN et al., 2016).

O óleo de soja é um óleo vegetal amplamente utilizado na formulação de dietas para animais. No entanto, quando nos referimos à indústria de alimentos, o óleo de soja e a gordura de palma são os principais lipídios vegetais utilizados (ABDULLA et al., 2016). Independentemente da fonte, os óleos e as gorduras são importantes fontes de energia, ambos possuem a mesma estrutura geral, mas com propriedades químicas diferentes (McDONALD et al., 2010). Os lipídios podem ser saturados, quando possuem apenas ligações simples entre seus carbonos (fraca reatividade química), ou insaturados, quando possuem uma ou mais ligações duplas em sua estrutura carbônica (mais reativas e suscetíveis à oxidação) (RAVINDRAN et al., 2016).

As características químicas de um lipídeo interferem em diversos fatores, como na quantidade de energia metabolizável disponível, e na sua absorção e utilização pelo organismo animal. De acordo com Sanz et al. (1999), diversos estudos têm demonstrado que rações contendo dietas saturadas são menos utilizadas metabolicamente quando comparadas às rações contendo gorduras insaturadas. No entanto, Tancharoenrat et al. (2013) avaliando a digestibilidade de cinco diferentes fontes de lipídeos em frangos de corte, não observaram diferenças ($P < 0,05$) para a digestibilidade do óleo de soja, gordura de palma, gordura de aves e mistura de sebo bovino e óleo de soja (50:50).

As gorduras podem influenciar a absorção de outros nutrientes, por exemplo, as vitaminas lipossolúveis. A vitamina A da dieta está principalmente na forma de ésteres de retinil, os quais serão hidrolisados no lúmen intestinal. No entanto, os ésteres de retinil são hidrofóbicos, dependendo da solubilização micelar para ser absorvidos, motivo pelo qual a vitamina A pode ser mal absorvida em dietas com baixa gordura (COMBS, 2008).

Embora as vitaminas tenham suas funções conhecidas e influenciem o desempenho e o metabolismo, poucos estudos foram realizados para avaliar quais seriam as novas exigências de vitaminas para frangos de corte, bem como o efeito do excesso de dieta no

desenvolvimento de frangos de corte. Ao contrário das vitaminas hidrossolúveis, os excessos alimentares de vitaminas lipossolúveis são armazenados no corpo, tornando-as potencialmente tóxicas, e sua toxicidade pode estar associada a altos níveis de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis (ABAWI; SULLIVAN, 1989).

A vitamina A é mais conhecida por sua influência no processo da visão e modulador do sistema imunológico (RAMALHO, 2010), ação antioxidante (ABD EL-HACK et al., 2017), efeito na integridade intestinal (GUERRA, 2016), função na diferenciação celular (GERSTER, 1996); ação no desenvolvimento do tecido ósseo (WANG et al., 2002; RAMALHO, 2010; SOUZA et al., 2011). Assim, torna-se importante avaliar a suplementação da vitamina A e sua interação com diferentes tipos de lipídeos adicionados à dieta, para determinação dos requerimentos vitamínicos no desenvolvimento de frangos de corte. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência de duas fontes lipídicas, diferentes níveis de vitamina A e do tempo que as aves receberam a suplementação sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos, deposição de gordura e proteína e crescimento ósseo de frangos aos 21 e 42 dias de idade.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Manejo e instalações

O estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade com número 01/19. O abate das aves foi realizado de acordo com as diretrizes descritas pelo CONCEA (Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal) na Resolução Normativa nº 37, de fevereiro de 2018.

Pintos da linhagem Cobb 500, machos com um dia de idade, foram alojados em galpão experimental de alvenaria dividido em baias ($1,96 \text{ m}^2$), com piso de concreto coberto com maravalha de pinus. Cada box foi equipado com comedouros tubulares, bebedouros tipo nipple, resistências elétricas para aquecimento, exaustores e placa evaporativa para resfriamento e trocas de ar.

Um total de 2.300 frangos de corte, com peso médio inicial de $43,35 \pm 0,59\text{g}$, foram distribuídos em um fatorial $2 \times 2 \times 5$: duas fontes de lipídeos (óleo de soja e gordura de palma), dois tempos de fornecimento de vitamina A e cinco níveis de suplementação de vitamina A

(0; 3.000; 6.000; 12.000; 24.000 UI kg⁻¹), com dez repetições e 23 aves por unidade experimental.

Os tempos de suplementação foram definidos como T-21d, quando as aves receberam o tratamento teste (suplementação de vitamina A) até o dia 21 de idade, e receberam uma dieta com a suplementação de 6.700UI kg⁻¹ a partir de 22 dias até 42 dias de idade e como T-42d, quando a dieta das aves foi suplementada com os tratamentos experimentais durante todo o período experimental.

3.2.2 Dietas Experimentais

De um a três dias de idade, todas as aves receberam a mesma ração, sem suplementação de vitamina A. Assim, os animais foram submetidos aos tratamentos de 4 a 21 dias de idade. Dos 22 aos 42 dias de idade, os tratamentos foram redistribuídos, desta forma cada tratamento manteve cinco repetições recebendo a dieta de tratamento inicial, e as outras cinco repetições iniciaram o recebimento da ração contendo 6.700 UI kg⁻¹ de vitamina A. Para a redistribuição dos tratamentos, foram avaliadas as características da unidade experimental para garantir a homogeneidade entre as repetições dos tratamentos.

As dietas experimentais foram fornecidas na forma farelada e formuladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com os requisitos propostos por Rostagno et al. (2011), para cada fase, exceto para as exigências de vitamina A. Para fins de suplementação de vitamina A, foram aceitos apenas os valores derivados do acetato de retinil adicionado às rações, ou seja, considerou-se que os ingredientes constituintes das dietas experimentais não forneciam vitamina A.

Para a confecção das dietas experimentais, foi utilizado premix vitamínico, contendo as vitaminas D, E, K; vitaminas do complexo B e selênio. A suplementação de vitamina A foi realizada com a substituição peso a peso pelo inerte da ração e a fonte de vitamina A (Tabela 1).

Para a formulação das dietas, os valores de EMA_n para óleo de soja e gordura de palma foram 9.315 kcal kg⁻¹ e 7.510 kcal kg⁻¹, respectivamente. A composição de ácidos graxos das gorduras está descrita na Tabela 2. A suplementação de vitamina A foi realizada com a inclusão acetato de retinil (1.000.000 UI g⁻¹ de vitamina A) em substituição ao material inerte, não alterando a composição nutricional das dietas.

3.2.3 Desempenho zootécnico

Para determinar o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar, todas as aves foram pesadas, juntamente com as sobras de ração de cada unidade experimental, aos 21 e aos 42 dias de idade. O consumo de ração e a conversão alimentar foram determinados e corrigidos para a mortalidade, de acordo com metodologia proposta por Sakomura e Rostagno (2016).

3.2.4 Análises sanguíneas

A colheita do sangue foi realizada por punção da veia ulnar aos 41 dias de idade, de três aves por unidade experimental, após 6 horas de jejum. As amostras foram identificadas e centrifugadas (centrífuga Kasvi K14-4000, Kasvi, São Paulo, BR) por dez minutos a 2.500 rotações por minuto (1050g). O soro obtido foi armazenado a -20°C para análises posteriores (Nunes et al., 2018). O soro sanguíneo foi avaliado para colesterol total, triglicerídeos, aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), colesterol (HDL e LDL), com a utilização de kits comerciais (Elitech Clinical Systems, ELITechGroup, Paris, FR) em espectrofotômetro de calibração automática com leitura de alto desempenho (analisador bioquímico Flexor EL200).

3.2.5 Taxa de deposição de gordura e proteína na carcaça

Para avaliação da taxa de deposição de gordura e de proteína na carcaça, aos 21 e aos 42 dias de idade, uma ave por unidade experimental (n = 100) foi selecionada ao acaso, sacrificada, identificada e congelada a -20°C para posteriores análises de matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta, seguindo metodologia descrita pela AOAC (1996). Para determinar a taxa de deposição de gordura e de proteína (g dia⁻¹), foi utilizado o procedimento adaptado de Fraga et al. (2008). As taxas de deposição de gordura e proteína foram mensuradas comparando os animais abatidos ao término do período experimental ao grupo adicional de 20 aves sacrificadas no alojamento.

3.2.6 Análise óssea

Para avaliar a incidência de discondroplasia tibial e a interferência da suplementação de vitamina A no crescimento ósseo, a tibia esquerda foi removida de uma ave por unidade experimental (n = 100) aos 42 dias de idade. A tibia foi descalcificada com 50% de ácido fórmico e 20% de citrato de sódio (FERNANDES et al., 2007). Após a descalcificação, o osso foi incorporado em parafina (BEÇAK; PAULETE, 1976). As seções foram feitas com micrótomos de cinco μm de espessura e coradas com Hematoxilina-Eosina para observar a área do disco epifisário e medir as áreas para caracterizar a incidência de discondroplasia da tibia. Para análise das lâminas da cartilagem epifisária tibial, foram consideradas duas regiões distintas, caracterizadas pelo aspecto morfológico: zona de cartilagem proliferativa (placa de crescimento) e zona de cartilagem hipertrófica. As imagens foram medidas com o auxílio de um analisador de imagens computadorizado PROPLUS IMAGE 4.1.

3.2.7 Análise estatística

Para avaliação estatística, os dados foram submetidos à análise de normalidade através do teste de Shapiro Wilk, posteriormente realizou-se a análise de variância (ANOVA), considerando-se os efeitos isolados e a interação entre os fatores estudados, tempo de fornecimento da suplementação, fonte de gordura e níveis de vitamina A. Para avaliação dos efeitos isolados, utilizou-se o teste F a 5% de probabilidade para comparação entre os períodos de suplementação e os tipos de gordura, e a análise de regressão para comparações entre os níveis de vitamina A, através do procedimento PROC GLM e as equações geradas foram obtidas através de contrastes ortogonais polinomiais, sendo os coeficientes gerados através do PROC IML. O software estatístico utilizado para as avaliações foi o SAS® University Edition, versão student.

3.3 Resultados

3.3.1 Desempenho Zootécnico

Aos 21 dias de idade, não houve interação ($P > 0,05$) entre a fonte lipídica e a suplementação de vitamina A (Tabela 3). O óleo de soja e a gordura da palma influenciaram o

consumo de ração ($P < 0,001$) e a conversão alimentar ($P < 0,001$). No entanto, o ganho de peso não foi alterado ($P = 0,988$). O nível suplementação de vitamina A apresentou uma resposta quadrática para consumo de ração e ganho de peso; no entanto, não afetou ($P = 0,105$) a conversão alimentar (Tabela 3). Para o consumo de ração, foi estimado o valor de 12.721 UI kg^{-1} de vitamina A para o maior consumo em 1.210g. Para o ganho de peso, foi obtido que a suplementação de 15.585 UI kg^{-1} de vitamina A, resultando em ganho de peso de 891g.

Aos 42 dias de idade, não houve interação ($P > 0,05$) entre tempo de suplementação, fonte lipídica e nível de vitamina A da dieta no desempenho dos frangos de corte (Tabela 4).

Diferença significativa ($P < 0,05$) foi observada no consumo de ração das aves em função da fonte lipídica e ao nível de vitamina A suplementado na ração. O consumo de ração foi maior ($P = 0,0367$) nos frangos de corte alimentados com dietas com gordura de palma em comparando com as que receberam óleo de soja. O consumo de ração apresentou resposta quadrática ($P < 0,0001$) ao nível de suplementação de vitamina A, com máxima resposta estimada na suplementação de 16.082 UI kg^{-1} .

Quando avaliada a interação entre o tempo que as aves receberam a suplementação vitamínica e o nível de vitamina A suplementado, o ganho de peso e a conversão alimentar dos frangos aos 42 dias diferiu para as aves do tratamento 0 UI kg^{-1} de vitamina A (Tabela 5). O nível de suplementação de vitamina A apresentou resposta quadrática para o ganho de peso na suplementação de vitamina A no T-21d (alimentadas com a ração do tratamento de 4 a 21 dias, e ração com 6.700 UI kg^{-1} de 22 a 42 dias), e para o T-42d (alimentadas com a ração do tratamento de 4 a 42 dias de idade), apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$), e os níveis estimados para as respostas máximas foram 15.527 e 15.148 UI kg^{-1} , respectivamente (Tabela 5).

As aves que receberam tratamentos com 0 UI kg^{-1} de vitamina A de 4 a 42 dias de idade (T-42d) apresentaram a pior conversão alimentar em comparação às aves que receberam suplementação de 4 a 21 dias de idade seguida de ração com 6.700 UI kg^{-1} (T-21d).

3.3.2 Análise de sangue

Todos os parâmetros sanguíneos avaliados aos 42 dias de idade foram influenciados pelo tempo de suplementação, fonte de lipídios e nível de vitamina A da ração.

Os níveis séricos de ALT aos 42 dias apresentaram diferença entre as fontes de lipídios utilizadas quando as aves foram suplementadas com os tratamentos de 4 a 21 dias de

idade (T-21d) para os níveis de 3.000 e 24.000 UI kg⁻¹ de vitamina A e, as aves que consumiram o óleo de soja apresentaram os valores de ALT séricos mais elevados (Tabela 6).

Na avaliação tempo de suplementação de 4 a 42 dias de idade (T-42d), houve diferença entre as fontes lipídicas para o nível de 0 UI kg⁻¹ de vitamina A, e as maiores concentrações séricas de ALT foram encontradas nos frangos alimentados com óleo de soja. De acordo com a análise de regressão, uma resposta linear crescente foi observada para tratamentos contendo gordura de palma (Tabela 6).

As concentrações séricas de AST dos frangos aos 42 dias de idade foram influenciadas pela fonte lipídica devido à suplementação de vitamina A, dentro do tempo de suplementação T-21d (4 a 21 dias, e ração com 6.700UI kg⁻¹ de 22 a 42 dias), quando as aves foram suplementadas com 0 e 24.000 UI kg⁻¹ de vitamina A e os maiores valores de AST foram obtidos nas aves alimentadas com dietas contendo óleo de soja (Tabela 6). Da mesma forma, no tempo de suplementação T-42d (4 a 42 dias de idade), as maiores concentrações séricas de AST foram observadas em aves alimentadas com dietas com óleo de soja; no entanto, essa diferença foi encontrada apenas para o nível de suplementação de 12.000 UI kg⁻¹ de vitamina A.

De acordo com a análise de regressão, para o tempo T-21d o AST sérico de aves alimentadas com dietas contendo gordura de palma apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), e o nível que proporcionou a resposta máxima foi 15.706 UI kg⁻¹ de vitamina A.

Para dietas contendo suplementação de óleo de soja e vitamina A no período de 4 a 21 dias de idade e dieta com 6.700 UI kg⁻¹ de 22 a 42 dias (T-21d), o AST apresentou resposta linear crescente. Quando o período de suplementação considerado foi de 4 a 42 dias de idade (T-42d), foi observada resposta quadrática para o óleo de soja, e estimativa de nível para a máxima resposta de 13.096 UI kg⁻¹. Por outro lado, frangos de corte alimentados com gordura de palma, apresentaram resposta quadrática ao AST no tempo de suplementação T-21d e resposta linear crescente no período de T-42d (Tabela 6).

Pela interação entre período, fonte lipídica e nível de vitamina A utilizado na dieta de aves aos 42 dias de idade, foi encontrada diferença para a concentração sérica de colesterol entre as fontes lipídicas no período de 4 a 42 dias de idade, quando a dieta continha 12.000 UI kg⁻¹ de vitamina A, com maiores concentrações séricas obtidas em aves alimentadas com dietas à base de óleo de soja (Tabela 6).

Quanto ao colesterol, foram obtidas diferenças nas concentrações séricas de HDL e LDL nas aves suplementadas com os tratamentos de 4 a 42 dias de idade, quando as aves

receberam suplementação vitamínica no nível de 12.000 UI kg⁻¹ e maiores concentrações séricas dessas variáveis quando a dieta continha óleo de soja.

No entanto, para o nível de suplementação de vitamina A e tempo pelo qual as aves foram suplementadas; as aves que receberam os tratamentos de 4 a 21 dias de idade (T-21d), apresentaram variações significativas nas concentrações séricas de LDL quando alimentadas com 3.000 e 6.000 UI kg⁻¹ de vitamina A. Para suplementação de 3.000 UI kg⁻¹ de vitamina A, a gordura de palma resultou em maiores concentrações séricas de LDL, enquanto que quando o lipídeo da dieta era óleo de soja essa suplementação foi de 6.000 UI kg⁻¹ de vitamina A.

Os níveis de triglicerídeos foram maiores em aves alimentadas com dietas à base de gordura de palma suplementadas com os tratamentos de 4 a 42 dias de idade, e nível de suplementação de 24.000 UI kg⁻¹ de vitamina A. No mesmo período, foi obtida uma resposta linear crescente nos triglicerídeos séricos para ambas as fontes lipídicas da dieta (Tabela 6).

3.3.3 Taxa de deposição de gordura e proteína

Foi observada interação entre a fonte de gordura utilizada e os níveis de suplementação de vitamina A ($P < 0,0001$) para a taxa de deposição proteica aos 21 dias de idade (Tabela 7). Para dietas contendo óleo de soja, a análise de regressão mostrou efeito quadrático ($P = 0,0054$), e na derivação da equação a suplementação de 13.574 UI kg⁻¹ de vitamina A foi obtida, resultando em uma taxa de deposição proteica de 7,934 g dia⁻¹ (Tabela 8). Nos níveis de suplementação de 0 e 3.000 UI kg⁻¹ de vitamina A, as dietas com gordura de palma apresentaram melhores resultados de deposição proteica do que aquelas com óleo de soja. No entanto, no nível de suplementação de 6.000 UI kg⁻¹ de vitamina A, o melhor resultado foi obtido quando a dieta continha óleo de soja.

Não foi encontrada interação significativa ($P > 0,05$) entre o tempo de suplementação, a fonte lipídica e o nível de vitamina A utilizada nas dietas de frangos aos 42 dias de idade, nas taxas de deposição de gordura e proteína (Tabela 9).

3.3.4 Análise óssea

Houve interação entre período, fonte lipídica e nível de suplementação de vitamina A para o tamanho da placa de crescimento ($P=0,0164$). No entanto, não houve efeito na cartilagem hipertrófica da tíbia de aves aos 42 dias de idade (Tabela 10).

Na avaliação da placa de crescimento, foram encontradas diferenças estatísticas nos tempos de suplementação avaliados. As aves quando suplementadas de 4 a 21 dias de idade (T-21d), recebendo suplementação de $12.000 \text{ UI kg}^{-1}$ de vitamina A, a gordura de palma apresentou maior tamanho de placa de crescimento tibial em comparação às aves alimentadas com dietas contendo óleo de soja. Considerando a suplementação durante 4 a 42 dias de idade, houve diferença para o nível de 6.000 UI kg^{-1} de vitamina A e, da mesma forma que no tempo de suplementação anterior, as aves que receberam gordura de palma apresentaram o maior valor de placa de crescimento da tíbia comparado àquelas que recebem óleo de soja (Tabela 11).

3.4 Discussão

Os resultados obtidos com os níveis de suplementação acima de 6.000 UI kg^{-1} não apresentaram resultados negativos no desenvolvimento das aves, o que diverge da recomendação do NRC (1994), que indica a suplementação de 1.500 UI kg^{-1} de vitamina A para frangos de corte com 1 a 45 dias de idade. No entanto, é necessário perceber que, em alguns casos, a suplementação alimentar acima dos valores mínimos exigidos poderá afetar o valor nutricional dos produtos avícolas, a saúde das aves e o bem-estar (LEESON, 2007).

De acordo com D'Ambrosio et al. (2011), para uma ótima absorção dos retinóides, estes devem ser consumidos conjuntamente com alguma gordura, sendo que a gordura é necessária para facilitar a entrada do retinóide no enterócito, no lúmen intestinal. Além disso, é necessária uma “carga” de gordura para a formação do quilomicron, uma vez que os retinóides, como outros lipídios da dieta, adentram o organismo como um componente de quilomicrons ricos em triglicerídeos.

A interferência da fonte de óleo e gordura nos resultados de desempenho aos 21 ou 42 dias de idade pode ser devido a vários fatores, como a presença e a quantidade de duplas ligações, onde são inseridas em sua cadeia de carbono, quantidade de triglicerídeos, composição de ácidos graxos livres, idade e sexo da ave, e até a microbiota intestinal

(ABDULLA et al., 2016). Esses fatores interferem na digestibilidade e capacidade de absorção de energia metabolizável da dieta consumida pela ave.

Abawi e Sullivan (1989) realizaram estudos avaliando três doses diferentes de cada uma das vitaminas lipossolúveis e suas interações em frangos de corte com 28 dias de idade. Os autores constataram que a conversão alimentar é afetada pela concentração de vitamina A das rações, sendo que doses baixas de vitamina A (1.000 UI kg^{-1}) apresentaram os melhores resultados, o que diverge dos resultados obtidos neste estudo para frangos de corte aos 21 dias de idade, uma vez que não foi constatada diferença estatística da conversão alimentar em função do nível de suplementação de vitamina A. Khoramabadi et al. (2014), avaliando dietas a base de trigo com diferentes suplementação de vitamina A com ou sem inclusão de xilanase, não encontraram efeito dos tratamentos no consumo de ração das aves aos 21 dias de idade. Entretanto, a suplementação de vitamina A (9.000 ou $15.000 \text{ UI kg}^{-1}$) apresentaram melhores resultados para ganho de peso e conversão alimentar ($P < 0,005$) quando comparadas às rações sem suplementação de vitamina A, visto que dietas sem suplementação podem resultar em deficiência da mesma.

Os valores de suplementação de vitamina A encontrados pelas equações para consumo de ração e ganho de peso aos 21 e 42 dias de idade, para obter a resposta ideal, são maiores do que os indicados pelo NRC (1994), o que sugerem uma exigência de 1.500 UI kg^{-1} de vitamina A independentemente da fase de criação dos frangos, e os de Rostagno et al. (2017), que indicam valores de $13.538 \text{ UI kg}^{-1}$ (1-7 d); $12.216 \text{ UI kg}^{-1}$ (8-21 d), 9.637 UI kg^{-1} (22-33 d) e 7.873 UI kg^{-1} (34-42 d) de vitamina A.

Khoramabadi et al. (2014) encontraram melhor ganho de peso e conversão em frangos de corte alimentados com enzima xilanase e maiores suplementações de vitamina A. Segundo os pesquisadores, há uma influência da vitamina A no aumento da digestibilidade dos nutrientes e seu papel na manutenção da saúde ou integridade intestinal.

A fonte lipídica não influenciou ($P > 0,05$) as taxas de deposição proteica e de gordura na carcaça, demonstrando um balanço energético semelhante das dietas formuladas, independentemente da fonte lipídica.

A deposição de gordura no corpo depende do balanço líquido entre a gordura absorvida da dieta, da síntese de gordura e do catabolismo das gorduras no organismo para obtenção de energia (MOHAMMED; HORNIÁKOVÁ et al., 2012). Assim, a maior deposição de gordura observada em aves que receberam gordura de palma como fonte lipídica pode estar relacionada ao fato da gordura de palma ser composta principalmente de ácidos graxos saturados. Fatores como o grau de saturação dos ácidos graxos da dieta podem

influenciar a deposição de gordura pelas aves, devido a diferentes sinais de regulação retroativa da síntese endógena, ou por diferenças na absorção de cada tecido ou alguma alteração no metabolismo dos ácidos graxos (SANZ et al., 1999).

Embora tenham sido influenciados pela suplementação de vitamina A aos 21 dias de idade, os valores obtidos para taxa de deposição proteica neste estudo foram semelhantes aos encontrados por Nunes et al. (2015) para frangos de corte na mesma idade alimentados com dietas com diferentes níveis de EM e níveis de lisina digestível, com média de 3.51 g d^{-1} . No entanto, foram inferiores aos obtidos por Dias (2015), ($6,45 \text{ g d}^{-1}$) para frangos aos 21 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de lisina. Para os valores médios de taxa de deposição proteica encontrados neste estudo ($7,529 \text{ g d}^{-1}$), os resultados estão entre os obtidos por Nunes et al. (2015) ($4,707 \text{ g d}^{-1}$) e Dias (2015) ($13,8 \text{ g d}^{-1}$).

Segundo Cottrell (1991), a gordura de palma difere das demais devido à sua alta concentração de ácido palmítico na posição 2 da cadeia carbônica, sendo esta característica benéfica para a digestão e utilização adequada dos triglicerídeos, além da palma bruta ser rica em carotenóides (pró-vitamina A) e mesmo depois de refinado e transformado em gordura de palma, uma parte muito baixa desses compostos permanece no ingrediente. Essas características podem ter contribuído para a melhor taxa de deposição proteica nas baixas suplementações de vitamina A nas dietas contendo gordura de palma em comparação com o óleo de soja. O animal possui uma necessidade diária de energia que pode ser subdividida na quantidade necessária para a deposição de proteína e de gordura (McDONALD et al., 2010). No entanto, para que isso ocorra, diferentes caminhos bioquímicos e substâncias são necessários para a adequada deposição. Os resultados deste estudo demonstram que a gordura de palma foi mais eficiente para taxa de deposição proteica em baixas suplementações de vitamina A do que o óleo de soja aos 21 dias de idade. No entanto, não foram encontradas diferenças entre as fontes de gordura ou suplementação de vitamina A aos 42 dias de idade.

Segundo Aburto e Britton (1998), altos níveis de vitamina A podem interagir com a vitamina D₃ e afetar o crescimento e o metabolismo ósseo. As avaliações mostraram que, aos 42 dias de idade, as aves que receberam os tratamentos de suplementação vitamínica até 21 dias foram influenciadas pelas fontes de gordura nos valores encontrados para a placa de crescimento tibial, sem efeito observado para os níveis de vitamina A. Maiores placas de crescimento foram encontradas para aves alimentadas com dietas contendo gordura de palma. De acordo com Henning et al. (2015), a hipervitaminose A aumenta a formação de osteoclastos e conseqüentemente aumenta a fragilidade óssea, pois diminui a massa óssea cortical. Além disso, algumas indicações de aumento dos níveis séricos de retinóide podem

resultar em densidade mineral óssea reduzida e aumentar a taxa de fratura óssea. Neste estudo, os resultados indicaram que o desenvolvimento da placa de crescimento é influenciado pelos três fatores avaliados (tempo de suplementação * lipídio * vitamina) e, independentemente do período avaliado, a gordura de palma apresentou os maiores valores desta variável, enquanto que o nível vitamínico foi influenciado pelo tempo de suplementação. Alterações no metabolismo da vitamina D₃ causadas por altas doses de vitamina A podem ser evitadas quando a suplementação de vitamina D₃ é adequada (ABURTO; BRITTON, 1998). Os resultados indicam que os níveis de suplementação de vitamina A não interferiram nas funções da vitamina D₃ no tecido ósseo.

De acordo com Velasco et al. (2010), a ingestão de gordura pelas aves influencia as concentrações sanguíneas de triglicerídeos, lipoproteínas e ácidos graxos, além de alterar a composição de gordura e carne. As análises sanguíneas podem ser uma maneira de obter informações sobre a saúde das aves ou até de fazer diagnósticos quando necessário. As enzimas alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST) são comumente usadas para determinar lesões hepáticas e cardíacas, pois são liberadas na corrente sanguínea após dano celular. Após a lesão, a primeira detectada no soro hepático é a AST e logo após ALT pode ser identificado (NELSON; COX, 2014).

Alterações nas enzimas ALT e AST foram encontradas em aves aos 42 dias de idade, indicando a influência de todos os fatores avaliados neste estudo. De acordo com Harrinson e Lightfoot (2006), o AST é sensível, mas não exclusivo ao dano hepático, pois pode ser liberado por hepatócitos e tecido muscular danificado, mas sua elevação pode ser considerada dano hepático. Os mesmos autores enfatizam que, devido à alta taxa de peroxidação lipídica em dietas ricas em gorduras poliinsaturadas, podem resultar em alta formação de hidroperóxidos de ácidos graxos e consequente dano tecidual. Nesses casos, o uso de AST é uma alternativa para verificação. Isso é consistente com nossos resultados, já que frangos de corte alimentados com óleo de soja apresentaram valores mais altos de AST no sangue do que aqueles alimentados com gordura de palma.

Da mesma forma, quanto ao AST, foram encontradas alterações nas concentrações de ALT em aves aos 42 dias de idade; no entanto, quando a avaliação foi realizada no tempo pelo qual a ave foi suplementada, a gordura de palma influenciou os valores de ALT em função do nível de vitamina A nos dois tempos de suplementação avaliados. Nesse caso, podemos considerar que ambas as gorduras utilizadas e o nível de vitamina A interferem nos valores obtidos da ALT, pois ambos podem causar danos no fígado, devido à oxidação lipídica ou possível intoxicação devido ao excesso de vitamina A na dieta.

