Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Estudo sobre a utilização de níveis supranutricionais de vitaminas hidrossolúveis na produção de frangos de corte

Diana Suckeveris

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2019

Diana Suckeveris
Zootecnista

Estudo sobre a utilização de níveis supranutricionais de vitaminas hidrossolúveis na produção de frangos de corte

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr**. JOSÉ FERNANDO MACHADO MENTEN**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Suckeveris, Diana

Estudo sobre a utilização de níveis supranutricionais de vitaminas hidrossolúveis na produção de frangos de corte / Diana Suckeveris. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011.- - Piracicaba, 2019.

91 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Desafio experimental 2. Dieta vegetal 3. Superdose 4. Vitaminas do complexo B I. Título

DEDICATÓRIA

À minha amada Vó Rosa (*in memorian*), exemplo de amor, força e bondade. Minha maior saudade!

Aos meus pais, Maria e Beno, e a minha irmã Stela, pelas palavras de incentivo e por acreditaram na minha capacidade. Vocês são minha maior fonte de inspiração!

AGRADECIMENTOS

A Deus, sou grata por todas oportunidades e pessoas que Ele colocou no meu caminho.

Aos meus pais, Maria e Beno, e à minha irmã Stela, pelo amor incondicional, por sempre me apoiarem e não medirem esforços para que pudesse concluir essa etapa da minha vida acadêmica. Ao meu namorado André, por tornar os meus dias mais leves e alegres.

Ao meu querido orientador, Prof. Dr. José Fernando Machado Menten, um dos profissionais que eu mais admiro na área de avicultura e que eu tive o privilégio trabalhar durante os últimos anos. Agradeço por todos ensinamentos, paciência e oportunidades durante o doutorado. Meu sincero agradecimento pelo incentivo e auxilio para que eu pudesse realizar um Estágio de Pesquisa no Exterior.

Ao meu orientador no Estágio de Pesquisa no Exterior, Prof. Dr. Doug Korver, pela oportunidade e generosidade. Agradeço pelos ensinamentos em sala de aula e no campo, assim como pela oportunidade de conduzir e participar de pesquisas dentro do seu grupo de estudos. Estendo os meus agradecimentos aos meus colegas do *Poultry Research Centre* da Universidade de Alberta, em especial, ao Maurício Sanabria, Kim Thorsteinson e Shawn Rankin.

À DSM Nutritional Products pelo apoio financeiro e, sobretudo, ao José Maria Luvizotto, Letícia Cardoso e Rafael Hermes pelo incentivo e colaboração para a realização desse trabalho.

À CAPES e ao CNPq (nº processo 142307/2018-1 e 140123/2019-9) pela bolsa concedida durante o doutorado.

À Prof. Dr. Carmen Josefina Contreras Castillo e as suas orientadas Carolina Aroeira e Thais Merlo do Laboratório de Qualidade e Processamento de Carnes da ESALQ/USP e, ao Prof. Dr. Helder Louvandini e a sua orientada Camila Chaves do Laboratório de Nutrição Animal do CENA/USP pela estrutura física e auxílio técnico para a realização de análises laboratoriais.

Aos professores do Departamento de Zootecnia que contribuíram para minha formação durante o curso de doutorado.

Aos professores da banca de qualificação, do comitê de orientação e da banca de defesa por contribuírem com o meu crescimento intelectual e profissional.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, Alexandre, Paulinho e Carlão, e aos demais funcionários do setor de não ruminantes pela amizade e ajuda na condução dos experimentos no campo.

Aos meus colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens pela amizade, conhecimentos compartilhados e momentos de descontração durante o curso de doutorado, em especial: Álvaro, Ana Beatriz, Marcos, Rafaela, Shilton, Vinicius, José Guilherme, Carol e Mariana. Estendo os agradecimentos aos estagiários, Bruno (Jamal), Maria e Victor, pelo comprometimento e auxílio nos experimentos.

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

BIOGRAFIA

DIANA SUCKEVERIS – São Paulo, 14 de dezembro de 1989. Zootecnista graduada pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista em 2013. Em 2015, obteve o título de Mestre em Ciências na área de Qualidade e Produtividade Animal na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. No ano de 2015, ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, onde atualmente é doutoranda na linha de pesquisa de nutrição de não ruminantes. Em 2018, foi pesquisadora visitante na *Faculty of Agricultural, Life & Environmental Sciences* da Universidade de Alberta, Edmonton, CA.

"Se vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes"

Isaac Newton

SUMÁRIO

RESUMO 9

ABSTRACT 11

LISTA DE TABELAS 12

1. INTRODUÇÃO GERAL 15

1.1. OBJETIVO 16

REFERÊNCIAS 16

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 19

2.1. VITAMINAS 19
2.1.1. Absorção de vitaminas 20
2.1.2. Riboflavina 21
2.1.3. Ácido pantotênico 23
2.1.4. Niacina 25
2.1.5. Ácido fólico 26
2.1.6. Vitamina B_{12} 28
2.2. SUPLEMENTAÇÃO VITAMÍNICA EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE 30
2.3. NOVAS PERSPECTIVAS NO USO DE VITAMINAS 32

REFERÊNCIAS 35

3. ESTUDO SOBRE UTILIZAÇÃO DE NÍVEIS SUPRANUTRICIONAIS DE VITAMINAS EM DIFERENTES RAÇÕES SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE 39

RESUMO 39

ABSTRACT 40

3.1. INTRODUÇÃO 40
3.2. MATERIAL E MÉTODOS 42
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 46
3.4. CONCLUSÃO 51

REFERÊNCIAS 52

4. UTILIZAÇÃO DE NÍVEIS SUPRANUTRICIONAIS DE VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE DESAFIADOS COM *EIMERIA* 63

RESUMO 63

ABSTRACT 64

4.1. INTRODUÇÃO 65
4.2. MATERIAL E MÉTODOS 66
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 71
4.1. CONCLUSÃO 78

REFERÊNCIAS 79

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 89

RESUMO

Estudo sobre a utilização de níveis supranutricionais de vitaminas hidrossolúveis na produção de frangos de corte

A exigência em vitaminas do complexo B pode modificar para frangos de corte criados sob condições comerciais (i.e. condições de estresse, presença de doenças, ambiente desfavorável). Esse incremento nos níveis de suplementação vitamínica pode ser necessário para que as aves atinjam elevadas taxas de crescimento, melhorem o aproveitamento dos alimentos e a saúde animal. No presente estudo foram realizados três experimentos com o objetivo de avaliar níveis supranutricionais de suplementação das vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12} na produção de frangos de corte. Para isto, dois experimentos foram conduzidos em gaiolas para avaliar o efeito dos níveis das vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12} (controle, três ou seis vezes o controle) e o nível nutricional e energético (regular ou superior) que promoveram as melhores respostas para frangos de corte, sendo no experimento I utilizada dieta vegetal e no experimento II foram incluídas farinhas de origem animal e óleo de soja oxidados na ração. Frangos alimentados com dieta vegetal formulada com densidade nutricional regular apresentaram respostas positivas de ganho de peso (741,1 g vs. 697,3 g) e consumo de ração (920.2 vs. 878.5 g) em relação aos demais tratamentos quando utilizado nível supranutricional seis vezes o controle das vitaminas avaliadas. Por outro lado, os níveis supranutricionais de vitaminas não apresentaram efeitos no desempenho de animais alimentados com ingredientes origem animal e óleo de soja oxidados. Com base nas respostas obtidas nestes experimentos, foram definidos os tratamentos do estudo em aviário experimental, simulando condições comerciais de criação. Utilizou-se dieta vegetal formulada com nível nutricional e energético regular para avaliar o uso de nível de suplementação vitamínica controle e seis vezes o controle em duas condições de estresse, baixa e moderada. Para compor estas condições de estresse foi considerada a combinação de dois fatores: densidade de alojamento (10 aves/m² ou 11,5 aves/m²) e desafio com vacina contra coccidiose. Aos sete dias de idade, aves sob condição moderada de estresse foram desafiadas com uma dosagem 10 vezes em relação ao recomendado pelo fornecedor de uma vacina contra coccidiose. Após o desafio com a vacina, aves sob moderada condição de estresse apresentaram decréscimo no desempenho em relação as criadas sob baixa condição de estresse. Não houve efeito estatístico do uso de nível supranutricional de vitaminas sobre o desempenho das aves. No entanto, aves alimentadas com superdose de vitaminas seis vezes o controle obtiveram maior rendimento de carcaça em comparação às alimentadas com nível controle (73.16 vs. 72.77%, P = 0.008). Devido ao fato das condições de estresse impostas neste estudo não serem severas como as encontradas no campo, a utilização de nível supranutricional de vitaminas não foi eficiente em recuperar o desempenho

das aves. Por outro lado, há um potencial de melhora no rendimento de carcaça com o uso desses níveis.

Palavras-chave: Desafio experimental; Dieta vegetal; Superdose; Vitaminas do complexo B

ABSTRACT

Studies on the effects of supra-nutritional levels of water-soluble vitamins on broiler production

Vitamin requirements for chickens may increase in adverse conditions, such as stress, diseases, and poor environment. Increased dietary supplementation may be needed for broilers to reach higher growth levels, improve their feed absorption and welfare. Therefore, in the present study, a series of three experiments were designed to evaluate the effect supra-nutritional levels of the vitamins riboflavin, pantothenic acid, niacin, folic acid and vitamin B_{12} on broiler production. Two experiments were conducted in batteries to assess the supra-nutritional levels of the vitamins mentioned above (control, three- or six-times control), and the dietary nutrient density (low- or high-level) on chickens' performance. The basal feed differed between experiments: Exp. I – corn and soybean meal-based diet; Exp. II – diet containing oxidized animal by-products and soybean oil. In Exp. I, birds showed greater weight gain (741.1 g vs. 697.3 g) and feed intake (920.2 vs. 878.5 g) when low-density diets with supra-nutritional level six-times control were fed. Nevertheless, there was no effect of supra- nutritional level of the selected B vitamins on performance of chickens in Exp. II. It was therefore decided to study the effects of supra-nutritional levels of the selected B vitamin (control or six-times control) on performance, uniformity, and carcass traits of chickens raised in floor pens under two environmental stress levels (low or moderate). Stocking density (10 birds/ m^2 or 11.5 birds / m^2) and the challenge with coccidiosis vaccine (without or with vaccination) were used as stress agents. At 7d, chicks raised under the moderate condition of stress was challenged with a dosage 10-times higher than the supplier's recommendation of a coccidiosis vaccine. The coccidiosis infection impaired the performance of chickens after the challenge. Supra-nutritional level of the B vitamin had no effect on broiler performance. However, the carcass yield was higher when chickens fed super-dose of vitamins six-times control compared to the control treatments (73.16 vs. 72.77%, P = 0.008). Conditions of stress in this study were not severe as in the field and because of this the use of supra-nutritional vitamins had no effect on recovering of chicken performance. Nonetheless, there was a potential improvement in the carcass yield with the use of these levels.

