

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL TROPICAL

**Níveis dietéticos de suplementação de vitaminas lipossolúveis e
hidrossolúveis para frangos de corte**

Flávia Luzia Rodrigues Fonseca

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical da Universidade Federal do Tocantins, como requisito para obtenção do título de doutora.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Teixeira
Albino

ARAGUAÍNA - TO

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL TROPICAL

**Níveis dietéticos de suplementação de vitaminas lipossolúveis e
hidrossolúveis para frangos de corte**

Flávia Luzia Rodrigues Fonseca

**Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Ciência Animal Tropical da
Universidade Federal do Tocantins, como
requisito para obtenção do título de doutora.**

Área de Concentração: Produção Animal

**Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Teixeira
Albino**

Comitê de orientação:

**Profa. Dra. Roberta Gomes Marçal Vieira Vaz
Profa. Dra. Kênia Ferreira Rodrigues**

ARAGUAÍNA
2017

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

F676n Fonseca, Flávia Luzia Rodrigues .
Níveis dietéticos de suplementação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis para frangos de corte.: Níveis dietéticos de suplementação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis para frangos de corte. . / Flávia Luzia Rodrigues Fonseca. – Araguaína, TO, 2017.

59 f.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Ciência Animal Tropical, 2017.

Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino

Coorientadora : Roberta Gomes Marçal Vieira Vaz

1. Micronutrientes.. 2. Qualidade de carne. 3. Oxidação.. 4. Desempenho.. I. Título

CDD 636.089

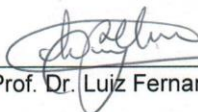
TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

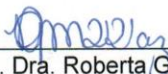
NÍVEIS DIETÉTICOS DE SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS E
HIDROSSOLÚVEIS PARA FRANGOS DE CORTE

FLÁVIA LUZIA RODRIGUES FONSECA

Tese aprovada como requisito parcial para a
obtenção do título de Doutora, tendo sido julgado
pela Banca Examinadora formada pelos
professores:



Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Teixeira Albino
Universidade Federal de Viçosa



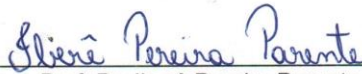
Coorientadora: Profa. Dra. Roberta Gomes Marçal Vieira Vaz
Universidade Federal do Tocantins



Coorientadora: Profa. Dra. Kênia Ferreira Rodrigues
Universidade Federal do Tocantins



Prof. Dr. Valdir Ribeiro Junior
Universidade Federal do Sergipe



Prof. Dr. Iberê Pereira Parente
Instituto Federal do Maranhão

Araguaína, 12 de setembro de 2017

À **Deus**, minha fonte inesgotável de sabedoria.

A Minha mãe **Reisinha**, pelo seu amor incondicional.

Ao meu orientador **Albino**, pela oportunidade e paciência.

A minha Coorientadora **Roberta**, por todos esses anos de dedicação e paciência.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

O que dizer de um Deus misericordioso e bondoso, só o meu humilde obrigado por nunca me abandonar. Como diz São Miguel Arcanjo: **Quem como Deus?** Paulo, quando envelheceu, sentado com seus cabelos brancos, tremendo de frio num calabouço em Roma, pôde dizer com a maior ênfase possível: "**Eu sei em quem tenho crido**", porque cada experiência tinha sido como a subida de um monte, cada provação tinha sido como subir outro cume, e sua morte parecia alcançar o alto da montanha, da qual ele podia descortinar tudo a respeito da fidelidade e do amor daquele a quem havia entregue sua alma.

A Universidade Federal do Tocantins em nome do **Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical**, pela oportunidade. A todos os **professores** que fazem parte do programa, pelos ensinamentos.

A **Universidade Federal de Viçosa** pela oportunidade de realizar a parte experimental, análises laboratoriais e a todos os **professores, técnicos e funcionários**, pelos ensinamentos.

A **Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins**, professores, funcionários, pelo apoio.

A **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES**, pela concessão da bolsa de estudos.

Não existe **família** perfeita. Não temos pais perfeitos, não somos perfeitos, não nos casamos com uma pessoa perfeita nem temos filhos perfeitos. Temos queixas uns dos outros. Decepcionamos uns aos outros. Por isso, não há casamento saudável nem família saudável sem o exercício do perdão. O perdão é vital para nossa saúde emocional e sobrevivência espiritual. Sem perdão a família se torna uma arena de conflitos e um reduto de mágoas. Sem perdão a família adocece. O perdão é a assepsia da alma, a faxina da mente e a alforria do coração. Quem não perdoa não tem paz na alma nem comunhão com Deus. A mágoa é um veneno que intoxica e mata. Quem não perdoa adocece física, emocional e espiritualmente. É por isso que a família precisa ser lugar de vida e não de morte; território de cura e não de adoecimento; palco de perdão e não de culpa. O perdão traz alegria onde a mágoa produziu tristeza; cura, onde a mágoa causou doença (Papa Francisco). Dedico esse texto ao meu porto seguro, minha mãe **Maria dos Reis Rodrigues Fonseca** (paiacinha véia), a senhora é tudo de mais perfeito que Deus criou nesse mundo imperfeito. Te amo para sempre, até a eternidade! Aos meus irmãos (**Ritinha, Erick e Renata**) e meus sobrinhos **Ana Caroline (afilhada), Ana Gabrielly (Bibi), Gabriel (meu eterno gordo) e Davi (joia rara)**, nada disso valeria a pena se não estivesse ao lado de vocês.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Luiz Fernando Teixeira Albino**, exemplo de excelência na pesquisa e humanismo, pela oportunidade, pelo convívio, pelo estímulo e pelos

ensinamentos; já o disse uma vez e repito aqui, Viçosa foi um berço de aprendizado na qual eu tive um “pai” que me acolheu, puxou minha orelha sutilmente (rs), mas me ensinou tanto que eu só tenho a agradecer, obrigada! Meus agradecimentos se estendem ao **Prof. Dr. Horácio Santiago Rostagno**, ícone da nutrição de monogástrico, onde eu nunca imaginaria que poderia um dia sentar ao seu lado para discutir meus dados experimentais, confesso que tremi na base (rs). Obrigada pela paciência e ensinamentos transmitidos.

A querida **Profa. Dra. Roberta Gomes Marçal Vieira Vaz**, que foi e continua sendo orientadora, minha amiga e a maioria das vezes minha mãe. Com ela aprendi que “não basta fazer, há que se fazer bem feito e todos os dias”. Eu sei o quanto já fizestes e continua fazendo por mim e não existirá tempo suficiente para agradecer e dizer o quanto a senhora é especial para mim. “Quando tudo parece perdido, não desista. Quando o mundo te diz que o teu problema não tem solução, não baixe os braços. Pelo contrário, levante os braços e comece a orar. A oração te conecta a Deus”. Obrigada por tudo minha mãe postiça!

Aos meus professores, **Dra. Kênia Rodrigues e Dr. Gerson Fausto**, duas pessoas extremamente queridas por mim, na qual eu vejo como exemplos de seres humanos evoluídos neste mundo desumano. Minha eterna gratidão a vocês por todo ensinamento transmitido com excelência, mas principalmente pela amizade. Obrigada por existirem.

Apesar de todas as complicações e dificuldades que possam existir, a família é um bem precioso. E não falo só da biológica, mas também daquela compostas pelos amigos, com quem às vezes, temos laços ainda mais profundos.

A cabeça **Mônica Calixto**, pela amizade, apoio, companheirismo nesses anos todos. Se fossemos parar para pensar daria um livro de piada nossa história. Em meios a tantas turbulências, eis que veio o amadurecimento, e com isso o fortalecimento da amizade. Cabeça no início de tudo (2011) começamos como Tom e Jerry, claro que eu sou o Jerry e com o passar dos anos nos tornamos igual Pink e Cérebro. Obrigada por me ajudar sempre, mas principalmente nessa reta final na qual sem você eu não conseguiria. Valeu minha Cabeça.

"Um amigo fiel é uma poderosa proteção: quem o achou, descobriu um tesouro. Nada é comparável a um amigo fiel, o ouro e a prata não merecem ser postos em paralelo com a sinceridade de sua fé" (Eclesiástico 6:14-17). **Glaucinha**, obrigada pelo cuidado de estar sempre se fazendo presente mesmo estando longe, com seus conselhos e palavras de conforto. **Carlinha**, desconheço alguém tão comprometida e sempre por perto me ajudando, me chamando pra festas rs, obrigada pela amizade minha afilhada. **Berê**, o mais complicado de tê-lo por perto, nunca vi alguém mais disputado, aí ele ainda vem falar que sou ciumenta. Mas quando a gente se reúne, rola aquele cineminha na casa dele, altos papos de madrugada e no fim a gente se completa porque somos o “quarteto fantástico”.

A querida **Cristiane**, minha amiga desde a primeira semana de aula na EMVZ. Estudamos juntas mesmo sendo de cursos diferentes. Formamos e fomos juntas fazer

mestrado e doutorado e apesar de nos distanciarmos no presente momento, nossa amizade sempre permanecerá até a eternidade, porque foram os laços de Deus que nos uniu. Obrigada por me transmitir essa luz e paz minha “best friend”.

Meus amigos de infância, **Reh, Dan, Neres e Sukita**, gostaria que pudéssemos nos ver mais, mas graças o “whats” isso não é problema e nos ajuda a mantermos comunicáveis. Saudades de quando a gente se torna um só. O tempo passa, uns casaram, mudaram e foram viver suas vidas, vocês continuam os mesmos, mesmo casando, morando longe e constituindo família. Obrigada por cada palavra de incentivo, amor, carinho e compressão nesses 23 anos de cumplicidade. Eu amo vocês.

A Viçosa viciosa que ganhou um pedaço do meu coração. Segue a lista de todos que contribuíram para tornar nesse quase um ano em Viçosa mais feliz.

Minha BB, **Eduarda Travassos**, foi amor à primeira vista. Eu tenho tanto para falar dela, mas vai ultrapassar o limite dos agradecimentos. Duda é tudo que Deus poderia me dar de melhor em Viçosa. Te amo BB.

Bruninho Damasceno, o que seria de mim sem suas conversas de incentivo, sem sua ajuda no experimento. Conheci ele no dia de seu aniversário, mas o presente quem ganhou foi eu. Pessoa maravilhosa que quero presente o resto da vida no meu ciclo de amizade.

Meu amigo Prof. Dr. **Valdir**, sempre prestativo e acolhedor. O aviário da UFV, nunca mais será o mesmo sem você, e olha que fiquei pouco e pude perceber o quanto és querido. Apesar do árduo trabalho durante o experimento, você e suas histórias contadas junto com **Maurilio** faziam o tempo passar rápido e tornava o ambiente mais agradável. Mas meu agradecimento é em especial a você que me ajudou durante todo meu experimento, desde a força braçal até a parte de discutir os dados, me doando até seus sábados e domingos de descanso. Obrigada por me apresentar o famoso “Bar do Leão”. Obrigada por me acolher em sua casa, com sua querida mãe, nos almoços de domingo. Sua mãe, pessoa maravilhosa que emanava energia positiva que muito me lembrava da minha mãe. Obrigada meu amigo por tudo.

Meus penosos da UFV (**Bruninho, Hélio, Bruna, Rosana, Vítinho, Maurilio, Diego, Sandra, Macaé, Jorge, Raully, Lilian, Dandara, Miliane, Ariolino Neto, Rodolfo, Vinicius, Luana, Leandro**) e a todos os funcionários do aviário e do DZO, que não mediram esforços para me ajudar, agradeço pelas conversas, pelas festinhas maravilhosas e pela amizade que foi essencial nessa estadia em Viçosa.

Minhas preciosas, **Bianca, Beatriz, Anay, Juliana, Camila, Cris** (Republica Mariposas Perdidas) e **Lilian, Aline, Carol, Ana, Duda** (Republica Às de ouro), cada uma tem de mim meu carinho, amor, amizade, gratidão, respeito e admiração. Vocês fizeram parte disso tudo, obrigada por cada dia que me proporcionaram em Viçosa.

Meus penosos conterrâneos da UFT, **Aleane, Jefferson, Magna, Airton, JJ, Rogel, Marcos, Luciano, Hérica, Ranny, Latóya, o abelho penoso Felipe, Val e Carol**, vocês fazem parte da minha história e não poderia deixar de agradecer por tudo, pelo empenho nos trabalhos de campo, pela dedicação e compromisso.

A todos integrantes do grupo **de AVES (GEPa)**, pela contribuição e apoio na realização desse trabalho.

A todos os amigos e colegas de pós-graduação, **Cris, Aline Amorim, Aline Evangelista, Fernanda Alves, Nahuria Karajá, Nádia Stefanine, Gilson Filho, Joaquim Neto e Otacílio Júnior** pela agradável convivência e aprendizado.

Ao **Jeekyçon Cardoso**, secretário do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical - UFT, pela sua boa vontade e gentileza em ajudar sempre que precisei.

À Viçosa, por ter me proporcionado momentos inesquecíveis e ser um berço de aprendizado e superação A todos que contribuíram direta ou indiretamente para que eu chegasse até aqui, meus mais sinceros agradecimentos!

À empresa **DSM** pela realização do experimento e análises.

Ao **ensino público do Brasil**, do qual tive toda minha formação.

“A soberba nunca leva ninguém a lugar nenhum! Na verdade, leva sim, ao fracasso. Não adianta ter mestrado e doutorado e não cumprimentar o porteiro”

Muito obrigada!

Sê o melhor do que quer que sejas...

Se não puderes ser um pinheiro no topo da colina,
Sê um arbusto no vale, mas sê
O melhor arbusto à margem do regato;
Sê um ramo, se não puderes ser uma árvore.

Se não puderes ser um ramo, sê um pouco de relva,
E dá alegria a algum caminho;
Se não puderes ser almíscar, sê, então, apenas uma tília,
Mas a tília mais viva do lago!

Não podemos ser todos capitães; temos que ser tripulação.
Há alguma coisa para todos nós aqui.
Há grandes obras e outras menores a realizar,
E é a próxima tarefa que devemos empreender.

Se não puderes ser uma estrada, sê apenas uma senda.
Se não puderes ser Sol, sê uma estrela;
Não é pelo tamanho que terás êxito ou fracasso
Mas sê o melhor do que quer que sejas!