O colesterol é um esteróide, mais especificamente um álcool insaturado, possui funções que garantem o funcionamento adequado das células animais à medida que compõem suas membranas e também é um precursor de substâncias como hormônios e ácidos biliares. Os triglicerídeos são compostos de ésteres de ácidos graxos e glicerol e representam o principal componente lipídico dos depósitos de gordura e gordura nas dietas de animais (COX; GARCÍA-PALMIERE, 1990). Segundo Aguillar et al. (2011), dietas ricas em gordura podem afetar o perfil lipídico sérico, um fator importante na modulação do metabolismo lipídico. Segundo os autores, a ingestão de ácidos graxos saturados tende a aumentar as concentrações séricas de lipoproteína de baixa densidade (LDL) e reduzir as lipoproteínas de alta densidade (HDL). Os resultados obtidos com LDL e HDL neste estudo para aves aos 42 dias de idade não estão de acordo com a declaração anterior, a afirmação é verdadeira apenas para LDL em aves suplementadas entre 1 a 21 dias de tratamento com 3.000 UI kg⁻¹ de vitamina A.

Os valores de colesterol mostraram apenas uma interação entre fonte lipídica e nível de vitamina A nas aves que receberam a suplementação de vitamina A durante o período de 4 aos 42 dias de idade e com 12.000 UI kg⁻¹ de vitamina A.

Os níveis mais altos de vitamina A tendem a aumentar os níveis séricos de triglicerídeos em frangos de corte aos 42 dias de idade. A maior concentração de triglicerídeos observada com o aumento da suplementação de vitamina A pode estar correlacionada com a necessidade de absorção intestinal de vitamina A conjugada a ácidos graxos; no entanto, avaliações mais específicas são necessárias para confirmar e entender essa resposta das aves. Geralmente, altas concentrações de ácidos graxos saturados aumentam os níveis de triglicerídeos e LDL no sangue (VELASCO et al., 2010).

Embora a suplementação de vitamina A utilizada neste estudo esteja acima das indicadas pelo NRC (1994) e pelas tabelas brasileiras (ROSTAGNO et al., 2011; ROSTAGNO et al., 2017), não foram encontrados resultados afirmando que as aves apresentavam hipervitaminose A. É possível indicar que a falta de suplementação de vitamina A (0 UI kg⁻¹) na dieta causou essa deficiência, pois esse tratamento influenciou a maioria das variáveis analisadas, tanto aos 21 dias quanto aos 42 dias. No entanto, pode-se observar que, mesmo tendo sido submetido à deficiência de vitamina A no período de 1 a 21 dias, quando a suplementação foi administrada no período de 22 a 42 dias (dieta com 6.700 UI kg⁻¹ de vitamina A), as aves apresentaram uma melhora no ganho de peso, no entanto, essa melhora ainda está abaixo da mostrada pelas aves que receberam adequada suplementação de vitamina A durante todo o período de suplementação. Esses resultados indicam que, após uma

deficiência, mesmo que as aves sejam novamente suplementadas com vitamina A, o desempenho zootécnico não se igualará ao das aves devidamente suplementadas.

3.5 Conclusões

Nas avaliações comparativas entre os tempos de suplementação das aves (4 a 42 dias, e ou 4 a 21 dias com dieta com 6.700 UI kg⁻¹ de 22 a 42 dias), os resultados indicam que suplementações de 3.000 a 24.000 UI kg⁻¹ de vitamina A não influenciaram negativamente os parâmetros avaliados.

A fonte lipídica utilizada na dieta afetou o desempenho das aves aos 21 dias de idade, mas aos 42 dias de idade houve efeito apenas no consumo de ração. Nenhum dos lipídios avaliados indicou resultados fora dos padrões sanguíneos para aves; o mesmo efeito foi observado sobre a suplementação de vitamina A na dieta.

Para as equações de regressão, estimou-se para frangos de corte aos 21 dias como o melhor nível de suplementação em 15.585 UI kg⁻¹ de vitamina A. Enquanto para aves aos 42 dias, a suplementação de 15.527 UI kg⁻¹ quando as aves receberam os tratamentos até os 21 dias, e uma ração com 6.700 UI de vitamina A de 22 a 42 dias de idade; enquanto que a suplementação de 15.148 UI kg⁻¹ foi obtida para aves aos 42 dias que receberam os tratamentos durante 4 a 42 dias de idade.

Em relação ao desenvolvimento ósseo, não houve evidência de interferência da suplementação de vitamina A na cartilagem hipertrófica, mas a influência do nível de vitamina, tipo de gordura e tempo de suplementação na zona de crescimento tibial.

A hipovitaminose pode ser reduzida com suplementação de vitamina A para aves, mas os resultados não são semelhantes aos das aves que foram suplementadas adequadamente.

3.6 Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official Method 990.26 Hydroxyproline in Meat and Meat Products: Colorimetric Method**. Arlington: AOAC International, 1996.
- ABAWI, F. G.; SULLIVAN, T. W.; SCHEIDELER, S. E. Interaction of Dietary Fat with Levels of Vitamins A and E in Broiler Chicks. **Poultry Science**, v.64, p.1192–1198, 1985.
- ABAWI, F. G.; SULLIVAN, T. W. Interactions of Vitamins A, D₃, E and K in the diet of Broiler Chicks. **Poultry Science**, v.68, p.1490–1498, 1989.
- ABD EL-HACK, M. E.; MAHROSE, K.; ASKAR, A. A.; ALAGAWANY, M.A.; SAEED, M.; ABBASI, F.; SOOMRO, R. N.; SIYAL, F. A.; CHAUDHRY, M. T. Single and combined impacts of vitamin A and Selenium in diet on productive performance, egg quality, and some blood parameters of laying hens during hot season. **Biological Trace Element Research**, v. 177, n. 1, p. 169-179, 2017.
- ABDULLA, N. R.; LOH, T. C; AKIT, H; SAZILI, A. Q; FOO, H. L. A. A Note Comparing the Apparent Metabolisable Energy of Three Oil Sources and their Combination in Broiler Chickens. **Journal of Tropical Agricultural Science**, v.39, p.617-624, 2016
- ABURTO, A.; BRITTON, W. M. Effects of Different Levels of Vitamins A and E on the Utilization of Cholecalciferol by Broiler Chickens. **Poultry Science**, v. 77, p.570–577, 1998. doi: <https://doi.org/10.1093/ps/77.4.570>.
- AGUILLAR, E. C.; QUEIROZ, M. G. M. N.; OLIVEIRA, D. A.; OLIVEIRA, N. J. F. Serum lipid profile and hepatic evaluation in mice fed diet containing pequi nut or pulp (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, p.879-883, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612011000400008>
- AYUSO, M.; ÓVILO, C; FERNÁNDEZ, A.; NUÑEZ, Y.; ISABEL, B; DAZA, A.; LÓPEZ-BOTE, C. J.; REY, A. I. Effects of dietary vitamin A supplementation or restriction and its timing on retinol and -tocopherol accumulation and gene expression in heavy pigs. **Animal Feed Science Technology**, v.202, p.62–74, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.01.014>.
- BEÇAK, W.; PAULETE, J. **Técnicas de citologia e histologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 1976, 230p.
- COMBS, G. F. **The Vitamins Fundamental Aspects in Nutrition and Health**, San Diego: Academic Press Inc., 2008. p. 603.
- COTTRELL, R. C. Introduction: nutritional aspects of palm oil. **American Journal of Clinical Nutrition**. v.53, p.989-1009, 1991. doi: <https://doi.org/10.1093/ajcn/53.4.989Sb>.

- COX, R. A.; GARCÍA-PALMIERE, M. R. **Cholesterol, Triglycerides, and Associated Lipoproteins. Clinical Methods, The History, Physical, and Laboratory Examinations.** 3rd edition. Boston: Butterworths, 1990.
- D'AMBROSIO, D. N.; CLUGSTON, R. D.; BLANER W. S. Vitamin A Metabolism: An Update. **Nutrients**, v.3, p.63-103, 2011. doi: <https://doi.org/10.3390/nu3010063>
- DIAS, T. N. **Níveis de lisina digestível em rações para frangos de corte: desempenho, deposição de nutrientes e expressão gênica.** 2015. 57p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.
- FERNANDES, M. I.; GAIO, J. E.; ROSING, K. C.; OPPERMAN, V. R., RADO, V. P. Microscopic qualitative evaluation of fixation time and decalcification media in rat maxillary periodontium. **Brazilian Oral Research**, v.21, p.134-139, 2007. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-83242007000200007>
- FRAGA, A. L.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C.; BASTOS, A. O.; OLIVEIRA, R. P.; MURAKAMI, A. E. Lysine Requirement of Starting Barrows from Two Genetic Groups Fed on Low Crude Protein Diets. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.49-56, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132008000100007>
- GERSTER, H. Vitamin A – Functions, Dietary Requirements and Safety in Humans. **International Journal Vit. Nutr. Research**. v. 67, p. 71-90, 1996.
- GUERRA, A. F. Q. **Vitamina A e vitamina D₃ na alimentação de Frangos de corte.** 2016. 102f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- HARRINSON, G. J.; Lightfoot, T.. Clinical Practice. In.: **Clinical Avian Medicine.** Spix Publishing. Palm Beach, USA, 2006, 1008 p.
- HENNING, P.; CONAWAY, H. H.; LERNER, U.F. Retinoid receptors in bone and their role in bone remodeling. **Bone Research**, v.6, p.13, 2015. doi: <https://doi.org/10.3389/fendo.2015.00031>.
- KHORAMABADI, V.; AKBARI, M. R.; KHAJALI, F.; NOORANI, H.; RAHMATNEJAD, E. Influence of xylanase and vitamin A in wheat-based diet on performance, nutrients digestibility, small intestinal morphology and digesta viscosity in broiler chickens. **Acta Scientiarum**, v.36, p. 379-384, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i4.23910>
- LEESON, S. Vitamin requirements: is there basis for re-evaluating dietary specifications? **World's Poultry Science Journal**, v. 63, p. 255-266, 2007.
- McDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALALGH, J. F. D.; MORGAN, C. A.; SINCLAIR, L. A.; WILKINSON, R. G. **Animal Nutrition.** 7° ed. London: Pearson, 2010.
- MERCIER, Y.; GATELLIER, P; VIAU, M.; REMIGNON, H. RENERRE, M. Effect of Dietary Fat and Vitamin E on Colour Stability and on Lipid and Protein Oxidation in Turkey Meat During Storage. **Meat Science**, v.48, p.301-318, 1998. doi: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00113-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00113-7).

- MOHAMMED, H. A.; HORNIÁKOVÁ, E. Effect of Using Saturated and Unsaturated Fats in Broiler Diet on Carcass Performance. **Slovak Journal of Animal Science**, v.45, p.21-29, 2012.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.p.1328.
- NRC – **National Research Council, Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington, 1994. 155p.
- NUNES, R. V.; BROCH, J.; WACHHOLZ, L.; SOUZA, C.; DAMASCENO, J. L.; OXFORD, J. H.; BLOXHAM, D. J.; BILLARD, L.; PESTI, G. M. Choosing sample sizes for various blood parameters of broiler chickens with normal and non-normal observations. **Poultry Science**, v.97, p.3746–3754, 2018. doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pey217>.
- NUNES, R.V.; SAVOLDI, T. L.; TSUTSUMI, C. Y.; MEZA, S. K. L.; BROCH, J.; HENZ, J. R., SOUZA, C. Levels of metabolizable energy and digestible lysine for broiler chicks 8-21 days of age. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, p. 3935–3946, 2015. doi: 10.5433/1679-0359.2015v36n6p3935.
- RAMALHO, A. **Vitamina A**. In: Série de publicações ILSI Brasil: funções plenamente reconhecidas de nutrientes, v. 4, ILSI Brasil, São Paulo, 2010.
- RAVINDRAN, V.; TANCHAROENRAT, P.; ZAEFARIAN, F.; RAVINDRAN G. Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilization. **Animal Feed Science and Technology**, v. 213, p. 1–21, 2016.
- ROSTAGNO, S. H.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2011, 252p.
- ROSTAGNO, S. H.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; ABREU, M. L. T.; 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**. 4.ed. Viçosa: UFV, 2017, 488p.
- SANZ, M.; FLORES, A.; AYALA, P. P.; LOPEZ-BOTES, C. J. Higher lipid accumulation in broilers fed on saturated fats than in those fed on unsaturated fats. **British Poultry Science**, v. 40, p. 95–101, 1999.
- SOUZA, L. B.; FREIRE, C. M. M.; ALMEIDA, R. N. A.; MÜLLER, S. S.; PAIVA, S. A. R.; MAZETO, G. M. F. S. Efeito de diferentes doses de ácido retinoico sobre a resistência óssea de ratos jovens. **Revista de Nutrição**, v. 24, n.3, p. 375-381, 2011.
- TANCHAROENRAT, P.; RAVINDRAN, V.; ZAEFARIAN, F.; RAVINDRAN, G. Influence of age on the apparent metabolizable energy and total tract apparent fat digestibility of

different fat sources for broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v.186, p.186-192, 2013. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.10.013>.

VELASCO, S.; ORTIZ, L. T.; ALZUETA, C.; REBOLÉ, A.; TREVIÑO, J.; RODRIGUEZ, M. L. Effect of inulin supplementation and dietary fat source on performance, blood serum metabolites, liver lipids, abdominal fat deposition, and tissue fatty acid composition in broiler chickens. *Poultry Science*, v.89, p.1651-1662, 2010. doi: 10.3382/ps.2010-00687.

WANG, X.; WU, J.; SHIDOJI, Y.; MUTO, Y.; OHISHI, N.; YAGI, K.; IKEGAMI, S.; SHINKI, T.; UDAGAWA, N.; SUDA, T.; ISHIMI, Y. Effects of geranylgeranoic acid in bone: Induction of osteoblast differentiation and inhibition of osteoclast formation. **Journal of bone and mineral research**, v. 17, n. 1, p.91-101, 2002.

Tabela 1 - Composição centesimal e composição nutricional das rações experimentais com óleo de soja (OS) e gordura de palma (GP)

	1-21 dias		22-42 dias	
	OS	GP	OS	GP
Milho moído 8%	56,400	54,500	59,900	57,800
Farelo de soja 45%	36,100	36,500	32,170	32,500
Gordura de palma	-	4,810	-	5,820
Óleo de soja	3,290	-	4,035	-
Fosf. Bicálcico	1,551	1,557	1,340	1,340
Calcário calcítico 35%	1,065	1,050	1,000	0,994
Cloreto de Sódio (Sal)	0,497	0,496	0,427	0,429
Sulfato de lisina 65%	0,352	0,343	0,370	0,360
DL-metionina 99%	0,311	0,312	0,296	0,298
PX Vitmin ¹	0,100	0,100	0,072	0,072
L-treonina 98,5%	0,077	0,077	0,072	0,072
Bicarbonato de Sódio	-	-	0,068	0,066
Inerte	0,072	0,072	0,072	0,072
Cloreto de colina 60%	0,061	0,061	0,056	0,056
Salinomicina 12%	0,055	0,055	0,055	0,055
Premix mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050
Avilamicina 10%	0,010	0,010	0,010	0,010
Antioxidante	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição Nutricional (kg kg ⁻¹)				
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	3.050	3.050	3.150	3.150
Proteína bruta	213,50	213,50	198,00	198,00
Extrato etéreo	61,30	75,80	69,30	87,00
Cálcio total	8,40	8,40	7,60	7,60
Fósforo total	6,20	6,20	5,70	5,70
Fósforo disponível	4,00	4,00	3,50	3,50
Sódio	2,10	2,10	2,00	2,00
Lisina digestível	12,20	12,20	11,30	11,30
Metionina + Cistina digestível	8,80	8,80	8,30	8,30
Triptofano digestível	2,40	2,40	2,20	2,20
Treonina digestível	7,90	7,90	7,30	7,30

¹ Premix Vitamínico Mineral para Aves - Níveis de Garantia por Quilograma de ração – 1 a 21 dias de idade: Vit. D3 (min) 2.100 UI; Vit. E (min) 35 UI; Vit. K3 (min) 1,88 mg; Vit. B1 (min) 2,50 mg; Vit. B2 (min) 6,25 mg; Vit. B6(min) 3,50 mg; Vit. B12 (min) 15,0 mcg; Ácido Pantotênico (min) 12,50mg; Niacina (min) 37,50 mg; Ácido Fólico(min) 0,87 mg; Biotina (min) 88 mcg; Selênio(min) 0,33 mg. 22-42 dias de idade: Vit. D3 (min) 1.512 UI; Vit. E (min) 25,2 UI; Vit. K3 (min) 1,35 mg; Vit. B1 (min) 1,80 mg; Vit. B2 (min) 4,50 mg; Vit. B6(min) 2,52 mg; Vit. B12 (min) 10,8 mcg; Ácido Pantotênico (min) 9mg; Niacina (min) 27,0 mg; Ácido Fólico(min) 0,63 mg; Biotina (min) 63,3 mcg; Selênio(min) 0,24 mg.

² Premix Mineral para Aves (1-42 dias de idade) – Níveis de Garantia por Quilograma de ração: Cobre (min) 10,00 mg, Ferro (min) 50,00 mg, Manganês (min) 80,00mg, Cobalto (min) 1,00mg, Iodo (min) 1,00mg, Zinco (min) 50,00mg.

Fontes vitamínicas utilizadas: Acetato de retinil (A); colecalciferol (D3); acetato de DL-alfa-tocoferil (E); menadiona bissulfito nicotinamida (K3); mononitrato de tiamina (B1), riboflavina (B2), cloridrato de piridoxina (B6), cianocobalamina (B12), pantotenato de cálcio (ácido pantotênico), ácido nicotínico (niacina), ácido fólico (ácido fólico); D-biotina (biotina).

Fontes minerais utilizadas: Sulfato de cobre pentahidratado (Cu); sulfato ferroso (Fe); sulfato de manganês (Mn); sulfato de cobalto (Co); iodato de cálcio (I); sulfato de zinco (Zn), selenito de sódio (Se).

Tabela 2 – Composição esperada de ácidos graxos para a gordura de palma e óleo de soja

	Ácido Graxo	Gordura de Palma ¹	Óleo degomado de soja ²
C 12:0	Láurico	0,3 ± 0,1	<0,1
C 14:0	Mirístico	0,7±0,5	<0,2
C 16:0	Palmítico	43±5	8 a 13,5
C 16:1	Palmitoleico	0,3±0,3	< 0,2
C 17:0	Margárico	-	< 0,1
C 17:1	Heptadecenóico	-	< 0,1
C 18:0	Esteárico	4,5±2	2,0 a 5,4
C 18:1	Oleico	41±3	17 a 30
C 18:2	Linoleico	9,5±2	48 a 59
C 18:3	Linolênico	0,4±0,2	4,5 a 11
C 20:0	Araquidico	0,3±0,2	0,1 aa 0,6
C 20:1	Eicosenóico	-	< 0,5
C 22:0	Docosanóico	-	<0,7
C 22:1	Docosenóico	-	<0,3
C 24:0	Tetracosanóico	-	< 0,5
	Ácidos trans	<0,5	-

¹ Composição apresentada pelo fornecedor AGROPALMA.

² De acordo com CODEX ALIMENTARIUS - International food Standards (Revised, 2019).

Tabela 3 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte aos 21 dias de idade alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos com diferentes suplementações de vitamina A

		CR (g)	GP (g)	CA (g g ⁻¹)
Fonte Lipídica	Palma	1.172 ^b	829	1,417 ^b
	Soja	1.146 ^a	828	1,386 ^a
Vitamina A (UI kg ⁻¹ de ração)	0	1.010	716	1,413
	3.000	1.164	839	1,389
	6.000	1.187	845	1,407
	12.000	1.202	860	1,400
	24.000	1.199	851	1,411
Média		1.159	827	1,401
CV		6,87	7,55	2,95
EPM		7,46	5,86	0,004
ANOVA				
Fonte*Vitamina A		0,892	0,199	0,088
Fonte de lipídeo		0,0003	0,988	<0,001
Vitamina A		<0,001	<0,001	0,105
Regressão		<0,001(Q)	<0,001(Q)	
Equações		R ²	Vitamina A 1° Derivação	Resposta Estimada
CR: -0,000001 vit. A ² + 0,025442 vit. A + 1048,3489		0,63	12.721	1.210
GP: -0,0000006 vit. A ² + 0,0193637 vit. A + 746,21053		0,54	15.585	891

Tabela 4 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), de frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos com diferentes suplementações de vitamina A no período de 1 a 42 dias de idade

		CR (g)	GP (g)	CA (g g ⁻¹)
Tempo de suplementação	T-21 d ¹	5.304	2.955 ^a	1,797 ^b
	T-42 d ²	5.294	2.832 ^b	1,893 ^a
Fonte Lipídica	Palma	5.330 ^a	2.908	1,844
	Soja	5.280 ^b	2.911	1,828
Vitamina A (UI kg ⁻¹ de ração)	0	5.166	2.517	2,170
	3.000	5.315	2.962	1,797
	6.000	5.362	3.303	1,786
	12.000	5.306	3.000	1,770
	24.000	5.346	2.987	1,791
Média		5.305	2.909	1,849
EPM		12,398	21,854	0,016
CV (%)		2,49	8,02	9,12
ANOVA				
Suplementação*Lipídeo*Vitamina		0,2616	0,1381	0,0544
Suplementação*Lipídeo		0,4307	0,6149	0,8030
Suplementação*Vitamina		0,5730	<0,0001	<0,0001
Lipídeo*Vitamina		0,1219	0,9218	0,4109
Suplementação		0,6363	<0,0001	<0,0001
Fonte lipídeo		0,0367	0,4672	0,1537
Vitamina A		<0,0001	<0,0001	<0,0001
Regressão		0,0036(Q)	-	-
	Equações	R ²	Vit A 1 ^o Derivação	Resp. Estimada
	CR: $-6,14037 \times 10^{-7} \text{ vit. A}^2 + 0,01975 \text{ vit. A} + 5.215,42325$	0,15	16.082	5.374

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade, e ração isenta de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade;

²T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

Tabela 5 – Desdobramento da interação entre o tempo que as aves foram suplementadas com vitamina A e o nível de suplementação de vitamina A para ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) aos 42 dias de idade

Vit. A (UI kg ⁻¹)	GP (g)			CA (g g ⁻¹)		
	T-21 d ¹	T-42 d ²	P	T-21 d ¹	T-42 d ²	P
0	2.788 ^a	2.246	<0,0001	1,847 ^b	2,315 ^a	<0,0001
3.000	2.992	2.931	0,2077	1,781	1,813	0,3077
6.000	3.010	2.996	0,7154	1,786	1,786	0,9970
12.000	2.983	3.016	0,3723	1,792	1,748	0,0866
24.000	3.002	2.970	0,4289	1,778	1,804	0,3687
Regressão	0,0009(Q)	0,0001(Q)		0,1267	0,1276	
Equações				R ²	Vit A 1 ^o Derivação	Resp. Estimada
GP(T-21d):	-0,000000840477 vit. A ² + 0,02610 vit. A + 2.849,18746			0,28	15.527	3.052
GP (T-42d):	- 0,00000341 vit. A ² + 0,10331 vit. A + 2.423,99964			0,68	15.148	3.206

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade, e ração isenta de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade;

²T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

Letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste T (P<0,05).

Tabela 6 - Desdobramento da interação entre o tempo de suplementação de vitamina A, com a fonte de lipídeo e nível suplementado de vitamina A nas variáveis sanguíneas das aves aos 42 dias de idade:

Variável	Suplementação ¹	Lipídeo	Vitamina A (UI kg ⁻¹)					Regressão
			0	3.000	6.000	12.000	24.000	
ALT (UI l ⁻¹)	T-21d	Palma	12,24	5,02 ^b	15,93	15,71	5,53 ^b	0,0565
		Soja	17,65	19,22 ^a	19,09	14,48	23,23 ^a	0,2230
		P	0,2280	<0,0001	0,4091	0,5810	<0,0001	
	T-42d	Palma	5,1 ^b	13,9	16,4	13,9	20,9	<0,0001(L)
		Soja	16,9 ^a	13,7	12,8	15,7	17,1	0,7179
		P	0,0232	0,9091	0,2946	0,5876	0,1060	
AST (UI l ⁻¹)	T-21d	Palma	237 ^b	272	347	308	305 ^b	0,0064(Q)
		Soja	314 ^a	253	329	334	381 ^a	0,0030(L)
		P	0,0073	0,5537	0,6619	0,3355	0,0088	
	T-42d	Palma	183	367	306	275 ^b	322	0,0255(L)
		Soja	195	431	369	418 ^a	317	0,0002(Q)
		P	0,7105	0,1020	0,2266	0,0049	0,8844	
COL (mg dl ⁻¹)	T-21d	Palma	142	120	119	124	124	0,1609
		Soja	128	108	134	113	126	0,1810
		P	0,4122	0,0569	0,3289	0,1068	0,7994	
	T-42d	Palma	130	136	131	110 ^b	135	0,1076
		Soja	138	128	122	139 ^a	109	0,1150
		P	0,5016	0,4439	0,4578	0,0394	0,0543	
HDL (mg dl ⁻¹)	T-21d	Palma	88,76	80,09	77,88	78,69	80,91	0,1937
		Soja	78,10	72,95	79,49	70,93	77,23	0,4135
		P	0,1685	0,0585	0,7760	0,0621	0,4011	
	T-42d	Palma	80,7	86,2	78,7	70,1 ^a	81,1	0,0996
		Soja	84,5	76,8	78,9	85,4 ^b	75,1	0,1176
		P	0,4788	0,0685	0,9528	0,0198	0,3136	
LDL (mg dl ⁻¹)	T-21d	Palma	20,68	23,78 ^a	18,98 ^b	20,79	21,76	0,2437
		Soja	19,54	18,97 ^b	24,70 ^a	18,39	20,42	0,5243
		P	0,4666	0,0417	0,0041	0,1145	0,5727	
	T-42d	Palma	22,52	23,52	19,91	19,22 ^b	17,01	0,0706
		Soja	20,08	23,45	18,83	25,12 ^a	19,06	0,0510
		P	0,2517	0,9803	0,6160	0,0259	0,3857	
TRIG (mgdl ⁻¹)	T-21d	Palma	45,90	35,20	34,90	43,00	36,30	0,1288
		Soja	42,00	36,20	48,30	36,00	43,90	0,2690
		P	0,5794	0,8112	0,0965	0,2394	0,1131	
	T-42d	Palma	28,80	35,80 ^a	44,60	36,50	53,90 ^a	<0,0001(L)
		Soja	28,40	29,50 ^b	35,60	44,50	40,10 ^b	0,0158(L)
		P	0,9321	0,0079	0,2411	0,2475	0,0087	
Equações			R ²	Vit. A 1 ^o Derivação		Resp. Estimada		
ALT (Palma T-42d): 0,00049248 vit. A+ 9,65505			0,46					
AST (Palma T-21d): - 0,0000004 vit. A ² + 0,0125651 vit. A + 246,2107692			0,32	15.706		345		
AST (Soja T-21d): 0,0038492 vit. A+ 287,77750			0,30	-		-		
AST (Palma T-42d): 0,00247 vit. A + 268,28250			0,08	-		-		
AST (Soja T-42d): -0,00000114 vit. A ² + 0,02986 vit. A + 251,96615			0,39	13.096		447		
TRIG(Palma T-42d): 0,00086167 vit. A + 32,165			0,45	-		-		
TRIG (Soja T-42d): 0,00054333 vit. A + 30,73			0,21	-		-		

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade, e ração isenta de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade; Letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste T (P<0,05).

Tabela 7 - Taxa de deposição de gordura (TDG) e de proteína (TDP) em frangos de corte aos 21 dias de idade alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos e diferentes suplementações de vitamina A

Fonte lipídica		TDG (g d ⁻¹)		TDP (g d ⁻¹)	
		Palma	Soja		
		3,223	3,281	7,558	7,501
	0	2,611		6,681	
	3.000	3,331		8,344	
	6.000	3,302		7,779	
	12.000	3,552		7,557	
	24.000	3,307		7,348	
Média		3,252		7,529	
CV		16,114		10,173	
EPM		0,050		0,073	
ANOVA					
Fonte*Vitamina A		0,396		<0,001	
Fonte de lipídeo		0,416		0,466	
Vitamina A		<0,001		<0,001	
Regressão		<0,001(Q)		0,0059(Q)	
Equações	R ²	Vit. A 1 ^o Derivação		Resp. Estimada	
TDG: - 0,00000000401768 vit. A ² + 0,00011744 vit. A + 2,78711	0,234	14.615		3,645	

Tabela 8 - Taxa de deposição de proteína (TDP) em g dia⁻¹ em dietas contendo duas fontes de lipídeos e diferentes suplementações de vitamina A para frangos de corte aos 21 dias de idade

		TDP (g d ⁻¹)		
		Soja	Palma	P
	0	6,413 ^b	6,988 ^a	0,0186
	3.000	7,915 ^b	8,772 ^a	<0,0001
	6.000	8,277 ^a	7,280 ^b	0,0004
	12.000	7,639	7,473	0,5535
	24.000	7,366	7,328	0,8784
Média		7,501	7,558	
P (Regressão)		0,008(Q)	0,1320	
Equações	R ²	Vit A 1 ^o Derivação		Resp. Estimada
TDP (soja): -0,000000007 vit. A ² + 0,00018516 vit. A + 6,9829946	0,27	13.225		8,207

Letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste T (P <0,05).