Keywords: B-vitamin complex; Experimental challenge; Super-dose; Vegetable diet

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Níveis de vitaminas para fase inicial de frangos (quantidade kg-1 de ração) ..33

Tabela 2. Composição percentual das dietas experimentais à base de milho e farelo de soja (Exp I) e das dietas com inclusão de subprodutos de origem animal e óleo de soja parcialmente oxidados (Exp II) para fase de criação inicial de frangos de corte. 55

Tabela 3. Valores de suplementação vitamínica por kg de ração. 56

Tabela 4. Caracterização das farinhas de origem animal e do óleo de soja fresco (Experimento I) e oxidado (Experimento II) utilizados nas rações. 57

Tabela 5. Valores analisados e esperados[1] de riboflavina, ácido pantotênico, niacina (soma de nicotinamida e ácido nicotínico), ácido fólico (soma de ácido fólico e 5-metil-FH4) e vitamina B12 encontrados nas rações utilizadas nos experimentos I e II em gaiolas. 58

Tabela 6. Efeito do nível de suplementação vitamínico e nutricional das rações à base de milho e farelo de soja para frangos de corte sobre o desempenho zootécnico nos períodos de 1 a 6, 1 a 12 e 1 a 18 dias de idade 59

Tabela 7. Desdobramento da interação entre nível de suplementação vitamínica e nível nutricional para no experimento I 60

Tabela 8. Efeito do nível de suplementação vitamínico e nutricional das rações com inclusão de farinhas de origem animal e óleo de soja parcialmente oxidados para frangos de corte sobre o desempenho zootécnico nos períodos de 1 a 6, 1 a 12 e 1 a 18 dias de idade. 61

Tabela 9. Composição percentual das dietas experimentais pré-inicial, inicial, crescimento e final. 82

Tabela 10. Valores de suplementação vitamínica por kg de ração para as fases pré-inicial, inicial, crescimento e final. 83

Tabela 11. Valores analisados e esperados[1] de riboflavina, ácido pantotênico, niacina (soma de nicotinamida e ácido nicotínico), ácido fólico (soma de ácido fólico e 5-metil-FH4) e vitamina B12 encontrados nas rações utilizadas no experimento em piso. 84

Tabela 12. Efeito do nível de suplementação vitamínica e do desafio experimental sobre o desempenho de frangos de corte no período de 1 a 7 dias de idade. 85

Tabela 13. Efeito do nível de suplementação vitamínica e do desafio experimental sobre o desempenho de frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. 86

Tabela 14. Efeito do nível de suplementação vitamínica e do desafio experimental sobre o desempenho de frangos de corte no período de 1 a 41 dias de idade. 87

Tabela 15. Resultados médios de peso vivo e de uniformidade, expressa pelo desvio padrão e coeficiente de variação, aos 41 dias de idade 88

Tabela 16. Peso absoluto da carcaça e dos seus componentes, e rendimento da carcaça e dos cortes comerciais, porcentagem de dorso e de gordura abdominal calculados em relação ao peso vivo de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade. 89

Tabela 17. Resultados médios de peso vivo e rendimento dos cortes comerciais, percentagem de dorso e de gordura abdominal em proporção ao peso da carcaça resfriada de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade. **90**

1. INTRODUÇÃO

Vitaminas são compostos orgânicos complexos presentes em pequenas quantidades nos alimentos. Apesar de serem exigidos em quantidades mínimas pelas aves, estes compostos são essenciais para o funcionamento do metabolismo animal (Combs Jr., 2007). Como a maior parte das vitaminas não são sintetizadas em quantidades suficientes, ou não estão presentes nos ingredientes em proporções adequadas para atender as exigências das aves, é essencial que sejam suplementadas nas dietas. O suplemento vitamínico representa apenas 0,05% do peso da ração, que corresponde 1,5% do custo total da dieta (Coelho & McNaughton, 1995; Rutz *et al*., 2014).

A princípio, a maior parte das pesquisas com vitaminas foram realizadas com enfoque em mitigar deficiências nutricionais e determinar as quantidades exigidas pelos animais. Nos últimos anos, os estudos realizados com as vitaminas C, D e E, tem abordado funções além do aspecto nutricional, tais como atividade antioxidante, melhora do sistema imune, atuação na melhora da qualidade de carne e ovos, desenvolvimento ósseo, etc. Por outro lado, vitaminas do complexo B foram pouco exploradas nesse sentido na nutrição de aves.

Estudos mostraram que superdoses de vitaminas do complexo B foram eficientes em promover melhor desempenho, características de carcaça e retorno econômico em frangos de corte e suínos criados sob condições de estresse (Coelho *et al*., 2001a; Coelho *et al*., 2001b). Estes resultados sugerem que a utilização de nível supranutricional de suplementação vitamínica permite que sejam alcançadas as exigências mínimas para crescimento, eficiência alimentar e reprodução, e também aqueles requeridos para o funcionamento normal do sistema imune e para máxima resistência a doenças. Uma vez que condições adversas de criação afetam funcionamento do trato gastrointestinal, reduzindo a absorção de nutrientes, e consequentemente, o aproveitamento das vitaminas provenientes da dieta. Os resultados mais expressivos destes estudos foram obtidos com fortificação 16 vezes o NRC (1994) das vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12}, o que refere-se a valores seis vezes superiores em relação as recomendações de Rostagno *et al.* (2017).

Embora a indústria já adote elevados níveis de suplementação vitamínica como medida de segurança, não existem estudos recentes sobre o emprego de nível

supranutricional das vitaminas do complexo B, as quais podem ser eficientes em atender o aumento da demanda metabólica de aves criadas sob condições comerciais. Isto é, expostas à fatores como densidade animal, composição das rações, densidade nutricional, qualidade dos ingredientes, presença de patógenos, entre outros. Portanto, estudos na área de nutrição tem o potencial de avaliar o uso de superdose de vitaminas em resposta aos diferentes padrões dietéticos empregados pela indústria avícola, como diferentes tipos de ração (estritamente vegetal ou com ingredientes de origem animal) e formulação de dietas (baixa e elevada densidade nutricional e energética), sobre o desempenho e características de carcaça de aves criadas em condições semelhantes às encontradas no campo.

1.1. Objetivo

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de níveis supranutricionais de vitaminas hidrossolúveis na dieta sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte submetidos a condições de estresse.

Referências

Coelho MB, McNaughton JL. Effect of composite vitamin on broilers. Journal of Applied Poultry Research 1995; 4:219-229.

Coelho MB, Cousins B, McKnight W. Impact of a targeted B-Vitamin regimen on rate and efficiency of growth on lean growth genotype pigs from 6 to 110 kilograms of body weight. In: American Society of Animal Science; 2001a; Indianapolis, Indiana. United States. p. 68.

Coelho MB, McKnight W, Cousins B. Effect of a targeted B-vitamin regimen on rate and efficiency of fast growing broilers from 0 to 49 days. In: Poutry Science Association; 2001b; Indianapolis, Indiana. United States. p. 201.

Combs Jr GF. The vitamins. 3 ed. Ithaca; N. Y. / Elsevier; 2007.

NRC. Nutrient requirements of poultry. Washington: National Academy Press; 1994.

Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Costa FGP, Saraiva A, Abreu MLT, Oliveira RFM, Barreto SLT, Brito CO. Tabelas brasileiras para aves e suínos. 4 ed. Viçosa, M.G. / UFV – Universidade Federal de Viçosa; 2017.

Rutz, F, Anciuti MA, Maier JC. Digestão, Absorção e Metabolismo das Vitaminas. In: Sakomura NK, Silva JHV, Costa FGP, Fernandes JBK, Hauschild L, editor. Nutrição de não ruminantes. Viçosa: UFV Universidade Federal de Viçosa; 2014. P. 143-166.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Vitaminas

O período de descoberta das vitaminas teve início do século XIX e terminou em meados do século XX. Em 1897, Christiaan Eijkman (1858 – 1930) demonstrou que a condição paralítica, muito parecida com os sintomas de polineurite em animais, poderia ser produzida em frangos alimentados tanto com arroz polido pútrido como com o recém-cozido. Após esta descoberta, em 1911, Casimir Funk (1884 – 1967) relatou que uma substância isolada do arroz integral apresentava propriedades antiberibéri e possuía um grupo amina na estrutura química. Com base nesta descoberta, ele propôs o termo "amina vital" para nomear esta substância. Dessa maneira, Funk introduziu o conceito de vitamina para descrever substâncias presentes nos alimentos em pequenas quantidades que são essenciais para a vida (Higdon & Drake, 2003; Northrop-clewes & Thurnham, 2012; Semba, 2012).

Vitaminas são compostos orgânicos de baixo peso molecular presentes nos alimentos em quantidades mínimas. As demais classes de nutrientes, proteínas, lipídeos, carboidratos e minerais, atuam como unidades estruturais ou fontes de energia. Em contrapartida, por serem exigidas em pequenas quantidades, as vitaminas apresentam funções altamente específicas que atuam no metabolismo em reações de oxirredução, como antioxidante biológico; cofatores para enzimas; apresentam função hormonal; entre outras ações (Combs Jr., 2007).

A caracterização de um composto como vitamina, pode variar em relação às espécies, dietas específicas e/ou condições ambientais. Um composto é considerado uma vitamina quando sua ausência pode causar sintomas de deficiência. Frangos de corte e ratos, por exemplo, não têm a capacidade de sintetizar colina, pois consomem quantidades insuficientes de compostos doadores de grupos metil. Portanto, para estas espécies colina é considerada uma vitamina. Dietas estritamente vegetais são deficientes em vitamina B_{12}, uma vez que esta vitamina encontra-se em tecidos animais ou alimentos fermentados por bactérias. As limitações na produção de vitaminas pelos animais também podem ser inerentes às condições ambientais, uma vez que animais expostos a certa quantidade de luz

solar conseguem atender as exigências em vitamina D. O mesmo não acontece com animais criados em sistema fechado (Combs Jr., 2007).

Vitaminas são frequentemente descritas conforme sua solubilidade, sendo lipossolúveis ou hidrossolúveis. As vitaminas hidrossolúveis tendem a ter um ou mais grupos polares ou grupos ionizáveis (carboxila, cetona, hidroxila, amino ou fosfato), enquanto que as lipossolúveis têm predominantemente um grupo aromático e alifático, sendo compostas total ou parcialmente por unidades isoprenóides de cinco carbonos. Na classe lipossolúvel estão presentes as vitaminas A, D, E e K que são solúveis em solventes apolares e apresentam estruturas químicas semelhantes, de forma que não compartilham vias em comum em suas rotas de biossíntese. As vitaminas pertencentes à classe hidrossolúvel são: tiamina (B_1), riboflavina (B_2), ácido pantotênico (B_3), niacina (B_5), piridoxina (B_6), biotina, ácido fólico, vitamina B_{12} e ácido ascórbico (vitamina C). Esta classe engloba as vitaminas solúveis em solventes polares (i.e. água) que apresentam estruturas químicas pouco semelhantes (Combs Jr., 2007).