(Douglas Malloch 1877-1938)

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	14
LISTAS DE QUADROS	15
LISTAS DE TABELAS	16
CAPITULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	17
1- INTRODUÇÃO.....	17
2- REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 DEFINIÇÃO DE VITAMINA.....	18
2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS VITAMINAS	19
2.3 VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS	20
2.3.1 Vitamina A	20
2.3.2 Vitamina D	21
2.3.3 Vitamina E	22
2.3.4 Vitamina K	23
2.4 VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS	24
2.4.1 Vitamina B ₁ (Tiamina).....	24
2.4.2. Vitamina B ₂ (Riboflavina).....	24
2.4.3 Vitamina B ₃ (Niacina)	25
2.4.4 Vitamina B ₅ (Ácido Pantotênico)	26
2.4.5 Vitamina B ₆ (Piridoxina).....	26
2.4.6 Vitamina B ₇ (Biotina)	26
2.4.7 Vitamina B ₉ (Ácido fólico)	27
2.4.8 Vitamina B ₁₂ (Cobalamina).....	27
2.4.9 Vitamina C (Ácido ascórbico).....	28
2.4.10 Colina	28
3. UTILIZAÇÃO DE VITAMINAS PARA FRANGOS DE CORTE	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
CAPÍTULO II 37 -SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS E HIDROSSOLÚVEIS SOBRE DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARNE DE FRANGOS DE CORTE DE 8 A 37 DIAS DE IDADE	37
ABSTRACT	39
Introdução.....	40
Material e métodos	41
Resultados e discussão	46
Conclusão.....	54
Agradecimentos.....	55
Referências	55

RESUMO

Suplementação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis para frangos de corte de 8 a 37 dias de idade

Objetivou-se avaliar os níveis de suplementação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis sobre o desempenho e qualidade de carne de frangos de corte de 8 a 37 dias de idade. Foram utilizados 1080 frangos de corte machos, Cobb 500, composto por 5 tratamentos, 12 repetições e 18 aves por unidade experimental e adotado o delineamento em blocos casualizado, considerando o princípio do controle do local por não apresenta uniformidade em relação à luminosidade e temperatura. Os tratamentos foram constituídos por cinco níveis de suplementação de vitaminas (25; 50; 100; 200; 400%), onde o nível de 100% correspondeu as recomendações das tabelas brasileiras para aves e suínos do ano de 2011. Foram avaliados o desempenho (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar), a viabilidade, índice de eficiência produtiva e qualidade de carne (perdas líquidas de água por descongelamento e cocção, coloração e oxidação lipídica). Os níveis de suplementação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis influenciaram de modo quadrático ($p < 0,05$) o ganho de peso, o consumo de ração, a conversão alimentar, o peso aos 37 dias, o índice de eficiência produtiva e a viabilidade dos 8 a 37 dias de idade, não havendo efeito ($p > 0,05$) sobre a viabilidade das aves nas fases de 8 a 22 e 22 a 37 dias de idade. Observou-se efeito linear sobre o peso de carcaça e peso de peito e de forma quadrática sobre o rendimento de peito. Os níveis de suplementação de vitaminas não influenciaram ($p > 0,05$) as perdas líquidas de água por descongelamento e cocção da carne do peito, os valores de vermelho (a^*) e a luminosidade ($*L$), havendo efeito ($p < 0,05$) sobre o teor de amarelo (b^*). Da mesma forma, não foram observados interação ($p > 0,05$) entre os níveis de suplementação de vitaminas e o tempo de prateleira sobre a oxidação lipídica, porém houve diferença ($p < 0,05$) no tempo de armazenagem do processo de oxidação lipídica na carne do peito. A recomendação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis foi de 169,68% nas rações de frangos de corte de 8 a 37 dias, correspondendo a 20362 UI de vitamina A; 5158 UI de vitamina D; 76,36 UI de vitamina E; 4,07 mg de vitamina K; 5,43 de vitamina B₁; 13,57 mg de vitamina B₂; 81,45 mg de vitamina de Ácido Nicotínico; 27,15 mg de vitamina de Ácido Pantotênico; 7,60 mg de vitamina de B₆; 0,03 mg de vitamina B₁₂; 1,90 mg de Ácido Fólico e 0,190 mg de Biotina por kg de ração.

Palavras-chave: desempenho, micronutrientes, oxidação, qualidade de carne

ABSTRACT

Supplementation of fat-soluble and water-soluble vitamins for broiler chickens from 8 to 37 days of age.

The objective of this study was to evaluate the levels of fat-soluble and water-soluble vitamins on the performance and quality of broiler meat from 8 to 37 days of age. A total of 1080 male broiler, Cobb 500, composed of 5 treatments, 12 replicates and 18 birds per experimental unit were used and the randomized block design was used, considering the principle of site control because it does not show uniformity in relation to luminosity and temperature. The treatments consisted of five levels of vitamin supplementation (25, 50, 100, 200, 400%), where the 100% level corresponded to the recommendations of the Brazilian tables for poultry and pork of the year 2011. The performance (weight gain, feed intake and feed conversion), viability, production efficiency index and meat quality (net losses of water by thawing and cooking, coloration and lipid oxidation). Supplementation levels of liposoluble and water soluble vitamins influenced in a quadratic manner ($p < 0.05$) the weight gain, feed intake, feed conversion, weight at 37 days, the productive efficiency index and the viability of the 8 to 37 days of age, with no effect ($p > 0.05$) on the viability of the birds in the phases of 8 to 22 and 22 to 37 days of age. There was a linear effect on carcass weight and breast weight and quadratic form on chest yield. Vitamin supplementation levels did not influence ($p > 0.05$) the net losses of water by thawing and cooking of the meat, the values of red (a^*) and luminosity (L^*) ($p > 0.05$) on the yellow (b^*) content. Likewise, no interaction ($p > 0.05$) was observed between vitamin supplementation levels and shelf life on lipid oxidation, but there was a difference ($p < 0.05$) in the storage time of the oxidation process in the flesh of the breast. The recommendation of liposoluble and water-soluble vitamins was 169.68% in broiler diets of 8 to 37 days, corresponding to 20362 IU of vitamin A; 5158 IU of vitamin D; 76.36 IU of vitamin E; 4.07 mg of vitamin K; 5.43 mg of vitamin B1; 13.57 mg of vitamin B2; 81.45 mg Nicotinic acid vitamin; 27.15 mg of vitamin Pantothenic acid; 7.60 mg vitamin B6; 0.03 mg of vitamin B12; 1.90 mg of Folic Acid and 0.190 mg of Biotin per kg of feed.

Keywords: performance, micronutrientes, oxidation, meet quality

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1- Classificação das vitaminas	19
Quadro 2- Pesquisas desenvolvidas e resultados obtidos com o uso de suplementação de vitaminas de frangos de corte	30

LISTAS DE TABELAS

- Tabela 1- Composição das dietas basais para as fases de 1 a 8, de 8 a 22 e de 22 a 37 dias de idade42
- Tabela 2 - Níveis de vitaminas nas rações de frangos de corte (por kg de ração)....43
- Tabela 5- Desempenho, viabilidade e índice de eficiência produtiva de frangos de corte alimentadas com rações contendo diferentes níveis de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis47
- Tabela 6 - Equações de regressão e níveis ótimos de desempenho de frangos de corte alimentadas com rações contendo níveis de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis.....49
- Tabela 7- Peso de carcaça (PC), peso de peito (PP) e rendimento de peito (RP) de frangos de corte, de acordo com o nível de suplementação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis50
- Tabela 8- Efeito de diferentes níveis de vitaminas sobre a qualidade de carne de frangos de corte abatidos aos 37 dias de idade51
- Tabela 9 - Médias de concentração de MDA em amostras de peito de frangos de corte (alimentados com diferentes níveis de vitaminas) armazenadas sob refrigeração (4°C) por diferentes períodos.53

CAPITULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1- INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira é considerada a atividade agropecuária mais avançada tecnologicamente, por isso é reconhecida como um dos setores mais dinâmicos. A alta produtividade e a contribuição científica e tecnológica, vêm contribuindo para o contínuo progresso e para melhora do desempenho das aves. Notoriamente, a nutrição contribui diretamente para este desenvolvimento, podendo ser a área de maior influência na lucratividade da cadeia avícola, merecendo contínua preocupação no propósito de atender com eficiência e exatidão, as exigências nutricionais das aves (TAVERNARI et al., 2014).

Com preços acessíveis, qualidade nutritiva e facilidade para o preparo, a carne de frango de corte é uma opção do consumidor brasileiro que dispensa apresentações. O Brasil é o segundo maior produtor mundial desta proteína, posição ocupada em 2016, resultado da eficiência em manejo e da tecnologia genética das granjas. Além do mercado interno, o frango produzido no Brasil é consumido em 150 nações, o que faz o país ocupar o posto de maior exportador global da ave desde 2004, posição na qual se encontra na atualidade, com 4,384 milhões de toneladas de carne de frangos exportadas, seguido dos Estados Unidos com 3,015 milhões de toneladas (UBABEF, 2017).

As linhagens atuais de frangos de corte apresentam taxa de crescimento e produção elevada, tornando-se necessário adequado fornecimento de nutrientes nas dietas para que, dessa forma, possam expressar o máximo potencial genético. A cadeia agroindustrial, responsável pela produção destas aves, é constituída por diferentes elos, que se estendem desde os núcleos de produção até o mercado consumidor final, que está cada vez mais exigente por produtos seguros e funcionais (TREVISAN et al., 2014).

Nesse sentido, a cadeia avícola tem buscado programas alimentares capazes de fornecer adequadamente nutrientes, por meio de dietas balanceadas, capazes de suprir as exigências nutricionais. Entre os nutrientes estudados, têm-se as vitaminas, que são micronutrientes essenciais para o melhor desempenho e saúde das aves, por participar de inúmeros processos metabólicos dos organismos (SOUZA et al., 2013).

As vitaminas estão relacionadas diretamente com os sistemas imune, fisiológico e metabólico, o que evidencia a necessidade de suplementação delas na dieta, por exercerem efeitos positivos sobre parâmetros produtivos do animal (BRITO et al., 2010). Embora a suplementação na dieta corresponda às porcentagens pequenas da fórmula (0,1 a 0,5%), a utilização é necessária, uma vez que, a maioria das vitaminas provenientes da dieta não são sintetizadas em quantidades suficientes para atender a demanda fisiológica do organismo animal (FELIX; MAIORKA; SORBARA, 2009).

Considerando a importância das vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis e os benefícios de sua suplementação em dietas para aves, estudos mais aprofundados mostram-se pertinentes, pois há falta de atualização dos níveis adicionados na dieta de frangos de corte, assim como discrepâncias observadas entre as recomendações existentes na literatura, e o que realmente é utilizado na indústria avícola. Frente ao exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar níveis dietéticos de suplementação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis para frangos de corte.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DEFINIÇÃO DE VITAMINA

O termo vitamina foi definido em 1912, pelo bioquímico polanês Casimir Funk, onde ele associou o termo “Vital e Amina” ao isolar a vitamina B₁, ou tiamina do arroz. O pesquisador acreditava que todas as vitaminas eram aminas, embora nem todas as sejam, como é o caso da vitamina C e D (ácido e álcool). Assim, o termo ficou definido e até hoje é mantido (ANDRIGUETTO et al., 2002).

Segundo Adams (1982), a denominação de vitamina é aceita para compostos orgânicos os quais:

- a) são componentes naturais de alimentos, mas diferentes de carboidratos, proteína, gordura e água;
- b) estão presentes nos alimentos em pequenas quantidades;
- c) são essenciais para o crescimento, manutenção e bem-estar animal;
- d) quando excluídos das dietas, pobremente absorvidos ou utilizados, resultam em doenças carenciais e precisam ser obtidas por meio das dietas.

A partir desses pressupostos pode-se isolar oligosubstâncias (substâncias em pequenas quantidades) que eram indispensáveis na nutrição de ratos e de outros animais de laboratório. Mas somente em 1930, ocorreu progresso significativo, quando algumas das vitaminas foram isoladas pela primeira vez e suas estruturas moleculares estabelecidas.

Jensen (1974) as descreve como constituintes orgânicos essenciais para o bem-estar do corpo do animal, crescimento, saúde, reprodução, sobrevivência e que estão envolvidos na homeostase do organismo animal, uma vez que atuam como catalisadores de diversos processos enzimáticos.

Guilland e Lequeu (1995) as definem como substâncias que não podem ser produzidas pelo animal, sendo fornecidas através de alimentos, bebidas ou suplementos para assegurar a biossíntese e promover melhor desempenho do animal (ALBERS et al., 2002).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS VITAMINAS

De modo geral, as vitaminas são classificadas em hidrossolúveis (HVS) e lipossolúveis (LVP) de acordo a solubilidade e possuem funções específicas de atuação (Quadro 1). As LVP atuam no desenvolvimento e manutenção de estruturas do tecido, como antioxidantes, enquanto as HVS têm a propriedade de catalisar o metabolismo como coenzimas (HAINFELLNER; ZAGOLIN, 2014).

Quadro 1- Classificação das vitaminas

LIPOSSOLÚVEIS	HIDROSSOLÚVEIS
Vitamina A (Retinol)	Vitamina B ₁ (Tiamina) Vitamina B ₂ (Riboflavina)
Vitamina D	Vitamina B ₃ (Niacina) Vitamina B ₅ (Ác. Pantotênico) Vitamina B ₆ (Piridoxina)
Vitamina E	Vitamina B ₉ (Ác. Fólico) Vitamina B ₇ ;B ₈ (Biotina)
Vitamina K	Vitamina B ₁₂ (Cobalamina) Vitamina C (Ác. Ascórbico)

Fonte: Bertechini (2006).

As vitaminas lipossolúveis possuem o prefixo “lipo” em função de sua afinidade por moléculas lipídicas, podem ser armazenadas nas membranas celulares, fato que permite a manutenção de seu estoque no organismo frente sua suplementação dietética (ALBERS et al.,2002; PAIXÃO; STAMFORD, 2004).

As vitaminas hidrossolúveis agem como cofatores (coenzima). E possuem funções metabólicas específicas. Participam das vias metabólicas dos carboidratos, das proteínas e dos lipídeos, sendo a maioria necessária em menores quantidades que as vitaminas lipossolúveis (FELIX; MAIORKA; SORBARA, 2009).

2.3 VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS

2.3.1 Vitamina A

A vitamina A é composta por três moléculas bioativas, sendo elas: Retinol, Retinal e Ácido retinóico (MCDOWELL, 2000). Essa vitamina está associada a uma série de importantes processos biológicos no organismo; participa na formação, regeneração e proteção da ectoderme e mucosas; é fundamental para o crescimento e desenvolvimento do esqueleto; na fecundidade das aves; melhora a formação de anticorpos e a resistência humoral; participa na regulação do metabolismo de carboidratos, ácidos graxos e proteínas e tem papel importante no processo de visão (TOLEDO et al., 2009).

Os vegetais fornecem vitamina A na forma de provitaminas A, que são os carotenoides. Os carotenoides são divididos em dois grupos de acordo sua atividade vitamínica: os precursores de vitamina A e os que não podem ser usados na síntese de retinol. As fontes de provitamina A são o beta caroteno, o alfa-caroteno e a beta-criptoxantina, e podem ser encontradas principalmente em vegetais de coloração verde, amarela ou laranja; no intestino das aves são convertidas em vitaminas e armazenadas principalmente no fígado (BARROETA et al., 2013).

A deficiência de vitamina A está relacionada à desordens reprodutivas, diminuição da atividade fagocitária de macrófagos e neutrófilos (DALLOUL et al., 2002), maior incidência de retenção de placenta no pós-parto (MCDOWELL, 2000), alterações no revestimento ocular, levando a quadro de cegueira irreversível (MARTINS et al., 2007). Em contrapartida, o excesso de vitamina A, pode causar efeito antagônico às vitaminas E e D3 (FELIX; MAIORKA; SORBARA, 2009).