Tabela 9 - Taxa de deposição de gordura (TDG) e de proteína (TDP) em frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos, tempo de suplementação e diferentes níveis de suplementação de vitamina A:

		TDG (g d ⁻¹)	TDP (g d ⁻¹)
Suplementação ¹	T-21 d	8,82	10,49
	T-42 d	8,98	10,60
Fonte Lipídica	Palm	8,87	10,46
	Soy	8,78	10,39
Vitamina A (UI kg ⁻¹)	0	8,64	10,24
	3.000	9,06	10,57
	6.000	8,87	10,61
	12.000	9,09	10,76
	24.000	8,79	10,54
Média		8,82	10,43
CV		0,097	0,098
EPM		11,75	10,02
ANOVA			
Suplementação*Lipídeo*Vitamina		0,0533	0,1862
Suplementação*Lipídeo		0,2020	0,7307
Suplementação*Vitamina		0,9819	0,9004
Lipídeo*Vitamina		0,5395	0,9413
Suplementação		0,3861	0,5414
Fonte lipídeo		0,5661	0,5205
Vitamina A		0,5821	0,5387

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade, e ração isenta de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

Tabela 10 - Placa de crescimento (PC) e cartilagem hipertrófica (CH) de frangos de corte de 42 dias de idade, alimentados com dietas contendo duas fontes lipídicas, com tempos de suplementação e diferentes níveis de vitamina A:

		PC (mm ²)	CH (mm ²)
Suplementação ¹	T-21 d	20.384	42.311
	T-42 d	17.959	39.966
Fonte Lipídica	Palma	19.975	40.988
	Soja	17.734	39.966
Vitamina A (UI kg ⁻¹)	0	17.748	37.932
	3.000	48.507	42.959
	6.000	20.585	36.334
	12.000	19.212	42.646
	24.000	19.643	42.823
Média		18.880	40.483
CV (%)		28.844	23.559
EPM		0.581	1.011
ANOVA			
Suplementação*Lipídeo*Vitamina		0.0164	0.2644
Suplementação*Lipídeo		0.1689	0.8446
Suplementação*Vitamina		0.8920	0.3764
Lipídeo*Vitamina		0.4664	0.7186
Suplementação		0.0233	0.2334
Fonte lipídeo		0.0166	0.6430
Vitamina A		0.6099	0.1300

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade, e ração isenta de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

Tabela 11 - Desdobramento da interação entre o tempo de suplementação de vitamina A, com a fonte de lipídeo e nível suplementado de vitamina A nas variáveis sanguíneas das aves aos 42 dias de idade:

Variável	Suplementação ¹	Lipídeo	Vitamina A (UI kg ⁻¹)					Regressão
			0	3.000	6.000	12.000	24.000	
PC (mm ²)	T-21d ¹	Palma	21,41	20,77	24,24	25,86 ^a	21,57	0,4239
		Soja	18,39	17,03	21,05	15,05 ^b	20,2	0,3682
		P	0,4330	0,2845	0,3730	0,0119	0,6324	
	T-42d ¹	Palma	17,37	18,55	23,76 ^a	14,30	18,59	0,1077
		Soja	14,72	17,35	13,28 ^b	22,19	18,88	0,4311
		P	0,4903	0,3565	0,0121	0,3188	0,9520	

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade, e ração isenta de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade;

²T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste T (P <0,05).

4. INTERAÇÕES ENTRE TEMPO DE SUPLEMENTAÇÃO, FONTE LÍPIDICA E NÍVEIS DE VITAMINA A NA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO

RESUMO: Neste estudo, avaliou-se a influência de dois lipídios, níveis de vitamina A e tempo da suplementação no rendimento de carcaça, cortes e órgãos gastrointestinais e qualidade da carne de frangos de corte aos 42 dias de idade. Foram utilizados 2.300 pintos, machos, distribuídos em esquema fatorial 2x2x5, constituído por duas fontes lipídicas (soja e palma), dois tempos de suplementação (4 a 21 dias; e 4 a 42 dias) e cinco níveis de vitamina A (0; 3.000; 6.000; 12.000; 24.000 UI kg⁻¹), com 10 repetições e 23 aves. No período de 22 a 42 dias de idade, os tratamentos foram redistribuídos, das 10 repetições de cada tratamento, cinco repetições continuaram a receber a dieta do tratamento inicial e as cinco repetições restantes receberam a dieta suplementada com 6.700 UI kg⁻¹. Na fase de 1 a 21 dias de idade das aves, a fonte lipídica (gordura de palma) influenciou (P = 0,002) o peso relativo da gordura abdominal. Os níveis de suplementação de vitamina A influenciaram o peso relativo do fígado, proventrículo e gordura abdominal aos 21 dias de idade. O peso relativo do proventrículo apresentou resposta linear (P = 0,010). Efeito quadrático (P <0,0001) foi encontrado para o peso relativo do fígado e gordura abdominal, resultando em 15.280 e 15.670 UI kg⁻¹ de vitamina A. As características de carcaça aos 42 dias foram influenciadas pela interação entre o tempo de suplementação, tipo de lipídeo e nível de vitamina A. Para o rendimento de carcaça foi obtida suplementação de 15.838 UI kg⁻¹ de vitamina A. O pH da carne foi influenciado pela suplementação de vitamina A, que foi superior ao esperado (24 h *post mortem*). A suplementação vitamínica de 22 a 42 dias de idade aumentou o rendimento de peito das aves, quando comparadas àquelas sem suplementação em todo o período experimental.

Palavras-chave: lipídeos, palma, retinoides, soja, suplementação vitamínica.

INTERACTIONS BETWEEN PERIOD OF SUPPLEMENTATION, LIPID SOURCE AND VITAMIN A LEVELS IN BROILERS MEAT QUALITY

ABSTRACT: In this study, the influence of lipid source, levels and time of vitamin A supplementation on carcass yield, cuts, gastrointestinal organs and meat quality of broilers at 42 days old were evaluated. A total of 2,300 male chicks were distributed in a 2x2x5 factorial design, with two lipid sources (soy and palm), two supplementation times (4 to 21 days; and 4 to 42 days) and five levels of vitamin A (0; 3,000; 6,000; 12,000; 24,000 IU kg⁻¹), in 10 replicates with 23 birds each pen. From 22 to 42 days old, treatments were redistributed, from 10 treatment repetitions, five continued to receive the diet treatment and the remaining five repetitions received the diet supplemented with 6,700 IU kg⁻¹ (one per type of lipid). From 1 to 21 days old the lipid source influenced (P = 0.002) the relative weight of abdominal fat in diets with palm fat. Levels of vitamin A supplementation influenced the relative weight of the liver, proventricle and abdominal fat at 42 days of age. The relative weight of the proventricle showed a linear response (P = 0.010). Quadratic effect (P <0.0001) was found for the relative weight of the liver and abdominal fat, resulting in 15,280 and 15,670 IU kg⁻¹ of vitamin A, respectively. Carcass characteristics at 42 days were influenced by the interaction between supplementation time, type of lipid and level of vitamin A. For carcass yield, supplementation with 15,838 IU kg⁻¹ of vitamin A was obtained. Meat pH was influenced by vitamin A supplementation, which was higher than expected (24h *post mortem*). Vitamin supplementation from 22 to 42 days old increased the breast yield of the birds, when compared to those without supplementation during the whole experimental period.

Keywords: lipid; palm; retinoids; soy; vitamin supplementation.

4.1 Introdução

As formulações de rações para frangos de corte são baseadas principalmente em milho e farelo de soja. No entanto, esses alimentos não possuem quantidades adequadas de energia necessária para que as aves atinjam seu máximo desempenho. Portanto, é necessário incluir nas rações ingredientes com maior densidade energética, como óleos e gorduras, que podem melhorar a utilização de nutrientes, reduzindo a taxa de passagem, aumentando a absorção de vitaminas lipossolúveis e fornecendo ácidos graxos (BAVARESCO et al., 2018).

O uso do óleo de soja apresenta muitas vantagens, pois possui alto teor de ácidos graxos essenciais, além de que sua composição permite hidrogenação e fracionamento, características críticas para a indústria de alimentos (SILVA e GIOIELLI, 2006). A gordura extraída da palma (*Elaeis guineensis*) tem sido a gordura vegetal mais consumida no mundo, sua produção por hectare é muito maior que a de outras oleaginosas, pois há maior eficiência na transformação de energia solar em óleo vegetal (ANTONINI; VELOSO e MALAQUIAS, 2015). No entanto, existem poucos estudos sobre o uso de gordura de palma na nutrição de animais monogástricos.

Além da importância dos lipídios, para garantir a ingestão adequada de energia pelas aves, esse nutriente tem grande importância na absorção de outros micronutrientes que asseguram a vida, como as vitaminas lipossolúveis.

É difícil estabelecer níveis adequados de suplementação vitamínica para frangos de corte e os resultados são incompatíveis devido a desafios no campo, que podem resultar em subestimação dos requisitos reais das aves.

Ogunmodede (1981) conduziu estudos para estabelecer os requerimentos de vitamina A para aves Rhode Island Red criadas na Nigéria e verificou que a deficiência de vitamina A resultou em crescimento reduzido de aves dos 19 aos 24 dias de idade. Os autores estabeleceram que o requisito mínimo de vitamina A para essas aves seria de 900 UI kg⁻¹ de ração. O autor também avaliou quatro linhagens comerciais diferentes e observou uma relação entre a exigência de vitamina A e ganho de peso, conversão alimentar e armazenamento de vitamina A no fígado, concluindo que, para condições de produção na Nigéria, o melhor nível de suplementação de vitamina A seria 1.500 UI kg⁻¹ de alimento.

Abawi et al. (1985) avaliaram níveis crescentes de suplementação de vitamina A (2.000; 10.000 e 18.000 UI kg⁻¹ de ração) em frangos de corte de 14 a 42 dias de idade com três níveis de sebo bovino (0; 3 e 6%). Eles observaram um aumento linear na concentração de vitamina A no fígado devido a suplementação de vitamina A, mas sem influência dos

níveis de gordura na dieta. Em um segundo estudo, foram utilizados 7 (sete) níveis de sebo bovino (0; 1; 2; 3; 4; 5 e 10%) e uma suplementação fixa de vitamina A ($14.500 \text{ UI kg}^{-1}$ na ração), resultando em maior concentração hepática de vitamina A quando a inclusão foi de 5% de sebo bovino. Os autores relataram que a adição de gordura nas dietas melhorou a absorção, transporte e retenção de vitamina A pelas aves.

Avaliações para determinar os requisitos de vitamina A para frangos de corte são necessárias, pois o desempenho dos animais é constantemente aprimorado e a suplementação correta de nutrientes pode melhorar a eficiência da produção e reduzir os danos metabólicos às aves. Da mesma forma, entender se o tipo de lipídeo adicionado às rações interfere nesse processo é importante.

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência de duas fontes lipídicas (gordura de palma e óleo de soja), diferentes níveis de vitamina A e tempo pelo qual as aves receberam a suplementação vitamina A no rendimento de carcaça, cortes e órgãos do trato gastrointestinal, qualidade da carne de frangos de corte aos 42 dias de idade.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Aves e desenho experimental

Todos os procedimentos utilizados no estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética no uso de animais (CEUA) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, sob o número 01/19.

Um total de 2.300 pintos de corte, machos da linhagem Cobb 500, de um dia de idade, foram obtidos de um incubatório comercial, com peso inicial médio de $43,35 \pm 0,59\text{g}$, e alocados em um delineamento inteiramente casualizado, em um esquema fatorial $2 \times 2 \times 5$. Os tempos de suplementação foram definidos como T-21d, quando as aves receberam o tratamento teste (suplementação de vitamina A) até o 21º dia de idade, e receberam uma dieta com a suplementação de 6.700UI kg^{-1} a partir de 22 dias até 42 dias de idade e como T-42d quando as aves foram suplementadas com os tratamentos experimentais durante todo o período experimental.

4.2.2 Dietas Experimentais

De um a três dias de idade, as aves receberam dietas sem suplementação de vitamina A, ou seja, as aves foram submetidas aos tratamentos de 4 a 21 dias de idade. Dos 22 aos 42 dias de idade, os tratamentos foram redistribuídos: de dez repetições de cada tratamento, cinco continuaram recebendo o tratamento inicial (4 a 21 dias) e as cinco repetições restantes receberam uma ração contendo 6.700 UI kg^{-1} de vitamina A. Para a redistribuição dos tratamentos, foram avaliadas as características da unidade experimental para garantir a homogeneidade entre as repetições dos tratamentos.

As dietas experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com as exigências propostas por Rostagno et al. (2011), para cada fase, exceto para vitamina A. Para fins de suplementação de vitamina A, não foram considerados os valores advindos dos ingredientes constituintes das dietas. Na elaboração das dietas experimentais, foi utilizado um premix vitamínico (PX Vit) contendo vitaminas D, E e K; Vitaminas B e selênio, e um premix mineral contendo fontes de ferro, zinco, cobre, iodo, cobalto, manganês (Tabela 1). Para a suplementação de vitamina A foi adicionado acetato de retinil, em substituição ao inerte.

O perfil de ácidos graxos esperados para as duas fontes de lipídeos avaliados estão descritos na Tabela 2. Para a formulação das dietas, os valores de energia metabolizável aparente para o óleo de soja e a gordura de palma utilizados foram 9.315 e $7.510 \text{ kcal kg}^{-1}$, respectivamente.

4.2.3 Órgãos e rendimento de carcaça e cortes

As aves foram abatidas de acordo com a Resolução Normativa nº 37, de 15 de fevereiro de 2018, da CONCEA, que estabelece as Diretrizes de Prática de Eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal.

A ração foi retirada 6 (seis) horas antes do abate, mas as aves permaneceram com acesso livre à água. Os frangos foram insensibilizados por eletronarcole seguida de sangria por corte ventral no pescoço. Em seguida, as carcaças foram escaldadas a 60°C por 30 segundos e as penas foram retiradas mecanicamente usando equipamento comercial. Após a remoção das penas, vísceras, gordura abdominal, pés e pescoço, os pesos da carcaça e órgãos eviscerados foram medidos e, em seguida, a carcaça foi resfriada em uma mistura estática de gelo e água por uma hora e drenada por 10 minutos.

Aos 21 dias de idade, dois frangos foram selecionados aleatoriamente por UE (n = 200) para avaliar o peso relativo (% do peso vivo) dos órgãos do trato gastrointestinal (proventrículo, moela, intestino delgado, pâncreas, fígado e gordura abdominal) e o comprimento do intestino delgado.

Aos 42 dias de idade, três aves selecionadas aleatoriamente por UE (n = 300) foram utilizadas para avaliação do rendimento de carcaça e dos cortes. Carcaça, peito, pernas e asa foram pesadas e seu rendimento calculado em porcentagem do peso vivo no abate.

4.2.4 Avaliações da qualidade da carne

4.2.4.1 pH e coloração

Aos 15 minutos e 24 horas *post mortem*, o pH foi mensurado no músculo *Pectoralis major* direito usando um medidor de pH (HI 99163). O medidor de pH foi calibrado usando o método de 2 pontos, com soluções tampão padrão com valores de pH de 4,0 e 7,0. A sonda do medidor de pH foi inserida no filé de peito do *Pectoralis major* a um ângulo de 45° e lavada com água deionizada entre as amostras. Cada valor foi expresso como a média das duas medições.

Além disso, aos 15 minutos e 24 horas *post mortem*, a cor da carne foi expressa no sistema de cor CIELAB, luminosidade (L - nível escuro a claro), vermelhidão (a* - intensidade vermelho / verde) e amarelamento (b* - intensidade amarelo / azul) utilizando um colorímetro (Konica Minolta Sensing CR-400). O colorímetro foi calibrado com referência em preto e branco antes do uso. As avaliações foram realizadas no centro de cada seção muscular e o valor foi expresso como a média de três medidas. As medidas das cores foram determinadas à temperatura ambiente (20-25°C) na superfície de cada amostra muscular, em três locais selecionados aleatoriamente, usando iluminante difuso e observador de ângulo de 0°.

4.2.4.2 Capacidade de retenção de água; perda por cocção e força de cisalhamento

O filé de peito esquerdo foi separado para avaliação da capacidade de retenção de água (CRA), seguindo a metodologia proposta por Nakamura e Katok (1985). Amostras de aproximadamente 1g de peito foram embrulhadas em papel filtro, centrifugadas a 2.000 rpm

por 4 min, pesadas, secas em estufa a 70°C por 12 horas, e novamente pesadas para o cálculo da capacidade de retenção de água.

Para realizar a análise de perda de cocção (PPC), os filés de peito foram pesados, embalados em papel alumínio e cozidos em uma placa elétrica tipo comercial com aquecimento de até 180°C, foi considerado cozido o peito que atingiu a temperatura interna de 80°C. As amostras foram mantidas em repouso até a temperatura estabilizar com a temperatura ambiente e pesadas novamente para obter a PPC (HONIKEL, 1998).

Para análise da força de cisalhamento (FC), as amostras de peito cozidas foram cortadas em quatro retângulos (1,0 x 1,0 x 4,0 cm), sempre com as fibras orientadas perpendicularmente à lâmina, e determinaram a resistência ao cisalhamento (kgf cm^{-2}) usando uma Textura Brookfield CT3 Analisador, acoplado à sonda TA 3/100, dispositivo TA - SBA, calibrado com 0,01 kgf, deformação 20 mm, velocidade de teste 2,5 mm s^{-1} .

4.2.4.3 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

Os valores de TBARS foram obtidos da carne da coxa imediatamente após o abate (dia 0) e após armazenamento a -20°C durante 7, 30 e 60 dias. As análises foram realizadas de acordo com a metodologia adaptada de Vyncke (1975) e Sorensen e Jorgensen (1995). Os aldeídos foram extraídos homogeneizando 10 ml de solução de ácido tricloroacético (7,5%) e BHT (0,2%) com 2,5g da amostra de carne. Em seguida, o sobrenadante foi filtrado em papel filtro qualitativo. Alíquotas de 3ml foram adicionadas a 3ml de solução de ácido tiobarbitúrico (TBA) e essa mistura foi mantida por 40 minutos a 80°C em banho-maria quando as amostras foram resfriadas adequadamente, uma leitura por espectrofotômetro foi realizada com uma absorvância e comprimento de onda de 538 nm. Foi utilizada curva padrão de 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP), e os resultados expressos em miligramas de malonaldeído (MDA) por quilograma de carne.

4.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de normalidade pelo teste de Shapiro Wilk. Posteriormente, foi realizada a análise de variância (ANOVA), considerando os efeitos isolados e a interação entre os fatores estudados o tempo decorrida de suplementação, a fonte lipídica e os níveis de vitamina A. Para a avaliação dos efeitos isolados, foi utilizado o teste F com 5% de probabilidade para comparar períodos de suplementação e fontes lipídicas, e

análises de regressão para comparações entre os níveis de vitamina A pelo procedimento PROC GLM e as equações foram obtidas através de contrastes ortogonais polinomiais e os coeficientes gerado pelo PROC IML. O software estatístico utilizado para as avaliações foi o SAS® University Edition, versão estudante.

4.4 Resultados

Aos 21 dias de idade, não foi observada interação ($P>0,05$) entre a fonte lipídica e a suplementação de vitamina A no peso relativo dos órgãos do trato gastrointestinal (Tabela 3). No entanto, a fonte lipídica influenciou ($P=0,002$) o peso relativo da gordura abdominal. Aves que receberam dietas com gordura de palma apresentaram maior percentual de gordura abdominal em comparação às aves que receberam dietas com óleo de soja. Os níveis de suplementação de vitamina A influenciaram o peso relativo do fígado, proventrículo e gordura abdominal.

O peso relativo de proventrículo apresentou resposta linear decrescente ($P=0,010$) aos níveis de vitamina A. A análise de regressão resultou em efeito quadrático ($P<0,0001$) para o peso relativo do fígado e gordura abdominal, estimando o valor de 15.280 e 15.670 UI kg^{-1} de vitamina A, e em respostas de 3,02 e 1,32%, respectivamente para o peso relativo do fígado e gordura abdominal.

Aos 42 dias de idade, não houve interação ($P>0,05$) entre o tempo de suplementação, fonte lipídica e nível de vitamina A para as variáveis de rendimento de carcaça e gordura abdominal de frangos de corte (Tabela 4). No entanto, foi observada interação entre o tempo pelo qual as aves foram suplementadas e a fonte lipídica para peso relativo das asas ($P=0,0096$) e interação entre o tempo de suplementação e o nível de vitamina A no peso relativo da carcaça ($P=0,0003$), peito ($P=0,0054$), pâncreas ($P=0,0265$) e gordura abdominal ($P=0,0045$). Também houve interação entre a fonte lipídica e o nível de vitamina A para o peso da carcaça ($P=0,0275$).

O desdobramento da interação entre a suplementação de vitamina A e a fonte lipídica mostrou maior peso de asa ($P=0,0434$) nos frangos alimentados com rações contendo gordura de palma de 4 a 21 dias de idade, e ração com 6.700 UI kg^{-1} de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade (Tabela 5). No entanto, quando as aves receberam as rações com o mesmo nível de vitamina A de 4 a 42 dias de idade, o peso das asas foi maior nas dietas contendo óleo de soja ($P<0,0001$).

Avaliando o desdobramento da interação entre o tempo pelo qual as aves foram suplementadas e o nível de vitamina A suplementado, frangos alimentados com dietas com 0 e 3.000 UI kg⁻¹ de vitamina A apresentaram maior peso de carcaça quando as aves receberam os tratamentos até 21 dias de idade e passaram a receber a dieta com suplementação de 6.700 UI kg⁻¹ de vitamina A de 22 a 42 dias de idade (Tabela 6). Enquanto que, pela análise de regressão, foi encontrada uma resposta quadrática nos dois tempos de suplementação avaliados (T-21d e T-42d), com a resposta máxima de 15.930 e 15.233 UI kg⁻¹, e respostas estimadas em 2.215 e 2.248 g, respectivamente, para os tempos de suplementação T-21d e T-42d.

Rações suplementadas com 6.000 e 12.000 UI kg⁻¹ de vitamina A, apresentaram os melhores rendimentos de carcaça nas aves suplementadas durante todo o período experimental (T-42d), com resposta quadrática estimando nível de 15.838 UI kg⁻¹ de vitamina A, para melhor resultado em 70,89%.

Aves alimentadas com 0 UI kg⁻¹ de vitamina A apresentaram maior rendimento de peito quando passaram a receber dieta com suplementação de 6.700 UI kg⁻¹ de vitamina A a partir de 22 dias de idade (T-21d). No entanto, quando as aves foram alimentadas com as suplementações de 6.000 UI kg⁻¹ de vitamina A, o melhor resultado foi obtido pelas aves suplementadas com vitamina A de 4 a 42 dias de idade (T-42d) (Tabela 6). Observou-se resposta quadrática, e pela derivação da equação a suplementação de 14.359 UI kg⁻¹ de vitamina A foi obtida, e resultaria em 29,96% do peso relativo do peito.

O maior peso relativo do pâncreas aos 42 dias de idade foi obtido quando as aves receberam o tratamento 0 UI kg⁻¹ de suplementação de vitamina A durante 4 a 21 dias de idade (T-42d). No entanto, apenas o nível de suplementação de 12.000 UI de kg⁻¹ diferiu entre os tempos de suplementação utilizados (Tabela 7). Pela análise de regressão resposta quadrática (P=0,0002) foi obtida, resultando em suplementação de 14.435 UI kg⁻¹ de vitamina A para resposta de 0,25%.

O peso relativo da gordura abdominal foi menor em frangos de corte alimentados com uma dieta contendo 0 UI kg⁻¹ de vitamina A de 4 a 42 dias (T-42d), em comparação aos que foram alimentados de 4 a 21 dias seguida de suplementação com uma ração com 6.700 UI kg⁻¹ de vitamina A de 22 a 42 dias de idade (T-21d) (Tabela 7). Quando as aves receberam os tratamentos de 4 a 21 dias de idade, a suplementação de 18.809 UI kg⁻¹ de vitamina A resulta em um maior percentual de gordura abdominal, em 2,64%. Enquanto que quando estas foram suplementadas de 4 a 42 dias, a suplementação de 17.892 UI kg⁻¹ de vitamina A resultou em máxima deposição de gordura abdominal em 2,77 g.

O rendimento de carcaça aos 42 dias de idade foi influenciado pela fonte lipídica da dieta em função do nível de vitamina A (Tabela 8). Suplementação de 0 e 24.000 UI kg⁻¹ de vitamina A, resultaram em maiores pesos relativos da carcaça quando as aves receberam dietas com óleo de soja. A análise de regressão encontrou resposta linear crescente para o rendimento de carcaça aos 42 dias, quando as aves foram alimentadas com dietas contendo óleo de soja. Para dietas contendo gordura de palma, foi encontrada resposta quadrática e a suplementação de 13.466 UI kg⁻¹ de vitamina A fornece a melhor resposta, 70,09%.

Não foi observada interação entre o tempo de suplementação, fonte lipídica e nível de vitamina A na cor da carne dos frangos aos 42 dias de idade (Tabela 9). No entanto, foi obtida uma interação entre o tempo de suplementação e o nível de vitamina A da dieta na luminosidade do peito (L*) e pH da carne do peito, intensidade de vermelho (a*) e amarelo (b*) na carne da coxa às 24h *post mortem*.

O pH do peito foi influenciado pelo nível de suplementação de vitamina A (P=0,0054) e tempo de suplementação (P=0,0212) aos 15 minutos *post mortem* e suplementação de vitamina A às 24h *post mortem* (P=0,0011). Aves que receberam suplementação de vitamina A até 21 dias de idade seguida por ração com 6.700 UI kg⁻¹ de vitamina A de 22 a 42 dias de idade, apresentaram maior pH do peito aos 15 min *post mortem*.

A fonte lipídica utilizada nas dietas para frangos aos 42 dias interferiu nos valores obtidos na intensidade de amarelo (b*) da carne de peito aos 15 min (P=0,0016), e na intensidade de amarelo (b*) na carne de coxa aos 15 min e às 24h *post mortem*. O nível de suplementação de vitamina A influenciou a luminosidade (L*) 15 min *post mortem* e a intensidade de amarelo (b*) às 24 h na carne de peito, e na intensidade de vermelho (a*) na carne da coxa 15 min *post mortem*. As análises de regressão resultaram em resposta linear decrescente para a intensidade de amarelo (b*) às 24h na carne de peito (P=0,0038), e para o intensidade de vermelho (a*) na cor da coxa aos 15 min (P=0,0018) *post mortem* de aves aos 42 dias de idade. Para a luminosidade (L*) do peito aos 15 min *post mortem*, foi obtida a resposta quadrática, que resultou em suplementação de 8.924 UI kg⁻¹ de vitamina A para a luminosidade (L*) de 48,47.

O pH da coxa às 24h *post mortem* foi influenciado pelo nível de vitamina A e pelo tempo que as aves foram suplementadas com a vitamina A (Tabela 10). Quando as aves foram suplementadas com 0 UI kg⁻¹ de vitamina A, os menores valores de pH às 24h foram obtidos em aves que receberam vitamina A durante todo o período experimental (4 a 42 dias de idade) (P=0,011). Para o tempo de suplementação de 4 a 42 dias de idade (T-42d), a análise de

regressão encontrou resposta quadrática ($P=0,035$), onde pelo desdobramento da equação a suplementação de $12.874 \text{ UI kg}^{-1}$ de vitamina A, resultaria em pH da coxa às 24h de 6,24.

A luminosidade (L^*) da carne da coxa às 24h *post mortem* foi influenciada pelo tempo que as aves foram suplementadas e pelo nível de vitamina A, sendo a maior luminosidade (L^*) na carne da coxa das aves que receberam os tratamentos de 4 a 42 dias de idade (Tabela 11). De 4 a 42 dias de idade, a análise de regressão encontrou uma resposta linear decrescente para a luminosidade (L^*) da coxa das aves aos 42 dias de idade.