2.1.1. Absorção de vitaminas

A eficiência de absorção varia entre as vitaminas lipossolúveis, sendo 80% para vitamina A e K, 50% para vitamina D e 20 a 30% para vitamina E (Rutz *et al*., 2014a). Estas variações podem ocorrer conforme os componentes da dieta, uma vez que estas vitaminas são absorvidas no intestino delgado junto com os lipídeos da ração. Apenas um vitâmero lipossolúvel, o filoquinona (vitamina K), é capaz de ser absorvido por transporte ativo (Combs Jr., 2007; Rutz *et al*., 2014a).

No trato gastrintestinal, os lipídeos são dissolvidos em pequenos glóbulos de gordura dando origem às micelas mistas. Elas tornam possível sua absorção no intestino delgado por difusão. As micelas mistas são formadas por sais biliares que atuam como detergentes intestinais que interagem com ácidos graxos de cadeia longa, monoglicerídeos, colesterol e fosfolípides. O núcleo das micelas é hidrofóbico possibilitando a solubilização das vitaminas lipossolúveis e outras substâncias lipídicas não polares. Dessa maneira, é possível que ocorra a absorção através da borda em escova do epitélio intestinal. As vitaminas lipossolúveis são secretadas no espaço intracelular, e logo penetram nos vasos do sistema porta das aves. As vitaminas D, E e K são absorvidas pelo fígado e depois

transportadas para os outros tecidos, enquanto que a A é armazenada no fígado (Combs Jr., 2007; Rutz *et al*., 2014a).

As vitaminas hidrossolúveis podem ser absorvidas de diferentes maneiras. Tiamina, ácido pantotênico, niacina, piridoxina, biotina, ácido fólico, vitamina B_{12} e ácido ascórbico são absorvidos por difusão simples, enquanto que as demais vitaminas apresentam-se em gradiente de concentração desfavorável, necessitando de carreadores pra serem absorvidas. Entretanto, a absorção de pequenas doses das vitaminas tiamina, niacina, ácido fólico, vitamina B_{12} e ácido ascórbico, requer a presença de carreadores, enquanto que, em altas doses, estas vitaminas são absorvidas por difusão simples de forma pouco efetiva (Combs Jr., 2007; Rutz *et al*., 2014a). Além disso, a absorção de pelo menos três vitaminas hidrossolúveis, ácido ascórbico, riboflavina e piridoxina, parece ser regulada em parte pela quantidade fornecida na dieta. Assim, é discutível se alta dose de uma vitamina pode ter efeito antagônico na absorção de vitaminas relacionadas (Combs Jr., 200)7.

2.1.2. Riboflavina

A riboflavina, também conhecida como vitamina B_2, apresenta em sua estrutura química uma base nitrogenada ligada a uma pentose. Apesar de ser considerada uma vitamina estável, pode ser destruída pela presença de luz ou raios ultravioletas (Depeint *et al*., 2006; Combs Jr., 2007; Northrop-clewes & Thurnham, 2012). Dieteticamente é a vitamina mais limitante para aves, pois está presente nos ingredientes comumente utilizados nas rações em pequenas quantidades. Nos cereais, como milho e trigo, encontra-se 0,6 e 1,1 mg B_2/kg de alimento, respectivamente. Além disso, as exigências em riboflavina aumentam conforme o teor energético da dieta (Combs Jr., 2007; Rutz *et al*., 2014b).

Nos alimentos, a riboflavina encontra-se na forma de coenzimas denominadas flavina mononucleotídeo (FMN) e flavina dinucleotídeo (FAD), ambas ligadas a proteínas. Contudo, a absorção de riboflavina no intestino delgado ocorre na forma livre por transporte ativo dependente de Na^{+2}, Ca^{+2}/calmodulina, proteína quinase A e G. Por isso, durante o processo digestivo, quando o bolo alimentar atinge o lúmen intestinal, proteases e fosfatases atuam em sequência na hidrólise das coenzimas e liberam riboflavina para ser absorvida na forma livre (Combs Jr., 2007).

A riboflavina livre entra no interior das células da mucosa intestinal via transportador específico dependente de energia e regulado pelo Ca^{2+} intracelular. Nos tecidos, a vitamina B_2 na forma livre é fosforilada em FMN (60-95%) e logo convertida em FAD (5-22%). Os tecidos que apresentam maiores concentrações destas coenzimas são fígado, rins e coração, nos quais está ligada quase que exclusivamente a flavoproteínas (Depeint *et al*., 2006; Combs Jr., 2007)

Dentre as funções metabólicas exercidas pela vitamina B_2, a atuação como coenzima é a mais importante. As coenzimas FMN e FAD atuam como carreadores de elétrons ligando-se a mais de 100 enzimas em reações biológicas de oxirredução. Embora grande parte destas ligações não sejam covalentes, existem exceções como a ligação covalente entre a enzima succinato desidrogenase com FAD. As enzimas que realizam esse tipo de ligação são chamadas flavoproteínas ou flavoenzimas (Combs Jr., 2007).

As flavoproteínas estão envolvidas em reações biológicas de oxirredução, sendo essenciais para o metabolismo de carboidratos, aminoácidos e lipídeos. Também atuam na ativação das formas coenzimáticas das vitaminas piridoxina e folato.

As flavinas contendo desidrogenases ou redutases funcionam anaerobicamente. Por isso, reagem lentamente com o oxigênio molecular. Por outro lado, as flavinas oxidases e monoxidases funcionam aerobicamente em reações rápidas. Na primeira situação, hidroperóxidos derivados de flavoproteínas são clivados para formar o ânion superóxido ($O_2^{\bullet -}$). Certas flavoproteínas contém um metal em sua estrutura (ex. Fe ou Zn), que frequentemente está envolvido com ajustes na estrutura destas enzimas para a transferência de um ou dois elétrons. Essa versatilidade permite que as flavoproteínas sirvam como sítios de trocas entre doadores obrigatórios de dois elétrons (NADH, succinato) e receptores obrigatórios de um elétron (heme proteínas). Dessa forma, para que ocorram múltiplas transferências de elétrons são necessárias várias flavinas e íons metais. Além disso, parte destas coenzimas pode ser reutilizada pelo organismo após serem liberadas das enzimas (Depeint *et al*., 2006; Combs Jr., 2007).

Em situações de estresse oxidativo, as flavoenzimas agem protegendo os eritrócitos e outras células. Isto é, suportam os níveis intracelulares de glutationa reduzida via glutationa redutase, além da redução direta de formas oxidadas de hemoproteínas por meta-hemoglobina redutase. Por isso, glutationa redutase nos eritrócitos é considerado um marcador útil para verificar o status de riboflavina (Combs Jr., 2007). Além disso, nestas

condições, a suplementação de riboflavina em combinação a outras vitaminas moduladores de energia promoveu melhorias na respiração celular por causa da sua atuação na prevenção do estresse oxidativo e toxicidade mitocondrial (Depeint e*t al.*, 2006).

A deficiência de vitamina B_2 pode causar doenças vasculares, pois tem impacto direto nos níveis de homocisteína e no metabolismo de colina, afetando todos os sistemas carreadores de grupamento metil (Depeint *et al*., 2006). Nestas circunstâncias, a coenzima FAD apresenta papel fundamental, pois atua na ativação da metiltretahidrofolato redutase para que não ocorra acúmulo de homocisteína. A riboflavina também é essencial para o metabolismo de lipídeos, no qual atua como coenzima para acil-CoA desidrogenase e NADH desidrogenase (Combs Jr., 2007).

Quanto a toxidez, doses orais de riboflavina não são bem absorvidas. Portanto, não são tóxicas (Combs Jr., 2007; Rutz *et al*., 2014b). Rutz *et al*. (2014b) indicaram que a vitamina B_2 pode ser fornecida para aves em níveis de fortificação de 500 a 2500 vezes em relação à exigência.

2.1.3. Ácido pantotênico

O ácido pantotênico é uma vitamina essencial para todas as formas de vida e está presente em todos os alimentos em diferentes concentrações; consequentemente, sintomas de deficiência espontâneos são raros e provavelmente não são encontrados de forma isolada (Lanska, 2012). A estrutura química do ácido pantotênico é composta por β-alanina ligada ao ácido 2,4-dihidroxi-33-dimetilbutirico por ligação amina. Esta vitamina é precursora de duas formas metabolicamente ativas: coenzima A e proteína carreadora de acil (Combs Jr., 2007).

O ácido pantotênico está amplamente distribuído nos órgãos dos animais. Consequentemente, as carnes são a principal fonte desta vitamina nas dietas. Nos alimentos, geralmente, encontram-se nas formas coenzimáticas do ácido pantotênico – CoA e ACP. Para estas formas serem absorvidas no lúmen intestinal, ambas devem sofrer hidrólise por fosfatases para formação de pantetina, seguida pela ação da pantetinase para conversão em ácido pantotênico (Depeint *et al*., 2006; Combs Jr., 2007).

No sangue, os eritrócitos são os principais carreadores de ácido pantotênico. Nos demais tecidos, o ácido pantotênico atravessa as membranas via transportador dependente

de Na^+, o qual também transporta biotina e ácido lipoico dependendo do status hormonal, proteína quinase C e calmodulina. Entretanto, estes mecanismos ainda não foram completamente elucidados. Quando capturado, o ácido pantotênico é convertido novamente em CoA (80% do total), forma predominante nos tecidos. O acúmulo de coenzima A pode ser prevenido pela ação da pantotenato quinase (Depeint *et al*., 2006; Combs Jr., 2007).

A excreção de ácido pantotênico é regulada por mecanismos renais. Em condições fisiológicas adequadas no plasma, o ácido pantotênico é reabsorvido por transporte ativo. Por isso, mesmo em condições de carência, a concentração desta vitamina nos tecidos não é afetada. Em contrapartida, em altas concentrações ocorre secreção tubular do ácido pantotênico para conservá-lo na forma livre no plasma (Combs Jr., 2007).

A coenzima A e a proteína carreadora de acil são carreadores de grupos acil e ativadores de grupo carbonila em um grande número de transformações metabólicas vitais, tais como a produção de energia na mitocôndria; β-oxidação e metabolismo de leucina na mitocôndria; oxidação de outros ácidos graxos exigidos pelos peroxissomos; atuação no primeiro passo da biossíntese de ácidos graxo e colesterol no citosol (Depeint *et al*., 2006; Combs Jr., 2007; Rutz *et al*., 2014b).

A coenzima A é um cofator essencial para cerca de 4% das enzimas conhecidas, dentre elas, pelos menos 100 participam do metabolismo intermediário. Nestas reações são formadas ligações tioéster de alta energia com ácidos carboxílicos, como ligações com o ácido acético proveniente do metabolismo de carboidratos, ácidos graxos ou aminoácidos. As funções da coenzima A envolvem tanto reações do grupo carboxila como metil de um acil CoA (Combs Jr., 2007).