Sundeen et al. (1980) avaliando o efeito da vitamina A no metabolismo dos carboidratos e sua influência na musculatura das aves, encontraram que o fornecimento de rações deficientes em vitamina A, afetaram a integridade estrutural do tecido muscular, que resultou em musculatura rijos, expressos pelo alto valor de resistência ao corte.

2.3.2 Vitamina D

À vitamina D, é primariamente atribuído o papel de importante regulador da fisiologia osteomineral, está diretamente ligada ao crescimento esquelético, que é responsável pelo suporte e manutenção do tecido ósseo para obtenção do máximo desempenho produtivo (BRITO et al., 2010). Existem basicamente duas fontes de vitamina D, o ergocalciferol vegetal irradiado (D₂) e o colecalciferol animal (D₃) (ZEMPLINI et al., 2007).

A vitamina D₃, pode ser normalmente absorvida por meio da radiação solar quando entra em contato com a pele, convertendo o precursor 7- deidrocolesterol pela luz ultravioleta em humanos e mamíferos, porém, não é eficientemente convertida em vitamina D₃ nas aves. Portanto, é necessário ser suplementada na ração. O ergocalciferol ou vitamina D₂ ocorre predominantemente em plantas, mas também é encontrado em fungos e leveduras (ZEMPLINI et al., 2007; MCDOWELL, 2000). Os suínos utilizam eficientemente as formas D₂ e D₃, contudo as aves aproveitam 10 vezes mais a D₃ (SOUZA; VIEITES, 2014).

A metabolização da vitamina D produzida pela pele ou ingerida na dieta dos animais é hidrolisada em 25-hidroxicolecalciferol (25(OH) D₃) e liberado na corrente sanguínea. Nos rins, este metabólito passa pela segunda hidrolização, tornando-se o hormônio 1,25- dihidroxicolecalciferol, forma ativa da vitamina D (SOUZA; VIEITES, 2014; MCDOWELL, 2000).

O metabólito 25-hidroxicolecalciferol (25(OH) D₃) é formado a partir da vitamina D e prontamente disponível para o armazenamento no organismo. A maior parte da produção deste metabólito é depositada no tecido adiposo, seu principal reservatório (SOUZA; VIEITES, 2014). Há evidências que o metabólito 25-OHD₃ esteja relacionado no processo de hipertrofia muscular já que tem relação com a proliferação e ativação das células satélites (SOUZA et al., 2013).

A vitamina D caracteriza-se pela atividade antirraquítica, ou seja, é utilizada no metabolismo ósseo, na manutenção normal dos níveis de cálcio e fosfato no sangue, promovendo absorção de cálcio, essencial para o desenvolvimento normal dos ossos (KURIHAYASHI et al., 2015). Além de participar no processo de contração muscular, condução dos nervos, formação dos ovos e funções gerais das células (ZEMPLINI et al., 2007).

2.3.3 Vitamina E

Considerada importante antioxidante biológico, a vitamina E é essencial para a integridade muscular, reprodutiva, circulatória, imunológica e nervosa das aves. Age como importante elemento no transporte direto de elétrons, ou indiretamente como possível agente parcial de ligação do citocromo redutase na cadeia respiratória, prevenindo que ácidos graxos insaturados sejam oxidados e de outras substâncias sensíveis ao oxigênio, como as vitaminas A e C (WASHINGTON, 1960; LESHCHINSKY; KLASING, 2001).

Normalmente a vitamina E incorporada na dieta como acetato de α -tocoferol, é o principal antioxidante lipossolúvel, capaz de romper a cadeia de peroxidação lipídica nas membranas celulares, impedindo a formação de espécies reativas de oxigênio devido ao alto teor de tocoferol depositado nos músculos e tecidos gordurosos (GUERRA; EVANS; MAXWELL, 2004).

A vitamina E, obtida exclusivamente da dieta, é considerada antioxidante fenólico pela capacidade de doar e receber elétrons. Faz parte do grupo composto de quatro diferentes isômeros (α , β , γ e δ -tocoferóis e α , β , γ e δ -tocotrienóis), que se diferenciam pelo número e posição do grupo metila, ligado ao anel fenólico (NUNES, 1988).

Dentre todos os tocoferóis conhecidos, o α -tocoferol tem sido considerado o biologicamente mais ativo, inclusive no que diz respeito a sua atividade como antioxidante, pôr ser o principal antioxidante lipossolúvel, nas membranas celulares (BARROETA et al., 2013).

Para gerar tocoferol, com base em radicais tocoferoxil (produto da interação de tocoferol e radical livre de oxigênio), é necessário a suplementação conjunta de vitamina E e C. O radical tocoferoxil pode ser regenerado em tocoferol pelo ácido ascórbico (vitamina C). É uma inter-relação vitamínica, em que a vitamina C

(hidrossolúvel) regenera a vitamina E, pois, a vitamina C atua sinergicamente com a vitamina E diminuindo a peroxidação lipídica e produção de radicais livres (MCDOWELL, 2000).

Outros efeitos fisiológicos do α -tocoferol incluem aumento da função imune maior índice de absorção intestinal, deposição nos tecidos, alteração da fluidez da membrana, redução da mortalidade pela isquemia do coração, juntamente com a agregação plaquetária e a formação de coágulos (NUNES, 1988; MCDOWELL, 2000; KONJUFCA et al., 2004).

O metabolismo de absorção da vitamina E ocorre no intestino delgado, onde é rapidamente hidrolisada na sua forma e esterificada por lipases. A bÍlis é necessária para a sua absorção, pois atua na formação de micelas. A vitamina E, então, é incorporada nas lipoproteÍnas, que são transportados ao fÍgado. Subsequente, se ligam as proteÍnas de muito baixa densidade (VLDL), sendo então transportada para os tecidos, e encontrada em concentrações mais elevadas no fÍgado, nos rins, no miocárdio e tecido adiposo (NUNES, 1988; MCDOWELL, 2000).

A deficiência de vitamina E, provoca problemas no sistema reprodutivo, como abortos e degeneração testicular e também pode causar distrofia muscular, cardiomiopatia, hemólise eritrocitária, necrose hepática e encefalomalácia (MCDOWELL, 2000; BARROETA et al., 2013).

2.3.4 Vitamina K

A vitamina K tem vários componentes chamados quinonas. Conta com duas formas naturais; as filoquinonas (K1), adquiridas por meio das plantas e as menaquinonas (K2), oriundas através das bactérias do intestino grosso. Além dessas, também há a forma sintética, a menadiona ou menadiol (K3), que tem maior atividade biológica (NUNES, 1988; BARROETA et al. 2013).

Tem ação de ativar a coagulação e funcionar como cofator enzimático, a qual é necessário na reação de carboxilação, que capacita as proteÍnas de coagulação a se ligarem ao cálcio, e assim ocorre a interação com os fosfolípídios das membranas de plaquetas, células endoteliais, e conseqüentemente, possibilitando o processo de coagulação sanguínea normal (DÔRES; PAIVA; CAMPANA, 2001).

A deficiência de vitamina K pode resultar da suplementação inadequada, pela baixa absorção intestinal ou por incapacidade do fígado em utilizar a vitamina disponível, conseqüentemente ocasionando as doenças hemorrágicas, decorrentes de baixos níveis plasmáticos de protombina, proconvertina e tromboplastina (NUNES, 1988).

2.4 VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS

2.4.1 Vitamina B₁ (Tiamina)

A Tiamina foi a primeira vitamina do complexo B a ser descoberta, e dessa forma foi denominada de vitamina B₁. A forma pura e isolada é a tiamina cloridrato e a metabolicamente ativa, é a tiamina pirofosfato. Encontra-se em grãos cereais, soja, farelo de algodão, alfafa, etc., obtendo neste sentido, aporte suficiente desta vitamina na ração das aves, sem precisar a suplementação adicional (LEESON; SUMMERS, 2001).

A vitamina B₁ está diretamente relacionada com o metabolismo de hidratos de carbono, nas reações de descarboxilação de alfa-cetoácidos, como na conversão de piruvato para acetato que, por sua vez se combina com a coenzima A para entrar no ciclo de Krebs; tem participação no ciclo das pentoses, na formação de ribose, necessária para a formação dos nucleotídeos (RUTZ; ANCIUTI; MAIER, 2014), além de seu papel na condução de impulsos nervosos e metabolismo aeróbio (LE MOS; LEMOS, 2010).

As atuais linhagens de frangos podem ter maior necessidade de vitamina B₁ devido à elevada taxa de crescimento, sendo que a sua deficiência está associada com a síndrome de morte súbita (FELIX; MAIORKA; SORBARA, 2009).

2.4.2. Vitamina B₂ (Riboflavina)

A segunda historicamente descoberta foi a Riboflavina, a vitamina B₂. Encontrada no organismo na forma livre, ou nas formas coenzimáticas, como a flavina adenina dinucleotídeo (FAD) e flavina mononucleotídeo (FMN). A vitamina B₂ atua basicamente em reações de oxirredução, essencial no metabolismo dos aminoácidos, ajudando a promover a retirada do nitrogênio dos aminoácidos, deixando a cadeia

carbônica restante disponível para ser utilizada como fonte de energia (RUTZ; ANCIUTI; MAIER, 2014).

A síntese ocorre pela microflora gastrointestinal, o que reduz seus requisitos, mas a fonte dietética ainda é necessária. As deficiências da B₂ estão associadas a taxa de respiração celular do tecido ou órgão, sendo a reprodução também afetada, já que o blastócito em expansão possui alta taxa respiratória dependente de riboflavina. Em aves, um sinal característico é a parada de crescimento e paralisia dos dedos curvos vulgarmente conhecida como “dedo duro” (NUNES, 1988).

2.4.3 Vitamina B₃ (Niacina)

A vitamina B₃ também chamada de niacina, ácido nicotínico ou nicotinamida, participa de importantes processos metabólicos assim como as demais vitaminas do complexo B. A vitamina B₃ é designada desta forma por ter sido a terceira vitamina do complexo B a ser descoberta, e pode ser encontrada em alimentos como nozes, sementes, legumes, cereais, vegetais de folhas verdes, ovos e carnes (LAPPAS; PERMEZEL, 2011).

A niacina é formada pelo ácido nicotínico (3-ácido carboxílico piridina: C₆H₅O₂N; PM = 123,11) e nicotinamida (3-ácido carboxamida piridina: C₆H₆ON₂; PM = 122,12) sendo suas duas principais formas o ácido nicótico (presente na maioria das plantas) e a nicotinamida (presente em animais) (PENTEADO, 2003).

Segundo Majewski; Kozłowska e Lebieżinska (2016), a niacina é a única vitamina que tem como precursor o aminoácido triptofano, o qual tem a capacidade de se converter biologicamente de forma parcial à vitamina. Essa vitamina é essencial para a formação de coenzimas NAD⁺ (nicotinamida adenina dinucleotídeo) e o NADP⁺ (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato), coenzimas estas que catalisam reações químicas na via glicolítica, ciclo do ácido cítrico e via das pentoses fosfato (MARIA; MOREIRA, 2011).

A coenzima NAD⁺ está envolvida no catabolismo de hidratos de carbono, enquanto a coenzima NADP⁺, no anabolismo de reações de síntese de colesterol e gorduras (MAJEWSKI et al., 2014).

2.4.4 Vitamina B₅ (Ácido Pantotênico)

A vitamina B₅, conhecida por Ácido Pantotênico, pode ser encontrada naturalmente no farelo de trigo, arroz e sementes de girassol, entretanto, apresenta baixa disponibilidade nos grãos de cereais (HAUGHEY et al., 2012).

A vitamina B₅ faz parte da coenzima A (CoA) e tem participação direta na formação da Acetil-Coa sendo, portanto, precursor na biossíntese e substrato no catabolismo de lipídeos (SHIBATA et al., 2013). Além disso, participa na formação do neurotransmissor acetilcolina a partir da acetilação da colina e também em importantes reações de entrada de esqueletos de carbonos de ácidos graxos, glicose e aminoácidos no ciclo do ácido cítrico (LIN et al., 2012).

2.4.5 Vitamina B₆ (Piridoxina)

A vitamina B₆, refere-se a um grupo de três compostos: piridoxol (piridoxina), piridoxal, e piridoxamina. Atuam como componente de muitas enzimas que estão envolvidas no metabolismo das proteínas, gorduras e hidratos de carbono, nas reações de transaminações, descarboxilações e substituição entre outras, sendo a maioria destas relacionadas à biossíntese e degradação de aminoácidos (MCDOWELL, 2000).

A deficiência pode resultar em acessos convulsivos, redução na síntese de hemoglobina, dermatite, redução da divisão celular, crescimento retardado e, por conseguinte prejudica o sistema imunológico (NUNES, 1988; MCDOWELL, 1989).

2.4.6 Vitamina B₇ (Biotina)

A biotina (vitamina B₇) está amplamente distribuída em baixas concentrações nos tecidos de plantas e animais, sendo uma coenzima de enzimas carboxilase que desempenha papel importante em reações de carboxilação, descarboxilação e transcarboxilação.

Atua no metabolismo de carboidratos, proteína e lipídios, as quais estão envolvidas na síntese de ácidos graxos, gliconeogênese e na degradação de aminoácidos (RUTZ; ANCIUTI; MAIER, 2014).

2.4.7 Vitamina B₉ (Ácido fólico)

O ácido fólico ou vitamina B₉ é composto por um anel pteridina ligado ao ácido paraminobenzóico, formando pteróico e este por sua vez, está ligado ao ácido glutâmico. A forma predominante é de poliglutamatos e nos alimentos contêm mistura de formas mono e poliglutamatos (MCDOWELL, 2000).

Atua em vários processos enzimáticos da síntese proteica, especialmente ao nível nuclear, onde tem papel importante na manutenção do quadro hemático e interfere nas reações imunológicas. Participa ainda na remetilação de homocisteína para produzir metionina (NUNES, 1988; RUTZ; ANCIUTI; MAIER, 2014).

Em casos de deficiência, os tecidos e órgãos de maior taxa de multiplicação celular são os mais afetados, sendo destituída de toxicidade (NUNES, 1988).

2.4.8 Vitamina B₁₂ (Cobalamina)

A cianocobalamina ou vitamina B₁₂, faz parte da família de compostos denominados cobalaminas, família compostas por um anel tetrapirrólico que circunda um átomo central de cobalto e por um grupo nucleotídico, com peso molecular de 1,355 kDa (PANIZ et al., 2005).

O termo cianocobalamina refere-se ao grupo cobalamina e, pode apresentar diferentes ligantes com denominações diferentes, como por exemplo a metilcobalamina formado a partir do grupo metil. É sintetizada exclusivamente por microorganismos, e é a única vitamina ligada a um elemento traço, o cobalto (Co), pode ser encontrada em praticamente em todos os tecidos animais e estocada no fígado sob a forma de adenosilcobalamina (LE GUENNO; QUILLIOT, 2014)

A vitamina B₁₂ é essencial em diversas reações bioquímicas da síntese de nucleotídeos (DNA), na hematopoese, na mielinização do sistema nervoso e na reprodução celular (CHENG; YAMAMOTO; BAUER, 2016).