Não houve interação entre o tempo de suplementação, fonte lipídica e nível de vitamina A na capacidade de retenção de água (CRA), perda de cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC) na carne dos frangos aos 42 dias (Tabela 12). No entanto, foi encontrada interação entre o tempo de suplementação de vitamina A e o nível de vitamina A utilizado ($P=0,0369$) na capacidade de retenção de água. A suplementação de 6.000 UI kg^{-1} de vitamina A diferiu na capacidade de retenção de água entre os dois tempos de suplementação avaliados aos 42 dias de idade. As aves suplementadas dos 4 aos 42 dias de idade, apresentaram uma resposta quadrática, pela derivação da equação, foi observado que a suplementação de $12.874 \text{ UI kg}^{-1}$ de vitamina A resulta em capacidade de retenção de água de 70,15%.

Ao avaliar a peroxidação da carne da coxa de frangos de corte aos 42 dias de idade, mensurando as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico no tempo 0 (hora do abate), e armazenada a -20°C aos 7, 30 e 60 dias após o abate, não foi observada interação entre os fatores avaliados (Tabela 13). No entanto, a suplementação de vitamina A influenciou a produção de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico aos sete dias de armazenamento a -20°C , mas pela análise de regressão esta não foi estatisticamente significativa ($P=0,0948$).

4.5 Discussão

A deposição de gordura corporal depende do balanço líquido entre a gordura absorvida da dieta, a síntese de gordura e o catabolismo da gordura corporal por energia (MOHAMMED; HORNIÁKOVÁ, 2012). A maior deposição de gordura nos frangos de corte alimentados com gordura de palma como fonte lipídica pode estar relacionada com a composição desta, que é composta principalmente por ácidos graxos saturados (Tabela 2). O grau de saturação dos ácidos graxos da dieta pode influenciar na deposição de gordura pelas aves, devido a diferentes sinais de regulação retroativa da síntese endógena, ou por diferenças na absorção de cada tecido ou por alguma alteração no metabolismo dos ácidos graxos (SANZ et al., 1999).

A hipovitaminose A pode ter interferido no metabolismo energético e lipídico das aves aos 21 e 42 dias de idade, uma vez que foram encontrados depósitos de gordura abdominal inferior com suplementação de 0 e 3.000 UI kg⁻¹. Estudos com humanos e camundongos mostraram que a produção de ácido retinóico autócrino pelas enzimas Aldh1 (aldeído desidrogenase-1) tem sua regulação na formação de gordura, podendo avaliar por testes *in vitro* e *in vivo* a influência de vias retinóides ácidas como adipogênese, no entanto, são necessários mais estudos para afirmar que a mesma influência ocorre em aves (YASMMEN et al., 2012).

O fígado é responsável pelo armazenamento, metabolismo e distribuição da vitamina A em diferentes tecidos (RAMALHO, 2010). Além disso, também é considerado o local de depósito da vitamina A, de modo que o aumento crescente do peso relativo do fígado aos 21 dias de idade resulta da necessidade de aumento do metabolismo dessa vitamina, pois doses mais altas foram administradas às aves e elas estão em desenvolvimento. Embora aos 42 dias de idade a vitamina influencie o peso relativo do fígado, o maior peso foi obtido quando as aves receberam 0 UI kg⁻¹ de tratamento com vitamina A, que pode ser o resultado de um aumento do esforço hepático de manter a homeostase das aves em uma condição de hipovitaminose A. Os resultados indicam que a deficiência de vitamina A interfere no peso da moela e do proventrículo aos 21 dias de idade, e essa alteração pode estar relacionada à sua função na regulação da proliferação celular e intracelular (SURAI et al., 2003).

As respostas observadas no peso da carcaça aos 42 dias foram semelhantes em todas as avaliações, mostrando que as variáveis: tempo de suplementação com vitamina A, fonte lipídica e o nível de suplementação de vitamina A interferem nos resultados. Nas aves que receberam o tratamento 0 UI kg⁻¹ de vitamina A de 4 a 42 dias de idade, o menor peso da carcaça foi refletido no peso relativo dos demais cortes. No entanto, o mesmo não ocorreu quando as aves foram suplementadas com vitamina A de 4 a 21 dias de idade, e passaram a receber uma dieta suplementada em 6.700 UI kg⁻¹ de vitamina A. Isso indica que havia deficiência de vitamina A e que a vitamina A interfere no desenvolvimento adequado dos tecidos e no metabolismo adequado da ave.

Segundo Guerra (2016), é possível que entre as funções da vitamina A estejam a formação e a proteção das membranas e mucosas, influenciando o crescimento e a regulação do metabolismo nutricional, o que resultaria em alterações na deposição muscular e influenciaria o peso e a qualidade da carcaça, além de desempenhar um papel no metabolismo lipídico pela influência na composição e deposição de gordura.

A mudança em sua estrutura bioquímica que ocorre na transformação do músculo em carne pode influenciar na capacidade de retenção de água da carne. A alta concentração de fibras musculares glicolíticas no peito das aves (*Pectoralis major*) tendem a sofrer um rápido declínio *post mortem* e, conseqüentemente, tem valores mais baixos de capacidade de retenção de água (BOWKER e ZUANG, 2015).

Segundo Petracci et al. (2015), antes do abate, o músculo das aves tem $\text{pH} > 7$, porém reduz para 5,8 a 5,9, 6h após o abate, quando essa carne é chamada de PSE (pálida, macia e exsudativa), ocorre rápida acidificação, onde num período de 1h *post mortem*, apresentará um pH abaixo de 6. Outra possibilidade é quando a carne é "ácida", ou seja, a taxa de acidificação ocorre em um período padrão, mas atinge um pH abaixo do normal, independentemente da causa, a cor é pálida e a presença de água é mais baixa, reduzindo a capacidade de retenção de água. Pelo contrário, com o pH alto ($6,26 \pm 0,19$), baixa luminosidade ($50,34 \pm 3,91$) e alta capacidade de retenção de água serão as denominadas carne DFD (escura, firme e seca) (JIANG et al., 2017). Esses resultados podem refletir na crescente ocorrência de miopatia que vem afetando o setor de produção avícola. Segundo Mazzoni et al. (2015), atualmente, quase todos os filés de peito de frango utilizadas em sistemas de cultivo intensivo apresentam lesões relacionadas a miopatias de peito, como *white striping* (estrias brancas) ou *wooden breast* (peito amadeirado).

Não foram encontrados resultados de pH considerados adequados nas avaliações 24h *post mortem*. A capacidade de retenção de água neste estudo mostrou a interação entre o período de suplementação e o nível de vitamina A, com resposta quadrática quando o período de administração da vitamina foi de 4 a 42 dias de idade, o que indica uma influência desse nutriente na qualidade final de carne de frango.

Valores mais baixos de intensidade de vermelho (a^*), acompanhados de maior luminosidade (L^*) e intensidade de amarelo (b^*), que indicam uma carne pálida e de menor aceitação do consumidor, que sempre busca mais carne mais rosada, com aparência fresca. Quando a carne apresenta altos valores de luminosidade (L^*), pode significar que ocorreu uma rápida taxa de glicólise *post mortem*, o que resultou em acentuada redução no pH e, conseqüentemente, na cor (OBA et al., 2007). Desnaturação proteica mais alta resulta em maior luminosidade (L^*), como resultado da liberação de fluido extracelular mais significativa (GUERRA, 2016). De acordo com Qiao et al. (2001), a carne de frango pode ser classificada como pálida quando $L^* > 53$; padrão de 48 a 53; e escuro $L^* < 46$. Avaliando os resultados deste estudo, os valores obtidos indicam que tanto as carnes do peito quanto da coxa das aves classificam-se como pálida.

O processo de descoloração da carne prejudica sua aparência e ocorre quando a oximioglobina é convertida em metamioglobina, conseqüentemente, uma redução na estabilidade oxi-redox, em vez da oxidação de aminoácidos específicos. Quando os ácidos graxos insaturados são oxidados em fosfolipídios e triacilglicerol (oxidação lipídica), é observada uma alteração no sabor da carne, e o aumento ou redução da velocidade dessas reações bioquímicas ocorre pela ação desses produtos de oxidação, tanto da mioglobina quanto dos lipídios. Atualmente, estudos recentes descobriram um aumento simultâneo entre a oxidação lipídica e a descoloração da carne (FAUSTMAN et al., 2010). Os resultados sugerem que a vitamina A exerce alguma influência nesse processo, uma vez que influencia os níveis de vitamina na dieta (com ou sem o efeito do período de suplementação) para a intensidade de vermelho (a^*) da coxa aos 15 min e 24 horas *post mortem*.

Os efeitos associados à fonte de gordura na dieta encontrados para a cor da carne da coxa na variável intensidade de amarelo (b^*) aos 15 min e 24h *post mortem* possivelmente se correlacionaram com a diferença na composição química dos lipídios da dieta, como grau de insaturação, tanto de modo que os resultados foram menores nas dietas com gordura de palma quando comparadas ao óleo de soja (Tabela 2). De acordo com Sanz et al. (2000), dietas contendo concentrações mais altas de gorduras poli-insaturadas parecem ter maior oxidação de gordura *in vivo*, ou seja, menor acúmulo de energia corporal quando comparadas a dietas ricas em gordura saturada, possivelmente interferindo na oxidação da mioglobina e resultando em carnes mais pálidas, como foi observado quando a gordura de palma foi usado.

A baixa disponibilidade de ácido linoleico e linolênico na gordura de palma (Tabela 2) pode ser um fator que possa ter influenciado nos resultados relacionados a alterações metabólicas das aves. A deficiência desses ácidos graxos pode resultar em redução do crescimento e sistema imune. Sintomas de deficiência de ácido linoleico em frangos de corte reduz o crescimento, aumenta o consumo de água e pode reduzir a resistência a doenças (RAVINDRAN et al., 2016).

A presença de gordura na carne pode resultar em oxidação lipídica com conseqüente ranço e sabor desagradável; o local do início das alterações oxidativas da carne inicia nos fosfolipídios da membrana (MERCIER et al., 1998). A oxidação lipídica é causa significativa da perda de frescor e deterioração da qualidade da carne, e a mensuração das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico é um importante parâmetro oxidativo que pode refletir o grau de oxidação (XIONG et al., 2015). A falta de mudança nos níveis de oxidação lipídica medidos pelas substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico pode estar relacionado ao fato de que a vitamina A e a vitamina E interagem uma com a outra. A redução ou retirada da

vitamina A das dietas pode aumentar os depósitos de vitamina E, consequentemente melhorando a qualidade da carne, pois devido à sua ação antioxidante, a vitamina E garante a estabilidade da carne e das estruturas celulares, reduzindo os efeitos causados pela oxidação lipídica (AYUSO et al., 2015). Ainda segundo os mesmos autores, possivelmente a vitamina A e a vitamina E são antagonistas, e a redução ingestão de uma resultaria em maior armazenamento hepático da outra.

Entretanto, novas avaliações quanto à influência da vitamina A e sua interação com o tipo de gordura da dieta devem ser realizadas, pois segundo Ayala et al. (2014), o malondialdeído (MDA) tem sido amplamente utilizado como biomarcador da peroxidação lipídica devido à sua fácil reação com ácido tiobarbitúrico, mas, de acordo com estes, o teste de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) é muito inespecífico, o que causa controvérsia sobre o uso isolado da quantificação de malonaldeído a partir de amostras *in vivo*.

4.6 Conclusões

Aos 21 dias de idade, a gordura de palma aumentou o peso relativo da gordura abdominal. Ainda aos 21 dias de idade o peso relativo de proventrículo apresentou resposta linear decrescente ($P=0,010$), enquanto que a regressão mostrou efeito quadrático para o peso relativo do fígado e gordura abdominal resultou em valores estimados de 15.280 e 15.670 UI kg^{-1} de vitamina A, respectivamente.

Para o rendimento de carcaça a suplementação de 15.838 UI kg^{-1} de vitamina A resulta em melhor resposta de 70,89%. Melhoria do rendimento de carcaça foi observado quando as aves que receberam o tratamento 0 UI kg^{-1} passaram a receber ração com suplementação de 6.700 UI kg^{-1} de vitamina A a partir dos 22 dias de idade, quando comparadas as aves que continuaram a receber a dieta sem suplementação de vitamina A.

O pH da carne foi influenciado pela suplementação de vitamina A (24 h *post mortem*); no entanto, nenhum efeito adverso foi encontrado nos demais parâmetros avaliados. A hipovitaminose pode ser reduzida com suplementação de vitamina A para aves, mas os resultados não são semelhantes aos das aves que foram suplementadas adequadamente.

4.7 Referências

- ABAWI, F. G.; SULLIVAN, T. W.; SCHEIDELER, S. E. Interaction of Dietary Fat with Levels of Vitamins A and E in Broiler Chicks. **Poultry Science**, v. 64, p. 1192–1198, 1985.
- ANTONINI, J. C. A.; VELOSO, R. F.; MALAQUIAS, J. V. Produtividade de óleo da palma de óleo cultivada com irrigação suplementar nas condições de clima tropical de savana. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 23., 2015, São Cristovão/SE. **Anais...** São Cristovão: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, [2015]. Disponível em: < <http://www.abid.org.br/cd-xxv-conird/PDF/189.pdf>> . Acesso em: 19/11/2018.
- AYALA, A.; MUÑOZ, M. F.; ARGÜELLES S. Lipid Peroxidation: Production, Metabolism, and Signaling Mechanisms of Malondialdehyde and 4-Hydroxy-2-Nonenal. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v.2014, p.1-31, 2014.
- AYUSO, M.; ÓVILO, C; FERNÁNDEZ, A.; NUÑEZ, Y.; ISABEL, B; DAZA, A.; LÓPEZ-BOTE, C. J.; REY, A. I. Effects of dietary vitamin A supplementation or restriction and its timing on retinol and -tocopherol accumulation and gene expression in heavy pigs. **Animal Feed Science Technology**, v.202, p.62–74, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.01.014>.
- BAVARESCO, C.; ZIEGLER, V.; LOPES, D. C. N.; ELIAS, M. C.; XAVIER, E. G.; ROLL, V. F. B. Coprodutos do óleo de soja na dieta de codornas: impactos sobre a qualidade durante o armazenamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p.1-8, 2018.
- BOWKER, B.; ZUANG, H. Relationship between water-holding capacity and protein denaturation in broiler breast meat. **Poultry Science**, v.94, p.1657–1664, 2015.
- FAUSTMAN, C.; SUN, Q.; MANCINI, R.; SUMAN, S. P. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. **Meat Science**, v.86, p.86–94, 2010.
- GUERRA, A. F. Q. **Vitamina A e vitamina D₃ na alimentação de Frangos de corte**. 2016. 102f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v.49, p.447-457, 1998.
- JIANG, H.; YOON, S. C.; ZHUANG, H.; WANG, W.; YANG, Y. Evaluation of factors in development of Vis/NIR spectroscopy models for discriminating PSE, DFD, and normal broiler breast meat. **British Poultry Science**, v.58, p.673-680, 2017.
- MAZZONI, M.; PETRACCI, M.; MELUZZI, A.; CAVANI, C.; CLAVENZANI, P. ; SIRRI, F. Relationship between pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat. **Poultry Science**, v.95, p.123-130, 2015. doi: <https://doi.org/10.3382/ps/peu043>.
- MERCIER, Y.; GATELLIER, P; VIAU, M.; REMIGNON, H. RENERRE, M. Effect of Dietary Fat and Vitamin E on Colour Stability and on Lipid and Protein Oxidation in

- Turkey Meat During Storage. **Meat Science**, v.48, p.301-318, 1998. doi: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00113-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00113-7).
- MOHAMMED, H. A.; HORNIÁKOVÁ, E. Effect of Using Saturated and Unsaturated Fats in Broiler Diet on Carcass Performance. **Slovak Journal of Animal Science**, v.45, p.21-29, 2012.
- NAKAMURA, M.; KATOK, K. Influence of thawing method on several properties of rabbit meat. **Bulletin of Ishikawa Prefec. Coll. of Agric.**, v.11, p.45-49, 1985.
- OBA, A.; SOUZA, P. A.; SOUZA, H. B. A.; LEONEL, F. P.; PELICANO, E. R. L.; ZEOULA, N. M. B.; BOLELLI, I. C. Qualidade da carne de frangos de corte submetidos a dietas suplementadas com crômio, criados em diferentes temperaturas ambientais. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.29, p.143-149, 2007.
- OGUNMODEDE, B. K. Vitamin a requeriment of broiler chicks in nigeria. **Poult Science**, v.60, p.2622-2627, 1981.
- PETRACCI, M.; MUDALAL, S.; SOGLIA, F.; CAVANI, C. Meat quality in fast-growing broiler chickens. **World Poultry Science Journal**, v.71, p.363-374, 2015.
- QIAO, M.; FLETCHER, D. L.; SMITH, D. P.; NORTHCUTT, J. K. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Science**, v.80, p.676–680, 2001.
- RAMALHO, A. **Vitamina A**. In: Série de publicações ILSI Brasil: funções plenamente reconhecidas de nutrientes, v. 4, ILSI Brasil, São Paulo, 2010.
- RAVINDRAN, V.; TANCHAROENRAT, P.; ZAEFARIAN, F.; RAVINDRAN G. Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilization. **Animal Feed Science and Technology**, v. 213, p. 1–21, 2016.
- ROSTAGNO, S. H.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2011, 252p.
- SANZ, M.; LOPEZ-BOTE, J.; MENOYO, D.; BAUTISTA, J. M. Abdominal fat deposition and fatty acid synthesis are lower and b-oxidation is higher in broiler chickens fed diets containing unsaturated rather than saturated fat. **Journal of Nutrition**, v.130, p.3034-3037, 2000.
- SANZ, M.; FLORES, A.; AYALA, P. P.; LOPEZ-BOTES, C. J. Higher lipid accumulation in broilers fed on saturated fats than in those fed on unsaturated fats. **British Poultry Science**, v. 40, p. 95–101, 1999.
- SAS Institute, 2017. SAS user's Guide: Statistics. Version 9.3 Edition (Cary, NC, SAS Inst. Inc.).

- SILVA, R. C.; GIOIELLI, L. A. Propriedades físicas de lipídios estruturados obtidos a partir de banha e óleo de soja. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 2, abr./jun., p.223-235, 2006.
- SORENSEN, G; JORGENSEN, S. S. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. **Zeitschrift Lebensmittel Untersuchung Forschung A**, v.202, p.205-210, 1995.
- SURAI, A.P.; SURAI, P.F.; STEINBERG, W.; WAKEMAN, W.G.; SPEAKE, B.K.; SPARKS N.H.C. Effect of canthaxanthin content of the maternal diet on the antioxidant system of the developing chick. **British Poultry Science**, v. 44, n. 4, p. 612–619, 2003.
- VYNCKE, W. Evaluation of the direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in Mackerel. **Fette Seifen Anstrichmittel**, v.77, p.239-240, 1975.
- XIONG, Z.; SUN, D. W.; PU, H.; XUE, A.; HAN, Z.; LUO, M. Non-destructive prediction of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value for freshness evaluation of chicken meat using hyperspectral imaging. **Food Chemistry**, v.179, p.175-181, 2015.
- YASMMEN, R.; SHANMUGM, M. J.; REICHERT, B.; YANG, F.; ZIOUZENKOVA, O. The contribution of vitamin A to autocrine regulation of fat depots. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1821, p.190-197, 2012.

Tabela 1 - Composição centesimal e composição nutricional das rações experimentais com óleo de soja (OS) e gordura de palma (GP):

	1-21 dias		22-42 dias	
	OS	GP	OS	GP
Milho moído 8%	56,400	54,500	59,900	57,800
Farelo de soja 45%	36,100	36,500	32,170	32,500
Gordura de palma	-	4,810	-	5,820
Óleo de soja	3,290	-	4,035	-
Fosf. Bi-cálcico	1,551	1,557	1,340	1,340
Calcário calcítico 35%	1,065	1,050	1,000	0,994
Cloreto de sódio (Sal)	0,497	0,496	0,427	0,429
Sulfato de lisina 65%	0,352	0,343	0,370	0,360
DL-metionina 99%	0,311	0,312	0,296	0,298
PX Vitmin ¹	0,100	0,100	0,072	0,072
L-treonina 98,5%	0,077	0,077	0,072	0,072
Bicarbonato de Sódio	-	-	0,068	0,066
Inerte	0,072	0,072	0,072	0,072
Cloreto de colina 60%	0,061	0,061	0,056	0,056
Salinomicina 12%	0,055	0,055	0,055	0,055
Premix mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050
Avilamicina 10%	0,010	0,010	0,010	0,010
Antioxidante	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição Nutricional (kg kg ⁻¹)				
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	3.050	3.050	3.150	3.150
Proteína bruta	213,50	213,50	198,00	198,00
Extrato etéreo	61,30	75,80	69,30	87,00
Cálcio total	8,40	8,40	7,60	7,60
Fósforo total	6,20	6,20	5,70	5,70
Fósforo disponível	4,00	4,00	3,50	3,50
Sódio	2,10	2,10	2,00	2,00
Lisina digestível	12,20	12,20	11,30	11,30
Metionina + Cistina digestível	8,80	8,80	8,30	8,30
Triptofano digestível	2,40	2,40	2,20	2,20
Treonina digestível	7,90	7,90	7,30	7,30

¹ Premix Vitamínico Mineral para Aves - Níveis de Garantia por Quilograma de ração – 1 a 21 dias de idade: Vit. D3 (min) 2.100 UI; Vit. E (min) 35 UI; Vit. K3 (min) 1,88 mg; Vit. B1 (min) 2,50 mg; Vit. B2 (min) 6,25 mg; Vit. B6(min) 3,50 mg; Vit. B12 (min) 15,0 mcg; Ácido Pantotênico (min) 12,50mg; Niacina (min) 37,50 mg; Ácido Fólico(min) 0,87 mg; Biotina (min) 88 mcg; Selênio(min) 0,33 mg. 22-42 dias de idade: Vit. D3 (min) 1.512 UI; Vit. E (min) 25,2 UI; Vit. K3 (min) 1,35 mg; Vit. B1 (min) 1,80 mg; Vit. B2 (min) 4,50 mg; Vit. B6(min) 2,52 mg; Vit. B12 (min) 10,8 mcg; Ácido Pantotênico (min) 9mg; Niacina (min) 27,0 mg; Ácido Fólico(min) 0,63 mg; Biotina (min) 63,3 mcg; Selênio(min) 0,24 mg.

² Premix Mineral para Aves (1-42 dias de idade) – Níveis de Garantia por Quilograma de ração: Cobre (min) 10,00 mg, Ferro (min) 50,00 mg, Manganês (min) 80,00mg, Cobalto (min) 1,00mg, Iodo (min) 1,00mg, Zinco (min) 50,00mg.

Fontes vitamínicas utilizadas: Acetato de retinil (A); colecalciferol (D3); acetato de DL-alfa-tocoferil (E); menadiona bissulfito nicotinamida (K3); mononitrato de tiamina (B1), riboflavina (B2), cloridrato de piridoxina (B6), cianocobalamina (B12), pantotenato de cálcio (ácido pantotênico), ácido nicotínico (niacina), ácido fólico (ácido fólico); D-biotina (biotina).

Fontes minerais utilizadas: Sulfato de cobre pentahidratado (Cu); sulfato ferroso (Fe); sulfato de manganês (Mn); sulfato de cobalto (Co); iodato de cálcio (I); sulfato de zinco (Zn), selenito de sódio (Se).

Tabela 2 – Composição esperada de ácidos graxos para a gordura de palma e óleo de soja.

	Ácido Graxo	Gordura de Palma ¹	Óleo degomado de soja ²
C 12:0	Láurico	0,3 ± 0,1	<0,1
C 14:0	Mirístico	0,7±0,5	<0,2
C 16:0	Palmítico	43±5	8 a 13,5
C 16:1	Palmitoleico	0,3±0,3	< 0,2
C 17:0	Margárico	-	< 0,1
C 17:1	Heptadecenóico	-	< 0,1
C 18:0	Esteárico	4,5±2	2,0 a 5,4
C 18:1	Oleico	41±3	17 a 30
C 18:2	Linoleico	9,5±2	48 a 59
C 18:3	Linolênico	0,4±0,2	4,5 a 11
C 20:0	Araquidico	0,3±0,2	0,1 aa 0,6
C 20:1	Eicosenóico	-	< 0,5
C 22:0	Docosanóico	-	<0,7
C 22:1	Docosenóico	-	<0,3
C 24:0	Tetracosanóico	-	< 0,5
	Ácidos trans	<0,5	-

¹ Composição apresentada pelo fornecedor AGROPALMA.

² De acordo com CODEX ALIMENTARIUS - International food Standards (Revised, 2019).

Tabela 3 – Peso relativo (%) dos órgãos do trato gastrointestinal de frangos de corte aos 21 dias de idade alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos com diferentes níveis de vitamina A:

Fonte de lipídeo		CID (cm)	ID	FÍG	PÂNC	MOELA	PRO	GA
Fonte de lipídeo	Palma	157,47	8,29	2,89	0,37	2,05	0,58	1,13 ^a
	Soja	154,45	8,02	2,89	0,36	2,09	0,56	0,95 ^b
Nível de vitamina A (UI kg ⁻¹ de ração)	0	154,11	7,85	2,69	0,35	2,18	0,63	0,63
	3.000	156,45	6,31	2,95	0,37	2,10	0,57	0,90
	6.000	158,11	8,18	2,97	0,39	2,08	0,59	1,23
	12.000	155,44	8,21	2,95	0,37	2,07	0,54	1,17
	24.000	156,90	8,39	2,95	0,38	2,01	0,54	1,16
Média		155,96	8,15	2,89	0,37	2,07	0,57	1,04
CV		5,59	9,68	8,80	11,76	12,35	17,75	35,98
EPM		0,817	0,075	0,024	0,004	0,024	0,009	0,035
ANOVA								
Fonte*Vitamina A		0,461	0,483	0,845	0,338	0,063	0,370	0,843
Fonte de lipídeo		0,068	0,106	0,920	0,567	0,515	0,185	0,002
Vitamina A		0,694	0,236	0,002	0,052	0,082	0,006	<0,0001
Regressão				0,013 (Q)			0,010 (L)	<0,0001 (Q)

CID: comprimento do intestino delgado; ID: peso relativo do intestino delgado; FIG: peso relativo do fígado; PAN: peso relativo do pâncreas; MOE: peso relativo da moela; PRO: peso relativo do proventrículo; GA: peso relativo da gordura abdominal.

EPM: erro padrão da média; L: linear; Q: Quadrática.

FÍG: $-0,0000000010885 \text{ vit. A}^2 + 0,00003326 \text{ vit. A} + 2,76831$; R²: 0,099; Vit. A para máxima resposta: 15,278; Resposta máxima: 3,02;

PROV: $-0,00000307 \text{ vit. A} + 0,60233$; R²: 0,065;

GA: $-0,00000002568 \text{ vit. A}^2 + 0,00008049 \text{ vit. A} + 0,68564$; R²: 0,306; Vit. A para máxima resposta: 15,671; Resposta máxima: 1,316.

Tabela 4 – Rendimento de carcaça e cortes e peso relativo dos órgãos (%) de frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos, com diferentes níveis de vitamina A e dois tempos de suplementação de vitamina A:

		PESO CARCAÇA	CARCAÇA	PEITO	PERNA	ASA	FÍGADO	PÂNCREAS	GA
Suplementação	T-21 d	2.101	68,66	28,22	22,62	7,04	3,08	0,28	2,27
	T-42 d	2.004	68,78	28,36	22,79	7,04	3,01	0,28	2,16
Fonte de Lipídeo	Palma	2.074	68,52 ^b	28,19	22,58	6,96 ^b	3,03	0,28	2,28 ^a
	Soja	2.075	69,08 ^a	28,53	22,77	7,10 ^a	3,03	0,28	2,11 ^b
Nível de vitamina A (UI kg ⁻¹ de ração)	0	1.696	67,04	27,12	22,48	7,11	3,21	0,31	1,52
	3.000	2.102	68,52	28,25	22,70	7,08	2,99	0,28	2,23
	6.000	2.149	69,38	28,66	22,88	7,05	2,89	0,27	2,32
	12.000	2.164	69,22	28,80	22,80	7,02	3,06	0,27	2,41
	24.000	2.150	69,44	28,63	22,67	6,97	3,07	0,28	2,57 [*]
Média		2.075	68,80	28,36	22,68	7,03	3,03	0,28	2,20
EPM		0,021	0,178	0,149	0,071	0,024	0,027	0,003	0,048
CV (%)		10,61	2,76	5,59	3,33	3,67	9,36	10,92	23,28
ANOVA									
Suplementação*Lipídeo*Vitamina		0,3290	0,0564	0,8638	0,1254	0,2859	0,0582	0,9927	0,1799
Suplementação*Lipídeo		0,2696	0,1425	0,7957	0,1878	0,0096	0,6550	0,0717	0,6537
Suplementação*Vitamina		<0,0001	0,0003	0,0054	0,3114	0,7570	0,5164	0,0265	0,0045
Lipídeo*Vitamina		0,0275	<0,0001	0,2094	0,2078	0,9053	0,5576	0,4963	0,5247
Suplementação		<0,0001	0,6515	0,6287	0,2420	0,9348	0,2350	0,3911	0,1070
Fonte lipídeo		0,2757	0,0011	0,1319	0,0806	0,0001	0,8308	0,1746	0,0001
Vitamina A		<0,0001	<0,0001	0,0028	0,4802	0,4483	0,0883	<0,0001	<0,0001

PESO CARCAÇA: peso da carcaça inteira (g); CARCAÇA: peso relativo da carcaça (%); PEITO: peso relativo do peito (%); PERNA: peso relativo das pernas (%); ASA: peso relativo das asas (%); FÍGADO: peso relativo do fígado (%); PÂNCREAS: peso relativo do pâncreas (%); GA: peso relativo da gordura abdominal (%).