Estima-se que animais possam tolerar altas doses de ingestão de ácido pantotênico sem apresentarem efeitos colaterais. Doses massivas (ex. 10 g/dia) administradas para humanos não produziram reações adversas, além de leve insuficiência intestinal e diarreia (Combs Jr., 2007). Rutz *et al*. (2014b) indicaram que níveis de 20 g/kg podem ser tolerados para aves. Depeint *et al*. (2006) descreveram que a suplementação de ácido pantotênico aumentou a glutationa hepática e resistência do fígado a irradiação, sugerindo que a glutationa peroxidase e a glutationa peroxidase fosfolípide hidroperóxido podem desintoxicar qualquer hidroperóxido formado.

2.1.4. Niacina

Niacina é o nome genérico usado para descrever o ácido 3-carboxílico piridina. A estrutura química da niacina é composta por um núcleo piridina com um ácido β-carboxílico ou uma amina correspondente, formando as estruturas do ácido nicotínico e nicotinamida, respectivamente (Combs Jr., 2007).

A niacina está presente em uma ampla variedade de alimentos. Nos cereais, está na forma de ácido nicotínico e em tecidos animais e multivitamínicos está na forma de nicotinamida. Certas formas de niacina nos alimentos podem estar indisponíveis para a digestão. Por exemplo, a niacina presente em grãos apresenta-se ligada covalentemente com pequenos peptídeos e carboidratos, tornando-a normalmente não disponível. No entanto, a niacina esterificada pode tornar-se disponível por meio de tratamento com bases que possibilitam a hidrólise alcalina destes ésteres (Combs Jr., 2007).

As formas coenzimáticas da niacina são os nucleotídeos piridina, nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD) e nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADP). Estes derivados em particular – NAD e NADP são essenciais para todas as células, pois atuam como carreadores de elétrons em mais de 200 reações no metabolismo de carboidratos, ácidos graxos e aminoácidos. Apesar de apresentarem mecanismos e estruturas similares, NAD e NADP possuem diferentes papéis metabólicos, além da maior parte das desidrogenases serem específicas para cada coenzima (Depeint *et al*., 2006; Combs Jr., 2007; Lanska, 2012).

A coenzima NAD+ tem função de carreador de elétrons para formar ATP pela respiração mitocondrial ou glicólise, enquanto que a NADP+ tem função como doador de hidrogênio na biossíntese de redução de ácidos graxos, esteroides, ou como coenzima na síntese de pentoses. A primeira coenzima citada, NAD+, atua como aceptor de hidrogênio formando NAD(H) que, por sua vez, age como doador de hidrogênio no ciclo do ácido cítrico para a produção de energia (ATP). Portanto, cada molécula de NAD(H) oxidada ao retornar a forma de NAD+ é responsável pela síntese de três moléculas de ATP (Depeint *et al*., 2006; Combs Jr., 2007).

O triptofano é um potencial precursor de niacina devido à capacidade de sintetizá-la. A maioria das proteínas contém pelo menos 1% de triptofano. Por isso, a deficiência em niacina é rara. Entretanto, a relação entre triptofano e niacina pode variar entre as espécies, sendo 60:1 em humanos, 45:1 em aves e 175:1 em patos, por exemplo. O status de niacina é

comumente analisado pela medida da urina, pela concentração plasmática ou nucleotídeos piridinas nos eritrócitos (Combs Jr., 2007; Rutz *et al*., 2014b).

Em geral, a toxidez por niacina é baixa. Combs Jr. (2007) relatou que animais não ruminantes podem tolerar até 10-20 vezes da dose normal para atender suas exigências, enquanto que Rutz *et al*. (2014b) recomendaram níveis superiores a 350 mg/kg de peso vivo de ácido nicotínico e nicotinamida. Contudo, o aumento do consumo de niacina pode ser arriscado, pois em casos de intoxicação, efeitos colaterais podem aparecer como resultado de distúrbios metabólicos devido a depleção de grupos metil quando ministradas altas doses de niacina; uma vez que estes são exigidos em altos níveis para o catabolismo de doses altas de niacina. Em consequência, pode ocorrer redução do pool de S-adenosilmetionina e aumento dos níveis de homocisteína no plasma. Outro efeito crônico que pode ocorrer são elevações passageiras de enzimas no plasma sem associação com disfunção hepática. Nestas condições, os sintomas que podem ser apresentados pelas aves são defeitos no empenamento, retardamento do crescimento e mau desenvolvimento ósseo (Combs Jr., 2007; Rutz *et al*., 2014b).

2.1.5. Ácido fólico

Folato é o termo genérico usado para descrever o ácido fólico (ácido pteroilmonoglutâmico) e compostos relacionados que exibem qualitativamente a mesma atividade biológica do ácido fólico (Hoffbrand & Weir, 2001; Combs Jr., 2007). Quanto à estabilidade, estes compostos são facilmente oxidados em condições aeróbicas de armazenamento e processamento, especialmente na presença de calor, luz e/ou íons metais (Combs Jr., 2007).

As principais fontes de folatos para os animais são os farelos de oleaginosas (ex. farelo de soja) e os subprodutos de origem animal. Geralmente, encontram-se nos alimentos nas formas reduzidas como derivados de poliglutamil de ácido tetrahidrofólico (FH_4), sendo as formas predominantes 5-metil-FH_4 e 10-formil-FH_4. A maioria dos folatos encontrados na soja estão na forma de monoglutamatos, enquanto que em órgãos como fígado e rins apresentam-se na forma de pentaglutamatos, por exemplo (Combs Jr., 2007).

Comumente, os folatos são melhores aproveitados nas rações ao incluir subprodutos de origem animal ao invés de vegetais, devido às variações existentes quanto a

biodisponibilidade. Além disso, fatores como presença de antifolatos nas dietas, variações na biopotência e status nutricional do hospedeiro também podem afetar na biodisponibilidade de folato nos alimentos (Combs Jr., 2007).

O folato das dietas é absorvido como ácido fólico, 5-metil-FH_4 e 10-formil-FH_4 pela maioria das espécies. No processo de digestão, o folato na forma de poliglutamato (forma prevalecente nos alimentos) deve ser clivado pela ação da enzima folil conjugase em mono- ou diglutamato para que ocorra a absorção no intestino delgado. A atividade desta enzima pode ser afetada pela deficiência em Zn ou pela exposição a inibidores naturais (Combs Jr., 2007; Rutz *et al*., 2014b).

Nas formas clivadas, a absorção de folato envolve três mecanismos: transportador, receptor e difusão. O folato é ativamente transportado pelo jejuno e, possivelmente, pelo duodeno acoplado ao Na+ via processo estimulado por glicose e pH 6 (máximo). No intestino e demais tecidos foi identificada uma proteína carregadora de folato ou receptor de folato (FR) que apresenta alta afinidade na captura do folato. Em situações de elevado consumo de folato, a absorção de 20-30% da vitamina ocorre por difusão passiva (Combs Jr., 2007; Rutz *et al*., 2014b).

Na maioria das espécies, o folato é transportado na forma de derivados de monoglutamato, predominantemente na forma reduzida FH_4, em solução livre no plasma. Também encontram-se estoques nos eritrócitos de 50-100 nM. Em tecidos com rápida divisão celular são encontradas em baixas concentrações de 5-metil-FH_4 e elevada quantidade de 10-formil-FH_4 (Combs Jr., 2007).

O folato tem papel essencial no metabolismo, especialmente por sua relevância para etiologias de doenças crônicas e defeitos de nascença. Esta vitamina apresenta função de coenzima em reações do metabolismo de aminoácidos e nucleotídeos, assim como na formação de doadores primários para metilações biológicas, como S-adenosilmetionina (SAM). Dentro de cada função, a forma totalmente reduzida de folato (FH_4) serve como um aceptor ou doador de uma unidade de carbono (Combs Jr., 2007).

Na síntese de metionina e SAM, 5-metil-FH_4 fornece o grupo metil para vitamina B_{12} que serve como doador imediato para a síntese de metionina a partir da homocisteína. A vitamina B_{12} regula a proporção de FH_4 na forma metil (5-metil-FH_4) para não metil, de tal modo que a sua ausência pode causar “armadilha metilfolato” devido à impossibilidade de remover o grupamento metil e formar metilcobalamina (Combs Jr., 2007).

No metabolismo de nucleotídeos, o folato é exigido para a síntese de timidilato e purinas, os quais são necessários para a síntese de novo DNA, assim como para replicação de DNA e divisão celular. Dessa maneira, o metabolismo de unidades de carbono é regulado pela interconversão da forma oxidada dos intermediários de folato (Combs Jr., 2007).

Não há registros de casos de toxidez ao fornecer altas doses de folato via oral para animais (Combs Jr., 2007; Rutz *et al*., 2014b). Sugere-se que o folato possa formar um complexo não absorvível com zinco, antagonizando a utilização deste mineral em situações de consumo de altas doses de folato (Combs Jr., 2007).

2.1.6. Vitamina B_{12}

Vitamina B_{12} (cianocobalamina) é o termo usado para englobar para todos compostos corrinoides, ou seja, compostos que contém cobalto no centro do núcleo corina em sua estrutura química. A vitamina B_{12} é sintetizada por bactérias e também encontra-se nos tecidos animais, onde é exigida para funções críticas de divisão celular e crescimento. Dessa maneira, as principais fontes para rações de animais são os ingredientes de origem animal, como as farinhas de carne e ossos e farinha de peixes. Nos ingredientes de origem vegetal é uma vitamina raramente encontrada (Combs Jr., 2007), a menos que estejam sofrendo algum processo de fermentação por bactérias.

Os principais vitamero de B_{12} presentes nos alimentos são metilcobalamina, deoxiadenosilcobalamina e hidroxicobalamina. A vitamina B_{12} ocorre naturalmente nos alimentos, na forma de coenzima ligada a proteínas. Esta vitamina é liberada de tal complexo pela ação do calor, acidificação gástrica e/ou proteólise (especialmente pela ação da pepsina). A vitamina na forma livre é ligada a proteínas secretadas na mucosa gástrica chamadas proteína R e fator intrínseco (Combs Jr., 2007).

A proteína R refere-se a glicoproteínas encontradas em diversos fluidos corporais como plasma, eritrócitos, suco gástrico, componentes intestinais, entre outros. Em condições alcalinas do intestino delgado, esta glicoproteína não é necessária para a absorção entérica, uma vez que a vitamina B_{12} é digerida por ação proteolítica e depois liberada de um fator intrínseco (FI) de seus ligantes. Por outro lado, em condições ácidas do estômago, a vitamina B_{12} prefere se ligar à proteína R ao invés do fator intrínseco, afetando sua absorção.

Outro fator que pode reduzir a absorção de B_{12} é a ocorrência de danos nas funções exócrinas do pâncreas, causando aumento da concentração de proteína R (Combs Jr., 2007).