Ao ser convertida em B₁₂ no organismo, participa da síntese de metionina como cofator com a piridoxina e ácido fólico e também como cofator exclusivo na conversão L-metilmalonil-CoA em succinil-CoA no metabolismo da homocisteína (PANIZ et al., 2005; ZAMUNER et al., 2014). A homocisteína é formado a partir da desmetilação da metionina e seu metabolismo é dependente de vitamina B₁₂ e ácido fólico (COUSSIRAT et al., 2012).

2.4.9 Vitamina C (Ácido ascórbico)

A vitamina C (ácido ascórbico) atua com agente redutor no transporte de hidrogênio no interior das células e tem importante ação como antioxidante por restaurar a vitamina E, por meio da redução dos radicais tocoferoxil (GUERRA; EVANS; MAXWELL, 2004). Isso faz com que a vitamina C, atua sinergicamente com a E, ao gerar tocoferol com base nos radicais de tocoferoxil. O tocoferoxil é o resultado da interação de tocoferol com o radical livre do oxigênio (NAVARRO et al., 2009).

2.4.10 Colina

A Colina foi isolada na bile em 1862 por Strecker e recebeu esse nome derivado do grego *chole*= bile, fel. A colina é uma substância pura de líquido viscoso, higroscópico, fortemente alcalino e incolor. Derivada quimicamente de β - hidroxietil – trimetilamônio hidróxido, a colina, é um composto caracterizado por radical nitrogênio trimetil quartenário (LEENSON; SUMMERS, 2001).

A colina é considerada um nutriente essencial para aves, mas não se enquadra na classificação de vitamina do complexo B, por a mesma não participar do metabolismo como coenzima (POMPEU et al., 2011).

Lisboa et al. (2014) relata que exigência de colina é bem superior às outras vitaminas do complexo B e veem suplementada à parte do complexo vitamínico por apresentar característica higroscópica. A colina participa da síntese de lecitina, esfingomielina e acetilcolina e também faz parte da estrutura dos fosfatidilcolina, forma predominante no organismo.

A fosfatidilcolina, produzida em todas as células nucleadas através da via da colina, está envolvido na absorção e transporte de gorduras para o fígado e subsequente mobilização e transporte de gordura hepática (EMMERT; BAKER, 1997). Além disso, faz parte da composição das membranas celulares e orgânicas, como mitocôndrias e microsomas (KROENING; POND, 1967).

De acordo com Molitoris e Baker (1976), a colina atua como doador de grupo metila, após ser oxidado para betaína. O composto betaína pode ser usado para converter a homocisteína em metionina na via de transmetilação no fígado.

O primeiro passo da biossíntese de colina endógena é a metilação da fosfatidiletanolamina, que permite que a S-adenosil-metionina doe um grupo metilo e,

portanto, produza colina nos organismos dos mamíferos. Em contrapartida, as aves têm capacidade limitada para realizar este passo inicial da biossíntese, especialmente, os pintinhos jovens e por isso têm alta necessidade dietética de colina (MOLITORIS; BAKER, 1976).

Segundo Zeisel et al. (1989) a colina geralmente é adicionada nas dietas das aves como cloreto de colina e, por sua característica higroscópica, apresenta desvantagens de acelerar o processo oxidativo, ocasionar perdas de vitaminas na dieta e formar trimetilamina no trato gastrointestinal das aves.

A trimetilamina é uma amina alifática de cadeia curta, que é formada a partir de colina dietética numa reação catalisada por enzimas dentro das bactérias intestinais. Este metabolito é encontrado em altas concentrações em peixes e, é responsável pelo odor característico dos frutos do mar (ZEISEL; WISHNOK; BLUSZTAJN, 1983).

No entanto, a colina também está presente nas plantas, na forma de fosfatidilcolina, colina livre e esfingomielina (ZEISEL; DACOSTA, 1986). Atualmente, existem produtos naturais, produzidos a partir de plantas selecionadas com alto teor de colina em forma esterificada e com alta biodisponibilidade, o que pode ser importante alternativa ao uso de cloreto de colina sintética (CALDERANO et al., 2015).

3. UTILIZAÇÃO DE VITAMINAS PARA FRANGOS DE CORTE

Na literatura, trabalhos sobre o uso concomitantemente das vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis são escassos, entretanto, nos últimos vários estudos específicos de algumas vitaminas na alimentação das aves veem sendo pesquisados (Quadro 3).

Quadro 2- Pesquisas desenvolvidas e resultados obtidos com o uso de suplementação de vitaminas para frangos de corte

Artigo	Vitamina	Tratamentos	Efeitos observados
Toledo et al., 2009	A e E	5000, 10000 e 15000 UI de vitamina A; 10, 20 e 30 mg/kg de vitamina E.	O CR, o GP e CA não foram afetados pelo aumento ou diminuição dos níveis das vitaminas A e E..
Naas et al., 2012	D	0 e 25-OHD ₃ mg/kg	As aves com 0% apresentaram mais problemas nas pernas do que aqueles que ingeriram 25OH-D3.
Fernandes et al., 2013	C e E	0 e 250 mg/kg vitamina C; 0,150, 300 e 450 mg/kg de vitamina E	Os níveis de vitaminas avaliadas não influenciaram nas características de desempenho avaliadas.
Oliveira et al., 2015	D ₃ 25-OHD ₃	1250 UI D ₃ ; 3000 UI D ₃ e 2760 UI de 25-OHD ₃	A adição de 1250 UI de vitamina D/kg de ração é suficiente para garantir o desempenho e o desenvolvimento ósseo de frangos de corte, mediante ao ajuste correto dos níveis de Ca e P.
Calderano et al., 2015	Colina	400, 500, 600, 700 e 800 mg/kg cloreto de colina 60%; 100, 150, 200, 250 e 300 mg/kg de fonte de colina vegetal	O uso de até 100 mg/kg de uma fonte vegetal de colina pode substituir o uso de cloreto de colina, em dietas a base de milho e farelo de soja para frangos de um a 21 e 22 a 42 dias de idade.
Albuquerque et al., 2017	E	0, 300, 400 e 500 mg/kg de vitamina E	O nível de vitamina E não afetou o desempenho, IEP, RC, cortes nobres, intestino e coração de frangos no período de 22 a 33 dias e de 22 a 42 dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, D. M.N.; LOPES, J.B.; FERRAZ, M.S.; RIBEIRO, M.N.; SILVA, COSTA, E.M.S.; LIMA, D.C.P.; FERREIRA, J.D.M.; GOMES, P.E.B.; LOPES, J.C.O. Vitamin E and organic selenium for broilers from 22 to 42 days old: performance and carcass traits. **An Acad Bras Cienc**, 89 (2), 2017.

ADAMS, C.R. Folic Acid, thiamin and pyridoxine. In **“vitamins - The Life Essentials.” National Feed Ingredient Association (NFIA)**, Des Moines, Iowa, 1982.

ANDRIGUETTO, J.M., PERLY, L., MINARDI, I., FLEMMING, J.S., VINNE, J.U., FLEMMING, R., SOUZA, G.A., ANDRIGUETTO, J.L., DUTRA, M.J., SEIFERT, C.R. **Nutrição Animal**. São Paulo: v.1, Nobel, 2002.

ALBERS, N.; G.G.; W.H.; T.K.; J.S.; T.D.T. **Vitamins and their biological functions. Vitamins in Animal Nutrition**. Cap. 2, p. 9-31. Alemanha. 2002.

BARROETA, A. C. **Optimum Vitamin Nutrition**. Sheffield, Reino Unido: 5M Publishing. 385 p., 2013.

BERTECNINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras, Ed. UFLA, 2006.

BRITO, J.A.G.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, E.J.; RODRIGUES, P.B.; LIMA, E.M.C.; MENEGHETTI, C. Efeito da vitamina D3 e 25-hidroxi-colecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte. **Rev. Bras. de Zootecnia**, v.39, p.2656-2663, 2010.

CALDERANO, A.A.; NUNES, R.V.; RODRIGUEIRO, R.J.B.; CÉZAR, R.A. Replacement of choline chloride by a vegetal source of choline in diets for broiler. **Cienc. Anim. Bras**. v.16, n.1, p. 37-44, 2015.

COUSSIRAT, C.; BATISTA, C.; SCHNEIDER, R.H.; RESENDE, T.L.; SCHWANKE, C.H.A. Vitaminas B12, B6, B9 e homocisteína e sua relação com a massa óssea em idosos. **Rev. Bras. Geriatr. Gerontol.**, Rio de Janeiro; 15(3):577-585, 2012.

CHENG, Z.; YAMAMOTO, H.; BAUER, C. E. Cobalamin's (Vitamin B12) Surprising Function as a Photoreceptor. **Trends in Biochemical Sciences**, v. 41, n. 8, p. 647-650, 2016.

DALLOUL, R.A. et al. Effect of vitamin A deficiency on host intestinal immune response to *Eimeria acervulina* in broiler chickens. **Poultry Science**, v.81, p.1509-1515, 2002.

DÔRES, S. M. C. das.; PAIVA, S. A. R. de.; CAMPANA, A. O. Vitamina K: metabolismo e nutrição. **Rev. de Nutrição**, Campinas, v. 14, n.3, p. 207-218, 2001.

EMMERT, J.L.; BAKER, D.H. A Chick bioassay approach for determining the bioavailable choline concentration in normal and overheated soybean meal, canola meal and peanut meal. **Journal Nutrition**.127:745–752., 1997.

FÉLIX, A.P.; MAIORKA, A.; SORBARA, J.O.B. Níveis vitamínicos para frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.2, p.619-626, 2009.

FERNANDES, J.I.M.; SAKAMOTO, M.I.; PEITER, D.C.; GOTTARDO, E.T.; TELLINI, C. Relação vitamina E: vitamina C sobre a qualidade da carne de frangos submetidos ao estresse pré-abate. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.65, n.1, p.294-300, 2013.

GUERRA, M.M.P; EVANS, G; MAXWELL, W.M.C. Papel de oxidantes e antioxidantes na andrologia: Revisão de literatura. **Rev Bras Reprod Anim**, v.28, p.187-195, 2004.

GUILLAND, J.C.; LEQUEU, B. **As vitaminas do nutriente ao medicamento**. São Paulo: Santos, p.375, 1995.

HAINFELLNER, C. ZAGOLIN, G. Dossiê Vitaminas. **Food Ingredients Brasil (FIB)**. N. 29, p. 58-88,2014.

HAUGHEY, S. A.; ELLIOTT, C. T.; OPLATOWSKA, M. et al. Production of a monoclonal antibody and its application in an optical biosensor based assay for the quantitative measurement of pantothenic acid (vitamin B5) in foodstuffs. **Food Chemistry**, v. 134, n. 1, p. 540-545, 2012.

JENSEN, L.S. Fat-soluble vitamin problems in biochemical diagnosis. Athens, Ga.: University of Georgia (**Georgia Nutr Conf**). p.14, 1974.

KONJUFCA, V.K. et al. Influence of dietary vitamin E on phagocytic functions of macrophages in broilers. **Poultry Science**, v.83, p.1530-1534, 2004.

KURIHAYASHI, A. Y.; AUGUSTO, R. A.; ESCALDELAI, F.M. D.; MARTINI, L. A. Estado nutricional de vitaminas A e D em crianças participantes de programa de suplementação alimentar. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 31, n.3, p.531-542, 2015.

KROENING, G.H.; POND, W.G. Methionine, choline and threonine interrelationships for growth and lipotropic action in the baby pig and rat. **Journal Animal Science.**; 26:352–357, 1967.

LAPPAS, M.; PERMEZEL, M. The anti-inflammatory and antioxidative effects of nicotinamide, a vitamin B3 derivative, are elicited by FoxO3 in human gestational tissues: implications for preterm birth. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 22, n. 12, p. 1195-1201, 2011.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Nutrition of the Chicken. Guelph, Canada: **University Books**, 591p., 2001.

LE GUENNO, G.; QUILLIOT, D. Conduite à tenir devant une carence en vitamine B12 (cobalamine). **Nutrition Clinique et Métabolisme**, v. 28, n. 2, p. 130-134, 2014.

LEMOS, J. H. P.; LEMOS, A. L. A. Vitamina B1. **Diagnóstico e Tratamento**, v.15, p.69-70, 2010.

LESHCHINSKY, T.V.; KLASING, K.C. Relationship between the level of dietary vitamin E and the immune response of broiler chickens. **Poultry Sci.**, v.80, p.1590-1599, 2001.

LIN, Y. H.; LIN, H. Y.; SHIAU, S. Y. Estimation of dietary pantothenic acid requirement of grouper, *Epinephelus malabaricus* according to physiological and biochemical parameters. **Aquaculture**, v. 324–325, p. 92-96, 2012.

LISBOA, M.M.; FARIAS FILHO, R.V.; PEREIRA, M.M.S.; SILVA, J.W.D. Uso de colina na avicultura. **Rev Elet Nutritime**. Artigo 278 Volume 11 - Número 06– p. 3755– 3759, 2014.

MAJEWSKI, M.; KOZLOWSKA, A.; LEBIEDZIŃSKA, A. et al. Variations of niacin content with regard to carbohydrates in energy-rich diets of elite european athletes and their relation with dietary RDA. **Journal of Elementology**, v. 21, n. 3, p. 745-755, 2016.

MAJEWSKI, M.; LEBIEDZIŃSKA, A. The evaluation of selected shellfish as a

source of niacin in nutrition and therapy of modern human. **Polish Annals of Medicine**, v. 21, n. 1, p. 14-19, 2014.

MARIA, C. A. B. D.; MOREIRA, R. F. A. A intrigante bioquímica da niacina: uma revisão crítica. **Química Nova**, v. 34, p. 1739-1752, 2011.

MARTINS, M. C.; OLIVEIRA, Y. P. de.; COITINHO, D. C.; SANTOS, L. M. P. Panorama das ações de controle da deficiência .de vitamina A no Brasil. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 20, n.1, p.5-18, 2007.

MCDOWELL, L. R. Vitamins in Animal Nutrition. **Academic Press**. Sandiego. 486 pp. 1989.

MCDOWELL, L.R. Vitamins in animal nutrition. Introduction and historical considerations. In: McDowell LR. (ed.), Comparative aspects to human nutrition.; London, UK: **Academic Press**. P. 91-153.,2000.

MOLITORIS, B.A.; BAKER, D.H. Choline utilization in the chick as influenced by levels of dietary protein and methionine. **Journal Nutrition**.106:412–418, 1976.

NÄÄS, I. A.; BARACHO, M.S.; BUENO, L.G.F.; MOURA, D.J.; VERCELINO, R.A.; SALGADO, D.D. Use of Vitamin D to Reduce Lameness in Broilers Reared in Harsh Environments. **Journal of Poultry Science**, v.14, n. 3, 159-232p., 2012.

NAVARRO, R.D.; RIBEIRO FILHO, O.P.; FERREIRA, W.M.; PEREIRA, F.K.S. A importância das vitaminas E, C e A na reprodução de peixes: revisão de literatura. **Rev. Bras. de Rep. Animal**, v.33, p.20-25, 2009.

NUNES, I. J. **Nutrição Animal Básica**. 2. Ed. Belo Horizonte: FEP-MVZ Editora, 1988.