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 21 dias de idade, e ração isenta de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 42 dias de idade;

Tabela 5 – Desdobramento da interação entre o tempo de suplementação de vitamina A e a fonte de lipídeo utilizada na ração no rendimento (%) de Asas (Asa) nas aves aos 42 dias de idade

	Fonte Lipídeo	Período		P
		T-21 dias	T-42 dias	
Asa	Palma	7,01 ^a	6,89 ^{bB}	0,0434
	Soja	7,08	7,21 ^A	0,0767
	P	0,3605	<0,0001	

Letras minúsculas diferentes na mesma linha e letras maiúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste T (P<0,05).

Tabela 6 - Desdobramento da interação entre o tempo de suplementação de vitamina A e nível de vitamina A nas variáveis de rendimento de carcaça, e rendimento de peito nas aves aos 42 dias de idade:

Vit. A (UI kg ⁻¹)	Peso Carcaça			Carcaça			Peito		
	T-21 d	T-42 d	P	T-21 d	T-42 d	P	T-21 d	T-42 d	P
0	1.907 ^a	1.484 ^b	<0,0001	68,17 ^a	65,90 ^b	0,0293	28,10 ^a	26,14 ^b	0,0282
3.000	2.147 ^a	2.058 ^b	0,0106	68,70	68,33	0,5644	28,04	28,46	0,5045
6.000	2.138	2.161	0,4850	68,23 ^b	69,94 ^a	0,0269	27,96 ^b	29,35 ^a	0,0041
12.000	2.148	2.181	0,3983	68,54 ^b	69,89 ^a	0,0149	28,34	29,25	0,1144
24.000	2.164	2.135	0,5865	69,05	69,84	0,4264	28,67	28,60	0,9282
Regressão	0,0001(Q)	0,0001(Q)		0,7382	0,0003(Q)		0,8100	0,0001(Q)	

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 21 dias de idade, e ração isenta de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 42 dias de idade;

Letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste T (P<0,05).

Carc. (T-21d): $-0,0000000095481 \text{ vit. A}^2 + 0,00003042 \text{ vit. A} + 1,973$; R²: 0,38; Vit. A para máxima resposta: 15.930; Resposta máxima: 2.215.

Carc. (T-42d): $-0,00000000310204 \text{ vit. A}^2 + 0,00009451 \text{ vit. A} + 1,627,89$; R²: 0,71; Vit. A para máxima resposta: 15.233; Resposta máxima: 2.248.

% Carc. (T-42d): $-0,00000000177725 \text{ vit. A}^2 + 0,00056298 \text{ vit. A} + 66,43373$; R²: 0,39; Vit. A para máxima resposta: 15.838; Resposta máxima: 70,89.

% Peito (T-42d): $-0,0000000158465 \text{ vit. A}^2 + 0,00045510 \text{ vit. A} + 26,69073$; R²: 0,34; Vit. A para máxima resposta: 14.359; Resposta máxima: 29,96.

Tabela 7 - Desdobramento da interação entre tempo de suplementação de vitamina A e nível de vitamina A nas variáveis de peso relativo do pâncreas (% pâncreas) e percentagem de gordura abdominal (% GA) nas aves aos 42 dias de idade:

Vit. A (UI kg ⁻¹)	% Pâncreas			% GA		
	T-21 d	T-42 d	P	T-21 d	T-42 d	P
0	0,31	0,29	0,9219	1,84 ^a	1,21 ^b	0,0002
3.000	0,27	0,29	0,1281	2,20	2,26	0,7843
6.000	0,28	0,27	0,1529	2,34	2,30	0,8118
12.000	0,29 ^a	0,25 ^b	0,0043	2,43	2,39	0,7484
24.000	0,28	0,28	0,8898	2,51	2,64	0,5047
Regressão	0,0573	0,0002(Q)		0,0020(Q)	0,0001(Q)	

PÂNCREAS: peso relativo do pâncreas (%); GA: peso relativo da gordura abdominal (%).

T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 21 dias de idade, e ração isenta de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade;

T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 42 dias de idade;

Letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste T (P<0,05).

% Pânc. (T-42d): 0,00000000280562 vit. A² - 0,00000810 vit. A + 0,31055; R²: 0,34; Vit. A para mínima resposta: 14.435; Resposta mínima: 0,25.

%GA (T-21d): -0,000000002 vit. A² + 0,000075238 vit. A + 1,913030769; R²: 0,29; Vit. A para máxima resposta: 18.809; Resposta máxima: 2,64.

%GA (T-42d): -0,000000004 vit. A² + 0,000143142 vit. A + 1,490467692; R²: 0,52; Vit. A para máxima resposta: 17.892; Resposta máxima: 2,77.

Tabela 8 - Desdobramento da interação entre fonte de lipídeo e nível de vitamina A para o rendimento de carcaça nas aves aos 42 dias de idade:

Vitamina A (UI kg ⁻¹)	%Carcaça		
	Soja	Palma	P
0	68,32 ^a	65,76 ^b	0,012
3.000	68,39	68,64	0,695
6.000	69,15	69,62	0,388
12.000	69,17	69,26	0,881
24.000	70,86 ^a	68,03 ^b	0,001
Regressão	<0,0001(L)	<0,0001(Q)	

%Carcaça: peso relativo da carcaça (g).

Letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste T (P<0,05).

%Carc (Soja): 0,00010492 vit. A + 68,23467; R²: 0,31.

%Carc (Palma): -0,0000000199829 vit.A² + 0,00053820 vit. A+66,47424; R²: 0,32; Vit. A para máxima resposta: 13.466; Resposta máxima: 70,09.

Tabela 9 – Coloração e pH da carne do peito e coxa, mensurados 15 min e 24h *post mortem* em frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos, com diferentes níveis de vitamina A e dois tempos de suplementação de vitamina A:

		pH Peito		pH Coxa		Cor Peito						Cor Coxa					
						15 min			24 h			15 min			24 h		
		15min	24h	15min	24h	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Suplementação ¹	T- 21d	6,41 ^a	6,11	6,28	6,16	46,95	4,29	4,78	49,91	4,16	2,62	46,94	3,39	2,24	49,91	4,16	2,62
	T-42d	6,33 ^b	6,06	6,25	6,15	47,79	4,40	5,04	52,87	5,98	6,09	48,47	3,78	2,27	49,88	4,57	2,91
Fonte de Lipídeo	Palma	6,36	6,06	6,24	6,14	47,28	4,14	4,15 ^b	53,37	5,78	5,57	47,28	3,97	1,74 ^b	49,76	4,74	2,52 ^b
	Soja	6,38	6,09	6,28	6,17	47,44	4,45	5,58 ^a	52,25	5,79	6,43	48,07	3,36	2,78 ^a	48,85	4,11	3,12 ^a
Vitamina A (UI kg ⁻¹ de ração)	CP ¹	6,40	6,04	6,24	6,14	47,62	3,93	2,32	53,61	6,21	6,39	47,59	4,12	2,32	49,44	4,66	3,03
	0	6,31	5,96	6,19	6,03	47,72	4,66	5,33	53,88	6,91	7,36	47,60	4,47	1,97	51,76	5,83	3,84
	3.000	6,38	6,13	6,25	6,20	46,78	4,24	4,76	52,58	5,70	5,71	47,24	3,52	2,39	49,11	4,43	2,64
	6.000	6,48	6,16	6,33	6,22	48,36	4,64	5,60	53,14	5,36	6,47	47,84	3,71	2,39	48,20	4,33	2,59
	12.000	6,26	6,04	6,22	6,15	48,69	4,10	4,80	53,26	5,34	5,68	48,01	3,28	2,35	50,62	4,05	2,69
	24.000	6,38	6,10	6,31	6,15	44,92	4,26	4,01	50,69	5,50	4,76	47,74	3,10 [*]	2,07	49,19	3,61	2,40
Média		6,37	6,08	6,26	6,15	47,36	4,29	4,86	52,81	5,79	6,00	47,67	3,66	2,26	49,81	4,42	2,81
EPM		0,018	0,014	0,017	0,013	0,413	0,149	0,205	0,408	0,167	0,219	0,387	0,114	0,155	0,282	0,146	0,147
CV (%)		2,97	2,49	2,92	2,29	9,30	37,13	44,97	8,25	30,79	38,86	8,67	33,34	73,26	6,04	35,18	55,56
ANOVA																	
Sup.*Lip.*Vit.		0,2404	0,6136	0,2894	0,7746	0,7259	0,4843	0,7599	0,0713	0,4132	0,8813	0,7401	0,9671	0,1860	0,4226	0,7543	0,2449
Sup.*Lipídeo		0,1698	0,5871	0,8403	0,1800	0,3009	0,8329	0,1101	0,4441	0,5035	0,0948	0,8065	0,5326	0,4972	0,2375	0,2784	0,7567
Sup.*Vitamina		0,4345	0,3321	0,4913	0,0142	0,5034	0,1047	0,4881	0,0012	0,4318	0,3349	0,3811	0,5117	0,5177	0,0168	0,0384	0,0002
Lipídeo*Vitamina		0,8005	0,8488	0,9219	0,3431	0,0889	0,6000	0,5487	0,2689	0,6581	0,1050	0,2693	0,6963	0,9050	0,3367	0,2352	0,7602
Suplementação		0,0212	0,1412	0,4696	0,6315	0,3193	0,7350	0,5276	0,0529	0,1391	0,5039	0,6120	0,0748	0,9220	0,9581	0,1325	0,2977
Fonte lipídeo		0,8536	0,3710	0,2267	0,3988	0,7803	0,3141	0,0016	0,4578	0,8438	0,0657	0,1619	0,0687	0,0004	0,7744	0,1296	0,0211
Vitamina A		0,0054	0,0011	0,0978	0,0061	0,0314	0,8542	0,1457	0,9795	0,0786	0,0208	0,2268	0,0084	0,9217	0,0481	0,0020	0,1255
Regressão		0,5986	0,1685			0,0405					0,0038		0,0018				
						(Q)					(L)		(L)				

pH 15 min: pH da carne de peito e coxa 15 minutos *post mortem*; pH 24h: pH da carne do peito e coxa 24 horas *post mortem*; L*: luminosidade – nível de escuro a claro; a*: intensidade de vermelho/verde; b*: intensidade de amarelo/azul.

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 21 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 42 dias de idade;

CP15min L*: $-0,000000152614 \text{ vit. A}^2 + 0,00024245 \text{ vit. A} + 47,25647$; R²: 0,083; Vit. A para máxima resposta: 8.924; Resposta máxima: 48,47.

CP24h b*: $-0,000079829 \text{ vit. A} + 6,658062500$; R²: 0,083.

CC15min a*: $-0,00004088 \text{ vit. A} + 3,95415$; R²: 0,094.

Tabela 10 - Desdobramento da interação entre tempo de suplementação de vitamina A e nível de vitamina A nas variáveis de pH na coxa as 24h *post mortem* (pH Coxa 24h), e luminosidade da carne de peito as 24h *post mortem* (Peito 24h L*) nas aves aos 42 dias de idade:

Vit. A (UI kg ⁻¹)	pH Coxa 24h			Cor Peito 24h L*		
	T-21d	T-42d	P	T-21d	T-42d	P
0	6,15 ^b	5,98 ^a	0,011	52,23	54,98	0,111
3.000	6,15	6,24	0,164	53,77	51,39	0,244
6.000	6,25	6,19	0,373	53,43	52,84	0,728
12.000	6,13	6,17	0,307	52,80	53,72	0,655
24.000	6,13	6,17	0,464	49,94	51,44	0,505
Regressão	0,394	0,035 (Q)		0,979	0,818	

T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 21 dias de idade;

T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 42 dias de idade;

Letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste T (P<0,05).

pH Coxa (1-42d): $-0,0000000084036 \text{ vit. A}^2 + 0,00002447 \text{ vit. A} + 6,05858$; R²: 0,15; Vit. A para máxima resposta: 14.559; Resposta máxima: 6,24.

Tabela 11 - Desdobramento da interação entre tempo de suplementação de vitamina A e nível de vitamina A nas variáveis de coloração da carne da coxa a 24h *post mortem* para luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) nas aves aos 42 dias de idade:

Vit. A (UI kg ⁻¹)	Cor Coxa 24h L*			Cor Coxa 24h a*		
	T-21d	T-42d	P	T-21d	T-42d	P
0	49,37 ^b	53,34 ^a	0,0039	4,44	5,35	0,3106
3.000	49,57	48,65	0,6328	4,43	4,44	0,9896
6.000	49,34	49,07	0,8167	4,04	4,85	0,1448
12.000	51,03	50,20	0,3822	4,46	3,64	0,1474
24.000	50,24	48,15	0,0747	3,42	3,80	0,5193
Regressão	0,7094	0,0060(L)		0,4991	0,3671	

Letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste T (P<0,05).

T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 21 dias de idade;

T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 42 dias de idade;

L* : -0,00012867 vit. A + 51,0388; R²: 0,12.

Tabela 12 - Avaliações qualitativas da carne de peito de frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos, com diferentes níveis de vitamina A e dois tempos de suplementação de vitamina A:

		PPC (%)	CRA (%)	FC (kgf)
Suplementação ¹	T-21d	30,20	68,73	3,40
	T-42d	31,05	69,20	3,39
Fonte de Lipídeo	Palma	30,84	68,79	3,46
	Soja	30,39	68,98	3,23
Nível de Vitamina A (UI kg ⁻¹ de ração)	0	28,89	68,51	3,69
	3.000	30,64	68,86	3,09
	6.000	30,35	68,84	3,31
	12.000	34,43	69,22	3,42
	24.000	30,81	69,41	3,45
Média		30,61	68,89	3,35
EPM		0,371	0,248	0,111
CV (%)		12,94	3,84	35,52
ANOVA				
Suplementação*Lipídeo*Vitamina		0,2606	0,8042	0,3114
Suplementação*Lipídeo		0,0647	0,0533	0,3721
Suplementação*Vitamina		0,7248	0,0369	0,2868
Lipídeo*Vitamina		0,0559	0,0795	0,8864
Suplementação		0,2660	0,6864	0,9642
Fonte lipídeo		0,6979	0,1351	0,4910
Vitamina A		0,0799	0,7052	0,6250

PPC: Perda por cocção (%); CRA: capacidade de retenção de água (%); FC: força de cisalhamento (kgf).

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 21 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 42 dias de idade;

Tabela 13 - Desdobramento da interação entre tempo de suplementação de vitamina A e nível de vitamina A nas variáveis de capacidade de retenção de água (CRA) nas aves aos 42 dias de idade:

Vit. A (UI kg ⁻¹)	CRA (%)		
	T-21d	T-42d	P
0	68,95	68,07	0,400
3.000	68,44	69,28	0,561
6.000	67,23 ^b	70,05 ^a	0,028
12.000	68,69	69,75	0,238
24.000	69,94	68,88	0,418
Regressão	0,581	0,018 (Q)	

T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 21 dias de idade;

T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 42 dias de idade;

CRA (T-42d): $-0,0000000108671 \text{ vit. A}^2 + 0,00027981 \text{ vit. A} + 68,34689$; R² 0,12; Vit. A para máxima resposta: 12.874; Resposta máxima: 70,15.

Tabela 14 – Valores médios de TBARS (MDA mg kg⁻¹) em carne de peito após abate (D0), congelada por 7 dias (D7), 30 dias (D30) e 60 dias (D60), e valores médios das placas de crescimento (PC) e cartilagem hipertrófica (CH) obtidos de frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações contendo duas fontes de lipídeos, com diferentes níveis de vitamina A e dois tempos de suplementação de vitamina A:

		D0	D7	D30	D60
Suplementação ¹	T-21d	0,159	0,139	0,174	0,158
	T-42d	0,160	0,138	0,196	0,179
Fonte de Lipídeo	Palma	0,159	0,138	0,168	0,175
	Soja	0,160	0,139	0,199	0,159
Vitamina A (UI kg ⁻¹ de ração)	0	0,161	0,136	0,266	0,160
	3.000	0,159	0,139	0,171	0,156
	6.000	0,159	0,139	0,169	0,156
	12.000	0,158	0,139	0,169	0,200
	24.000	0,160	0,139	0,173	0,169
Média		0,160	0,138	0,183	0,167
EPM		0,001	0,001	0,014	0,007
CV (%)		2,931	2,558	81,124	47,214
ANOVA					
Período*Lipídeo*Vitamina		0,4246	0,7642	0,3177	0,4968
Período*Lipídeo		0,8350	0,4643	0,2611	0,1924
Período*Vitamina		0,8305	0,9656	0,5163	0,5101
Lipídeo * Vitamina		0,7626	0,4667	0,2929	0,4224
Período		0,3150	0,8012	0,4875	0,1963
Fonte lipídeo		0,3590	0,1484	0,2732	0,2696
Vitamina A		0,3227	0,0284	0,4846	0,4277
Regressão			0,0948		

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 21 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 5 a 42 dias de idade;

5. DESEMPENHO E ALTERAÇÕES ÓSSEAS DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM VITAMINA A

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da vitamina A no desempenho, peso de órgãos, características ósseas e de pele em frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade. Foram utilizadas 1.920 aves, distribuídas em um delineamento casualizado, com seis (6) suplementações de vitamina A (0; 6.000; 16.000; 26.000; 36.000 e 46.000 UI kg⁻¹), 16 repetições e 20 aves por unidade experimental. No período de 22 a 42 dias, os tratamentos foram divididos, oito (8) repetições continuaram a receber o tratamento inicial, e oito (8) repetições receberam dietas sem vitamina A (0 UI kg⁻¹). O nível de vitamina A influenciou o consumo de ração e o ganho de peso aos 21 dias de idade, com resposta quadrática. O peso do proventrículo apresentou efeito quadrático aos 21 dias. Aos 42 dias a vitamina A influenciou o ganho de peso e consumo de ração das aves não suplementadas a partir dos 21 dias, com resposta linear crescente para o ganho de peso. Nas aves suplementadas até 42 dias, o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar obtiveram respostas quadráticas. Houve influência da vitamina A no peso relativo do intestino delgado, pâncreas, moela, gordura abdominal, índice de Seedor e força de ruptura óssea aos 42 dias. Aves com 21 dias de idade apresentaram maior ganho de peso com a suplementação de 28.209 UI kg⁻¹ de vitamina A. Aos 42 dias de idade, as aves suplementadas até os 21 dias apresentaram resposta linear crescente para o ganho de peso. Enquanto que as suplementadas até os 42 dias de idade o melhor ganho de peso pode ser obtido com a suplementação de 29.375 UI kg⁻¹, e menor resposta da conversão alimentar com a adição de 27.775 UI kg⁻¹ de vitamina A. A retirada da suplementação de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade não interferiu no desempenho das aves.

Palavras-chave: Suplementação; vitamina; retinol; desempenho; ossos; pele.

PERFORMANCE AND BONE CHANGES OF BROILERS FED WITH RATIONS SUPPLEMENTED WITH VITAMIN A

ABSTRACT: The aim of this work was to evaluate the influence of vitamin A on performance, organ weight, bone and skin characteristics in broilers at 21 and 42 days old. A total of 1,920 birds were distributed in a randomized design, with six (6) vitamin A supplementations (0; 6,000; 16,000; 26,000; 36,000 and 46,000 IU kg⁻¹), 16 replicates and 20 birds per experimental unit. From 22 to 42 days, treatments were divided, eight replicates continued to receive the initial treatment, and eight (8) repetitions received diets without vitamin A (0 IU kg⁻¹). The level of vitamin A influenced feed intake and weight gain at 21 days old, with a quadratic response. The weight of the proventricle showed a quadratic effect at 21 days. At 42 days, vitamin A influenced the weight gain and feed intake of birds not supplemented after 21 days, with an increasing linear response to weight gain. In birds supplemented up to 42 days, weight gain, feed intake and feed conversion obtained quadratic responses. There was an influence of vitamin A on the relative weight of the small intestine, pancreas, gizzard, abdominal fat, Seedor index and bone rupture strength at 42 days. Birds with 21 days of age had greater weight gain with the supplementation of 28,209 IU kg⁻¹ of vitamin A. At 42 days old, birds supplemented up to 21 days showed an increasing linear response to weight gain. Whereas those supplemented up to 42 days old, the best weight gain can be obtained with supplementation of 29,375 IU kg⁻¹, and a lower response of feed conversion with the addition of 27,775 IU kg⁻¹ of vitamin A. The supplementation of vitamin A from 22 to 42 days old did not affect the bird's performance.

Keywords: Supplementation; vitamin; retinol; performance; bones; skin.

5.1 Introdução

O desenvolvimento da avicultura teve como ponto principal o melhoramento genético, com redução do tempo de criação do frango de corte para abate proporcionado pelo rápido crescimento e às altas taxas de deposição proteica. No entanto, estas melhorias não ocorrem quando as aves não recebem o aporte nutricional adequado para atender suas necessidades metabólicas de manutenção e produção.

Dentre os diversos nutrientes que devem ser fornecidos às aves, para que estas possam apresentar seu máximo desempenho, encontram-se as vitaminas. O termo "vitamina" foi proposto em 1912 pelo bioquímico polonês Casimir Funk, em estudo o qual descobriu a estrutura da tiamina (vitamina B1); e descreveu esta substância como essencial a vida, e esta expressão foi ampliada para um grupo de substâncias orgânicas, que são ativas em baixas quantidades e essenciais aos processos metabólicos (ELWINGER et al., 2016).

A vitamina A está entre as vitaminas atualmente suplementadas na ração dos animais, que ao receberem dietas deficientes nesta vitamina costumam apresentar problemas de desenvolvimento e crescimento. Apesar de sempre ser lembrada como a vitamina responsável pela visão, a vitamina A possui funções como a diferenciação celular, além de atuar e interagir na expressão gênica de alguns ácidos nucleicos e seus receptores, podendo interferir na resposta hormonal regulatória de esteroides, hormônios tireoidianos e da 1,25 dihidroxicolicalciferol D₃ (GERSTER, 1996).

De acordo com Wang et al. (2002), o retinol (vit. A) é importante para o crescimento normal dos ossos, pois não só realiza a diferenciação dos osteoblastos, o que pode inibir a formação dos osteoclastos. Fato este que pode relacionar a vitamina A com a incidência de discondroplasia tibial ou má formação óssea.

Estudos tem sugerido que enzimas da família da aldeído desidrogenase (ALDH), como a retinaldeído desidrogenase (RALDH), enzima que realiza a clivagem de carotenoides (pré vitamina A) em ácido retinóico (AR), estão ligadas a resistência ao efeito citotóxico dos radicais livres nos mioblastos, o que sugere que a ALDH possa estar envolvida no processo de diferenciação e sobrevivência celular (PRAUD et al., 2017).

Além da influência que a vitamina A exerce no metabolismo animal, é necessário conhecer a necessidade de sua suplementação para otimização do desempenho e saúde das aves, em função das constantes alterações genéticas pela qual as aves passam, e que servem de indicadores de alterações no fornecimento dessas vitaminas para o frango de corte do futuro (ELWINGER et al., 2016).

Além de garantir saúde das aves para o máximo desempenho, existe a pressão do setor avícola para redução e otimização dos custos de produção, sendo a alimentação o maior percentual destes custos, qualquer redução de custo realizada nas rações resultará em grande impacto/retorno financeiro ao final da cadeia produtiva.

Desta forma o objetivo do presente estudo foi avaliar a suplementações de diferentes níveis de vitamina A sobre o desempenho, peso dos órgãos do trato gastrointestinal, resistência e elasticidade da pele e parâmetros ósseos em frangos de corte aos 21 e aos 42 dias de idade.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Manejo e instalações

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa em Avicultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, *campus* de Marechal Cândido Rondon, Paraná. Todos os procedimentos foram realizados em conformidade com a Resolução Normativa nº 37 de 15 de fevereiro de 2018 do CONCEA, que estabelece as Diretrizes da Prática de Eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade.

O aviário experimental utilizado é de alvenaria, dividido em boxes, com dimensões de 2,03m², piso revestido com cama de maravalha, equipados com comedouros tubulares, bebedouros tipo nipple, resistências elétricas para aquecimento, exaustores e placa evaporativa para auxiliar no resfriamento e trocas de ar (sistema de pressão negativa).

Foram utilizados 1.920 pintos de corte, Cobb 500, machos, devidamente vacinados, com um dia de idade, e peso médio inicial de 47,00 ± 2,00 g, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado. No período de 1 a 21 dias de idade, as aves foram divididas entre seis (6) níveis de suplementação de vitamina A (0; 6.000; 16.000; 26.000; 36.000 e 46.000 UI kg⁻¹), cada qual com 16 repetições e 20 aves por unidade experimental (UE).

5.2.2 Dietas Experimentais

No período de um (1) a quatro (4) dias de idade, todas as aves receberam rações sem suplementação de vitamina A, a fim de que seus depósitos de vitamina A fossem totalmente consumidos.

Para as avaliações dos parâmetros aos 42 dias de idade, foram considerados dois tempos de suplementação de vitamina A para as aves. No primeiro tempo de suplementação (T -21d), as aves receberam rações suplementadas com vitamina A de 4 a 21 dias de idade, e passaram a consumir rações isentas (0 UI kg^{-1}) de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade. Enquanto que, no segundo tempo de suplementação (T - 42d), as aves receberam as rações (tratamentos) com adição de vitamina A durante todo o período experimental, ou seja de 4 a 42 dias de idade. Desta forma, as repetições dos tratamentos ministrados até o período de 21 dias de idade foram divididas, e das dezesseis (16) repetições de cada tratamento, as aves de oito (8) repetições continuaram a receber a dieta referente ao tratamento inicial (4 aos 21 dias de idade), e as oito (8) repetições restantes receberam dietas sem suplementação de vitamina A (0 UI kg^{-1}).

As rações experimentais foram fornecidas na forma farelada e formuladas a base de milho e farelo de soja, de acordo com as exigências propostos por Rostagno et al. (2017), para a fase inicial e de crescimento com exceção das exigências de vitamina A (Tabela 1). Para fins de suplementação de vitamina A, foram admitidos somente os valores provenientes do acetato de retinil ($1.000.000 \text{ UI g}^{-1}$), ou seja, não foram consideradas as quantidades de vitamina A dos ingredientes que compuseram as rações experimentais. Análises nas amostras de milho e farelo de soja utilizadas nas rações experimentais encontraram os valores de $2,37 \text{ UI g}^{-1}$ e $1,26 \text{ UI g}^{-1}$ para o milho e farelo de soja, respectivamente.

Para a confecção das dietas experimentais foi utilizado premix vitamínico, contendo vitaminas D, E, K; vitaminas do complexo B e selênio. A suplementação de vitamina A foi realizada em substituição peso a peso pelo inerte da ração e a fonte de vitamina A (Tabela 1).

5.2.3 Desempenho zootécnico

Aos 21 e aos 42 dias de idade todas as aves e as sobras de ração de cada unidade experimental foram pesadas, para determinar o ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA). A mortalidade das aves foi registrada, conjuntamente com os

pesos das aves mortas e sobras de ração por e os dados utilizados para correção do consumo de ração e da conversão alimentar (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

5.2.4 Peso relativo dos órgãos, análise óssea e da pele

Uma ave por UE (n=112) aos 21 dias de idade e duas aves por UE (n=224) aos 42 dias de idade foram sacrificadas, por insensibilização elétrica (eletronarcole) seguida de sangria. Foi determinado o peso relativo (% do peso vivo) dos órgãos do trato gastrointestinal (intestino delgado, fígado, pâncreas, proventrículo, moela), mensuração do comprimento do intestino delgado.