A maioria dos animais sintetiza e secreta fator intrínseco a partir das células gástricas parietais em resposta a histamina, gastrina, pentagastrina e a presença de alimento, de tal forma que a perda destas células afeta a absorção da vitamina B_{12}. A formação do complexo FI-B_{12} protege a vitamina do catabolismo por bactérias intestinais e o FI do ataque hidrolítico por pepsina e quimotripsina. Foi reportada a presença de FI no íleo indicando que pode ocorrer a absorção de cobalaminas nesta região do trato gastrointestinal (Combs Jr., 2007).

Dentre os mecanismos que podem ser utilizados para a absorção de B_{12} estão o transporte ativo e a difusão simples. O transporte ativo é dependente da interação entre FI-B_{12} e ocorre em condições de baixo consumo de B_{12}. Assim, a absorção de B_{12} no enterócito envolve a captura celular da B_{12} dissociada com a liberação do FI no lúmen intestinal. Por outro lado, o consumo de altas doses de B_{12} torna necessário o mecanismo de difusão simples para absorção que apresenta baixa eficiência (aproximadamente 1%). Esta situação está diretamente relacionada com a biodisponibilidade, uma vez que o consumo em excesso de B_{12} satura o mecanismo de transporte ativo no intestino e reduz a biodisponibilidade. Além disso, em condições de consumo não limitado, a B_{12} é acumulada no fígado (aproximadamente 60% do total corporal) e músculos (aproximadamente 30% do total corporal), sendo considerada dentre as vitaminas, a melhor quanto ao armazenamento nos tecidos corporais (Combs Jr., 2007).

No metabolismo, as formas coenzimáticas da B_{12} atuam no carregamento de grupos metil, como metilcobalamina ou na forma ligada covalentemente a um átomo de cobalto, adenosilcobalamina. Apenas duas reações metabólicas dependentes de B_{12} foram identificadas no metabolismo de animais. No entanto, estas são fundamentais para o metabolismo de propionato, aminoácidos e unidades de carbono (Combs Jr., 2007; Rutz *et al*., 2014b). A coenzima adenosilcobalamina catalisa a reação que envolve a separação de uma ligação entre carbonos da mesma com a formação de um radical livre, que pode ser transferido para um resíduo de aminoácido para outro substrato. Enquanto que, a coenzima metilcobalamina age em reações de transferência de unidades de carbono como no metabolismo de homocisteína (Combs Jr., 2007).

Em relação à toxidez, a utilização de níveis em até 100 vezes do recomendado não apresenta condição de hipervitaminose (Rutz *et al*., 2014b). Porém, altos níveis de B_{12} no sangue podem indicar doenças como hipervitaminoses (Combs Jr., 2007).

2.2. Suplementação vitamínica em rações para frangos de corte

A princípio, os estudos sobre as exigências em vitaminas eram realizados utilizando dietas purificadas ou semi purificadas em condições experimentais controladas. Entretanto, estas dietas resultavam em recomendações nutricionais inferiores as obtidas no sistema produtivo.

Os trabalhos realizados por Waldroup *et al*. (1985) e Ruiz *et al*. (1990) foram efetivos em demonstrar que o rápido crescimento das aves exigia aumento das especificações nutricionais de niacina para suportar ótimos ganhos produtivos em diferentes composições de dietas, além de minimizar os problemas de pernas em frangos de corte. Os resultados destes estudos mostraram que as aves responderam adequadamente a suplementação de niacina de 32 e 99 mg/kg de ração, em comparação ao nível mínimo de 27 mg/kg, o qual havia sido determinado em ensaios com dietas purificadas. Da mesma forma, Ruiz & Harms (1990) reavaliaram o nível de recomendação de riboflavina para frangos de corte ao fornecerem dietas à base de milho e farelo de soja e sugeriram aumento das recomendações de 3,6 para 4,6 mg/kg de ração, a fim de atender as exigências nutricionais para crescimento máximo e prevenir a paralisia das pernas.

Além da composição em ingredientes das rações, as especificações dos demais nutrientes também podem afetar as exigências em vitaminas. Em dietas altamente energéticas, o uso eficiente da energia foi influenciado pelo teor de ácido pantotênico, de tal forma que a fortificação de 7,5 a 12,5 mg/kg de ração proporcionou maior rendimento de carcaça em relação ao nível de 5,0 mg/kg de ração (Beagle & Begin, 1976). Em contrapartida, a suplementação das vitaminas A, D, riboflavina, ácido pantotênico, ácido fólico e piridoxina em rações com baixa ou alta densidade energética não tiveram efeito no desempenho de poedeiras comerciais (Anderson *et al*., 1957).

As condições climáticas também podem interferir na taxa de crescimento das aves. Por exemplo, frangos de corte criados sob clima tropical tendem a reduzir o consumo de ração e, consequentemente, afetar o consumo de nutrientes. Nestas condições,

Ogunmodede (1977) sugeriu o aumento na suplementação de riboflavina para que as aves expressassem adequadamente seu potencial para crescimento. O autor recomendou incremento da suplementação de riboflavina de 3,6 para 5,1 mg/kg de ração, proporcionando melhora no crescimento e aumento da deposição de proteína na carcaça.

Sabe-se que níveis superiores de vitaminas têm sido associados com benefícios produtivos, como na qualidade de carne, imunidade e resistência ao estresse (Rutz *et al*., 2014b). O estresse promovido pela combinação de fatores como densidade de alojamento, elevada densidade nutricional, gordura da dieta com elevado índice de peróxidos, cama em reuso e infecção por coccidiose afetam os índices zootécnicos de frangos de corte. Todavia, independente do grau de estresse em que as aves foram alojadas, a adoção de níveis elevados de vitaminas semelhantes aos empregos pela indústria avícola, proporcionou melhora no peso corporal, conversão alimentar, rendimento de carcaça e redução na mortalidade de frangos de corte no período de criação de 1 a 42 dias. Ademais, estes resultados permitiram maior lucratividade quando adotados níveis superiores de suplementação de vitaminas, mesmo que estas promovam maior impacto no custo do suplemento vitamínico (Coelho & McNaughton, 1995).

Em estudos posteriores, Coelho *et al*. (2001 a, b) sugeriram que a fortificação das vitaminas do complexo B, riboflavina, niacina, ácido pantotênico, ácido fólico e B_{12}, poderia ser eficaz na recuperação do desempenho de frangos de corte e suínos submetidos a fatores de estresse. Aves submetidas a estresse moderado recuperaram 20% do seu peso corporal (≈ 400 g) quando alimentadas por dietas com a fortificação 16 vezes destas vitaminas em relação ao NRC (1994) no período de criação de 1 a 49 dias. Ademais, aves criadas em condições de baixo estresse apresentaram incremento de 6,4% no peso corporal (145 g) quando alimentadas com o mesmo nível de fortificação. De forma semelhante, suínos apresentaram melhores respostas para ganho de peso, conversão alimentar, área de olho de lombo e espessura de toicinho ao receberem dietas com fortificadas em 16× em relação ao NRC (1994) sob condições de estresse moderado.

Em experimentos com suínos, a suplementação extra de ácido pantotênico mostrou-se uma alternativa interessante para melhora no ganho de peso nas fases de crescimento e terminação (Morgonni, 2006), maior rendimento de carne magra, elevação da profundidade de lombo (Saddoris *et al*., 2005; Morgonni, 2006) e redução da espessura de toicinho (Stahly *et al*., 2015).

Para as condições brasileiras, Rostagno *et al*. (2017) recomendam a suplementação de vitaminas de acordo com a fase de criação de frangos de corte, baseando-se na quantidade (UI ou mg) por kg de ganho ou por kg de ração. Apesar destes autores afirmarem que houveram poucas alterações nas últimas décadas, as recomendações apresentaram acréscimos variando entre 48 a 53% em relação níveis publicados por Rostagno *et al*. (2011). Salguero *et al*. (2016) apontaram a necessidade de atualizações dos níveis de suplementação das vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis para doses superiores em 133% em comparação aos valores publicados por Rostagno *et al*. (2011), a fim de obter melhores resultados de ganho de peso e conversão alimentar. Estes incrementos foram justificados pelo potencial genético das aves de tal forma que, o consumo destes nutrientes estaria sendo reduzido com o tempo devido à melhora constante na conversão alimentar.

A empresa DSM desenvolveu um conceito chamado *Optimum Vitamin Nutrition* (OVN) com especificações para diferentes espécies e categorias animais, que tem como objetivo promover desempenho ótimo das aves, mas também melhorar certos atributos como a qualidade da carne e imunidade. Em comparação com níveis comerciais, o OVN proporcionou melhores resultados de ganho de peso, conversão alimentar e rendimento de carcaça durante o período de criação de 1 a 44 dias para frangos de corte (Mota, 2012).

Na Tabela 1 estão os níveis de vitaminas para a fase de criação inicial de frangos de corte segundo NRC (1994), DSM (2016) e Rostagno *et al.* (2017). Os valores estabelecidos pelo NRC representam exigências nutricionais baseadas em trabalhos de pesquisa publicados anteriormente à data da publicação, muitos dos quais fizeram uso de dietas purificadas e condições experimentais controladas, enquanto os outros valores correspondem a sugestão de níveis de suplementação em dietas práticas sob condição de produção na indústria.

2.3. Perspectivas no uso de vitaminas

Os estudos sobre a importância da dieta na regulação da composição da microbiota de frangos de corte têm ganhado maior atenção nos últimos anos devido as técnicas e ferramentas desenvolvidas para a identificação dos componentes da microbiota do intestino. Contudo, a maior parte dos estudos tem sido realizados utilizando ratos ou humanos como modelo animal, especialmente em pesquisas sobre a atuação de

micronutrientes sobre a resposta imune (Smith *et al*., 2018). Embora estudos contestem o uso de suplementos multivitamínicos para pessoas bem nutridas por não terem apresentado efeitos benéficos na prevenção de doenças crônicas (Guallar *et al*., 2013), pesquisas têm explorado novas abordagens do uso de vitaminas.

Tabela 1. Níveis de vitaminas para fase inicial de frangos (quantidade kg^{-1} de ração)

Vitamina		NRC (1994)	DSM (2016)	Rostagno *et al*. (2017)
Vitamina A	UI	1.500	10.000-12.500	12.216
Vitamina D	UI	200	4.000-5.000	3.054
Vitamina E	UI	10,0	50-100	45,8
Vitamina K	mg	0,5	3-4	2,4
Tiamina (B_1)	mg	1,8	2-3	3,3
Riboflavina (B_2)	mg	2,5-3,6	7-9	8,2
Piridoxina (B_6)	mg	2,3-3,5	4-6	4,6
Vitamina B_{12}	mg	0,010	0,020-0,030	0,019
Niacina	mg	25-35	60-80	50
Ácido pantotênico	mg	5-10	12-18	16
Ácido fólico	mg	0,4-0,6	2,0-2,5	1,1
Biotina	mg	0,15-0,20	0,25-0,40	0,11
Vitamina C	mg	-	100-200	-
$25OHD_3$[1]	mg	-	0,069	-

[1]ROVIMIX® Hy•D® 1,25%: 1,25% (12,5 g/kg) $25OHD_3$.