OLIVEIRA, R.P.; SANTOS, E.T.; SGAVIOLI, S.; GARCIA, R.G.; BARALDI-ARTONI, S.M.; FARIA, D.E. Níveis de vitamina d sobre o desempenho e desenvolvimento ósseo de linhagens de Frangos de corte. **Ars Veterinaria**, Jaboticabal, SP, v.31, n.1, 001-006, 2015.

PAIXÃO, J.A.; STAMFORD, T.L.M. Vitaminas lipossolúveis em alimentos – uma abordagem analítica. **Quim. Nova**, Vol. 27, No. 1, 96-105, 2004.

PANIZ, C.; GROTTTO, D.; SCHMITT, G.C.; VALENTINI, J.; SCHOTT, K.L.; POMBLUM, V.J.; GARCIA, S.C. Fisiopatologia da deficiência de vitamina B12 e seu diagnóstico laboratorial. **J Bras Patol Med Lab**, v. 41, n. 5, p. 323-34, 2005.

PENTEADO, Marilene de Vuono Camargo. **Vitaminas, aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos**, 1º edição. Editora Manole– Barueri, SP, 2003.

POMPEU, M.A.; LARA, L.J.C.; BAIÃO, N.C.; ECCO, R.; CANÇADO, S.V.; ROCHA, J.S.R.; MACHADO, A.L.C.; VASCONCELOS, R.J.C. Suplementação de colina em dietas para frangos de corte machos na fase inicial de criação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, n.6, p.1446-1452, 2011.

RUTZ, F.; ANCIUTI, M. A.; MAIER, J. C. Digestão, absorção e metabolismo das vitaminas. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J. H. V. da.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L (org). **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep. p. 644-657, 2014.

SHIBATA, K. FUKUWATARI, T.; HIGASHIYAMA, S. et al. Pantothenic acid refeeding diminishes the liver, perinephric fats, and plasma fats accumulated by pantothenic acid deficiency and/or ethanol consumption. **Nutrition**, v. 29, n. 5, p. 796-801, 2013.

SUNDEEN, G. et al. The effect of vitamin A deficiency on some post mortem parameters of avian muscle. **Poult Sci**, v.59: p. 2225-2236, 1980.

SOUZA, C.S.; VIEITES, F.M.; VASCONCELLOS, C.H.F.; CALDERANO, A.A.; NUNES, R.V.; FERREIRA, C.M.; PEREIRA, T.V.S. E MORAES, G.H.K. Suplemento de 1,25 dihidroxicolecalciferol e redução de cálcio e fósforo disponível para frangos de corte. **Arq Bras Med Vet Zootec**, 65: 519-525, 2013.

SOUSA, C. S.; VIEITES, F. M. Vitamina D3 e seus metabólitos para frangos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 63, p.11-24. 2014.

TAVERNARI, F.C.; BERNAL, L.E.P.; ROSTAGNO, H.S; ALBINO, L.F.T.; VIEIRA, R.A. Relação metionina + cistina / lisina digestível para frangos de corte cobb1. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 61, n.2, p. 193-201, 2014.

TOLEDO, G.S.; KLOECKNER, P.; DONZELE, J.L.; COSTA, P.T. Níveis das vitaminas A e E em dietas de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.624-629, 2009.

TREVISAN, R.B. NAKAGI, V.S.; BRAVO, P.T.; FARIA, D.E. Feeding programs and their effects on broiler performance and economic indexes. **Journal of Applied Poultry Research** (Print), v.23, p.1-12, 2014.

UBABEF –União Brasileira de Avicultura- Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos. **Relatório anual**, São Paulo: ABPA (Associação Brasileira de Proteína Animal), 68 p., 2017.

WASHINGTON, F.D. Vitamins and Hormones. cap.18, NY: **Academic Press**. p.43-87., 1960.

ZAMUNER, M. B. M.; GONZÁLEZ, V.; ABAD, A. et al. Cianocobalamina inhalada: una alternativa terapéutica eficaz y segura. **Nutrición Hospitalaria**, v. 30, p. 462-465, 2014.

ZEMPLINI, J.; KUROISHI, T. Biotin. **Advances in Nutrition**, v. 3, n. 2, p. 213-214, 2007.

ZEISEL, S.H.; DACOSTA, K.A.; YOUSSEF, M.; HENSEY, S. Conversion of dietary choline to trimethylamine and dimethylamine in rats: dose-response relationship. **Journal Nutrition**. 119:800-804, 1989.

ZEISEL, S.H.; WISHNOK, J.S.; BLUSZTAJN, J.K. Formation of methylamines from ingested choline and lecithin. **Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics**. 225:320-324, 1983.

ZEISEL, S.H.; DACOSTA, K.A. Increase in human exposure to methylamine precursors of N-nitrosamines after eating fish. **Cancer Research**. 46:6136-6138, 1986.

CAPÍTULO II
SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS E HIDROSSOLÚVEIS
SOBRE DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARNE DE FRANGOS DE CORTE DE
8 A 37 DIAS DE IDADE

Artigo editado de acordo com as normas de publicação da Revista Semina Ciências Agrárias

CAPITULO II
NIVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS E
HIDROSSOLÚVEIS SOBRE DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARNE DE
FRANGOS DE CORTE DE 8 A 37 DIAS DE IDADE

RESUMO

Objetivou-se avaliar os níveis de suplementação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis sobre o desempenho e qualidade de carne de frangos de corte. Foram utilizados 1080 frangos de corte machos, Cobb 500, composto por 5 tratamentos, 12 repetições e 18 aves por unidade experimental e adotado o delineamento em blocos casualizado, considerando o princípio do controle do local por não apresenta uniformidade em relação à luminosidade e temperatura. Os tratamentos foram constituídos por cinco níveis de suplementação de vitaminas (25; 50; 100; 200; 400%), onde o nível de 100% correspondeu as recomendações das tabelas brasileiras para aves e suínos. As variáveis analisadas foram o desempenho (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar), a viabilidade, o índice de eficiência produtiva e a qualidade de carne (peso de carcaça, peito e rendimento de peito; perdas líquidas de água por descongelamento e cocção; coloração e oxidação lipídica). Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) dos tratamentos no ganho de peso, na conversão alimentar e no índice de eficiência produtiva, não havendo efeito ($P > 0,05$) sobre a viabilidade. No entanto, o consumo de ração foi influenciado ($P < 0,05$) de forma linear com o aumento da suplementação de vitaminas na ração, nas fases de 8 a 21 e de 21 a 37 dias de idade. Na fase total (8 a 37 dias), observou-se resposta quadrática ($P < 0,05$) sobre o desempenho, o índice de eficiência produtiva e viabilidade. No período total (8 a 37 dias), não houve efeito sobre as perdas líquidas por descongelamento, por cocção, sobre a luminosidade (L^*) e o valor de vermelho (b^*), havendo efeito ($P < 0,05$) sobre o valor de amarelo (a^*), o rendimento de peito de forma quadrática, e de forma linear sobre o peso da carcaça e peito. Não foram observados interação ($P > 0,05$) entre os níveis de suplementação de vitamina e o tempo de prateleira sobre os parâmetros de oxidação lipídica, porém houve diferença ($P < 0,05$) no tempo de armazenagem do processo de oxidação na carne do peito de frangos de 8 a 37 dias. As recomendações de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis nas rações de frangos de corte para as fases inicial (8 a 22 dias de idade), crescimento (22 a 37 dias de idade) e para fase total (8 a 37 dias de idade) são de 157,5; de 156,96 e de 169,68 %, em relação das preconizadas nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2011), respectivamente.

Palavras chave: coloração, cocção, oxidação lipídica, viabilidade

CHAPTER 2
SUPPLEMENTATION OF FAT SOLUBLE AND OF WATER SOLUBLE VITAMINS
ON PERFORMANCE AND QUALITY OF MEAT FOR BROILERS FROM 8 TO 37
DAYS OF AGE

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the supplementation levels of fat soluble and water soluble vitamins on broiler performance and meat quality. A total of 1080 male broilers, Cobb 500, composed of 5 treatments, 12 replicates and 18 birds per experimental unit were used and the randomized block design was used, considering the principle of site control because it does not show uniformity in relation to luminosity and temperature. The treatments consisted of five levels of vitamin supplementation (25, 50, 100, 200, 400%), where the level of 100% corresponded to the recommendations of the Brazilian tables for poultry and swine. The variables analyzed were performance (weight gain, feed intake and feed conversion), viability, productive efficiency index and meat quality (carcass weight, breast and breast yield, net water losses by thawing and cooking, coloring and lipid oxidation). There was a quadratic effect ($P < 0.05$) of treatments on weight gain, feed conversion and productive efficiency index, with no effect ($P > 0.05$) on viability. However, feed intake was influenced ($P < 0.05$) linearly with the increase of vitamin supplementation in the diet, in the phases of 8 to 21 and of 21 to 37 days of age. In the total phase (8 to 37 days), a quadratic response was observed ($P < 0.05$) on the performance, the index of productive efficiency and viability. In the total period (8 to 37 days), there was no effect on the liquid losses by defrosting, by cooking, on the luminosity (L^*) and the value of red (b^*), with effect ($P < 0.05$) on the value of yellow (a^*), the yield of breast in a quadratic form, and linearly on the weight of the carcass and chest. No interaction ($P > 0.05$) was observed between vitamin supplementation levels and shelf life on the lipid oxidation parameters, however there was a difference ($P < 0.05$) in the storage time of the oxidation process in the meat of chickens from 8 to 37 days. The recommendations of fat-soluble and water-soluble vitamins in broiler rations for the initial (8 to 22 days of age), growth (22 to 37 days of age) and total phase (8 to 37 days of age) are 157, 5; of 156.96 and 169.68%, in relation to those recommended in the Brazilian Poultry and Pork Tables (2011), respectively.

Keywords: coloration, cooking, lipid oxidation, viability

Introdução

As vitaminas são micronutrientes indispensáveis para o crescimento, saúde, reprodução, sobrevivência e, por participarem de vários processos metabólicos dos animais, existe a necessidade de serem fornecidas nas dietas dos frangos de corte (JENSEN, 1974).

De acordo com a solubilidade, as vitaminas são classificadas em lipossolúveis e hidrossolúveis. As vitaminas lipossolúveis, compostas por A, D, E e K, são as responsáveis pelo desenvolvimento, a manutenção das estruturas dos tecidos e imunidade. Como as vitaminas possuem afinidade pelos lipídeos, podem ser armazenadas nos adipócitos. As vitaminas hidrossolúveis têm importância na transferência de energia no organismo, em excesso podem ser excretadas. As de maior importância para as aves são: C (ácido ascórbico), B₁ (Tiamina), B₂ (riboflavina), ácido Pantotênico, niacina, B₆ (piridoxina), colina, biotina, ácido fólico e B₁₂ (cobalamina) (MCDOWELL, 1989).

Entre os componentes utilizados na formulação de rações para frangos de corte, estão os suplementos e aditivos, como as vitaminas. Geralmente a formulação comercial das vitaminas vem na forma de premix (ALAHYARI-SHAHRASB et al., 2012b). Neste sentido, as dietas comerciais usualmente são formuladas pela combinação de ingredientes em quantidades adequadas que proporcionam perfil nutricional desejado, objetivando nível ótimo que atenda o desempenho com baixo custo e, conseqüentemente, com máxima lucratividade (FELIX; MAIORKA; SORBARA, 2008).

O premix, cujo preço pode atingir 10% do custo total da alimentação de frangos de corte, na sua composição devem estar inclusas quantidades adequadas de vitaminas para permitir que as aves possam usufruir do máximo potencial genético e obter produto final com qualidade (ROSNIECEK et al., 2015).

Além disso, a carne de frango contém quantidades relativamente elevadas de ácidos graxos insaturados, o que aumenta as preocupações com a deterioração oxidativa. A oxidação lipídica de ácidos graxos insaturados envolve não somente perdas econômicas, mas também, na qualidade da carne. O tempo de prateleira é diminuído e as características organolépticas (sabor, odor e cor) são alteradas e, conseqüentemente, têm-se perdas de nutrientes e riscos para a saúde (XIÃO et al., 2011).

Muitas tecnologias foram desenvolvidas para prevenir ou minimizar essas alterações e o uso de suplementação dietética de complexo de vitaminas é bem aceita como método eficaz para reduzir a oxidação lipídica e estender a vida de prateleira da carne (CENTENARO; FURLAN; SOARES, 2008).

Sendo assim, objetivou-se avaliar níveis de suplementação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis sobre o desempenho e qualidade de carne de frangos de corte.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, no período de 06 de outubro a 12 de novembro de 2015.

O projeto de pesquisa vinculado ao presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética para Uso de Animais de Produção – CEUAP da UFV, sob o protocolo nº 049/2015, e está de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

Foram utilizados 1080 pintos machos (peso médio inicial 172 g) da linhagem Cobb500[®], alojados aos 8 dias de idade em galpão dividido em boxes de 1,3 m x 1,7m forrados com maravalha.

Foram utilizados 1080 frangos de corte machos (peso médio inicial 172 g), da linhagem Cobb 500, alojados aos 8 dias de idade em galpão dividido em boxes de 1,3 m x 1,7m forrados com maravalha. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizado (DBC), considerando o princípio do controle do local por não apresentar uniformidade em relação à luminosidade e temperatura, composto por 5 tratamentos e 12 repetições de 18 aves por unidade experimental.

Uma única ração foi fornecida para todas as aves na fase pré-inicial (1 a 8 dias de idade) à base de milho e de farelo de soja com inclusão de 50% de suplemento vitamínico de acordo com as recomendações propostas por Rostagno et al. (2011). As rações experimentais utilizadas para a fase inicial (8 a 22 dias) e de crescimento (22 a 37 dias) foram formuladas à base de milho e de farelo de soja segundo as recomendações propostas por Rostagno et al. (2011) para frangos de desempenho médio, exceto para vitaminas (Tabela 1).