O desenvolvimento ósseo foi avaliado utilizando as tíbias das aves, coletadas aos 21 e 42 dias de idade. Para tal as tíbias foram desossadas, e a tíbia direita foi pesada para $0 \pm 0,0001$ g mais próximo, seu comprimento obtido com paquímetro digital (precisão de 0,01 mm), e estes valores utilizados para o cálculo do Índice Seedor (SEEDOR et al., 1991), dividindo o peso do osso (mg) pelo seu comprimento (mm).

A tíbia direita também foi utilizada na determinação da força de ruptura óssea (FRO), sendo esta apoiada individualmente pela epífise, aplicada carga de força de 200 kgf na velocidade de 5 mm s^{-1} na região central de cada osso com uma sonda TA-TPB e um Texturômetro (CT3 Texture Analyzer, Brookfield).

As tíbias esquerdas foram utilizadas para determinar a densitometria mineral óssea radiográfica (DMO), determinada por imagens radiográficas em comparação com uma escala de alumínio com 10 graus para 1 mm (penetrômetro), realizadas na Clínica Odontológica do Hospital Universitário de Cascavel (UNIOESTE – Campus de Cascavel/PR). As radiografias foram realizadas em equipamento de raios X odontológico (Orthopantomograph OP 300) a 85 kVp, 6,3 mA e 10 s de tempo de exposição. As imagens digitais foram digitalizadas e analisadas com o programa Adobe Photoshop CS6. As avaliações foram realizadas em cinco áreas de cada grau de penetrômetro (1 a 5 mm) e uma equação foi utilizada a partir dos valores obtidos. Conjuntamente, foram avaliadas seis áreas de cada osso, e o valor obtido foi utilizado na equação para determinar a DMO, expressa em milímetros de alumínio (mmAl).

Para avaliações da resistência (RP) e elasticidade da pele (EP) das aves, aos 42 dias, foram coletadas amostras da pele da sobrecoxa direita, com dimensões de 4 cm x 4 cm (largura x comprimento). O ensaio utilizado foi o de flexão à taxa de deformação constante para material visco-elástico com auxílio de um dispositivo de fixação para teste de perfuração adaptada ao texturômetro (Modelo CT3 Texture Analyzer, Brookfield). Os parâmetros de

calibração utilizados foram: velocidade de 1 mm s^{-1} , força do disparo de 10 g e tensão de 15 mm.

5.2.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de normalidade através do teste de Shapiro Wilk, e posteriormente realizou-se a análise de variância (ANOVA). Análise de regressão polinomial foi utilizada para comparações entre os níveis de suplementação de vitamina A, através do procedimento PROC GLM. As equações geradas foram obtidas através de contrastes ortogonais polinomiais, sendo os coeficientes gerados através do PROC IML. Aos 42 dias para avaliar os tempos de suplementação de vitamina A, diferenças entre as médias foram avaliadas pelo teste F a 5% de probabilidade. O software estatístico utilizado para as avaliações foi o SAS[®] University Edition, versão Student.

5.3 Resultados

5.3.1 Desempenho zootécnico e peso relativo dos órgãos

O consumo de ração ($P < 0,0001$) e o ganho de peso ($P < 0,0001$) das aves foram influenciados pela suplementação de vitamina A aos 21 dias de idade (Tabela 2). Apresentando resposta quadrática e derivadas as equações, os valores de 30.327 e 28.209 UI kg^{-1} de vitamina A resultariam em respostas máximas estimadas em 1.277 e 1.030g, para ganho de peso e consumo de ração, respectivamente. A conversão alimentar não apresentou diferença ($P = 0,6159$).

Avaliando o período total de experimentação, a vitamina A influenciou o ganho de peso e o consumo de ração das aves aos 42 dias de idade, quando estas receberam dietas suplementadas com vitamina A de 4 a 21 dias e sem vitamina A dos 22 aos 42 dias de idade (Tabela 3). Resultando em resposta linear crescente para o ganho de peso, e resposta quadrática para o consumo de ração. Pela derivação da equação resposta máxima de 5.161g de consumo de ração será obtida quando a suplementação for de 33.340 UI kg^{-1} de vitamina A.

Foi observado que para as aves suplementadas durante os 42 dias de idade (T-42d), o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar obtiveram resposta quadrática ao nível de suplementação de vitamina A. A derivação das equações resultou em suplementação

de 29.375 e 30.198 UI kg⁻¹ de vitamina A, para obtenção de máxima resposta no ganho de peso e consumo de ração, respectivamente. Enquanto, que para a conversão alimentar a menor resposta pode ser obtida em 1,508 com a adição de 27.775 UI kg⁻¹ de vitamina A na ração das aves.

Aos 42 dias de idade a conversão alimentar das aves suplementadas até os 21 dias e que não receberam suplementação de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade (T-21d), foi melhor (1,495 g g⁻¹) do que a conversão alimentar das aves suplementadas até os 42 dias de idade (1,651 g g⁻¹) (T-42d) pelo teste F a 5% de probabilidade (Tabela 3).

O peso relativo do proventrículo das aves aos 21 dias de idade, apresentou efeito quadrático (P=0,0007) da suplementação de vitamina A (Tabela 4), com resposta mínima de 0,504% de peso do proventrículo em relação ao peso vivo com a suplementação de 28.505 UI kg⁻¹ de vitamina A. Para as demais avaliações realizadas no peso relativo dos órgãos das aves aos 21 dias de idade não foram encontradas diferenças (P>0,05).

A vitamina A influenciou o peso relativo do intestino delgado, pâncreas, moela e gordura abdominal dos frangos aos 42 dias quando as aves foram suplementadas com vitamina A de 4 a 42 dias de idade (T – 42 d) (Tabela 5). O peso relativo do pâncreas apresentou resposta linear decrescente aos níveis de suplementação de vitamina A, enquanto que intestino delgado e moela apresentaram respostas quadráticas mínimas, para as suplementações de 28.726 e 30.156 UI kg⁻¹ de vitamina A nas dietas de frangos aos 42 dias de idade. Respostas quadráticas também foram obtidas para o peso relativo gordura abdominal, sendo a resposta máxima de 1,6817% com a suplementação de 29.817 UI kg⁻¹ de vitamina A (Tabela 5).

5.3.2 Análise óssea e da pele

A suplementação de vitamina A não influenciou (P>0,05) os parâmetros ósseos das aves aos 21 dias de idade (Tabela 6).

No entanto, aos 42 dias de idade a vitamina A influenciou o índice de Seedor e a força de ruptura óssea das aves alimentadas com rações suplementadas com vitamina A dos 4 aos 42 dias de idade (T – 42d) (Tabela 7). Ambas variáveis apresentaram resposta quadrática, sendo as melhores respostas obtidas com as suplementações de 26.938 e 31.886 UI kg⁻¹ de vitamina A, respectivamente para o índice de Seedor e força de ruptura.

A suplementação de vitamina A não influenciou os parâmetros de pele avaliados aos 42 dias de idade (Tabela 7).

5.4 Discussão

A exigência de vitamina A é dependente de fatores genéticos, ambientais e níveis nutricionais das dietas (CHEN et al., 2015). Essa ampla gama de fatores pode explicar a grande variação nos níveis encontrados para as diversas variáveis avaliadas neste estudo.

Suplementar as dietas com vitaminas têm como principal objetivo garantir o desempenho ideal ou desejável, e reduzir a mortalidade das aves (Elwinger et al., 2016). Fato que pode ser confirmado avaliando os resultados encontrados neste estudo, visto que houve efeito do nível de suplementação de vitamina A no desempenho das aves tanto aos 21 quanto aos 42 dias de idade.

De acordo com Rostagno et al. (2017) os níveis adequados de suplementação de vitamina A na ração para frangos de corte na fase inicial (8 a 21 dias) é de 12.216, e de 9.637 e 7.873 UI kg⁻¹ nas fases de crescimento 1 (22 – 33 dias) e crescimento 2 (34 a 42 dias), respectivamente. Esses valores estão abaixo dos estimados pelas equações encontradas neste estudo.

O fato de que aos 42 dias de idade não terem sido encontradas diferenças estatísticas (teste F - P <0,05) entre as médias de desempenho das aves suplementadas até os 21 dias em relação as aves que receberam dietas com vitamina A até os 42 dias, indica que as aves foram eficientes em armazenar/depositar vitamina A, e posteriormente utilizar seus depósitos quando privadas da suplementação. Ou seja, a isenção da suplementação de vitamina A no período final (suplementar somente até os 21 dias) não influencia o desempenho das aves aos 42 dias de idade.

Khoramabi et al. (2014) estudaram a influência da suplementação de vitamina A e xilanase em dietas de frango de corte a base de trigo, e constataram que a deficiência de vitamina A pode resultar em menor ganho de peso aos 21 e aos 42 dias de idade. E que a suplementação conjunta de xilanas e vitamina A demonstrou melhoria na digestibilidade dos nutrientes, possivelmente devido a melhor saúde intestinal das aves.

Resultados semelhantes aos encontrados neste estudo foram obtidos por Feng et al. (2019) em patos de Pekin, os pesquisadores avaliaram o efeito da suplementação de vitamina A no desempenho e armazenamento de retinol nos tecidos dos patos, e encontraram menor ganho de peso e de armazenamento de retinol nas aves que receberam dietas isentas de vitamina A. Ainda de acordo com os autores, a medida que os níveis de suplementação aumentavam, eram acompanhados de aumento do consumo de ração, seguido pelo maior ganho de peso e maiores níveis detectados de retinol plasmático e hepático das aves. De

acordo com Rutz, Lopes e Luvizotto Jr. (2017), para a adequada utilização da proteína pelas aves é necessário o consumo de 0,6 a 0,7 microgramas de vitamina A para cada grama de ganho de peso.

Estas possíveis melhorias no aproveitamento dos nutrientes e conseqüentemente no ganho de peso das aves pode ter relação com as funções do ácido retinóico no metabolismo animal. Por atuar no processo de expressão gênica o ácido retinóico tem papel na diferenciação celular, inclusive do músculo esquelético, aumentando a sobrevivência de mioblastos através da indução da glutathione peroxidase (PRAUD et al., 2017).

Estudos realizados com redução da utilização da mistura vitamínica (33 ou 66%) nas rações, para frangos de corte dos 29 aos 42 dias de idade, demonstram que não ocorrem efeitos negativos no peso corporal e parâmetros ósseos (MORAVEJ et al., 2012a); ou no desempenho ou qualidade da carne armazenada (MORAVEJ et al., 2012b), entretanto, com a retirada total da mistura vitamínica neste período efeitos negativos no peso e ossos das aves podem ser encontrados.

Os resultados são contrários aos encontrados neste estudo possivelmente devido à retirada da mistura vitamínica deprimir não somente o fornecimento das vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), mas conjuntamente as vitaminas hidrossolúveis (complexo B), as quais as aves não conseguem armazenar.

As influências da vitamina A sobre o peso relativo do proventrículo aos 21 dias de idade e no da moela aos 42 dias, podem estar relacionados a influência da vitamina A no processo de diferenciação celular, sendo relatado por Rutz, Lopes e Luvizotto Jr. (2017) que em casos de deficiência de vitamina A um espessamento do proventrículo pode ser observado ocorrendo uma hipertrofia deste órgão nas aves.

De acordo com Gudas (1992), o ácido retinóico (vitamina A) está envolvido na regulação do processo de diferenciação de vários tipos de células, sendo uma molécula de sinalização da expressão gênica, influenciando a expressão de genes responsáveis pela codificação de glicoproteínas, proteases (colagenase), proteínas como as queratinas, além de genes de diferentes fatores de crescimento.

A vitamina A e seus metabólitos retinóides possuem ligação com a regulação da adipogênese, sensibilidade à insulina e homeostase da glicose. O metabolismo dos retinóides é controlado por uma série de enzimas, as retinaldeído desidrogenases (Aldh1-3) são as enzimas que limitam a conversão de retinaldeído em ácido retinóico, a deficiência dessa enzima reduz a síntese hepática de triacilglicerol, sendo constatado que camundongos com

deficiência de Aldh1 α -1 não apresentam quadros de obesidade mesmo que induzidos via dieta (KIEFER et al., 2012).

Alterações no metabolismo lipídico podem ser constatadas neste estudo visto que a suplementação de vitamina A interferiu na deposição de gordura abdominal das aves aos 42 dias de idade. No entanto, não foram mensurados marcados gênicos para entender se esta interferência estaria ligada a uma menor produção enzimática ou a um quadro de deficiência nutricional.

A vitamina A tem funções no desenvolvimento ósseo, contribuindo para o crescimento e maturação óssea e da cartilagem (RUTZ; LOPES; LUVIZOTTO Jr, 2017). Em casos de hipervitaminose os osteoblastos (formação óssea) são inibidos, enquanto os osteoclastos (reabsorção óssea) são estimulados, reduzindo a síntese de colágeno e a formação óssea, resultando em mineralização precoce devido ao elevado turnover ósseo (LALL; LEWIS-McCREA, 2007).

De acordo com Morais e Burgos (2007), em humanos a ingestão elevada de retinol já é correlacionada com redução da densidade mineral óssea o que eleva a incidência de fraturas, essa característica está vinculada com a estimulação da reabsorção óssea e redução da formação do osso.

No entanto, os resultados obtidos neste estudo demonstraram que aos 42 dias de idade a deficiência de vitamina A resultou em menor densidade óssea (índice de Seedor) e menor força de ruptura óssea (FRO), quando comparada aos demais tratamentos. Esses resultados reforçam a influência da vitamina A no metabolismo ósseo das aves, reforçando a importância de suplementação correta desta vitamina para o adequado desempenho das aves.

5.5 Conclusões

Para aves até os 21 dias de idade, a suplementação de 28.209 UI kg⁻¹ de vitamina A promove o melhor ganho de peso. Enquanto que aos 42 dias de idade, para as aves suplementadas até os 21 dias e recebendo rações isentas de vitamina A no período de 22 a 42 dias, resposta linear crescente foi encontrada para o ganho de peso. Quando a suplementação de vitamina foi realizada até os 42 dias de idade o melhor ganho de peso pode ser obtido com a suplementação de 29.375 UI kg⁻¹.

A vitamina A influenciou o peso relativo do proventrículo (21 dias), moela (42 dias) e deposição de gordura abdominal (42 dias). Da mesma forma que interferiu no

desenvolvimento ósseo aos 42 dias de idade, como demonstrado pelo Índice de Seedor e força de ruptura óssea.

Aves que receberam o tratamento com 0 UI kg⁻¹ de vitamina A apresentaram hipovitaminose A, uma vez que seu desempenho foi inferior aos demais tratamentos. É possível reverter o quadro de hipovitaminose A, todavia os resultados não serão similares aos dos animais que receberam a suplementação adequada de vitamina A durante toda a fase de criação.

A retirada da suplementação de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade não interferiu no desempenho das aves avaliadas neste estudo.

5.6 Referências

- CHEN, F.; JIANG, Z.; JIANG, S.; LI, L.; LIN, X.; GOU, Z.; FAN, Q. Dietary vitamin A supplementation improved reproductive performance by regulating ovarian expression of hormone receptors, caspase-3 and Fat in broiler breeders. **Poultry Science**, v.98, p.30-40, 2015.
- ELWINGER, K.; FISHER, C.; JEROCH, H.; SAUVER, B.; TILLER, H.; WHITEHEAD, C. C. A brief history of poultry nutrition over the last hundred years. **World's Poultry Science Journal**. v. 72, n. 4, p. 701-720, 2016.
- FENG, Y. L.; XIE, M.; TANG, J.; HUANG, W.; Zhang, Q.; HOU, S. S. Effects of vitamin A on growth performance and tissue retinol of starter White Pekin ducks. **Poultry Science**, v.98, p. 2189-2192, 2019.
- GERSTER, H. Vitamin A – Functions, Dietary Requirements and Safety in Humans. **International Journal Vit. Nutr. Research**. v. 67, p. 71-90, 1996.
- GUDAS, L. J. Retinoids, retinoid-responsive genes, cell differentiation, and cancer. **Cell Growth & Differentiation**. V. 3, p. 655-662, 1992.
- KIEFER, F. W.; ORASANU, G.; NALLAMSHETTY, S.; BROWN, J. D.; WANG, H.; LUGER, P.; QI, N. R.; BURANT, C. F.; DUESTER, G.; PLUTZKY, J. Retinaldehyde Dehydrogenase 1 Coordinates Hepatic Gluconeogenesis and Lipid Metabolism. **Endocrinology**, v. 153, n. 7, p. 3089–3099, 2012.
- KHORAMABADI, V.; AKBARI, M. R.; KHAJALI, F.; NOORANI, H.; RAHMATNEJAD, E. Influence of xylanase and vitamin A in wheat-based diet on performance, nutrients digestibility, small intestinal morphology and digesta viscosity in broiler chickens. **Acta Scientiarum**, v.36, p. 379-384, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i4.23910>
- LALL, P. S.; LEWIS-McCREA, L. M. Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology in fish-an overview. **Aquaculture**, v. 267, p. 3-19, 2007.
- MORAIS, G. Q.; BURGOS, M. G. P. A. Impacto dos nutrientes na saúde óssea: novas tendências. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 42, n. 7, p.189-94, 2007.
- MORAVEJ, H.; ALAHYARI, S. M.; BAGHANI, M. R.; SHIVAZAD, M. Withdrawal or reduction of the dietary vitamin premix on bone parameters of broiler chickens in two rearing systems. **South African Journal of Animal Science**, v.42, n. 2, p. 169-177, 2012a.
- MORAVEJ, H.; ALAHYARI, S. M.; SHIVAZAD, M. Effects of the Reduction or Withdrawal of the Vitamin Premix from the Diet on Chicken Performance and Meat Quality. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.14, n. 4, p. 233-244, 2012b.
- PRAUD, C.; AL AHMADIEH, S.; VOLDOIRE, E.; LE VERN, Y.; GODET, E.; COUROUSEÉ, N.; GRAULET, B.; LE BIHAN DUVAL, E.; BERRRI, C.; DUCLOS, M.

J. Beta-carotene preferentially regulates chicken myoblast proliferation withdrawal and differentiation commitment via BCO1 activity and retinoic acid production. **Experimental Cell Research**, v.358, p. 140-146, 2017.

ROSTAGNO, S. H.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; ABREU, M. L. T.; 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**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2017, p. 488.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2016, 262p.

RUTZ, F.; LOPES, D. C. M.; LUVIZOTTO JR., J. M. Absorção e Metabolismo de Vitaminas. In: **Fisiologia das Aves Comerciais**. v. 1, p. 273-320, 2017.

SAS Institute, 2017. SAS user's Guide: Statistics. Version 9.3 Edition (Cary, NC, SAS Inst. Inc.).

SEEDOR, J. G.; QUARRACCIO, H. H.; THOMPSON, D. D. The biophosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Bone and Mineral Research**, v. 6, p. 339- 346, 1991.

Tabela 1 - Composição centesimal e nutricional das rações experimentais

Ingredientes (%)	1 a 21 dias	22 a 42 dias
Milho moído 8%	49,267	57,110
Farelo de soja 45%	42,032	34,563
Óleo de soja	4,503	4,542
Fosfato bi-cálcico	1,605	1,425
Calcário calcítico 35%	1,086	0,922
Cloreto de sódio (Sal)	0,515	0,459
Sulfato de lisina 65%	0,174	0,252
DL-metionina 99%	0,318	0,281
Premix vitamínico ¹	0,100	0,065
L-treonina 98,5%	0,044	0,048
Inerte	0,138	0,138
Cloreto de colina 60%	0,093	0,073
Salinomicina 12%	0,055	0,055
Premix mineral ²	0,050	0,050
Avilamicina 10%	0,050	0,050
Antioxidante	0,010	0,010
Níveis Nutricionais Calculados (g kg⁻¹)		
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	3.050	3.150
Proteína bruta	213,50	205,80
Extrato etéreo	71,80	73,74
Cálcio total	8,78	7,58
Fósforo total	6,46	5,91
Fósforo disponível	4,20	3,74
Sódio	2,18	1,95
Lisina digestível	12,56	11,24
Metionina + Cistina digestível	9,29	8,32
Triptofano digestível	2,69	2,31
Treonina digestível	8,29	7,42

¹ Premix Vitamínico Mineral para Aves - Níveis de Garantia por Quilograma de ração – 1 a 21 dias de idade: Vit. D3 (min) 3.055 UI; Vit. E (min) 45,8 UI; Vit. K3 (min) 2,44 mg; Vit. B1 (min) 3,25 mg; Vit. B2 (min) 8,17 mg; Vit. B6(min) 4,58 mg; Vit. B12 (min) 19,9 mcg; Ácido Pantotênico (min) 16,40mg; Niacina (min) 49,60 mg; Ácido Fólico(min) 1,145 mg; Biotina (min) 114,5 mcg; Selênio(min) 0,32 mg. De 22 a 42 dias de idade: Vit. D3 (min) 1.985 UI; Vit. E (min) 29,8 UI; Vit. K3 (min) 1,59 mg; Vit. B1 (min) 2,11 mg; Vit. B2 (min) 5,31 mg; Vit. B6(min) 2,98 mg; Vit. B12 (min) 12,93 mcg; Ácido Pantotênico (min) 10,66mg; Niacina (min) 32,24 mg; Ácido Fólico(min) 0,744 mg; Biotina (min) 74,42 mcg; Selênio(min) 0,21 mg.

² Premix Mineral para Aves (1-42 dias de idade) – Níveis de Garantia por Quilograma de ração: Cobre (min) 10,00 mg, Ferro (min) 50,00 mg, Manganês (min) 80,00mg, Cobalto (min) 1,00mg, Iodo (min) 1,00mg, Zinco (min) 50,00mg.

Fontes vitamínicas utilizadas: Acetato de retinil (A); colecalciferol (D3); acetato de DL-alfa-tocoferil (E); menadiona bissulfito nicotinamida (K3); mononitrato de tiamina (B1), riboflavina (B2), cloridrato de piridoxina (B6), cianocobalamina (B12), pantotenato de cálcio (ácido pantotênico), ácido nicotínico (niacina), ácido fólico (ácido fólico); D-biotina (biotina).

Fontes minerais utilizadas: Sulfato de cobre pentahidratado (Cu); sulfato ferroso (Fe); sulfato de manganês (Mn); sulfato de cobalto (Co); iodato de cálcio (I); sulfato de zinco (Zn), selenito de sódio (Se).

Tabela 2 – Desempenho de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes suplementações de vitamina A aos 21 dias de idade:

Vitamina A (UI kg ⁻¹)	CR (g)	GP (g)	CA (g g ⁻¹)
0	1.150	917	1,255
6.000	1.263	1.025	1,231
16.000	1.248	1.010	1,234
26.000	1.266	1.020	1,241
36.000	1.265	1.017	1,244
46.000	1.259	1.007	1,250
Média	1.235	998	1,242
EPM	6,6910	6,5233	0,0091
P (ANOVA)	<0,0001	<0,0001	0,9942
P (Regressão)	<0,0001 (Q)	<0,0001(Q)	0,6159

CR: consumo de ração; GP: ganho de peso; CA: conversão alimentar.

EPM: erro padrão da média; L: linear; Q: Quadrática.

CR: $-0,000000105188 \text{ vit A}^2 + 0,00638 \text{ vit A} + 1.180,41877$; R²: 0,25; Vit. A para máxima resposta: 30.327; Resposta máxima: 1.277.

GP: $-0,000000104932 \text{ vit A}^2 + 0,00592 \text{ vit A} + 947,086462$; R²: 0,28; Vit. A para máxima resposta: 28.209; Resposta máxima: 1.030.

Tabela 3 – Desempenho de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes suplementações de vitamina A e tempos de suplementação de vitamina A aos 42 dias de idade:

	Suplementação ¹	Nível de Vitamina A						Média ²	EPM	P (Anova)	P(F test)	P (Regressão)
		0	6.000	16.000	26.000	36.000	46.000					
CR (g)	T – 21	4.7199	5.138	5.070	5.063	5.103	5.161	5.042	31,607	<0,0001	0,6773	0,0190 (Q)
	T – 42	4.017	5.193	5.096	5.173	5.187	5.147	4.969	62,690	<0,0001		<0,0001(Q)
GP (g)	T – 21	3.157	3.392	3.400	3.372	3.382	3.443	3.358	20,027	<0,0001	0,0767	0,0003(L)
	T – 42	2.433	3.402	3.381	3.415	3.352	3.377	3.227	49,598	<0,0001		<0,0001(Q)
CA (g g ⁻¹)	T – 21	1,495	1,515	1,491	1,508	1,509	1,499	1,503	0,004	0,4097	0,0001	0,7292
	T – 42	1,651	1,526	1,507	1,514	1,547	1,524	1,545	0,009	<0,0001		<0,0001(Q)

CR: consumo de ração; GP: ganho de peso; CA: conversão alimentar.

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade, e ração isenta de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

²Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

EPM: erro padrão da média; L: linear; Q: Quadrática.

CR (T-21d): $-0,0000000281642 \text{ vit A}^2 + 0,01878 \text{ vit A} + 4.847,8835$; R²: 0,27; Vit. A para máxima resposta: 33.340; Resposta máxima: 5.161.

CR (T-42d): $-0,00000101 \text{ vit A}^2 + 0,061 \text{ vit A} + 4.413,32394$; R²: 0,52; Vit. A para máxima resposta: 30.198; Resposta máxima: 5.334.

GP (T-21d): $0,00386 + 3.273,25251$; R²: 0,21.

GP (T-42d): $-0,0000000868782 \text{ vit A}^2 + 0,05104 \text{ vit A} + 2.770,29165$; R²: 0,55; Vit. A para máxima resposta: 29.375; Resposta máxima: 3.520.

CA (T-42d): $0,00000000126372 \text{ vit A}^2 - 0,00000702 \text{ vit A} + 1,60581$; R²: 0,28; Vit. A para mínima resposta: 27.775; Resposta mínima: 1.508.

Tabela 4- Pesos relativos médios (%) dos órgãos do trato gastrointestinal de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes suplementações de vitamina A aos 21 dias de idade:

Vit. A (UI kg ⁻¹)	CID (cm)	ID	FIG	PAN	PRO	MOE
0	169,50	4,34	2,78	0,29	0,64	2,37
6.000	174,69	3,97	2,74	0,34	0,51	2,09
16.000	164,94	4,13	2,73	0,31	0,52	2,06
26.000	170,66	4,21	2,78	0,34	0,52	2,10
36.000	173,28	4,21	2,76	0,34	0,52	2,25
46.000	169,72	4,21	2,82	0,33	0,53	2,26
Média	184,951	4,170	2,762	0,326	0,541	2,204
EPM	14,1109	0,0342	0,0263	0,0065	0,0097	0,0284
P (ANOVA)	0,3670	0,1471	0,9584	0,2027	0,0032	0,0545
P (Regressão)	0,3680	0,6995	0,5695	0,0853	0,0007(Q)	0,0534

CID: comprimento do intestino delgado; ID: peso relativo do intestino delgado; FIG: peso relativo do fígado; PAN: peso relativo do pâncreas; PRO: peso relativo do proventrículo; MOE: peso relativo da moela.

EPM: erro padrão da média; L: linear; Q: Quadrática.

%PRO: 0,000000000120679 vit A² - 0,00000688 vit A + 0,60247; R²: 0,15; Vit. A para menor resposta: 28.505; Resposta mínima: 0,50.

Tabela 5 - Pesos relativos médios (%) dos órgãos do trato gastrointestinal de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes suplementações de vitamina A e tempo de suplementação aos 42 dias de idade:

		Nível de Vitamina A						Média ²	EPM	P (Anova)	P(F test)	P (Regressão)
Suplementação ¹		0	6.000	16.000	26.000	36.000	46.000					
CID (cm)	T – 21	178,625	183,750	190,000	180,375	180,375	179,500	182,104	8,568	0,7619	0,3346	0,6938
	T – 42	160,875	188,250	181,125	174,500	184,125	181,125	178,334	30,197	0,1450		0,2600
ID	T – 21	2,381	2,166	2,402	2,249	2,341	2,090	2,271	0,362	0,4956	0,2799	0,3449
	T – 42	2,884	2,278	2,174	2,353	2,173	2,315	3,363	0,578	0,0088		0,0178 (Q)
FIG	T – 21	1,587	1,430	1,466	1,476	1,548	1,498	1,501	1,587	0,1917	0,0933	0,4819
	T – 42	1,789	1,563	1,481	1,586	1,533	2,240	1,699	1,789	0,4155		0,2993
PAN	T – 21	0,394	0,153	0,149	0,157	0,171	0,162	0,197	0,602	0,3166	0,3805	0,1817
	T – 42	0,203	0,162	0,174	0,155	0,155	0,146	0,165	0,039	0,0002		<0,0001 (L)
PRO	T – 21	0,282	0,245	0,283	0,525	0,254	0,251	0,266	0,005	0,0880	0,4799	0,5075
	T – 42	0,350	0,249	0,238	0,259	0,273	0,266	0,273	0,008	0,0003		0,0947
MOELA	T – 21	1,215	1,212	1,176	1,233	1,282	1,162	1,211	0,018	0,5854	0,4683	0,9149
	T – 42	1,491	1,209	1,195	1,159	1,155	1,186	1,233	0,024	<0,0001		0,0005(Q)
GA	T – 21	1,331	1,632	1,364	1,647	1,670	1,674	1,553	0,604	0,4865	0,1681	0,1456
	T – 42	0,649	1,525	1,534	1,554	1,571	1,536	1,394	0,474	0,0011		0,0060(Q)

CID: comprimento intestino delgado; ID: peso relativo do intestino delgado; FIG: peso relativo do fígado; AN: peso relativo do pâncreas; PRO: peso relativo do proventrículo; MOE: peso relativo da moela; GA: peso relativo da gordura abdominal.