Numa pesquisa realizada com humanos, verificou-se que a vitamina D atua na manutenção da resposta imune por meio da interação que ocorre com a microbiota intestinal (Ludhold *et al*., 2017). No estudo avaliaram-se 150 participantes divididos em três grupos conforme o consumo e/ou concentração de vitamina D (suficiente, insuficiente e deficiente). O elevado consumo de vitamina D resultou em maior abundância do gênero *Prevotella* e menor presença de *Haemophilus* e *Veillonella*. Por outro lado, bactérias Gram-negativas como *Haemophilus* e *Veillonella* foram encontradas em maior quantidade na microbiota de pessoas com baixo consumo e/ou concentração de vitamina D no organismo. Além das respostas em relação do status da vitamina afetando a composição da microbiota,

os autores mostraram que a proporção de gêneros de bactérias presentes no intestino pode variar conforme o status de vitamina D, afetando o sistema imune do hospedeiro. Nesse sentido, a concentração reduzida de bactérias benéficas como *Coprococcus* e *Bifidobacterium* podem ativar o sistema imune e induzir a inflamação local, sendo as vias anti-inflamatórias dependentes de 25(OH)D.

No estudo supracitado, os gêneros *Faecalibacterium* e *Akkermansia* não apresentaram correlação significativa com a concentração de vitamina D (Ludhold *et al*., 2017). Enquanto que Khan *et al*. (2012) e Steinert *et al*. (2016) mostraram que na presença de mediadores redutores a bactéria *Faecalibacterium prausnitzu* tem a capacidade de reduzir o estresse oxidativo por meio da utilização de antioxidantes extracelulares atribuindo uma nova função para a vitamina riboflavina. Essa função é importante, pois em ambiente oxidado, os sistemas enzimáticos das bactérias anaeróbicas oxidam rapidamente e os microrganismos perdem os meios enzimáticos para se protegerem. Ademais, a suplementação de riboflavina em adultos e crianças resultou em aumento no número de *F. prausnitzu* por gramas de fezes. Essas respostas são interessantes, pois esta bactéria mostrou ter propriedades anti-inflamatórias, relação com a produção de butirato e com o aumento da barreira do intestino, sendo tais atributos de interesse clínico. Por isso, mesmo que a riboflavina não forneça um substrato direto para a fermentação microbiana, a sua utilização pode ser benéfica na modulação da microbiota ao ser metabolizada pela bactéria *F. prausnitzu* mudando o estado redox do intestino. Steinert *et al*. (2016) sugerem que o aumento do conhecimento sobre a microbiota intestinal abrirá espaço para um novo modelo de prebióticos, como a riboflavina.

Em frangos de corte, sabe-se que a maior parte da microbiota intestinal é constituída por bactérias dos filos *Firmicutes*, *Bacteroidetes* e *Proteobacteria*, sendo os gêneros predominantes, *Clostridium*, *Ruminococcus*, *Lactobacillus* e *Bacteroides*. Animais saudáveis competem menos por alimentos, pois há menor densidade bacteriana no intestino nesta condição. Ou seja, as bactérias utilizam pequena quantidade dos nutrientes da dieta, permitindo que os animais aproveitem a maior parte dos nutrientes digestíveis que são absorvidos no intestino delgado. Por outro lado, o alto crescimento de bactérias em situações adversas, prejudicam a utilização dos nutrientes pelos hospedeiros, pois são capturados e utilizados antes pelas bactérias (Pan & Yu, 2014). Por exemplo, culturas de

Escherichia coli inibiram a absorção de vitamina B_{12} por ratos, supostamente pela competição entre a bactéria e o hospedeiro (Booth & Heath, 1962).

Pesquisadores investigaram como a ação de vacina viva contra Salmonella e/ou o uso de probiótico nas rações podem promover melhor saúde intestinal para frangos de corte desde o nascimento até os 28 dias de idade e verificaram que a composição da microbiota do ceco foi mais afetada pela idade do que pelos tratamentos avaliados. Após a eclosão, a diversidade microbiana encontrada era baixa e predominada por bactérias Gram-negativas, especialmente por *Enterobacteriaceae*, que inclui *Salmonella* e *Escherichia coli*. No entanto, houve grande mudança na diversidade durante o período de 1 a 14 dias de idade, tornando maior a variedade de bactérias Gram-positivas, principalmente da ordem *Clostridiales*. Ou seja, a proporção de bactérias Gram-negativas foi reduzida a <6% no ceco aos 28 dias de idade. Os autores atribuíram a ausência de efeito dos tratamentos ao fato de que não foi adicionado ao estudo um desafio com patógenos ou outro fator de estresse. Portanto, os animais não estavam em disbiose intestinal podendo os tratamentos apresentar uma variação na saúde intestinal dos animais (Ballou *et al*., 2016).

REFERÊNCIAS

Anderson GJ, Petersen CF, Wiese AC, Lampman CE. The effect of high level vitamin supplementation of high and low energy rations on egg produc- tion and egg shell quality. Poultry Science 1957; 36:1369-1376.

Ballou AL, Ali RA, Mendoza MA, Ellis JC, Hassan HM, Croom WJ, Koci MD. Development of the chick microbiome: How early exposure influences future microbial diversity. Frontiers in Veterinary Science 2016; 3:1-12.

Beagle WS, Begin JJ. The effect of pantothenic acid in the diet of growing chicks on energy utilization and body composition. Poultry Science 1976; 55:950–957.

Booth CC, Heath J. The effect of E. coli on the absorption of vitamin B_{12}. Gut 1962; 3:70-73.

Coelho MB, Cousins B, McKnight W. Impact of a targeted B-Vitamin regimen on rate and efficiency of growth on lean growth genotype pigs from 6 to 110 kilograms of body weight. In: American Society of Animal Science; 2001a; Indianapolis, Indiana. United States. p. 68.

Coelho MB, McKnight W, Cousins B. Effect of a targeted B-vitamin regimen on rate and efficiency of fast growing broilers from 0 to 49 days. In: Poutry Science Association; 2001b; Indianapolis, Indiana. United States. p. 201.

Coelho MB, McNaughton JL. Effect of composite vitamin on broilers. Journal of Applied Poultry Research 1995; 4:219-229.

Combs Jr GF. The vitamins. 3 ed. Ithaca; N. Y. / Elsevier; 2007.

Depeint F, Bruce WR, Shangari N, Mehta R, O'Brien PJ. Mitochondrial function and toxicity: Role of the B vitamin family on mitochondrial energy metabolism. Chemico-Biological Interactions 2006; 163:94–112.

DSM. Vitamin Supplementation Guidelines 2016 for Animal Nutrition. Available at https://www.dsm.com/markets/anh/en_US/products/products-vitamins/products-vitamins-ovn/broilers.html.

Guallar E, Stranges S, Mulrow C, Appel LJ, Miller ER. Enough is enough: Stop wasting money on vitamin and mineral supplements. Annals of Internal Medicine 2013; 159:850-851.

Higdon J, Drake VJ. An evidence based approach to vitamins and minerals: Health benefits and intake recommendations. 2 ed. Corvallis; O.R / Thieme Medical Publishers; 2012.

Hoffbrand AV, Weir DG. Historical Review: The history of folic acid. British Journal of Haematology 2001; 113:579–589.

Khan MT, Browne WR, Dijl JM, Harmsen HJM. How Can Faecalibacterium prausnitzii Employ Riboflavin for Extracellular Electron Transfer? Antioxidants & Redox Signaling 2012; 17(10):1433-1440.

Lanska DJ. The discovery of niacin, biotin, and pantothenic acid. Annals of Nutrition and Metabolism 2012; 61:246–253.

Luthold RV, Fernandes GR, Franco-de-Moraes AC, Folchetti LGD, Ferreira SRG. Gut microbiota interations with the immunomodulatory role of vitamin D in normal individuals. Metabolism 2017; 69:76-86.

Morgonni DC. Efeitos de níveis elevados de ácido pantotênico na ração sobre o desempenho e características de carcaça de suínos. [Dissertation]. Piracicaba (SP): Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo; 2006.

Mota MM. Diferentes níveis vitamínicos na dieta de frangos de corte. [Dissertation]. Pirassununga (SP): Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo; 2012.

Northrop-Clewes CA, Thurnham DI. The discovery and characterization of riboflavin. Annals of Nutrition and Metabolism 2012; 61:224-230.

NRC. Nutrient requirements of poultry. Washington: National Academy Press; 1994.

Ogunmodede BK. Riboflavin requirement of starting chickens in a tropical environment. Poultry Science 1977, 56:231–234.

Pan D, Yu Z. Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. Gut Microbes 2014; 5(1):108-119.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RFM, Lopes DC, Ferreira ALS, Barreto SLT. Tabelas brasileiras para aves e suínos. 3 ed. Viçosa, M.G. / UFV – Universidade Federal de Viçosa; 2011.

Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Costa FGP, Saraiva A, Abreu MLT, Oliveira RFM, Barreto SLT, Brito CO. Tabelas brasileiras para aves e suínos. 4 ed. Viçosa, M.G. / UFV – Universidade Federal de Viçosa; 2017.

Ruiz N, Harms RH, Linda SB. Niacin requirement of broiler chickens fed a corn-soybean meal diet from 1 to 21 days of age. Poultry Science 1990; 69:433-439.

Ruiz N, Harms RH. Research Note: The lack of response of broiler chickens to supplemental niacin when fed a corn-soybean meal diet from 3 to 7 weeks of age. Poultry Science 1990; 69:2231-2234.

Rutz, F, Anciuti MA, Maier JC. Digestão, Absorção e Metabolismo das Vitaminas. In: Sakomura NK, Silva JHV, Costa FGP, Fernandes JBK, Hauschild L, editor. Nutrição de não ruminantes. Viçosa: UFV – Universidade Federal de Viçosa; 2014a. P. 143-166.

Rutz, F, Xavier EG, Roll VFB. Exigências de Vitaminas para Aves. In: Sakomura NK, Silva JHV, Costa FGP, Fernandes JBK, Hauschild L, editor. Nutrição de não ruminantes. Viçosa: UFV – Universidade Federal de Viçosa; 2014b. P. 389-402.

Saddoris KL, Peddireddi L, Trapp SA, Richert BT, Harmon B, Radcliffe JS. The effects of supplemental pantothenic acid in grow-finish pig diets on growth performance and carcass composition. The Professional Animal Scientist 2005; 21(6):443-448.

Salguero SC, Albino LFT, Hannas MI, Rostagno HS. Ensayos para actualizar los niveles de suplementación de vitaminas en las dietas de aves y cerdos. In: Memorias del VII Congreso CLANA; 2016; Cancún, Q. Roo. México. p. 1-5.

Semba RD. The discovery of the vitamins. International Journal for Vitamin and Nutrition Research 2012; 82:310–315.