Tabela 1- Composição das dietas basais para as fases de 1 a 8, de 8 a 22 e de 22 a 37 dias de idade

Ingredientes	Pré – Inicial (1 a 8)	Inicial (8 a 22)	Cresc/Termin (22 a 37)
Milho, %	51,58	56,39	59,64
Farelo de soja, 45%	37,12	36,44	32,70
Milho Far. Glúten, 60%	5,00	-	-
Óleo de soja, %	2,18	3,30	4,17
Calcário, %	0,92	0,91	0,86
Fosfato bicálcico, %	1,91	1,52	1,28
Sal comum, %	0,51	0,48	0,45
Lisina HCl, 79%	0,28	0,17	0,16
DL-Metionina, 99%	0,27	0,28	0,25
L-Treonina, 98%	0,04	0,04	0,03
Suplemento Mineral ¹ , %	0,13	0,11	0,10
Suplemento Vitamínico ^{2*} , %	0,06	-	-
Salinomicina ³ , 12%	0,05	0,05	0,05
Avilamicina ⁴ (10%)	0,01	0,01	0,01
BHT ⁵ , %	0,01	0,01	0,01
Amido ⁶ , %	0,00	0,30	0,30
Total	100,00	100,00	100,00
Valores Calculados			
Proteína bruta, %	24,43	21,23	19,70
EM, kcal/kg	2950	305	3150
Cálcio, %	0,92	0,82	0,73
Fósforo disponível, %	0,47	0,39	0,34
Sódio %	0,22	0,21	0,20
Lisina digestível, %	1,31	1,17	1,08
Met. + Cis. digestível, %	0,94	0,85	0,79
Metionina digestível, %	0,61	0,58	0,51
Treonina digestível, %	0,85	0,76	0,70
Triptofano digestível, %	0,26	0,24	0,22
Valina digestível, %	1,03	0,90	0,84
Isoleucina digestível, %	0,97	0,84	0,77
Arginina digestível, %	1,44	1,35	1,24
Gli + Ser digestível, %	1,98	1,79	1,66

¹ Recomendação de premix mineral (kg) por tonelada de ração: Frangos de Corte: Pré-Inicial -1,25; Inicial - 1,10; Crescimento I (22 – 33 dias), 1,00. Composição de suplementação na fase de crescimento mg/kg de ração: Cobre - 10; Ferro - 50; Iodo - 1.0; Manganês - 70; Selênio - 0,30; Zinco - 65;

² Recomendação de premix vitamínico (kg) por tonelada de ração: Frangos de Corte: Pré-Inicial, 1,25 (50% = 0,625); Inicial, 1,10; Crescimento I (22 – 33 dias), 1,00. Composição de suplemento vitamínico por kg de ração formulado com o nível de 100% de acordo com as Tabelas Brasileiras para aves e suínos (2011): Vit. A - 7.500,00 UI; Vit. D - 1.9000,00 UI; Vit. E - 28.000 UI; Vit. K - 1.500 mg; Vit. B₁ - 2.000 mg; Vit. B₂ - 5.000 mg; Ácido Nicotínico - 30.00 mg; Ácido Pantotênico (10.000 mg); B₆ (2.800 mg); B₁₂ (12 mg); Ácido Fólico (700 mg); Biotina (70 mg); * Sem colina.

³ Coxistac[®] 12%;

⁴ Sumax[®] 10%);

⁵ Antioxidante;

⁶ Para compor os níveis dos tratamentos, as vitaminas substituíram o amido nas dietas.

Os tratamentos foram constituídos por cinco níveis de suplementação de vitaminas com percentuais de 25%; 50%; 100%; 200%; e 400%, onde o nível 100% correspondeu a recomendação para cada fase, preconizada por Rostagno et al. (2011). Os teores de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis utilizados para as fases de 8 a 22 e de 22 a 37 dias de idade estão descritos na Tabelas 2. As vitaminas foram fornecidas pela empresa DSM e os suplementos vitamínicos foram preparados na empresa Cogan, em Pará de Minas, MG.

Tabela 2 - Níveis de vitaminas nas rações de frangos de corte (por kg de ração)

Vitaminas*	Tratamentos				
	25%	50%	100% *	200%	400%
8 a 22 dias de idade					
Vitamina A (UI)	2062	4125	8250	16500	33000
Vitamina D (UI)	523	1045	2090	4180	8360
Vitamina E (UI)	7,8	15,5	31	62	124
Vitamina K (mg)	0,412	0,825	1,65	3,30	6,60
Vitamina B ₁ (mg)	0,625	1,10	2,20	4,40	8,80
Vitamina B ₂ (mg)	1,375	2,75	5,50	11	22,00
Ácido Nicotínico (mg)	8,25	16,50	33,00	66	132,00
Ácido Pantotênico (mg)	2,75	5,50	11,00	22	44,00
Vitamina B ₆ (mg)	0,77	1,54	3,08	6,16	12,32
Vitamina B ₁₂ (mg)	0,004	0,0065	0,013	0,026	0,052
Ácido Fólico (mg)	0,193	0,385	0,770	1,54	3,08
Biotina (mg)	0,0193	0,0385	0,077	0,154	0,308
Colina (mg)	82,5	165	330	660	1320
Uso kg/ton.	0,275	0,55	1,10	2,20	4,40
Cloreto de Colina (60%)	0,159	0,318	0,635	1,270	2,540
22 a 37 dias de idade					
Vitamina A (UI)	1875	3750	7500	15000	30000
Vitamina D (UI)	475	950	1900	3800	7600
Vitamina E (UI)	7	14	28	56	112
Vitamina K (mg)	0,37	0,75	1,50	3	6
Vitamina B ₁ (mg)	0,50	1,00	2	4	8
Vitamina B ₂ (mg)	1,25	2,50	5	10	20
Ácido Nicotínico (mg)	7,50	15,0	30	60	120
Ácido Pantotênico (mg)	2,50	5	10	20	40
Vitamina B ₆ (mg)	0,70	1,40	2,80	5,60	11,2
Vitamina B ₁₂ (mg)	0,003	0,006	0,012	0,024	0,048
Ácido Fólico (mg)	0,175	0,35	0,70	1,40	2,80
Biotina (mg)	0,017	0,035	0,07	0,14	0,28
Colina (mg)	75	150	300	600	1200
Uso kg/ton.	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00
Cloreto de Colina (60%)	144,5	289	577	1154	2308

* O nível de 100% correspondeu a recomendação para cada fase, de acordo com as Tabelas Brasileiras para aves e suínos (2011).

As aves foram pesadas aos 8, 22 e 37 dias de idade para determinação do ganho de peso. Durante todo período experimental foram registrados os fornecimentos e as sobras de rações para posterior cálculo do consumo e da conversão alimentar. Registrou-se também a mortalidade das aves, juntamente com o peso da ração, para posterior correção do consumo e do ganho de peso.

Foi avaliado o consumo de ração (CR), o ganho de peso (GP), a conversão alimentar (CA), viabilidade (VIA) e o índice de eficiência produtiva (IEP) das aves de 8 a 22, 22 a 37 e no período total de 8 a 37.

O Índice de Eficiência Produtiva (IEP) indica o desempenho produtivo, e foi determinada pelo cálculo: $IEP = (GP \times V) / (IA \times CA) \times 100$, em que: GP = ganho de peso médio, kg; V= viabilidade, %; IA= idade de abate e CA= conversão alimentar, kg/kg.

Ao 37º dia de idade das aves, três aves de cada unidade experimental foram insensibilizadas e abatidas por sangria, depenadas e evisceradas para coleta de amostras e posterior realização da pesagem da carcaça, e do peito com osso para avaliar os valores percentuais de rendimento de peito.

Adicionalmente, foram coletadas amostras de tecido do peito, desossado, retirado o filezinho, cortado no sulco medial, e separado o lado esquerdo e direito para a realização das análises de qualidade de carne.

As amostras do peito direito dos frangos foram mantidas em câmara fria à 4°C e retiradas 24 horas após para realização das análises de calorimetria à fresco, e depois foram congeladas juntamente com as demais amostras em freezer à -20°C para a realização das análises de coloração, perda de líquido por descongelamento, cocção e oxidação lipídica.

Para a mensuração de perda de líquido por descongelamento (PLD), foi utilizado o lado direito da carne de peito congelada, a qual foi pesada, identificada e colocada sobre a grade de um refrigerador doméstico por 24 horas, à 4°C, para descongelamento a frio. Após esse período, a amostra foi retirada da geladeira, seca com papel toalha e pesada para obter a perda de água por descongelamento (BAFA, 2014).

As mesmas amostras de peitos de frango utilizadas para determinar PLD, foram utilizadas posteriormente para determinar a perda de líquido por cocção (PLC). Cada amostra permaneceu por 30 minutos à temperatura ambiente sendo, em seguida, assada em forma com grelha, em forno previamente aquecido por 20 minutos a 150° C, padronizando-se o mesmo número de amostras por fornalha.

As amostras foram assadas sem adição de qualquer condimento até atingirem a temperatura interna de 70° C. O monitoramento da temperatura interna dos bifes foi realizado com termômetros tipo K, cuja sonda foi inserida no centro geométrico de um dos bifes. Após atingir a temperatura interna de 35° C, os cortes de peito foram virados na grelha de cozimento onde permaneceram até atingir a temperatura interna desejada (70° C). As amostras foram então retiradas do forno e mantidas à temperatura ambiente até o resfriamento e posteriormente pesada (BAFA, 2014).

A avaliação da cor da carne do peito foi realizada 24 horas após o abate, utilizando o calorímetro (CHROMA COLOR CR-400), previamente calibrado em superfície branca com padrões pré-estabelecidos. Os componentes (L^*) nos fornece a luminosidade, variando do branco ($L=100$) ao preto ($L=0$); o valor de a^* caracteriza coloração na região do vermelho ($+a^*$) ao verde ($-a^*$) e o valor de b^* indica coloração no intervalo do amarelo ($+b^*$) ao azul ($-b^*$) foram expressos no sistema de cor CIELAB, a partir de leitura direta em cinco pontos distintos do bife, utilizando os valores médios, para possíveis constatações se os tratamentos modificaram a coloração da carne do peito das aves (MILANI et al., 2010).

Para a análise de oxidação lipídica, às amostras de peito (lado esquerdo) provenientes dos diferentes tratamentos, foram submetidas à condição de armazenamento em refrigerador a 4°C em três diferentes tempos (0, 4 e 7 dias). Ao completarem os tempos de armazenamento acima citados, foram congeladas a - 20°C para posteriormente determinar o teor de malonaldeído (MDA).

Para tal procedimento, as amostras de carne foram descongeladas, moídas em processador e retirado o tecido conjuntivo com o auxílio de uma lâmina. Uma alíquota de 10 gramas foi retirada e adicionada à 20 ml de TCA (ácido tricloroacético), homogeneizada, centrifugada a 4000 rpm/30 minutos a 4°C em centrífuga refrigerada, filtrada, descartando-se o precipitado. Em seguida adicionou 2 ml da solução obtida filtrada mais 2 ml de TBA (ácido tiobarbitúrico) em um tubo e colocados em banho-maria por 20 minutos, sendo a solução lida em espectrofotômetro a 532 nm.

Para obtenção da curva padrão, foi utilizado o TEP (1, 1', 3, 3'' Tetratoxipropano) em diferentes alíquotas (10 a 100µl) adicionado a uma solução de 5 ml de TBA com 5 ml de água destilada, colocado em banho-maria à 100°C por 35 minutos e lido em espectrofotômetro à 532 nm, conforme metodologia utilizada por Bafa (2014).

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos aos testes de Normalidade (*Cramer Von Mises*) e Homocedasticidade (*Levene*). Satisfeitas essas pressuposições, os dados coletados

foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o PROC GLM do pacote estatístico SAS (SAS Institute, 2010).

Para as variáveis de qualidade de carne (perdas líquidas de água por descongelamento e cocção; coloração e oxidação lipídica) foi realizado o teste de Student Newman-Keuls (SNK), para comparação de todos os tratamentos ($P < 0,05$).

Para as variáveis de desempenho (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar); viabilidade; índice de eficiência produtiva e rendimento de peito foi realizado a análise de contrastes de polinômios ortogonais ($P < 0,05$) e a determinação das equações (linear ou quadrática) que melhor se ajustavam aos dados. Adicionalmente, foi realizada análise de *linear response plateau (LRP)*, e quando possível, foi adotada a metodologia, descrita por Sakomura; Rostagno, (2016), de igualdade da equação quadrática com o LRP ($Q + LRP$) para estimativa do nível ótimo de suplementação de vitaminas.

Resultados e discussão

Desempenho

Os diferentes níveis de inclusão de vitaminas nas dietas influenciaram ($p < 0,05$) o ganho de peso (GP), o consumo de ração (CR), a conversão alimentar (CA), a viabilidade (VIAB) dos 8 aos 37 dias de idade, o índice de eficiência produtiva (IEP), o peso aos 22 dias (P22d) e o peso aos 37 dias (P37d), não havendo efeito ($p > 0,05$) sobre a viabilidade das aves dos 8 a 22 e 22 a 37 (Tabela 5).

Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de suplementação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis sobre os parâmetros GP, CA e IEP. No entanto, o CR foi influenciado ($P < 0,05$) de forma linear com a crescente suplementação de vitamina ração, nas fases de 8 a 22 e 22 a 37 dias de idade. Na fase total (8 a 37 dias), observou-se resposta quadrática ($P < 0,05$) para todos GP, CR, CA, VIAB, IEP e P37d das aves (Tabela 5). Estes resultados discordam dos encontrados por Costa et al. (2016) que verificaram efeito linear sobre o desempenho de frangos de corte, quando foram submetidas à dieta com níveis de 0,0%; 33,3%; 66,7%; 100,0% e 133,3% de suplementação de vitaminas lipossolúveis. Os autores verificaram que as dietas com suplementação de vitaminas lipossolúveis acima de 33,3%, melhoraram linearmente o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar, quando comparada as aves alimentadas com a dieta controle (0,0%).

Tabela 3- Desempenho, viabilidade e índice de eficiência produtiva de frangos de corte alimentadas com rações contendo diferentes níveis de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis

Item	Tratamentos					CV ¹	P-valor	
	25%	50%	100%	200%	400%		L ²	Q ³
8 a 22 dias de idade								
GP ⁴ (g)	653,6	717,3	730,8	730,2	748,3	2,31	<0,01	<0,01
CR ⁵ (g)	879,7	911,2	937,2	957,9	975,8	1,11	<0,01	0,151
CA ⁶ (g/g)	1,347	1,273	1,283	1,316	1,305	1,47	0,019	<0,01
VIAB ⁷ (%)	98,6	99,5	99,5	99,5	99,5	0,01	0,061	0,083
IEP ⁸ (%)	343,13	399,45	404,72	394,99	407,51	2,81	<0,01	<0,01
P22d ⁹ (g)	825,1	888,4	902,5	901,1	919,5	1,71	<0,01	<0,01
22 a 37 dias de idade								
GP (g)	943,3	1158,9	1268,0	1252,1	1305,0	3,66	<0,01	0,0004
CR (g)	2261,5	2304,0	2404,9	2403,1	2460,0	1,24	<0,01	0,0910
CA (g/g)	2,601	2,003	1,897	1,925	1,886	13,91	<0,01	0,0005
VIAB (%)	99,5	99,1	100,0	99,1	99,1	1,18	0,371	0,443
IEP (%)	268,07	383,18	445,76	429,71	457,51	9,06	<0,01	<0,01
8 a 37 dias de idade								
GP, (g)	1597,0	1876,2	1998,8	1982,3	2053,3	1,72	<0,01	<0,01
CR, (g)	3140,7	3216,1	3342,1	3361,0	3435,8	1,11	<0,01	<0,01
CA, (g/g)	2,021	1,715	1,673	1,702	1,674	6,18	0,019	<0,01
VIA, (%)	99,1	99,3	99,8	99,3	99,3	1,90	0,396	0,035
IEP, (%)	279,73	373,03	411,14	399,33	420,12	6,27	<0,01	<0,01
P37d ¹⁰ , (g)	1768,5	2047,2	2170,5	2153,1	2224,4	1,59	<0,01	<0,01

¹Coefficiente de variação (ANOVA); ² Linear; ³Quadrática; ⁴GP=ganho de peso; ⁵CR=consumo de ração; ⁶CA=conversão alimentar; ⁷VIAB=viabilidade; ⁸IEP= índice de eficiência produtiva; ⁹P22d=peso aos 22 dias; ¹⁰P37d=peso aos 37 dias.