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade, e ração isenta de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

²Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

EPM: erro padrão da média; L: linear; Q: Quadrática.

ID (T-42d): 0,00000000678822 vit A² - 0,00003900 vit A + 2,71274; R²: 0,19; Vit. A para mínima resposta: 28.726; Resposta mínima: 2,1526.

PAN (T-42d): -0,0000000085801 vit A + 0,00005126 vit A + 0,91610; R²: 0,25; Vit. A para máxima resposta: 29.871; Resposta mínima: 1,6817.

MOELA (T-42d): 0,00000000326133 vit A² - 0,00001967 vit A + 1,42084; R²: 0,39; Vit. A para mínima resposta: 30.156; Resposta mínima: 1,1243.

GA (T-42d): -0,00000101 vit A² + 0,061 vit A + 4.413,32394; R²: 0,52; Vit. A para máxima resposta: 30.198; Resposta máxima: 5.334.

Tabela 6 – Características ósseas de frangos de corte alimentados com diferentes suplementações de vitamina A aos 21 dias de idade:

Vitamina A (UI kg ⁻¹)	SEEDOR	FRO (kgf mm ⁻¹)	DMO (mmAl)
0	87,09	22,73	3,24
6.000	83,78	24,54	3,15
16.000	84,73	24,65	3,12
26.000	86,38	25,62	3,10
36.000	84,41	23,69	3,28
46.000	87,15	23,54	3,17
Média	85,4721	24,0267	3,1836
EPM	1,0477	0,4144	0,0242
P (ANOVA)	0,9642	0,5922	0,4007
P (Regressão)	0,8234	0,8527	0,9379

SEEDOR: Índice de Seedor; FRO: força de ruptura óssea; DMO: densitometria mineral óssea radiográfica.

EPM: erro padrão da média.

Tabela 7 - Características ósseas e de pele de frangos de corte alimentados com diferentes suplementações de vitamina A e tempo de suplementação aos 42 dias de idade:

	Suplementação ¹	Nível de Vitamina A						Média ²	EPM	P (Anova)	P (F test)	P (Regressão)
		0	6.000	16.000	26.000	36.000	46.000					
SEEDOR	T – 21	154,248	152,432	158,182	144,546	152,136	151,317	152,144	2,385	0,7339	0,1834	0,7339
	T – 42	126,180	154,699	155,349	153,750	146,109	150,473	147,760	2,239	0,0001		0,0014 (Q)
FRO (kgf mm ⁻¹)	T – 21	41,06	42,82	40,76	38,98	42,72	45,14	41,512	0,997	0,5782	0,8379	0,5782
	T – 42	27,88	44,11	49,21	40,04	46,80	45,62	41,876	1,483	<0,0001		0,0016 (Q)
EO (kgf mm ⁻¹)	T – 21	4,038	10,338	4,350	4,063	5,513	3,850	5,358	1,088	0,5059	0,2757	0,5059
	T – 42	3,813	4,188	4,088	4,133	4,150	4,438	4,135	0,092	0,5576		0,5576
DMO (mmAl)	T – 21	3,585	3,689	3,475	3,654	3,739	3,601	3,628	0,036	0,4359	0,9326	0,4358
	T – 42	3,420	3,683	3,629	3,618	3,636	3,776	3,623	0,045	0,3526		0,3526
RSP (kgf mm ⁻¹)	T – 21	4,465	6,334	5,984	4,911	5,376	5,481	5,424	0,265	0,3490	0,7690	0,3490
	T – 42	4,521	4,301	5,743	5,884	4,998	6,415	5,310	0,280	0,1890		0,1890
EP (kgf mm ⁻¹)	T – 21	10,738	12,513	10,188	9,425	10,550	10,750	10,587	0,310	0,0725	0,3737	0,0725
	T – 42	11,325	10,171	11,463	10,900	10,750	11,238	10,991	0,329	0,0011		0,9074

SEEDOR: índice de Seedor; FRO: força de ruptura óssea. EO: Elasticidade óssea; DMO: densitometria mineral óssea radiográfica; RSP: resistência da pele; EP: elasticidade da pele.

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade, e ração isenta de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

²Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

EPM: erro padrão da média; L: linear; Q: Quadrática.

SEEDOR (T-42d): $-0,0000000291403 \text{ vit A}^2 + 0,00157 \text{ vit A} + 135,04221$; $R^2: 0,22$; Vit. A para máxima resposta: 26.938; Resposta máxima: 156,189.

FRO (T-42d): $-0,0000000203852 \text{ vit A}^2 + 0,00113 \text{ vit A} + 32,53344$; $R^2: 0,29$; Vit. A para máxima resposta: 31.886; Resposta máxima: 53,26.

6. VITAMINA A SOBRE O RENDIMENTO DE CARÇA E QUALIDADE DE CARNE DE FRANGOS DE CORTE

RESUMO: O presente estudo avaliou o nível e o tempo da suplementação de vitamina A sobre rendimento de carça e cortes, qualidade da carne, e miopatias em frangos de corte aos 42 dias de idade. Foram utilizadas 1.920 aves, distribuídas em seis níveis de vitamina A (0; 6.000; 16.000; 26.000; 36.000 e 46.000 UI kg⁻¹). De 1 a 21 dias os tratamentos foram distribuídos em 16 repetições com 20 aves. De 22 dias, 8 repetições permaneceram no tratamento inicial e as restantes receberam dietas sem suplementação de vitamina A. Foram abatidas 12 aves por tratamento, para avaliar o rendimento de carça e cortes, força de cisalhamento, perda por cocção, capacidade de retenção de água e a presença de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico. As aves remanescentes foram abatidas e avaliadas *in loco* para a *Wooden breast* (WB) e *White striping* (WS). O peso das asas foi significativo para nível de vitamina A. Houve efeito do tempo de suplementação com vitamina A no peso do peito e pernas, com porção dorsal e coloração da carne na intensidade de amarelo (b*). A incidência de WB apresentou maiores escores nas aves suplementadas de 4 a 42 dias. O WS apresentou resposta quadrática, e menor resposta com a suplementação de 29.700 UI kg⁻¹. Ainda para WS, maior ocorrência do escore normal foi obtido nas aves suplementadas até 21 dias. Respostas quadráticas mínimas foram obtidas para os escores normal, moderado e severo, nas suplementações de 29.301; 29.959 e 29.827 UI kg⁻¹ respectivamente. O WB teve menor ocorrência nas aves suplementadas até 21 dias, já o escore severo apresentou maior ocorrência quando a suplementação até 42 dias. O nível de vitamina A e o tempo pelo qual esta suplementação é realizada interferem no rendimento de cortes, coloração da carne e incidência de WB e WS das aves aos 42 dias de idade.

Palavras-chave: Retinol; *white striping*; *wooden breast*; TBARS; características da carne.

VITAMIN A ON CARCASS YIELD AND MEAT QUALITY OF POULTRY

ABSTRACT: The current study evaluated the level and duration of vitamin A supplementation on carcass yield and cuts, meat quality, and myopathies in broilers at 42 days old. A total of 1,920 birds were distributed in six levels of vitamin A (0; 6,000; 16,000; 26,000; 36,000 and 46,000 IU kg⁻¹). From 1 to 21 days the treatments were distributed in 16 repetitions with 20 birds. After 22 days, 8 repetitions remained with the initial treatment and the others received diets without vitamin A supplementation. 12 birds were slaughtered per treatment to evaluate the carcass and cut yield, shear strength, cooking loss, water retention capacity and the presence of substances reactive to thiobarbituric acid. The remaining birds were slaughtered and evaluated in loco for Wooden breast (WB) and White striping (WS). The weight of the wings was significant for vitamin A level. There was an effect of the duration of supplementation with vitamin A on the weight of the breast, legs with dorsal portion and meat color in the intensity of yellow (b*). The incidence of WB had higher scores in birds supplemented from 4 to 42 days. WS showed a quadratic response and a lower response in supplementation of 29,700 IU kg⁻¹. Even for WS, a higher occurrence of the normal score was obtained in birds supplemented up to 21 days. Minimal quadratic responses were obtained for normal, moderate and severe scores, in supplementations of 29,301; 29,959 and 29,827 IU kg⁻¹, respectively. WB had a lower occurrence in birds supplemented up to 21 days; consequently the severe score had a higher occurrence when supplementation goes up to 42 days. The level of vitamin A and the duration for which this supplementation is performed interfere with the cut yield, meat color and incidence of WB and WS of the birds at 42 days old.

Keywords: Retinol; *White striping*; *wooden breast*; TBARS; meat characteristics.

6.1 Introdução

O mercado consumidor atual está cada vez mais informado e mais exigente quanto aos produtos de consumo, principalmente no que tange a qualidade e os aspectos sanitários das proteínas animais. Nesse contexto, a carne de frango se destaca, pois de acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal, o Brasil é o segundo maior produtor mundial (ABPA, 2018). No entanto, para manter esta produção e acompanhar a crescente demanda de consumo dessa proteína, as empresas de genética conjuntamente com as empresas de nutrição animal, precisam avançar em conjunto para o adequado e máximo desenvolvimento zootécnico das aves.

Os avanços nas práticas de melhoramento genético, nutrição, manejo e sanidade na criação de frangos de corte aumentaram os problemas de mortalidade e perdas por condenações no abatedouro causadas por distúrbios metabólicos, diretamente relacionados aos altos níveis de produção obtidos (MASCHIO; RASZL, 2012).

A suplementação vitamínica e micromineral das dietas estão entre as práticas amplamente difundidas e claramente necessárias dentro do contexto produtivo. Entender o papel de cada vitamina individualmente e suas inter-relações é fundamental para entender qual a suplementação correta a ser realizada.

De acordo com Sundeen et al. (1980), a vitamina A interfere no metabolismo hepático de carboidratos, sendo que a deposição hepática de glicogênio é amplamente reduzida em casos de hipovitaminose A. A vitamina A na, forma de retinol, parece apresentar amplo papel na homeostase de macronutrientes, sendo um micronutriente essencial e lipofílico indispensável para a manutenção da saúde geral dos indivíduos, uma vez que parece atuar no metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas no fígado, pâncreas, músculo esquelético e tecido adiposo, conseqüentemente agindo sobre o metabolismo da glicose e ácidos graxos (CHEN; CHEN, 2014).

Devido às suas funções como antioxidante, atuando na redução da oxidação e degradação dos lipídeos de membrana (ABD EL-HACK et al., 2017), e seu papel na diferenciação celular, garantindo a correta queratinização e formação de novos tecidos (GERSTER, 1996), a suplementação de vitamina A em dietas de frangos de corte pode atuar na incidência de miopatias.

Avaliando a miodegeneração, qualidade e composição química de carne de peito de frango (*Pectoralis major*), Mazzoni et al. (2015), concluíram que a maior parte dos filés produzidos no atual sistema intensivo de produção avícola apresentam lesões histológicas,

com alteração na composição química da carne e com redução na capacidade de retenção de água desta.

O aumento na condenação de carcaça nos frigoríficos tem como motivos alterações musculares, denominadas miopatias, principalmente a *white striping* (estrias brancas) e o *wooden breast* (peito amadeirado), ambas atualmente em maior incidência. A ocorrência de cada miopatia é diferente por região, agroindústria e genética utilizada, sendo que em grande parte dos casos as causas ainda não estão bem esclarecidas.

O aumento da massa muscular das aves, associado às condições sedentárias e a prolongada e direta pressão aos músculos, levam a redução do fluxo sanguíneo capilar nestas regiões, que compromete o fornecimento de nutrientes, bem como a excreção dos metabólicos produzidos pelas fibras musculares, como o dióxido de carbono e o lactato. A não excreção destes metabólicos induz a distúrbios iônicos, como as regulações do cálcio necessário à contração muscular, em consequência, surgem miopatias e necroses (SOSNICK, 1993).

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a influência de diferentes níveis de suplementação de vitamina A, bem como o tempo ao qual as aves receberam estes na ração, sobre o rendimento de carcaça e cortes, qualidade da carne e incidência de miopatias em frangos de corte aos 42 dias de idade.

6.2 Material e Métodos

6.2.1 Aves e programa experimental

O estudo foi desenvolvido no Centro de Pesquisa em Avicultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, *campus* de Marechal Cândido Rondon, Paraná. Todos os procedimentos foram realizados em conformidade com a Resolução Normativa nº 37 de 15 de fevereiro de 2018 do CONCEA, que estabelece as Diretrizes da Prática de Eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal.

Para a realização das avaliações foram utilizados 1.920 pintos de corte, da linhagem Cobb 500, machos com um dia de idade e devidamente vacinados, com peso médio inicial de $47,00 \pm 2,00$ g. As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com seis (6) níveis de suplementação de vitamina A (0; 6.000; 16.000; 26.000; 36.000 e 46.000 UI kg⁻¹). No período de um (1) a quatro (4) dias de idade, as aves foram alimentadas com rações sem suplementação de vitamina A, afim de que seus depósitos de vitamina A fossem consumidos.

6.2.2 Dietas experimentais

No período de um (1) a quatro (4) dias de idade, todas as aves receberam rações sem suplementação de vitamina A, a fim de que seus depósitos de vitamina A fossem totalmente consumidos.

Para as avaliações dos parâmetros aos 42 dias de idade, foram considerados dois tempos de suplementação de vitamina A para as aves. No primeiro tempo de suplementação (T -21d), as aves receberam rações suplementadas com vitamina A de 4 a 21 dias de idade, e passaram a consumir rações isentas (0 UI kg^{-1}) de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade. Enquanto que, no segundo tempo de suplementação (T - 42d), as aves receberam as rações (tratamentos) com adição de vitamina A durante todo o período experimental, ou seja de 4 a 42 dias de idade. Desta forma, as repetições dos tratamentos ministrados até o período de 21 dias de idade foram divididas, e das dezesseis (16) repetições de cada tratamento, as aves de oito (8) repetições continuaram a receber a dieta referente ao tratamento inicial (4 aos 21 dias de idade), e as oito (8) repetições restantes receberam dietas sem suplementação de vitamina A (0 UI kg^{-1}).

As rações experimentais foram fornecidas na forma farelada e formuladas a base de milho e farelo de soja, de acordo com as exigências propostos por Rostagno et al. (2017), para a fase inicial e de crescimento com exceção das exigências de vitamina A (Tabela 1). Para fins de suplementação de vitamina A, foram admitidos somente os valores provenientes do acetato de retinil ($1.000.000 \text{ UI g}^{-1}$), ou seja, não foram consideradas as quantidades de vitamina A dos ingredientes que compuseram as rações experimentais. Análises nas amostras de milho e farelo de soja utilizados nas rações experimentais encontraram os valores de $2,37 \text{ UI g}^{-1}$ e $1,26 \text{ UI g}^{-1}$ para o milho e farelo de soja, respectivamente.

Para a confecção das dietas experimentais foi utilizado premix vitamínico, contendo vitaminas D, E, K; vitaminas do complexo B e selênio. A suplementação de vitamina A foi realizada em substituição peso a peso pelo inerte da ração e a fonte de vitamina A (Tabela 1).

6.2.3 Rendimento de carcaça e cortes

Aos 42 dias de idade, foram abatidas duas aves por UE (n=224), para avaliação do rendimento de carcaça e cortes, após jejum de 6 horas antes do abate. As aves foram sacrificadas por corte ventral no pescoço e atordoamento elétrico. Em seguida, as carcaças foram escaldadas a $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 30 segundos e as penas foram retiradas mecanicamente com

utilização de equipamento comercial. Após a remoção das penas, vísceras, cabeça e pés foram mensurados os pesos da carcaça, depois de pesadas, as carcaças foram resfriadas em uma mistura estática de gelo e água por uma hora e drenada por 10 minutos.

Assim que devidamente drenadas, as carcaças foram despojadas para avaliação do rendimento dos cortes: peito desossado, sassami, pernas com porção dorsal e asas.

6.2.4 Avaliações de Qualidade da Carne

As análises de qualidade de carne foram realizadas utilizando o músculo do peito (*Pectoralis major*) de uma ave abatida por UE (n=112), no qual foram realizadas avaliações de pH, coloração da carne, capacidade de retenção de água, perda por cocção e força de cisalhamento.

6.2.4.1 pH e coloração

Os filés de peito (lado direito) foram utilizados para mensurações de pH aos 15 minutos e 24 horas *post mortem*, a medida de pH foi realizada no músculo *Pectoralis major* à direita usando um medidor de pH (HI 99163). O medidor de pH foi calibrado usando o método de dois (2) pontos com soluções tampão padrão (pH de 4,0 e 7,0). A sonda do equipamento foi inserida no filé de peito a um ângulo de 45°, sempre sendo realizada lavagem com água deionizada entre as amostras. Cada valor foi expresso como a média de duas mensurações.

Conjuntamente, aos 15 minutos e 24 horas *post mortem*, a cor da carne foi expressa no sistema de cor CIELAB, luminosidade (L - nível escuro a claro), vermelho (a*-intensidade vermelho / verde) e amarelo (b*- intensidade amarelo/azul) utilizando um colorímetro (Konica Minolta Sensing CR-400). O colorímetro foi calibrado contra ladrilhos de referência em preto e branco antes do uso. As avaliações foram realizadas no centro de cada seção muscular e o valor foi expresso como a média de três medidas. As medidas das cores foram determinadas à temperatura ambiente (20-25°C) na superfície de cada amostra muscular, em três locais selecionados aleatoriamente, utilizando iluminante difuso e observador de ângulo de 0°.

6.2.4.2 Capacidade de retenção de água, perda por cocção e força de cisalhamento

O filé do peito esquerdo foi separado para análise da capacidade de retenção de água, seguindo a metodologia proposta por Nakamura e Katok (1985). Amostras de aproximadamente 1 g de músculo no peito foram embrulhadas em papel de filtro, centrifugadas a 2000 rpm por 4 min, pesadas, secas em estufa a 70 °C por 12 horas e pesadas novamente para o cálculo da capacidade de retenção de água.

Para realização da perda por cocção, os filés de peito *in natura* foram pesados, embalados em papel laminado e cozidos em chapa elétrica de modelo comercial com aquecimento até 180°C até atingirem temperatura interna de 80°C. Após cozimento, as amostras foram mantidas em repouso até estabilização com a temperatura ambiente, para nova pesagem e obtenção dos dados para cálculo da perda por cocção (HONIKEL, 1998).

Para a determinação da análise de força de cisalhamento (determinada em kgf cm^{-2}), os filés de peito submetidos a perda por cocção, foram cortados em quatro retângulos (1,0 x 1,0 x 4,0 cm), sempre com as fibras orientadas no sentido perpendicular, e colocados na mesma orientação sobre a lâmina do equipamento Brookfield CT3 Texture Analyzer, acoplado com a probe TA 3/100, fixture TA - SBA, calibrado com força 0,01 kg, deformação 20 mm e velocidade do teste de $2,5 \text{ mm s}^{-1}$.

6.2.4.3 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico

A mensuração das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foi realizada na carne da coxa dos frangos com 42 dias de idade. As avaliações foram realizadas na carne refrigerada a -20°C por 24h, 20 dias e 40 dias. A metodologia utilizada foi adaptada de Vyncke (1975) e Sorensen e Jorgensen (1995). Os aldeídos foram extraídos através da homogeneização de 10 ml de solução de ácido tricloroacético (7,5%) e BHT (0,2%) com 2,5g de amostra de carne e em seguida o sobrenadante foi filtrado, em papel filtro qualitativo. Amostras de 3 ml foram retiradas, adicionadas 3 ml de solução de ácido tiobarbitúrico (TBA) e deixadas reagindo durante 40 minutos a 80 °C, em banho maria. Após resfriadas as amostras foram lidas em espectrofotômetro, com absorvância no comprimento de onda de 538nm. A curva padrão utilizada foi com o 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP), e os resultados expressos em miligramas de malonaldeído (MDA) por quilograma de amostra.

6.2.5 Miopatias

As aves que não foram utilizadas para coleta de material foram identificadas, e posteriormente encaminhadas à unidade de processamento de aves da Lar Cooperativa Agroindustrial (Matelândia/PR) para abate e avaliação *in loco* das miopatias (*wooden breast* e *white striping*), que podem aparecer no musculo *Pectoralis Major*. A incidência das miopatias foi realizada com a utilização de escala de severidade, variando de 0 a 3 (zero a três); sendo valor 0 (zero) o filé de peito considerado normal, 1 (um) grau da miopatia leve, 2 (dois) grau da miopatia moderada, e 3 (três) grau da miopatia severa (KUTTAPPAN e OWEN, 2016).

6.2.6 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de normalidade através do teste de Shapiro Wilk, e posteriormente realizou-se a análise de variância (ANOVA). Análise de regressão polinomial foi utilizada para comparações entre os níveis de suplementação de vitamina A, através do procedimento PROC GLM. As equações geradas foram obtidas através de contrastes ortogonais polinomiais, sendo os coeficientes gerados através do PROC IML. Aos 42 dias para avaliar os tempos de suplementação de vitamina A, diferenças entre as médias foram avaliadas pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para a análise estatística das miopatias *white striping* (escores normal, leve e moderado) e de *wooden breast* (escores normal, leve e moderado) os dados foram transformados em porcentagem (%) e ajustados pelo Generalized Linear Model (GLM), utilizando-se da distribuição gama em função de ligação *log*, enquanto para as variáveis de miopatia *white striping* (escores severo) e de *wooden breast* (escore severo) os dados foram transformados em porcentagem (%) e ajustados pelo Generalized Linear Model (GLM) utilizando-se da distribuição gaussiana inversa em função de ligação *log*.

O critério para avaliar a qualidade de ajuste do modelo foi verificado pelo Critério de Informação de Akaike (AIC) em conjunto com a análise gráfica de aderência dos resíduos. As variáveis *white striping* e *wooden breast* foram comparadas usando um teste da diferença entre as médias dos quadrados mínimos (lsmeans), através da estatística χ^2 .

Todas as avaliações estatísticas foram realizadas através do software estatístico SAS® University Edition, versão Student.

6.3 Resultados

6.3.1 Rendimento de carcaça e cortes

O peso relativo das asas aos 42 dias de idade apresentou resposta linear crescente em aves que receberam a suplementação de vitamina A até os 21 dias de idade. Já para as aves suplementadas até os 42 dias de idade a resposta foi quadrática (Tabela 2), sendo que a suplementação de vitamina A de 35.179 UI kg⁻¹ proporciona a mínima resposta do peso relativo das asas.

Os pesos relativos das pernas com porção dorsal (P=0,0286) e do peito (P= 0,0109), diferiram pelo teste F no comparativo entre as médias dos tempos de suplementação (Tabela 2). Maior peso de pernas com porção dorsal foi obtido quando as aves foram suplementadas com vitamina A de 4 a 42 dias de idade (T-42). No entanto, para o peso relativo do peito o maior valor foi obtido nas aves suplementadas com vitamina A de 4 a 21 (T-21) dias de idade e recebendo ração sem suplementação no período de 22 a 42 dias.

6.3.2 Qualidade de carne

Não foram encontradas diferenças para força de cisalhamento, perda por cocção, capacidade de retenção de água e pH as 24 horas *post mortem* avaliadas na carne de peito das aves aos 42 dias de idade (Tabela 3).

Houve efeito da suplementação da vitamina A no pH da carne de peito determinados aos 15 min *post mortem* em aves que receberam vitamina A na ração até os 21 dias de idade (Tabela 3). A derivação da equação quadrática obteve o valor de suplementação de vitamina A de 23.678 UI kg⁻¹ de vitamina A para mínima resposta.

A coloração da carne de peito foi influenciada pelo tempo de suplementação de vitamina A, ao qual as aves foram submetidas, para a variável de intensidade de amarelo/azul (b*), tanto aos 15 min (P=0,0214) quanto a 24 h (P=0,0061) *post mortem* (Tabela 4). As médias dos valores de b* na carne do músculo *Pectoralis major* de frangos aos 42 dias de idade, foram superiores nas aves recebendo rações suplementadas com vitamina A até os 21 dias de idade, tanto aos 15min quanto às 24h *post mortem*.

As análises realizadas para determinar a interferência da suplementação de vitamina A sobre a oxidação lipídica da carne da coxa de frangos aos 42 dias de idade não apresentaram diferença estatística para nenhuma das variáveis avaliadas (Tabela 5).

6.3.3 Miopatias

Nas avaliações dos escores das miopatia de *wooden breast* e *white striping* em frangos de corte aos 42 dias de idade, houve influência da suplementação de vitamina A para a *white striping*, com resposta quadrática resultando em 29.700 UI kg⁻¹ de vitamina A para mínima resposta (Tabela 6). O *wooden breast* sofreu influência do tempo ao qual as aves receberam vitamina A via ração (teste F), sendo que os maiores escores desta miopatia foram encontrados nas aves que foram suplementadas de 4 a 42 dias de idade (T-42) (Tabela 6).

A incidência da miopatia *white striping* no músculo *Pectoralis major* de aves com 42 dias de idade, foi influenciada pelo nível de vitamina A adicionado as rações das aves (Tabela 7). A ocorrência dos escores normal, moderado e severo apresentaram respostas quadráticas quando as aves receberam vitamina A até os 21 dias de idade. Foram obtidas respostas mínimas nas suplementações de 29.301; 29.959 e 29.827 UI para os escores normal, moderado e severo de *white striping*, respectivamente.

O tempo ao qual as aves foram suplementadas, influenciou na ocorrência da miopatia *white striping* nos escores normal e leve (Tabela 7), sendo que maior média de ocorrência desta miopatia de grau normal foi obtida quando as aves receberam rações isentas de vitamina A no período de 22 a 42 dias de idade (T-21). Enquanto que, contrariamente maior incidência da miopatia do grau leve foi encontrada nas aves suplementadas durante todo o período experimental (T-42) (Tabela 7).

Na avaliação do percentual médio de ocorrência da miopatia *wooden breast* no músculo *Pectoralis major* de frangos de corte aos 42 dias de idade foram encontradas diferenças na ocorrência do escore normal e severo no comparativo pelo teste F ($P < 0,05$), entre os tempos de suplementação com vitamina A, aos quais as aves foram submetidas (Tabela 8). A suplementação com vitamina A até os 21 dias de idade, seguida de uma ração sem suplementação de vitamina A aumentou a ocorrência do escore normal, enquanto que a suplementação de vitamina A até os 42 dias de idade aumentou a incidência de *wooden breast* nas aves aos 42 dias de idade.

6.4 Discussão

A influência da vitamina A nas variáveis de rendimento de cortes podem estar relacionadas às funções desta no metabolismo das aves. Não foram encontradas na literatura muitas avaliações demonstrando qual seria a sua influência especificamente na deposição de

proteica (carne) em aves, porém a vitamina A tem funções no desenvolvimento, regulação, proliferação e diferenciação celular (BLOMHOFF et al., 1990), fatores que interfeririam diretamente nos resultados apresentados, peso relativo das asas, peito e pernas com porção dorsal.

De acordo com Chen e Chen (2014), poucos estudos foram realizados avaliando os efeitos da hipervitaminose A no metabolismo proteico de animais, segundo estes autores a indução de toxicidade para essa finalidade deveria ser de 400 vezes a exigência nutricional dos animais, o que não foi realizado neste estudo. Além da possível influência da vitamina A no metabolismo proteico, essa pode ter ocasionado alterações no metabolismo de carboidratos e lipídeos das aves.

Sundeen et al. (1980), avaliando dietas deficientes em vitamina A, observaram que aves com quadros leves de hipovitaminose A tiveram aumento da deposição de glicogênio no músculo *Pectoralis major*, e que em casos de deficiência grave estes estoques eram reduzidos. E quando após período de deficiência essas aves recebiam dietas adequadamente suplementadas com vitamina A, o conteúdo de glicogênio muscular se igualava ao de aves adequadamente suplementadas.