Smith AD, Panickar KS, Urban Jr JF, Dawson HD. Impact of micronutrients on the immune response of animals. Annual Review of Animals Biosciences 2018; 6:277-254.

Stahly TS, Williams NH, Lutz TR, Ewan RC, Swenson SG. Dietary B vitamin needs of strains of pigs with high and moderate lean growth. Journal of Animal Science 2015; 85:188-195.

Steinert RE, Sadabad MS, Harmsen HJM, Weber P. The prebiotic concept and human health: a changing landscape with as a novel prebiotic candidate? European Journal of Clinical Nutrition 2016; 70:1348-1353.

Waldroup PW, Hellwig HM, Spencer GK, Smith NK, Fancher BI, Jackson ME, Johnson ZB, Goodwin TL. The effects of increased levels of niacin supplementation on growth rate and carcass composition of broilers chickens. Poultry Science 1985; 64:1777-1784.

3. ESTUDO SOBRE UTILIZAÇÃO DE NÍVEIS SUPRANUTRICIONAIS DE VITAMINAS EM DIFERENTES RAÇÕES SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE

Resumo

O fornecimento de dieta vegetal pode ser mais agressivo à mucosa intestinal de aves em relação às alimentadas com dieta contendo subprodutos de origem animal. No entanto, farinhas de origem animal de má qualidade também podem caracterizar uma situação de estresse nutricional, prejudicando o desempenho das aves. Concomitantemente, elevada densidade nutricional e energética pode acelerar a taxa de crescimento, submetendo os animais a uma condição de estresse. Nessas condições, o nível de suplementação vitamínica pode aumentar como formar de garantir a taxa de crescimento animal. O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o uso de nível supranutricional de suplementação de vitaminas em diferentes tipos de ração e densidade nutricional e energética sobre o desempenho de frangos de corte. Dois experimentos foram conduzidos com lote misto de frangos de corte (n=288) criados em baterias metálicas no período de 1 a 18 dias de idade. Os experimentos variaram quanto ao tipo de ração, sendo utilizada dieta vegetal à base de milho e farelo de soja no experimento I, e dieta com inclusão de farinhas de origem animal e óleo de soja oxidados no experimento II. Em ambos experimentos foi adotado delineamento experimental inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 3 × 2, composto pelos fatores: i) níveis de suplementação vitamínica (controle, 3× ou 6× o controle das vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12}); ii) densidade nutricional e energética (regular ou superior), totalizando 6 tratamentos com 8 repetições de 6 aves cada (3 machos e 3 fêmeas). No experimento I, aves que receberam dietas formuladas com densidade nutricional e energética regular apresentaram maior ganho de peso (741,1 g vs. 697,3 g) e consumo de ração (920,2 vs. 878,5 g) quando utilizada superdose de vitaminas 6× o controle no período de 1 a 18 dias. No entanto, não houve esse efeito utilizando nível nutricional superior. Apesar da baixa qualidade dos ingredientes incluídos nas dietas do experimento II, não houve efeito estatístico do uso da superdose de vitaminas em nenhuma das condições avaliadas. Em ambos experimentos, o nível nutricional e energético superior resultou em melhor conversão alimentar das aves (1,191 vs. 1,246 no experimento I, 1,244 vs. 1,275 no experimento II, $P<0.01$). Conclui-se que aves alimentadas com dieta vegetal formulada com nível nutricional regular melhoraram o peso corporal e consumo de ração ao receberem níveis supranutricionais de vitaminas 6× o controle.

Palavras-chave: Densidade nutricional; Dieta vegetal; Subproduto de origem animal; Vitaminas do complexo B

Abstract

The use of diet with vegetable ingredients may be more aggressive to the intestinal mucosa of chickens than those it fed a diet containing animal by-products meals. However, animal by-products with poor quality might characterize a nutrition stress condition, damaging poultry performance. Concomitantly, high dietary nutrient density can accelerate the rate of growth by exposing animals to another factor of stress. Stress conditions in chickens can increase the requirements for vitamins to achieve an adequate rate of animal growth. The objective of this study was to evaluate the effects of supra-nutritional level of selected B-vitamin in different types of diet on broiler performance. Two experiments were conducted using 288 one-day-old chicks male and female reared in batteries up to 18 days. In experiment I, chicks was fed with corn and soybean meal-based diet, and a diet containing animal by-product meal and soybean oil oxidized were used in experiment II Both experiments follow up a completely randomized design in a factorial arrangement 3 × 2, consisting of the factors: i) supplementation level of selected B-vitamins (control, 3- or 6-times control of vitamin riboflavin, pantothenic acid, niacin, folic acid and vitamin B_{12}); ii) dietary nutritional density (low or higher level), totaling 6 treatments and 8 replicates of 6 birds each (3 males and 3 females). In Exp. I, chicks showed higher weight gain (741.1 g vs. 697.3 g) and feed intake (920.2 vs. 878.5 g). when fed low-nutritional density diets with vitamin supra-nutritional level 6-times control. However, this effect was not found on the performance of chickens fed high-nutritional density diets. Despite the poor quality of the ingredients used in Exp. II, no statistical effect was shown of the use of vitamin super-dose in rations with different dietary nutrient density. Feed conversion was significantly improved of chickens given high-nutritional density diet (1.191 vs. 1.246 in experiment I, 1.244 vs. 1.275 in experiment II, $P<0.01$). We conclude that birds fed a vegetable diet formulated with low-dietary density improved body weight and feed intake when receiving supra-nutritional levels of vitamins 6× control.

Keywords: Animal by-product; B-vitamins complex; Dietary nutrient density; Vegetable diet

3.1. Introdução

No Brasil, a maior parte das dietas para frangos de corte são formuladas à base de milho e farelo de soja, sendo estas as principais fontes de energia e proteína das rações. Considerando que o custo com alimentação representa cerca de 70% no custo final de produção, o uso de alimentos alternativos é uma forma segura de melhorar o retorno econômico utilizando produtos que seriam descartados no ambiente. Dentre estes

ingredientes estão os resíduos produzidos na linha de abate de aves, suínos ou bovinos, como vísceras não comestíveis, penas, sangue e gordura, os quais não possuem fim comercial para consumo humano. Portanto, para que sejam utilizados na fábrica de ração, esses resíduos passam por tratamento térmico para a destruição e inativação de microrganismos patogênicos. Além disso, algumas empresas adicionam antioxidantes nas farinhas ao final desse processo para garantir a sua qualidade (Silva *et al*., 2011).

Na formulação de rações, vários componentes dos alimentos, padrões de dietas e nutrientes têm o potencial de alterar o crescimento de espécies microbianas e/ou modificar a dinâmica das comunidades presentes no trato gastrointestinal (Ishiguro *et al*., 2018). Por exemplo, *Bacteroides* spp. estão associados com fontes de proteína animal, enquanto que *Prevotella* spp. são relacionados com dietas vegetais (Wu *et al*., 2011). Dietas ricas em ingredientes vegetais, incluindo fibras e polifenóis, aparecem como sendo benéficas para saúde intestinal por fornecerem substratos como vitaminas, ácidos graxos de cadeia curta, entre outros ao hospedeiro durante a fermentação microbiana (Zoetendal & De Vos, 2014). Além disso, o consumo de dietas contendo carboidratos de fontes vegetais e fibras proporciona maior diversidade de bactérias do que dietas contendo proteína de origem animal (Martizez *et al*. 2015). No entanto, esta diversidade pode ser reduzida quando há status de inflamação, e consequentemente, piora no metabolismo dos nutrientes da dieta (Rosario *et al*., 2016).

Além dos ingredientes das dietas, a densidade nutricional é um fator que interfere na saúde e crescimento dos animais. De acordo com Coelho & McNaughton (1995), uma condição de estresse fisiológico pode ser promovida pela utilização de dietas com elevada densidade nutricional, devido ao aumento da taxa de crescimento e da taxa metabólica. Nessa situação, o nível de nutrientes fornecido nas rações pode não ser adequado para o funcionamento do sistema imune e máxima resistência dos animais às doenças. Sendo assim, as necessidades em certos nutrientes podem aumentar para que seja alcançado o máximo desempenho das aves criadas em sistemas comerciais intensivos.

No sistema industrial de criação de frangos de corte, as aves são expostas a condições adversas do ambiente que podem aumentar o estresse e a ocorrência de doenças. As vitaminas estão entre os nutrientes requeridos em maior concentração por aves nestas condições. Conforme apresentado por Coelho *et al.* (2001), o uso de superdose 16× maiores que o nível basal recomendado pelo NRC (1994) das vitaminas do complexo B, riboflavina,

ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12}, resultou em melhora no desempenho das aves, sendo esta melhora mais pronunciada quando estas foram submetidas a condições de estresse semelhantes às encontradas no sistema industrial. Tais vitaminas estão intimamente ligadas ao metabolismo de carboidratos, aminoácidos, síntese de grupos metil e ácidos nucleicos. Acredita-se que o uso de superdoses ou níveis supranutricionais de vitaminas hidrossolúveis possa auxiliar no aproveitamento de nutrientes por suprir as necessidades metabólicas, assim como as necessidades dos microrganismos intestinais, mostrando-se uma alternativa simples de ser implementada no campo.

Desse modo, o presente estudo foi realizado para avaliar o efeito do uso de níveis supranutricionais das vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12} sobre o desempenho de frangos de corte recebendo dietas formuladas com diferente padrão dietético, isto é, rações estritamente vegetais ou com inclusão de subprodutos de origem animal e óleo de soja parcialmente oxidados, e densidade energética e nutricional baixa ou elevada.

3.2. Material e métodos

Instalações experimentais e animais

Dois estudos foram conduzidos em baterias metálicas alocadas no Biotério de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP. Todos os procedimentos realizados neste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais pertencente à ESALQ/USP (protocolo nº: 2017.5.1809.11.9).

As aves foram alojadas em duas baterias metálicas contendo 24 gaiolas cada, totalizando 48 unidades experimentais, com as dimensões de 1,00 m de comprimento, por 0,34 m de largura e 0,20 m de altura, contendo bebedouro e comedouro de aço inoxidável do tipo calha, piso de tela e bandeja inferior para o acondicionamento das excretas. As gaiolas possuem aquecimento automático para manter o conforto das aves durante o período inicial de criação. As temperaturas máxima e mínima foram monitoradas diariamente. Os valores médios obtidos durante o período experimental foram 31,0 °C de máxima e 23,6 °C de mínima no experimento I; e 27,8 °C de máxima e 19,7 °C de mínima no experimento II.

Em cada experimento utilizaram-se 288 pintos de corte de um dia de idade da linhagem Ross AP95, machos e fêmeas, obtidos em incubatório comercial próximo à cidade de Piracicaba, SP. Para o alojamento, os pintos de corte foram sexados e as aves machos e fêmeas foram pesadas individualmente e separadas em faixas de peso, eliminando-se as aves das faixas com menor e maior peso, a fim de formar unidades experimentais com valores aproximados de peso médio conforme descrito por Sakomura & Rostagno (2016). As aves permaneceram nas gaiolas até os 18 dias de idade. Água e ração foram fornecidas à vontade durante todo período experimental.