Como no presente estudo as aves receberam uma dieta inicial (1 a 8 dias) com 50% das exigências de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis, é provável que os baixos resultados de desempenho com os níveis de 25 e 50%, sejam decorrentes da deficiência dessas vitaminas na fase inicial, o que provavelmente, desencadeou o aumento de CR das aves nas fases de 8 a 22 e 22 a 37 dias, como tentativa de suprir as exigências dessas vitaminas. Assim, pode-se inferir que, apesar de usar complexo de vitaminas (premix) como importante ferramenta na nutrição de aves, efeitos positivos não foram detectados em parâmetros de desempenho e IEP quando se trabalha com níveis abaixo do recomendado de 100%, em que pôde observar diminuição no GP, aumento no CR, piora CA e IEP.

Sabe-se que para o cálculo do IEP é necessário utilizar dados do GP, da VIAB e a CA. Esses parâmetros utilizados na equação do IEP foram influenciados pelos níveis de suplementação das vitaminas, logo é esperado que o IEP também seja afetado. Tal comportamento pode ser atribuído ao fato das aves utilizarem dietas com vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis abaixo das suas exigências diminuïrem a eficiência produtiva, já que pode haver necessidade de aumentar a taxa metabólica para

suprir essa deficiência e assim acarretar na queda da eficiência produtiva das aves. Efeitos contrários ao observado neste estudo foram relatados por Albuquerque et al. (2017), que não verificaram efeito sobre a IEP de frangos, quando se avaliaram quatro dietas com níveis crescentes de vitamina E (0,300,400e 500 mg/kg) no período de 22 a 33 e de 22 a 42 dias de idade.

Os níveis de suplementação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis abaixo do recomendado por Rostagno et al. (2011) de 100%, foram suficientes para afetar a viabilidade das aves a fase de 8 a 37 dias de idade. Isso pode ser atribuído à deficiência vitamínica provocada pelos baixos níveis dessas vitaminas na dieta das aves, ter afetado a imunidade das aves e assim refletir sobre a viabilidade (Tabela 5). Resultados diferentes foram observados por Ribeiro et al. (2008), que avaliaram dietas suplementadas com vitaminas C, E, e minerais orgânicos Zinco e Selênio sobre parâmetros imunológicos de frangos de corte de 1 a 35 dias de idade, e não observaram diferença para a viabilidade no período 1 a 35 dias de idade.

Com a combinação do modelo quadrático com o *Linear Response Plateau* (LRP), determinou-se a primeira intersecção da equação quadrática com o platô de LRP, para estimar os níveis ótimos SVLH (Tabela 6).

A maioria dos trabalhos realizados para determinar exigências de nutrientes para frangos de corte tem sido do tipo dose-resposta, e a principal análise estatística utilizada para estimar os níveis ótimos de um nutriente é a análise de regressão, destacando-se o modelo polinomial quadrático, por ser fácil de determinar o valor único de exigência e pela manipulação de maneira simples e rápida. Entretanto, este modelo tem sido criticado por vários autores (EUCLYDES; ROSTAGNO, 2001; SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016; SIQUEIRA et al., 2009) principalmente pela possibilidade de superestimar os valores das exigências.

Outro modelo bastante utilizado é o LRP, por possibilitar a interpretação da curva-resposta de maneira mais simples, atribuindo-se que a utilização do nutriente limitante é constante até que sua exigência seja atendida e que não há respostas adicionais no desempenho acima deste ponto, porém é criticado devido à possibilidade de subestimativas (ROBBINS; NORTON; BAKER, 1979; PACK; HOEHLER; LEMME, 2003).

Essa combinação do modelo quadrático com o LRP vem sendo utilizada por vários autores (NASCIMENTO et al., 2009; SIQUEIRA et al., 2011; NERY; SOARES; MOURA, 2013; PORTELA et al., 2014; FRANCO et al., 2017) com o propósito de adotar modelos de natureza não linear, como o exponencial, por descrever de maneira precisa a resposta animal, admitindo a igualdade de variáveis econômicas na determinação de níveis ótimos.

Tabela 4 - Equações de regressão e níveis ótimos de desempenho de frangos de corte alimentadas com rações contendo níveis de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis

Item ¹	Equações L/ Q ¹	R ²	Q ³	LRP ⁴	Q+LRP ⁵
8 a 21 dias de idade					
GP (g)	$Y=665,35+0,6051x-0,001x^2$	R ² = 0,67	302,55	57,51	159,55
CR (g)	$Y=898,02+0,2215x$	R ² = 0,79	400,00	136,92	ND
CA (g/g)	$Y=1315,4+0,1808X+0,0004X^2$	R ² = 0,64	250,00	NS	ND
IEP (%)	$Y=358,39+0,3955x-0,0007x^2$	R ² = 0,45	282,50	51,31	152,50
P22d (g)	$Y=836,9+0,6016X-0,001X^2$	R ² = 0,67	300,80	57,62	160,45
Média					157,5
21 a 37 dias de idade					
GP (g)	$Y=968,51+2,6894x-0,0047x^2$	R ² = 0,73	286,11	63,46	156,96
CR (g)	$Y=2295,6+0,4587x^2$	R ² = 0,74	400,00	114,42	ND
CA (g/g)	$Y=2,4895-0,0056x+0,00001x^2$	R ² = 0,59	280,00	NS	ND
IEP (%)	$Y=282,88+1,427x-0,0025x^2$	R ² = 0,70	285,40	NS	ND
Média					156,96
8 a 37 dias de idade					
GP (g)	$Y=1633,9+3,2938-0,0057x^2$	R ² = 0,72	288,93	62,11	157,63
CR (g)	$Y=3120,6+1,9834x-0,003x^2$	R ² = 0,91	330,57	120,48	197,02
CA (g/g)	$Y=1,9544-0,0026x+0,00005x^2$	R ² = 0,53	260,00	NS	ND
IEP (%)	$Y= 294,85+1,0263x-0,0018x^2$	R ² = 0,66	285,08	59,96	166,30
P37d (g)	$Y=1805,5+3,2899x-0,0057x^2$	R ² = 0,72	288,59	62,15	157,79
Média					169,68

¹ Equações linear e quadrática; ² Coeficiente de determinação; ³ Quadrática; ⁴ Linear Response Plateau; ⁵ Nível ótimo estimado de suplementação vitamínica pela igualdade da equação Q com o LRP; ND= não determinado (resultado estimado incompatível ou quadrática/LRP; NS= não significativo).

Diante disso, a vantagem do uso da intersecção da equação quadrática com o platô do modelo *broken line* estima o valor de nível ótimo que não é alto como aquele geralmente estimado pela derivação da função quadrática, nem baixo como normalmente é observado no modelo LRP, obtendo-se assim, um nível ótimo intermediário ajustado (ROSTAGNO et al., 2007; SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

A recomendação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis nas rações de frangos de corte para as fases inicial (8 a 22 dias de idade), crescimento (22 a 37 dias de idade) e para fase total (8 a 37 dias de idade) são de 157,5; 156,96 e 169,68 %, respectivamente. Os níveis ótimos estimados pela igualdade da quadrática mais o LRP de suplementação de vitaminas para as fases inicial (8 a 22 dias), crescimento (22 a 37 dias) e total (8 a 37 dias) foram superiores às recomendações de 100% de Rostagno et al. (2011). No entanto, trabalhos que tenham avaliados

a suplementação concomitantemente de vitaminas hidrossolúveis e lipossolúveis são escassos na literatura, sendo necessários novos estudos para uma melhor avaliação desses resultados.

Qualidade de carne

Os níveis de suplementação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis nas dietas influenciaram ($P < 0,05$) o peso de carcaça (PC), o peso de peito (PP) e o rendimento de peito (RP) dos frangos de corte dos 8 a 37 dias. O peso da carcaça (PC) e do peito (PP) das aves aumentaram linearmente com o aumento do nível de suplementação das vitaminas, enquanto que, o rendimento de peito (RP) teve efeito quadrático (Tabela 7).

Tabela 5- Peso de carcaça (PC), peso de peito (PP) e rendimento de peito (RP) de frangos de corte, de acordo com o nível de suplementação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis

Item	Tratamentos					CV ¹	(P-valor)	
	25%	50%	100%	200%	400%		L ²	Q ³
PC (g)	1640,5	1725,1	1776,9	1724,4	1791,7	4,74	0,0003	0,1401
PP (g)	509,1	559,6	591,9	584,7	615,4	6,72	0,0001	0,0706
RP, %	30,56	32,50	33,32	34,27	33,98	5,25	0,0001	0,0281

¹Coefficiente de variação (%); ²Linear; ³Quadrática;

Equações: PC=16991+0,267x ($R^2=0,64$); PP=536,58+0,2204x ($R^2=0,62$); RP= 30,374+0,0332x-0,00006x² ($R^2=0,89$).

O nível ótimo calculado pelo uso da equação quadrática com o platô do modelo *broken line* não foi significativo e por isso não pode ser determinado. Logo o nível ótimo estimado pela regressão para obter maior rendimento de peito foi de 276,67 pelo uso da suplementação das vitaminas.

Como as dietas experimentais foram formuladas com níveis abaixo e acima de 100%, e as aves receberam uma dieta inicial (1 a 8 dias) com 50% das exigências de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis, é provável que os baixos desempenho tenham sido decorrente dessa insuficiência, já que houve diferença no consumo de ração pelas aves, o efeito no PC, PP e RP pode ser considerada como resultado esperado, o que indica que as necessidade das das aves devem atender no mínimo 100% de suplementação de vitaminas segundo as recomendações de Rostagno et al. (2011), já que níveis abaixo resultaram os piores PC, PP e RP.

Os resultados do presente trabalho assemelham-se aos encontrados por Almeida et al. (2009), que observaram aumento no rendimento de peito com a suplementação de vitamina E

(0,200 e 400 mg/Kg), quando substituíram o óleo de soja pelo óleo de linhaça, mas diferem dos resultados verificados por Fernandes et al. (2013), que avaliaram dois níveis de vitaminas E (0 e 250 mg/Kg) e quatro de vitamina C (0,150, 300 e 450 mg/Kg) em dietas para frangos de corte até os 49 dias de idade e não encontram efeito sobre o rendimento de peito.

A suplementação de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis não influenciaram ($P < 0,05$) as perdas líquidas por descongelamento (PLD), as perdas líquidas por cocção (PLC), a luminosidade (L^*) e o teor de vermelho (a^*), porém influenciaram ($P < 0,05$) o teor de amarelo (b^*) dados determinados em amostras de peito a fresco dos frangos de corte de 8 a 37 dias (Tabela 8).

Segundo Abreu et al. (2014), a menor capacidade de retenção de água implica em perdas do valor nutritivo por meio do exsudato eliminado e resulta em carne mais seca e, conseqüentemente, menos macia. Neste estudo, a variação na suplementação de vitaminas mostrou-se suficiente para que a carne mantivesse maior capacidade de reter a água, e assim, não ocorressem perdas líquidas de água. Enquanto, Costa et al. (2016) avaliaram a suplementação de vitaminas lipossolúveis (0%, 33,3%, 66,7% e 133%) e observaram que a PLC diminuiu linearmente à medida que a suplementação de vitaminas aumentou, não havendo efeito sobre as PLD.

Tabela 6- Efeito de diferentes níveis de vitaminas sobre a qualidade de carne de frangos de corte de abatidos aos 37 dias de idade

Perdas ¹	Tratamentos					CV ³	P-valor
	25	50	100	200	400		
PLD, %	6,30	5,21	4,09	5,61	4,91	68,38	0,134
PLC, %	18,99	18,15	17,86	15,07	15,99	45,11	0,188
Cor ²							
L^*	59,77	59,41	59,41	59,61	59,12	4,48	0,122
a^*	4,95	5,06	4,88	4,89	4,73	21,93	0,846
b^*	16,0 ^b	15,9 ^b	14,9 ^{ab}	15,6 ^{ab}	14,5 ^a	11,69	<0,02

Letras minúsculas distintas nas linhas representam efeito significativo de SNK ($P < 0,05$); ¹Perdas (PLD=perda líquida de água por descongelamento; PLC=perda líquida de água por cocção); ²Cor (L^* =luminosidade; a^* =teor de vermelho; b^* =teor de amarelo); ³Coefficiente de variação (%).

A suplementação dietética de vitamina A e E pode diminuir o teor de b^* , aumentar o teor a^* e alterar as características de retenção de água na carne dos animais após o abate. No presente trabalho a suplementação de vitaminas são alteradas em conjunto (premix) e por isso,

não é possível fazer inferência específica sobre a influência individual dessas vitaminas na qualidade de carne.

Entretanto, as aves que receberam suplementação de 25 e 50% de vitaminas na ração, obtiveram maior teor de b^* na carne das aves quando comparadas com a suplementação de 400% (Tabela 8). Essa alteração observada na coloração da carne de peito a fresco está correlacionada à crescente suplementação das vitaminas A e E. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa et al. (2016) em que os níveis de 66,7% e 133,3% da suplementação de vitaminas lipossolúveis influenciaram a concentração de b^* da carne à fresco, não havendo efeito sobre o teor de a^* . Já Wu et al. (2012) não verificaram diferenças para os teores de L^* , a^* e b^* na carne do peito com o aumento da suplementação de vitamina E de 60 para 120 UI no período de 21 a 42 dias de idade. O mesmo foi observado por Chae; Lohakare; Choi (2006), com a suplementação de níveis de α -tocoferol (vitamina E) na ração sobre a coloração (L , a^* e b^*) da carne de frangos.

De acordo com Allen et al. (1998), filés de frango de corte de coloração normal apresentam valores de L^* em torno de 51,25%, sendo este parâmetro de fundamental importância, pois variações na cor da carne afetam o tempo de prateleira, reflete no desenvolvimento de odor e sabor, além de ser importante indicativos de aceitabilidade no mercado consumidor.

Desta forma, os resultados indicaram que apesar dos valores de L^* (59,77 a 59,12) não estarem dentro do padrão estabelecido, a crescente suplementação nas dietas não foi suficiente para influenciar a luminosidade da carne. Por outro lado, Costa et al. (2016), avaliaram níveis de suplementação de vitaminas lipossolúveis (0%, 33,3%, 66,7%, 133%) e relataram que o nível de 133% diminuiu o valor de L^* em comparação com o grupo de controle (sem vitamina).

Não foi observada interação ($P>0,05$) entre os níveis de suplementação de vitamina lipossolúvel e hidrossolúvel e o tempo de prateleira sobre os parâmetros de oxidação lipídica, porém houve diferença ($P<0,05$) no tempo de armazenagem do processo de oxidação na carne do peito de frango alimentados com os diferentes níveis de suplementação de vitaminas (Tabela 9).

No presente estudo, os valores de Malonaldeído no tempo 0, foi significativamente menor em relação ao tempo 4 e 7, mas os dias 0, 4 e 7 foram significativamente diferentes entre si, sendo que o tempo 7 apresentou menor produção de Malonaldeído em relação ao tempo 4.

Tabela 7 - Médias de concentração de MDA em amostras de peito de frangos de corte (alimentados com diferentes níveis de vitaminas) armazenadas sob refrigeração (4°C) por diferentes períodos.