A influência da vitamina A nestes processos pode ser relacionada às diferenças encontradas nos parâmetros de rendimento de carcaça avaliados neste estudo. No entanto, análise mais específica para entender e realmente afirmar estes pontos se fazem necessárias.

Normalmente, após o abate o músculo do peito tem pH acima de 7, mas este reduz para 5,8 - 5,9 após 6 horas *post mortem* (PETRACCI et al., 2015). Ainda de acordo com estes autores, altas quantidades de glicogênio muscular podem reduzir o pH da carne próximo ao ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares, sendo que estas são as responsáveis pela retenção de líquidos na carne. No entanto, apesar do pH ter apresentado influência da vitamina A, nenhuma outra variável de qualidade foi afetada.

A vitamina A influenciou a coloração da carne de peito (*Pectoralis major*) para a intensidade de azul/amarelo (b*) tanto nos 15 min quanto nas 24h *post mortem*. Os resultados indicam que quanto maior a suplementação de vitamina A na dieta menor a intensidade de azul/amarelo (b*) na carne aos 42 dias de idade. Menores intensidades de azul/amarelo (b*) estão associados ao baixo estresse, uma vez que maiores condições de estresse tendem a aumentar a alta taxa de glicólise *post mortem* causando um rápido declínio no pH em função da desnaturação da mioglobina (OBA et al., 2007).

Aparentemente, a restrição dietética de vitamina A tende a aumentar a deposição de vitamina E, resultando em maior estabilidade em função de uma redução da oxidação lipídica,

e conseqüentemente aumentando a qualidade e vida de prateleira da carne (AYUSO et al., 2005). No entanto, nas avaliações de qualidade e mensuração das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico não foram encontradas diferenças que confirmem essa afirmação.

Todavia, quando avaliada a incidência das miopatias *wooden breast* e *white striping*, maiores valores foram observados nas aves que receberam suplementação de vitamina A no período de 1 a 42 dias, podendo esta ser um indicativo de que maiores valores de vitamina A armazenados pelas aves interferem no crescimento, taxas oxidativa e metabólicas do músculo *Pectoralis major*.

De acordo com Petracci et al. (2019), o processo de degeneração do tecido muscular que ocorre durante a instalação/ocorrência das miopatia de peito tem influência direta nos traços sensoriais da carne, como cor e textura. A ocorrência de *wooden breast* resulta em maior luminosidade (L*) e aumento da intensidade de amarelo (b*) no músculo afetado (KUTTAPPAN et al., 2017). Podendo estas características ser agravadas em maiores graus de severidade (PETRACCI et al., 2019). No entanto, os resultados encontrados para a suplementação e incidência destas miopatias divergem destas afirmações, possivelmente maior segregação das avaliações deve ser realizada a fim de medir a real influência da vitamina A nestas características ligadas a incidência de miopatia.

A vitamina A influenciou a ocorrência de *white striping* nas aves aos 42 dias, sendo possível observar que a suplementação no período de 1 a 42 dias de idade reduziu a ocorrência de escore normal e aumentou a ocorrência de escore leve. Pode ser um indicativo que o excesso ou suplementação prolongada de vitamina A interfere no crescimento e diferenciação celular, talvez devido a algum desbalanço em relação a outros nutrientes importantes para o adequado crescimento muscular, resposta imunológica e manutenção da homeostase.

De acordo com Ferreira et al. (2014), após exame histológico as regiões afetadas pela *white striping* do filé de peito, são caracterizadas por aumento de células de gordura e tecido conjuntivo acompanhados de degeneração das fibras musculares. Alguns autores sugerem que a gordura e o tecido conjuntivo se infiltram nas fibras musculares lesionadas. Além disso, não existem indicações que o surgimento desta miopatia tenha relação com condição infecciosa ou inflamatória, somente indicação de que o dano muscular causado pela miopatia regenerativa (FERREIRA et al., 2014).

O *wooden breast* está associado a lesões microscópicas, com presença de degeneração, necrose, áreas de regeneração, lipidose. E lesões aparentes de palidez e rigidez, e alguns casos com petéquias e pequenas hemorragias. Da mesma foram que a *white striping*

não apresenta risco sanitário, no entanto apresenta modificação da aparência e da coloração da carne, além de afetar a qualidade da carne refrigerada ou marinada, sendo que esta se apresenta endurecida, com diminuição da absorção de salmoura e maior perda por cocção, ao que tudo indica o principal fator que interfere na qualidade desta carne é a diminuição da capacidade de reter água (CRUZ, 2018).

A vitamina A interfere na regulação do metabolismo de lipídeos, carboidratos e proteínas, seus efeitos são atribuídos na maior parte pela ação do ácido retinóico na expressão genica de inúmeras vias metabólicas no organismo (CHEN; CHEN, 2014). Avaliando essa prerrogativa, e avaliando os resultados encontrados neste estudo tanto a falta quanto o excesso de vitamina A influenciam na incidência e maior severidade das miopatia avaliadas.

6.5 Conclusões

A vitamina A influenciou o peso relativo das asas aos 72 dias de idade, com reposta linear crescente para as aves suplementadas com vitamina até os 21 dias de idade e recebendo a partir de 22 dias rações sem suplementação de vitamina A, e resposta quadrática para as aves que receberam suplementação até os 42 dias, sendo encontrada a suplementação de 35.179 UI kg⁻¹ de vitamina A para mínima resposta.

Houve diferença entre o tempo ao qual as aves foram suplementadas para as variáveis de peso relativo de pernas com porção dorsal e peito, intensidade de azul/amarelo (b*) tanto aos 15 min quanto a 24h *post mortem*, média de escores da miopatia *Wooden breast*, ocorrência *White striping* nos escores normal e leve, e para ocorrência de *Wooden breast* nos escores normal e severo das aves aos 42 dias de idade.

Os valores de pH aos 15 min *post mortem* no músculo *Pectoralis major* dos frangos com 42 dias de idade, foi influenciado pela vitamina A nas aves suplementadas de 5 a 21 dias de idade, resultando no valor de 23.678 UI kg⁻¹ de vitamina A para obter a mínima resposta.

A incidência da miopatia *white striping* nos frangos aos 42 dias de idade, foi influenciada pelo nível de vitamina A quando as aves foram suplementadas até os 21 dias de idade, com suplementação de 29.700 UI kg⁻¹ para mínima resposta. Da mesma forma, a vitamina A influenciou na ocorrência desta miopatia nas mesmas aves, com suplementação de 29.301 UI kg⁻¹ de vitamina A para maior incidência de escore normal.

6.6 Referências

- ABD EL-HACK, M. E.; MAHROSE, K.; ASKAR, A. A.; ALAGAWANY, M.A.; SAEED, M.; ABBASI, F.; SOOMRO, R. N.; SIYAL, F. A.; CHAUDHRY, M. T. Single and combined impacts of vitamin A and Selenium in diet on productive performance, egg quality, and some blood parameters of laying hens during hot season. **Biological Trace Element Research**, v. 177, n. 1, p. 169-179, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **Relatório Anual**. 2018, 176p.
- AYUSO, M.; ÓVILO, C; FERNÁNDEZ, A.; NUÑEZ, Y.; ISABEL, B; DAZA, A.; LÓPEZ-BOTE, C. J.; REY, A. I. Effects of dietary vitamin A supplementation or restriction and its timing on retinol and -tocopherol accumulation and gene expression in heavy pigs. **Animal Feed Science Technology**, v.202, p.62–74, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.01.014>.
- BLOMHOFF, R.; GREEN, M. H.; BERG, T.; NORUM, K. R. Transport and Storage os Vitamin A. **Science**, v. 250, p. 399 – 404, 1990.
- CHEN, W.; CHEN, G. The Roles of Vitamin A in the Regulation of Carbohydrate, Lipid, and Protein Metabolism. **Journal of Clinical Medicine**, v.3, p.453–479, 2014. <https://doi.org/10.3390/jcm3020453>
- CRUZ, C.E.B.; FREITAS, E. R; BRAZ, N. M; SALLES, R. P. R.; SILVA, I. N. G. da. Blood parameters and enzymatic and oxidative activity in the liver of chickens fed with calcium anacardate. *Revista Ciência Agronômica*, v.49, p.343–352, 2018. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180039>
- FERREIRA, T. Z.; CASAGRANDE, R. A.; VEIRA, S. L.; DRIEMEIER, D.; KINDLEIN, L. An investigation of a reported case of white striping in broilers. *Applied Poultry Research*, v.23, p.1-6, 2014. <http://dx.doi.org/10.3382/japr.2013-00847>
- GERSTER, H. Vitamin A – Functions, Dietary Requirements and Safety in Humans. **International Journal Vit. Nutr. Research**. v. 67, p. 71-90, 1996.
- HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v.49, p.447-457, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00034-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00034-5)
- KUTTAPPAN, V. A.; HARGIS, B. M.; OWENS, C. M. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: A review. *Poultry Science*, v.95, p.2724–2733, 2016. <https://doi.org/10.3382/ps/pew216>
- KUTTAPPAN, V. A.; OWENS, C. M.; COON, C.; HARGIS, B. M.; VAZQUEZ-AÑÓN, M. Research Note Incidence of broiler breast myopathies at 2 different ages and its impact on selected raw meat quality parameters. *Poultry Science*, v.96, p.3005–3009, 2017. <https://doi.org/10.3382/ps/pex072>

- MACHIO, M. M.; RASZL, S. M. Impacto financeiro das condenações *post-mortem* parciais e totais em uma empresa de abate de frango. **E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, p.26-38, 2012.
- MAZZONI, M.; PETRACCI, M.; MELUZZI, A.; CAVANI, C.; CLAVENZANI, P. ; SIRRI, F. Relationship between pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat. **Poultry Science**, v.95, p.123-130, 2015. doi: <https://doi.org/10.3382/ps/peu043>.
- OBA, A.; SOUZA, P. A.; SOUZA, H. B. A.; LEONEL, F. P.; PELICANO, E. R. L.; ZEOULA, N. M. B.; BOLELLI, I. C. Qualidade da carne de frangos de corte submetidos a dietas suplementadas com crômio, criados em diferentes temperaturas ambientais. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.29, p.143-149, 2007. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v29i2.218>
- NAKAMURA, M.; KATOK, K. Influence of thawing method on several properties of rabbit meat. **Bulletin of Ishikawa Prefec. Coll. of Agric.**, v.11, p.45-49, 1985.
- PETRACCI, M.; SOGLIA, F.; MADRUGA, M.; CARVALHO, L.; IDA, E.; ESTÉVEZ, M. Wooden-Breast, White Striping, and Spaghetti Meat: Causes, Consequences and Consumer Perception of Emerging Broiler Meat Abnormalities. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.18, p.565–583, 2019. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12431>
- ROSTAGNO, S. H.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; ABREU, M. L. T.; 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**. 4.ed. Viçosa: UFV, 2017, p. 488.
- SAS Institute, 2017. SAS user's Guide: Statistics. Version 9.3 Edition (Cary, NC, SAS Inst. Inc.).
- SORENSEN, G; JORGENSEN, S. S. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. **Zeitschrift Lebensmittel Untersuchung Forschung A**, v.202, p.205-210, 1995.
- SOSNICKI, A. A. Focal myonecrosis effects in turkey muscle tissue. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, v.46, p.97-102, 1993.
- SUNDEEN, G.; RICHARDS, J. F.; BRAGG, D. B. The effect of vitamin A deficiency on some postmortem parameters of avian muscle. **Poultry Science**, 1980. 59:2225–2236. <https://doi.org/10.3382/ps.0592225>
- VYNCKE, W. Evaluation of the direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in Mackerel. **Fette Seifen Anstrichmittel**, v.77, p.239-240, 1975.

Tabela 1 - Composição centesimal e composição nutricional das rações experimentais

Ingredientes (%)	1 a 21 dias	22 a 42 dias
Milho moído 8%	49,267	57,110
Farelo de soja 45%	42,032	34,563
Óleo de soja	4,503	4,542
Fosf. Bicálcico	1,605	1,425
Calcário calcítico 35%	1,086	0,922
Cloreto de Sódio (Sal)	0,515	0,459
Sulfato de lisina 65%	0,174	0,252
DL-metionina 99%	0,318	0,281
PX Vitmin ¹	0,100	0,065
L-treonina 98,5%	0,044	0,048
Inerte	0,138	0,138
Cloreto de colina 60%	0,093	0,073
Salinomicina 12%	0,055	0,055
Premix mineral ²	0,050	0,050
Avilamicina 10%	0,050	0,050
Antioxidante	0,010	0,010
Total	100,000	100,000
Níveis Nutricionais Calculados (g kg ⁻¹)		
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	3.050	3.150
Proteína bruta	213,50	205,80
Extrato etéreo	71,80	73,74
Cálcio total	8,78	7,58
Fósforo total	6,46	5,91
Fósforo disponível	4,20	3,74
Sódio	2,18	1,95
Lisina digestível	12,56	11,24
Metionina + Cistina digestível	9,29	8,32
Triptofano digestível	2,69	2,31
Treonina digestível	8,29	7,42

¹ Premix Vitamínico Mineral para Aves - Níveis de Garantia por Quilograma de ração – 1 a 21 dias de idade: Vit. D3 (min) 3.055 UI; Vit. E (min) 45,8 UI; Vit. K3 (min) 2,44 mg; Vit. B1 (min) 3,25 mg; Vit. B2 (min) 8,17 mg; Vit. B6(min) 4,58 mg; Vit. B12 (min) 19,9 mcg; Ácido Pantotênico (min) 16,40mg; Niacina (min) 49,60 mg; Ácido Fólico(min) 1,145 mg; Biotina (min) 114,5 mcg; Selênio(min) 0,32 mg. De 22 a 42 dias de idade: Vit. D3 (min) 1.985 UI; Vit. E (min) 29,8 UI; Vit. K3 (min) 1,59 mg; Vit. B1 (min) 2,11 mg; Vit. B2 (min) 5,31 mg; Vit. B6(min) 2,98 mg; Vit. B12 (min) 12,93 mcg; Ácido Pantotênico (min) 10,66mg; Niacina (min) 32,24 mg; Ácido Fólico(min) 0,744 mg; Biotina (min) 74,42 mcg; Selênio(min) 0,21 mg.

² Premix Mineral para Aves (1-42 dias de idade) – Níveis de Garantia por Quilograma de ração: Cobre (min) 10,00 mg, Ferro (min) 50,00 mg, Manganês (min) 80,00mg, Cobalto (min) 1,00mg, Iodo (min) 1,00mg, Zinco (min) 50,00mg.

Fontes vitamínicas utilizadas: Acetato de retinil (A); colecalciferol (D3); acetato de DL-alfa-tocoferil (E); menadiona bissulfito nicotinamida (K3); mononitrato de tiamina (B1), riboflavina (B2), cloridrato de piridoxina (B6), cianocobalamina (B12), pantotenato de cálcio (ácido pantotênico), ácido nicotínico (niacina), ácido fólico (ácido fólico); D-biotina (biotina).

Fontes minerais utilizadas: Sulfato de cobre pentahidratado (Cu); sulfato ferroso (Fe); sulfato de manganês (Mn); sulfato de cobalto (Co); iodato de cálcio (I); sulfato de zinco (Zn), selenito de sódio (Se).

Tabela 2 – Rendimento de carcaça e cortes (%) de frangos de corte alimentados com diferentes suplementações de vitamina A aos 42 dias de idade

	Suplementação ¹	Nível de Vitamina A						Média ²	EPM	P (Anova)	P (Teste F)	P (Regressão)
		0	6.000	16.000	26.000	36.000	46.000					
Carcaça	T – 21	72,918	73,388	73,388	73,906	72,771	72,344	73,11917	1,395891	0,3288	0,3337	0,0829
	T – 42	72,046	72,862	72,795	72,900	73,193	73,050	72,80767	1,231255	0,5803		0,4376
Asa	T – 21	5,23	5,55	5,35	5,67	5,60	5,70	5,516667	0,342081	0,0182	0,4575	0,0088(L)
	T – 42	5,35	5,64	5,49	5,49	5,54	5,38	5,481667	0,460971	0,0006		0,0392(Q)
Pernas com porção dorsal	T – 21	39,654	39,556	40,050	39,455	39,762	39,308	39,63083	1,14529	0,8593	0,0286	0,4954
	T – 42	39,917	40,257	39,605	40,366	40,429	40,279	40,14217	1,072598	0,7092		0,8619
Peito	T – 21	27,265	28,063	28,012	28,238	27,570	27,696	27,80733	0,995739	0,4022	0,0109	0,1108
	T – 42	26,754	27,399	27,561	27,013	27,450	27,061	27,20633	1,145694	0,7570		0,3640
Sassami	T – 21	5,23	5,544	5,346	5,665	5,596	5,527	5,484667	0,401444	0,2764	0,6541	0,3049
	T – 42	5,347	5,640	5,489	5,490	5,317	5,381	5,444	0,398839	0,6403		0,5182

Carcaça: peso relativo da carcaça (%); Asa: peso relativo das asas (%); Pernas com porção dorsal: peso relativo das pernas com porção dorsal (%); Peito: peso relativo do peito (%); Sassami: peso relativo do sassami (%).

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

²Teste F ao nível de 5% de probabilidade para comparativo entre as médias dos tempos de suplementação de vitamina A.

EPM: erro padrão da média; L: linear; Q: Quadrática.

ASA (T-21d): 0,00000841 vit A + 9,30975; R²: 0,13;

ASA (T-42d): 0,000000000660904 vit A² - 0,00004650 vit A + 10,10156; R²: 0,28; Vit. A para mínima resposta: 35.179; Resposta mínima: 9,29.

Tabela 3 - Avaliações qualitativas da carne de peito de frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações contendo diferentes suplementações de vitamina A

	Suplementação ¹	Nível de Vitamina A						Média ²	EPM	P (Anova)	P (Teste F)	P (Regressão)
		0	6.000	16.000	26.000	36.000	46.000					
FC (kgf)	T – 21	3,754	3,468	3,747	3,673	4,828	3,930	3,899	1,331081	0,4105	0,8842	0,9198
	T – 42	3,578	3,856	3,265	3,981	4,295	4,171	3,858	1,533015	0,7750		0,7805
PPC (%)	T – 21	34,711	35,290	34,377	34,267	36,066	35,840	35,109	3,518941	0,8718	0,1395	0,5429
	T – 42	32,172	33,671	32,792	35,381	36,326	32,793	33,878	4,517138	0,4008		0,1941
CRA (%)	T – 21	66,381	67,967	68,003	66,567	66,552	66,230	66,952	3,524416	0,8294	0,4228	0,5051
	T – 42	68,569	67,616	66,086	66,113	69,350	67,652	67,564	4,075530	0,5431		0,2753
pH 15min	T – 21	6,486	6,473	6,398	6,378	6,365	6,516	6,436	0,118686	0,0620	0,5208	0,0041 (Q)
	T – 42	6,494	6,360	3,449	6,456	6,528	6,441	6,454	0,156426	0,4031		0,9780
pH 24h	T – 21	6,004	5,970	6,018	5,915	5,911	5,925	5,959	0,143601	0,5120	0,9555	0,8332
	T – 42	6,003	5,961	6,010	6,020	5,949	6,064	6,001	0,205734	0,8929		0,6848

FC: Força de cisalhamento; PPC: perda por cocção; CRA: Capacidade de retenção de água; pH 15 min: pH da carne de peito 15 minutos *post mortem*; pH 24h: pH da carne do peito 24 horas *post mortem*.

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

²Teste F ao nível de 5% de probabilidade para comparativo entre as médias dos tempos de suplementação de vitamina A.

EPM: erro padrão da média; L: linear; Q: Quadrática.

pH 15 min (T-21d): 0,000000000660904 vit A² - 0,00001180 vit A + 6,50960; R²: 0,21; Vit. A para mínima resposta: 23.678; Resposta mínima: 6,37.

Tabela 4 – Valores de coloração da carne de peito aos 15 minutos e 24 horas *post mortem* de frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações contendo diferentes suplementações de vitamina A

		Nível de Vitamina A						Média ²	EPM	P (Anova)	P (Teste F)	P (Regressão)
Suplementação ¹		0	6.000	16.000	26.000	36.000	46.000					
L*	T – 21	53,399	51,720	50,911	50,125	43,970	50,726	50,142	7,1902800	0,1776	0,3337	0,2943
	(15min) T – 42	51,216	50,570	50,008	49,375	5,343	48,911	50,071	4,8789804	0,9457		0,8760
a*	T – 21	4,415	6,606	5,484	5,550	5,636	6,116	5,634	2,4495530	0,6134	0,5119	0,8164
	(15 min) T – 42	7,790	4,995	7,381	4,854	6,349	4,953	6,053	3,6870360	0,4201		0,8804
b*	T – 21	7,430	8,718	6,709	6,069	6,074	7,503	7,085	2,9453540	0,4609	0,0214	0,2253
	(15 min) T – 42	7,330	5,016	6,753	4,984	6,030	3,243	5,559	3,3358640	0,1955		0,5469
L* (24h)	T – 21	60,020	56,755	56,208	55,726	53,506	58,583	56,799	4,1920890	0,0566	0,6830	0,0517
	T – 42	59,189	56,334	55,199	54,804	58,403	54,571	56,416	4,5586840	0,2193		0,4115
a* (24h)	T – 21	4,699	7,100	5,950	6,935	6,096	5,345	6,0208	2,312730	0,2986	0,8959	0,0890
	T – 42	6,644	5,579	6,215	6,128	6,113	5,814	6,082	2,311871	0,9615		0,9704
b* (24h)	T – 21	10,436	8,850	7,910	8,591	7,291	9,103	8,697	2,6926180	0,2888	0,0061	0,0793
	T – 42	9,381	5,579	7,050	6,001	7,031	5,989	7,054	2,934871	0,2338		0,3013

L*: luminosidade – nível de escuro a claro; a*: intensidade de vermelho/verde; b*: intensidade de amarelo/azul.

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

²Teste F ao nível de 5% de probabilidade para comparativo entre as médias dos tempos de suplementação de vitamina A.

EPM: erro padrão da média; L: linear; Q: Quadrática.

Tabela 5 - Valores médios de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em MDA mg kg⁻¹ em carne de peito de frangos aos 42 dias, refrigerada por 24 horas, congelada a -20°C por 20 dias e 40 dias, alimentados com rações contendo diferentes suplementações de vitamina A

	Suplementação ¹	Nível de Vitamina A						Média ²	EPM	P (Anova)	P (Teste F)	P (Regressão)
		0	6.000	16.000	26.000	36.000	46.000					
24h	T – 21	0,028	0,029	0,023	0,030	0,032	0,030	0,0287	0,012224	0,7579	0,1180	0,6346
	T – 42	0,037	0,034	0,028	0,029	0,033	0,040	0,0335	0,018168	0,7850		0,1359
20d	T – 21	0,026	0,025	0,040	0,030	0,030	0,053	0,0034	0,225640	0,3425	0,62310	0,1625
	T – 42	0,032	0,027	0,059	0,039	0,065	0,060	0,0476	0,031627	0,0795		0,6526
40d	T – 21	0,016	0,015	0,014	0,013	0,014	0,015	0,0144	0,005930	0,9188	0,3046	0,2614
	T – 42	0,013	0,012	0,020	0,014	0,017	0,018	0,01577	0,006723	0,2614		0,6218

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

²Teste F ao nível de 5% de probabilidade para comparativo entre as médias dos tempos de suplementação de vitamina A.

EPM: erro padrão da média; L: linear; Q: Quadrática.

Tabela 6 - Média dos escores do *Wooden Breast (WB)*, *White Striping (WS)* em peitos de frangos de corte aos 42 dias de idade:

		Nível de Vitamina A						Média ²	EPM	P (Anova)	P (Teste F)	P (Regressão)
		Suplementação ¹	0	6.000	16.000	26.000	36.000					
WS	T – 21	1,83	0,69	0,60	0,70	0,63	0,67	0,8520	0,0793	<0,0001	0,2154	<0,0001(Q)
	T – 42	0,97	0,96	1,04	0,96	1,00	0,88	0,9684	0,0523	0,9725		
WB	T – 21	1,11	1,05	0,85	1,16	0,94	1,09	1,0341	0,0577	0,5996	0,0053	0,5432
	T – 42	1,15	1,39	1,40	1,20	1,29	1,09	1,2537	0,0623	0,3751		

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

²Teste F ao nível de 5% de probabilidade para comparativo entre as médias dos tempos de suplementação de vitamina A.

EPM: erro padrão da média; L: linear; Q: Quadrática.

WS (T-21d): 0,000000001164109 vit A² - 0,00006915 vit A + 1,50037; R²: 0,43; Vit. A para mínima resposta: 29.700; Resposta mínima: 0,4735.

Tabela 7 - Ocorrência de *White Striping* (WS) (%) em peitos de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com diferentes suplementações de vitamina. A

	Suplementação ¹	Nível de Vitamina A						Média ²	EPM	P (Anova)	P (Teste F)	P (Regressão)
		0	6.000	16.000	26.000	36.000	46.000					
Normal	T – 21	11,25	53,36	56,25	46,02	55,97	50,48	45,56	3,377	0,0017	0,0045	0,0026 (Q)
	T – 42	35,71	35,71	37,09	34,96	33,31	34,48	35,21	2,396	0,9989		0,9368
Leve	T – 21	21,25	32,32	30,36	40,45	30,56	35,92	31,64	2,081	0,5411	0,0347	0,5411
	T – 42	39,29	39,39	28,78	42,38	42,38	46,67	39,48	2,133	0,2396		0,2396
Moderado	T – 21	41,25	8,17	10,71	10,85	8,04	10,03	14,84	2,396	0,0002	0,7899	0,0011(Q)
	T – 42	16,96	20,53	26,99	14,50	15,32	17,10	18,57	1,576	0,2100		0,2072
Severo	T – 21	26,25	7,14	2,68	2,68	5,43	3,57	7,96	1,591	0,0001	0,4681	<0,0001(Q)
	T – 42	8,04	5,36	7,14	8,17	8,99	2,75	6,742	1,214	0,0181		0,7152

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

²Teste F ao nível de 5% de probabilidade para comparativo entre as médias dos tempos de suplementação de vitamina A.

EPM: erro padrão da média; L: linear; Q: Quadrática.

WS normal (T-21d): $-0,0000000402676 \text{ vit A}^2 + 0,00236 \text{ vit A} + 23,81484$; R²: 0,27; Vit. A para máxima resposta: 29.301; Resposta mínima: 58,39.

WS moderado (T-21d): $0,00000000295402 \text{ vit A}^2 - 0,00177 \text{ vit A} + 31,71040$; R²: 0,32; Vit. A para mínima resposta: 29.959; Resposta mínima: 5,20.

WS severo (T-21d): $0,000000002330068 \text{ vit A}^2 - 0,00139 \text{ vit A} + 21,07060$; R²: 0,44; Vit. A para mínima resposta: 29.827; Resposta mínima: 0,3405.

Tabela 8 - Ocorrência de *Wooden Breast* (%) em peitos de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com diferentes suplementações de vitamina A

	Suplementação ¹	Nível de Vitamina A						Média ²	EPM	P (Anova)	P (Teste F)	P (Regressão)
		0	6.000	16.000	26.000	36.000	46.000					
Normal	T – 21	38,75	44,16	50,89	40,45	47,05	41,55	43,81	2,743	0,4500	0,0439	0,8270
	T – 42	42,86	30,36	37,91	35,92	34,20	44,23	37,58	1,972	0,4096		03191
Leve	T – 21	26,25	20,74	23,21	20,74	21,57	21,63	22,36	1,674	0,9893	0,9859	0,9408
	T – 42	16,96	22,32	10,78	24,45	24,31	20,81	19,94	2,001	0,8637		0,3374
Moderado	T – 21	20,00	20,81	16,07	20,88	21,57	23,35	20,45	1,759	0,7814	0,9073	0,9145
	T – 42	22,32	25,00	24,31	23,56	19,85	17,03	22,01	1,818	0,7889		0,8196
Severo	T – 21	15,00	14,29	9,82	17,93	9,82	13,46	13,39	1,531	0,3728	0,0421	0,6420
	T – 42	17,86	22,32	26,99	16,07	21,63	17,93	20,47	2,23	0,7819		0,7687

¹T-21d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 21 dias de idade;

¹T-42d: animais suplementados com os tratamentos no período de 4 a 42 dias de idade;

²Teste F ao nível de 5% de probabilidade para comparativo entre as médias dos tempos de suplementação de vitamina A.

EPM: erro padrão da média; L: linear; Q: Quadrática.