Item ¹	D	Tratamentos					Média	CV ²	P-valor		
		25	50	100	200	400			T	D	TxD
Dia	0	0,094	0,111	0,115	0,110	0,111	0,108A				
Dia	4	0,193	0,193	0,184	0,171	0,173	0,183C	31,47	0,86	<0,01	0,67
Dia	7	0,143	0,163	0,160	0,170	0,157	0,158B				
Média		0,144	0,157	0,153	0,149	0,147					

^{A,B,C} Letras maiúsculas distintas nas colunas representam efeito significativo pelo teste SNK (P<0,05); MDA = malonaldeído (representa o grau de peroxidação lipídica); ²Coefficiente de variação; ³T=Tratamentos; ⁴D=Dias.

Segundo Moravej et al. (2013), a oxidação lipídica em sistemas musculares é imediatamente iniciada após o abate, na fração de fosfolipídios altamente insaturado das membranas sub celulares. As alterações bioquímicas que acompanham o metabolismo pós-morte na conversão do músculo em carne dão origem a condições em que o processo de oxidação lipídica não é mais bem controlado e o equilíbrio de formação de espécies reativas de oxigênio (ROS) e a capacidade antioxidante favorece a peroxidação lipídica (RACANICCI et al., 2008; ALAHYARI-SHAHRASB et al., 2012a). Estas informações podem explicar o comportamento da oxidação lipídica neste trabalho, pois houve um pico de produção de malonaldeído (dia 0) e continuou ocorrendo (dia 4) até se estabilizar (dia 7). Os dados obtidos no presente trabalho discordam com os obtidos por Smet et al. (2008), os quais avaliaram o efeito da suplementação com α -tocoferol sobre a oxidação lipídica da carne de frangos armazenados sob refrigeração nos dias 3, 7 e 10 e encontraram valores de Malonaldeído significativamente mais elevados para o dia 7 e 10 comparados com o dia 3 (p <0,05), entretanto, os dias 7 e 10 não tiveram diferença entre si.

Sabe-se que a vitamina E, normalmente incorporada na dieta como acetato de α -tocoferol, é o principal antioxidante lipossolúvel, que rompe a cadeia de peroxidação lipídica nas membranas celulares impedindo a formação de ROS devido ao alto teor de tocoferol depositado nos músculos e tecidos gordurosos (MCDOWELL, 2000). Talvez a concentração de vitamina E utilizada concomitante com outras vitaminas neste trabalho não tenha sido suficientes para neutralizar os varios fatores pró-oxidantes presentes na carne e, portanto, não deve ter influenciado na percentagem de inibição da oxidação lipídica ocorrida nas amostras de carne de frango durante o tempo de armazenamento da carne sob refrigeração a 4°C.

Conclusão

As recomendações encontradas de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis nas rações de frangos de corte para as fases inicial (8 a 22 dias de idade), crescimento (22 a 37 dias de idade) e para fase total (8 a 37 dias de idade) de 157,5; 156,96 e 169,68 %, respectivamente, foram superiores aos valores estabelecidos nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2011).

Os modelos utilizados na interseção do ponto comum a curva do modelo quadrático com o plateau do LRP, resultou na estimativa média de 157,50 de suplementação de vitaminas na ração de frangos de corte de 8 a 22 dias, correspondendo a 12993,75 UI de vitamina A; 3291,75 UI de vitamina D; 48,825 UI de vitamina E; 2,599 mg de vitamina K; 3,465 de vitamina B₁; 8,663 mg de vitamina B₂; 51,975 mg de vitamina de Ácido Nicotínico; 17,325 mg de vitamina de Ácido Pantotênico; 4,851 mg de vitamina de B₆; 0,020 mg de vitamina B₁₂; 1,213 mg de Ácido Fólico e 0,121 mg de Biotina por kg de ração. O nível ótimo estimado pela regressão para obter maior rendimento de peito foi de 276,67 pelo uso da suplementação das vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis.

Para frangos de corte de 22 a 37 dias, resultou na estimativa média de 156,96 de suplementação de vitaminas na ração, correspondendo a 11,772 UI de vitamina A; 2,982 UI de vitamina D; 43,949 UI de vitamina E; 2,354 mg de vitamina K; 3,139 de vitamina B₁; 7,848 mg de vitamina B₂; 47,088 mg de vitamina de Ácido Nicotínico; 15,696 mg de vitamina de Ácido Pantotênico; 4,395 mg de vitamina de B₆; 0,019 mg de vitamina B₁₂; 1,099 mg de Ácido Fólico e 0,110 mg de Biotina por kg de ração.

Para frangos de corte de 8 a 37 dias a estimativa média de 169,68 de suplementação de vitaminas na ração, correspondendo a 20362 UI de vitamina A; 5158 UI de vitamina D; 76,36 UI de vitamina E; 4,07 mg de vitamina K; 5,43 de vitamina B₁; 13,57 mg de vitamina B₂; 81,45 mg de vitamina de Ácido Nicotínico; 27,15 mg de vitamina de Ácido Pantotênico; 7,60 mg de vitamina de B₆; 0,03 mg de vitamina B₁₂; 1,90 mg de Ácido Fólico e 0,190 mg de Biotina por kg de ração.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo;

A Universidade Federal do Tocantins (UFT) pelo apoio e ensino durante todos esses anos

A Universidade Federal de Viçosa (UFV) pela disponibilidade das instalações e toda experiência adquirida ao longo de um ano.

E as empresas DSM e COGRAN pelo custeio e fornecimento de matéria prima para realização do experimento.

Referências

ABREU, L.R.A.; BOARI, C.A.; PIRES, A.V.; PINHEIRO, S.R.F.; OLIVEIRA, R.G.; OLIVEIRA, K.M.; GONCALVES, F.M.; OLIVEIRA, F.R. Influência do sexo e idade de abate sobre rendimento de carcaça e qualidade da carne de codornas de corte. **Rev. Bras. Saúde e Prod. Animal**, Salvador, v.15, n.1, p.131-140, 2014.

ALLEN, C. D. et al. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life. **Poultry Science**, Savoy, v. 77, p. 361-366, 1998.

ALAHYARI SHAHRASB, M.; MORAVEJ, H.; SHIVAZAD, M.; HADINIA, S. Comparison of Different Levels of Vitamin Premix on Meat Lipid Oxidation in Floor and Battery Cage Broiler Raising Systems. **J. Adv. Vet. Research**, v.2, 91-98, 2012a.

ALAHYARI-SHAHRAS, B. M.; MORAVEJ, H.; BAGHERIRAD, M.; SHIVAZAD, M.; HADINI, H. Effect of different levels of vitamin premix reduction or removal during finisher period on immunocompetence of broiler chickens. **Ann Anim. Sci.**, Vol. 12, No. 2, 217–225, 2012 b.

ALBUQUERQUE, D. M.N.; LOPES, J.B.; FERRAZ, M.S.; RIBEIRO, M.N.; SILVA, COSTA, E.M.S.; LIMA, D.C.P.; FERREIRA, J.D.M.; GOMES, P.E.B.; LOPES, J.C.O. Vitamin E and organic selenium for broilers from 22 to 42 days old: performance and carcass traits. **An Acad Bras Cienc**, 89 (2), 2017.

ALMEIDA, A.P.S.; PINTO, M.F.; POLONI, L.B.; PONSANO, E.H.G.; GARCIA NETO, M. Efeito do consumo de óleo de linhaça e de vitamina E no desempenho e nas características de carcaças de frangos de corte. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.61, n.3, p.698-705, 2009.

BAFA, D. F. Cromo levedura e ractopamina em dietas para suínos em terminação. **Dissertação**. Universidade Federal de Viçosa, 2014.

CENTENARO, G.S.; FURLAN, V.J.M.; SOUZA, L.A.S. Gordura de frango alternativas tecnológicas e nutricionais – Revisão - **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n.3, p. 619-630, 2008.

COSTA, M.A.; RIBEIRO JUNIOR, V.; VIANA, G.S.; HANNAS, M.I.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. Effects of fat-soluble vitamins supplementation on broiler performance. **Poultry Science Association 1st Latin American Scientific**. Conference Royal Palm Plaza Conference Center, Campinas, São Paulo- Brazil, 2016.

CHAE, B, J.; LOHAKARE, J. D.; CHOI, J. Y. Effects of incremental levels of α -tocopherol acetate on performance, nutrient digestibility and meat quality of commercial broilers. Asian-Australia. **Journal Animal Science**, v.19, n. 2, p. 203-208, 2006.

EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. Estimativa dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. Em: I Workshop Latino-Americano Ajinomoto Biolatina. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR. Brasil. pp. 77-88, 2001.

FRANCO, M.S.; TAVERNARI, F.C.; MAIA, R.C.; BARROS, V.R.S.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; LELIS, G.R.; CALDERANO, A.A. Estimation of optimal ratios of digestible phenylalanine mais tyrosine, histidine, and leucine to digestible lysine for performance and breast yield in broilers. **Poultry Science** 96:829–837, 2017.

FERNANDES, J.I.M.; SAKAMOTO, M.I.; PEITER, D.C.; GOTTARDO, E.T.; TELLINI, C. Relação vitamina E: vitamina C sobre a qualidade da carne de frangos submetidos ao estresse pré-abate. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.65, n.1, p.294-300, 2013.

FÉLIX, A.P.; MAIORKA, A.; SORBARA, J.O.B. Níveis vitamínicos para frangos de corte. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.39, n.2, p.619-626, 2009.

JENSEN, L.S. **Fat-soluble vitamin problems in biochemical diagnosis**. Athens, Ga.: University of Georgia (Georgia Nutr Conf). p.14, 1974.

MILANI, L.I.G.; TERRA, N.N.; FRIES, L.L.M.; REZER, A.P.S.; FERREIRA, S.F.; CICHOSKI, A.J.; VALENTE, C.R.F. Oxidação lipídica, características sensoriais e cor da carne de frango adicionada de extratos de caqui (*Diospyros kaki*, L.) e submetida a tratamento térmico. **Brazilian Journal of Food Technology**., Campinas, v. 13, n. 4, p. 242-250, 2010.

MORAVEJ, H.; ALAHYARI-SHAHRASB, M.; KIANI, A.; BAGHERIRAD, M.; SHIVAZAD, M. Effects of different levels of vitamin premix in finisher diets on performance, immuno-competence and meat lipid oxidation of chickens fed on corn-soybean meal. **Vet Res Forum.** 4:13–18, 2013.

MCDOWELL, L. R. **Vitamins in Animal Nutrition.** Academic Press. Sandiego. 486 pp. 1989.

MCDOWELL, L.R. Vitamins in animal nutrition. Introduction and historical considerations. **In: McDowell LR. (ed.), Comparative aspects to human nutrition.**; London, UK: Academic Press: 91-153, 2000.

NASCIMENTO, D.N.N.; SAKOMURA, N.K.; SIQUEIRA, S.R.F.P.; FERNANDES, J.B.K.; FURLAN, R.L. Exigências de metionina mais cistina digestível para aves de corte ISA Label criadas em semi confinamento. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.5, p.869-878, 2009.

NERY, V.H.; SOARES, R.T.R.N.; MOURA, A.M.A. Digestible lysine levels in pig diets containing rice sub-products regarding the finishing phase. **Orinoquia - Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta.** Colombia Vol. 17 - No 1, 2013.

PORTELA, L.B.; SIQUEIRA, J.C.; BOMFIM, M.A.D.; NASCIMENTO, D.C.N.; RIBEIRO, F.B.; OLIVEIRA, F.L.; PEREIRA, W.G.; SANTOS, J.C. níveis de lisina em rações de suínos em terminação: um metanálise para otimizar o desempenho. **Arch. Zootec.** 63 (243): 419-428. 2014.

PACK, M.; HOEHLER, D.; LEMME, A. Economic assessment of amino acid responses in growing poultry. In: D'Mello, J.P.F. (Ed.). **Amino acids in animal nutrition.** CABI Publishing. Cambridge. pp. 459-483, 2003.

RACANICCI, A.M.C.; MENTEN, J.F.M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; TORRES E.A.F.S.; PINO, L.M.; PEDROSO, A.A. Dietary Oxidized Poultry Offal Fat: Broiler Performance and Oxidative Stability of Thigh Meat During Chilled Storage. **Brazilian Journal of Poultry Science.** v.10 / n.1 / 29 – 35, 2008.

RIBEIRO, A.M.L.; VOGT, L.K.; CANAL, C.W.; LAGANÁ, C.; STRECK, A.F. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.4, p.636-644, 2008.

ROBBINS, K.L.; NORTON, H.W.; BAKER, D.H. Estimation of nutrient requirements from growth data. **J. Nutr**, 109: 1710-1714, 1979.

ROSNIECEK, M.; SCHNEIDER, A.F.; FABREGAT, T.E.H.P.; OLIVEIRA, V.; GEWEHR, C.E. Dietas de terminação de frangos de corte suprimidos da suplementação mineral e vitamínica. **Archives of Veterinary Science**, v.20, n.2, p.37-44, 2015.

ROSTAGNO, H.S.; BUNZEN, S.; SAKOMURA, N.K.; ALBINO, L.F.T. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. **R. Bras. Zootec.**, v.36, suplemento especial, p.295-304, 2007.

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

SAKOMURA, N.; ROSTAGNO, H. Metodologias para avaliar o conteúdo de energia dos alimentos. In: **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, p.41-71, 2016.

SIQUEIRA, J.C.; SAKOMURA, N.K.; NASCIMENTO, D.C.N.; FERNANDES, J.B.K. Modelos matemáticos para estimar as exigências de lisina digestível para aves de corte ISA Label. **Ver. Bras. Zootecnia**, 38: 1732-1737, 2009.

SIQUEIRA, J.C.; SAKOMURA, N.K.; DORIGAM, J.C.P.; MENDONÇA, G.G.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; DOURADO, L.R.B.; NASCIMENTO, D.C.N. Níveis de lisina em rações de frangos de corte determinados com base em uma abordagem econômica. **Rev Bras. Zootecnia**, 40: 2178-2185. 2011.

SMET, K., RAES, K., HUYGHEBAERT, G.; HAAK, L.; ARNOUTS, S.; DE SMET, S. Lipid and Protein Oxidation of Broiler Meat as Influenced by Dietary Natural Antioxidant Supplementation. **Poultry Science**, v. 87, p. 1682-1688, 2008.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS System for linear models**. Cary: SAS Institute, 211 p. 2010.

WU, X.; ZHANG, L.; LI, F.; WANG, F.; CAO, L. Effect natural vitamin E e level and duration of supplementation on growth performance, breast meat quality and oxidative stability of broilers. **Jounal of Animal and Veterinary Advances**, 11 (18): p. 3268 – 3275, 2012.

XIÃO, R.; POWER, R.F.; MALLONER, D.; CROWDUS, C.; BRENNAM, K.M.; AO, T.; PIECE, J.L.; DAWSON, K. A. A comparative transcriptomic study of vitamin E and an algae-based antioxidant as antioxidative agents: Investigation of replacing vitamin E with the algae-based antioxidant in broiler diets. **Poultry Science**, 90 :136–146, 2011.