Delineamento e dietas experimentais

No experimento I foram utilizadas rações vegetais, formuladas à base de milho e farelo de soja, enquanto que no experimento II foram incluídos nas rações subprodutos de origem animal, como farinhas de carne e ossos, de penas e de vísceras e óleo de soja parcialmente oxidados com o objetivo de promover um desafio sanitário e nutricional às aves. Os ingredientes supracitados foram submetidos a análises bromatológicas para que suas matrizes nutricionais fossem devidamente ajustadas.

O delineamento e os tratamentos adotados em ambos experimentos seguiram as mesmas configurações. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, arranjado em esquema fatorial 3 $\times$ 2, com oito repetições de 6 aves cada (3 machos e 3 fêmeas). Os fatores de estudo foram: i) níveis de suplementação vitamínica (controle, superdoses de 3 e 6 vezes o controle para as vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12}); ii) níveis nutricionais para desempenho regular-médio e médio-superior conforme recomendações de Rostagno *et al*. (2017). As dietas foram formuladas para atender as recomendações nutricionais e vitamínicas para fase de criação inicial de frangos de corte conforme Rostagno *et al*. (2017), compondo os seguintes tratamentos:

RC: Nível nutricional regular-médio e nível vitamínico controle;

R3: Nível nutricional regular-médio e nível vitamínico 3 vezes o controle;

R6: Nível nutricional regular-médio e nível vitamínico 6 vezes o controle;

SC: Nível nutricional médio-superior e nível vitamínico controle;

S3: Nível nutricional médio-superior e nível vitamínico 3 vezes o controle;

S6: Nível nutricional médio-superior e nível vitamínico 6 vezes o controle.

A composição das rações de cada experimento e a composição do suplemento vitamínico por kg de ração que foi utilizado em cada tratamento estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente. Foram realizadas batidas únicas para a produção das dietas controle (RC e SC), as quais foram subdivididas para a adição das vitaminas avaliadas em superdosagem. Optou-se pela inclusão *over the top* das superdoses das vitaminas nas rações, pois o peso total destes ingredientes representa 0,17% e 0,43% para os tratamentos com suplementação de 3 e 6 vezes o controle, respectivamente. Desta forma, assegurou-se que não havia qualquer diferença entre as rações experimentais, a não ser a suplementação vitamínica. Para compor tais tratamentos, subtraiu-se a quantidade de vitaminas existentes no suplemento vitamínico (nível controle), adicionando-se a quantia necessária para atender as recomendações propostas de 3 ou 6 vezes maiores do que o controle.

Avaliação do desempenho

A cada 6 dias, as aves e a sobras das rações fornecidas foram pesadas para a obtenção das variáveis ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA). Os dados obtidos foram utilizados para o cálculo dos períodos acumulados de 1-6, 1-12 e 1-18 dias de idade. A conversão alimentar foi corrigida pelo peso corporal das aves eliminadas. Para tanto, a mortalidade foi verificada durante todo o período experimental.

Aferição da qualidade dos ingredientes

Com o objetivo de se certificar que os ingredientes de origem animal e o óleo de soja oxidado utilizados apresentavam padrão de qualidade inferior, as farinhas de origem animal usadas no experimento II, assim como os óleos de soja utilizados em ambos experimentos, foram submetidos às análises de qualidade cujos resultados estão apresentados na Tabela 4. As análises de índice de peróxidos, acidez (método 27 para farinhas de origem animal e método 28 para óleos vegetais) e rancidez foram efetuadas conforme as metodologias descritas pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2017). As substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foram quantificadas seguindo as recomendações da AOAC (1990) com modificações. As análises foram feitas em triplicata para cada ingrediente. Utilizou-se como padrão o 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP), cuja hidrólise ácida gera malonaldeído na proporção de 1mol:1mol,

para obtenção de uma curva padrão, composta por cinco pontos de diferentes concentrações (0.6; 1,0; 2,5; 5,0; 10,0 µmol/L de TEP).

Para cada amostra de farinha de origem animal, os aldeídos foram extraídos pela ultrahomogeneização a 3500 rpm usando Ultra Turrax (Ika T18 basic, Wilmington, North Carolina, USA) de 15 mL de solução de ácido tricloroacético (7,5%) com adição de 0,015 g de galato de propila e 0,015 g de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), com aproximadamente 7 gramas de amostra. Essa mistura foi filtrada em papel de filtro qualitativo (12,5 mm), o qual foi umidificado com cerca de 3 mL de ácido tricloroacético (7,5%) para o mesmo não reter amostra. Após filtração do homogeneizado, foi pipetado 2,5 mL do filtrado para um tubo de ensaio e adicionado 2,5 mL do reagente de ácido tiobarbitúrico 46 mM. As amostras foram imergidas em banho maria com água fervente a 95°C ± 5°C por 35 minutos e então resfriadas em banho de gelo por cerca de 5 minutos. Logo, a absorbância foi medida a 532 nm contra um branco contendo 2,5 mL de TCA 7,5% juntamente com 2,5 mL do reagente de TBA 46 mM aquecido em banho maria usando um espectrofotômetro (Shimadzu, UV–Vis mini 1240, Chiyoda-ku, Tokyo, Japão). Os resultados foram calculados a partir da curva de TEP e expressos em mg de malonaldeído (MDA) por kg de amostra.

Para a determinação dos valores de TBARS das amostras de óleo de soja, a análise foi adaptada conforme o procedimento descrito por Papastergiadis *et al.* (2012) para a extração dos aldeídos. Foram adicionados 5 mL de água deionizada em 1 g de amostra de óleo. Esta solução foi submetida a ultrahomogeneização a 3500 rpm utilizando Ultra Turrax (Ika T18 basic, Wilmington, North Carolina, USA) por 2 minutos. Em seguida, a amostra foi centrifugada a 5000 g por minutos. A camada aquosa foi coletada e o procedimento foi repetido por 2 vezes. Essa amostra coletada refere-se ao conteúdo filtrado na análise de TBARS para as farinhas de origem animal. A partir dessa etapa foram seguidos os mesmos procedimentos descritos acima.

Análise das vitaminas nas rações

Os teores de riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12} presentes nas rações foram determinados no laboratório Eurofins CLF (Friedrichsdorf, Alemanha). Os valores analisados e esperados estão apresentados na Tabela 5. O ensaio para obtenção dos valores de riboflavina compreendeu na extração de riboflavina e suas

formas coenzimáticas das rações utilizando autoclave contendo ácido sulfúrico diluído. Logo, ligações éster de fósforo foram clivadas enzimaticamente. Após diluição e centrifugação, o conteúdo do extrato de riboflavina foi utilizado para determinação por HPLC de fase reversa usando detecção fluorimétrico. Para determinação dos valores de niacina, ácido nicotínico e nicotinamida foram extraídos da ração usando 0,001N de ácido sulfúrico. Após diluição do extrato com a fase móvel e centrifugação, uma alíquota da solução foi usada na cromatografia pelo sistema de HPLC de fase reversa (detecção em 260 mm). O ácido pantotênico livre foi extraído com água e analisado por HPLC de fase reserva. Ácido fólico e vitamina B_{12} também foram determinados pela metodologia de HPLC.

Análise estatística

Os dados coletados em cada experimento foram analisados quanto a presença de valores discrepantes (*outliers*), normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Atendidos estes pressupostos, os dados foram submetidos à análise de variância considerando o delineamento inteiramente ao acaso com arranjo fatorial 3×2 de acordo com os fatores de estudo, níveis de suplementação vitamínica $\times$ níveis nutricionais, sendo as unidades experimentais representadas por cada gaiola (n=8). Em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

3.3. Resultados e discussão

Os teores das vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12} encontrados nas rações estão apresentados na Tabela 5. Um dos desafios nas pesquisas com vitaminas são as análises laboratoriais, pois mesmo com os cuidados na fábrica de ração, coleta, amostragem, etc., podem ocorrer erros tornando os valores esperados distantes dos analisados. Nesse estudo, não houve tratamento térmico nas rações (i.e. peletização, expansão ou extrusão), de tal forma que o processamento das rações não afetou de maneira severa na retenção dos produtos utilizados na formula das dietas. No entanto, foram encontrados valores de ácido fólico acima do esperado nas rações com níveis supranutricionais de vitaminas, enquanto que as demais vitaminas analisadas apresentaram valores relativamente próximos ao esperado. No estudo de Stahly *et al.* (2007) avaliando o mesmo grupo de vitaminas em rações para suínos, também foi observada elevada

concentração de ácido fólico nas rações em relação aos valores calculados no início do estudo. O mesmo suplemento das cinco vitaminas hidrossolúveis foi utilizado em adição *over the top* nos experimentos I e II, com misturas feitas nas mesmas quantidades nos mesmos equipamentos em ambos ensaios; mesmo assim, os valores das vitaminas recuperados na ração R3 foram sistematicamente menores no experimento II do que no experimento I. Como essa discrepância não ocorreu nas rações R6, não houve perda vitamínica com o tempo de armazenamento, restando como possibilidade uma falha na mistura ou na amostragem da ração R3 no experimento II.

Os resultados de desempenho obtidos no experimento I nos períodos de 1 a 6 dias, 1 a 12 dias e 1 a 18 dias de idade estão apresentados na Tabela 6. Os desdobramentos das interações observadas encontram-se na Tabela 7. No período de 1 a 6 dias, houve interação para consumo de ração. O nível supranutricional vitamínico 6 vezes maior que o controle promoveu maior consumo de ração quando utilizadas rações formuladas para atender nível nutricional regular. Por outro lado, os níveis de suplementação vitamínica não influenciaram no consumo das aves alimentadas com dietas formuladas com nível nutricional superior. O fator principal nível de suplementação vitamínica influenciou o peso vivo e o ganho de peso, sendo os melhores resultados apresentados pelas aves alimentadas com rações contendo nível supranutricional 6 vezes maior que o controle. Além disso, uma tendência (P=0,082) de melhora na conversão alimentar foi observada nessas mesmas condições.

Semelhante ao período anterior, verificou-se interação significativa entre os fatores estudados para a variável consumo de ração no período de 1 a 12 dias. O maior consumo foi observado para as aves alimentadas com rações formuladas para nível nutricional regular ao utilizar nível de suplementação vitamínica 6 vezes maior que o controle, mas não para o nível nutricional superior. Foram encontrados efeitos significativos para o fator principal nível de suplementação vitamínica, sendo verificado maior peso vivo e ganho de peso para as aves suplementadas com nível vitamínico 6 vezes o controle. Dentro do fator principal nível nutricional foi possível detectar diferença significativa para peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar com as melhores respostas apresentadas para as aves alimentadas por dietas formuladas com nível nutricional superior.

No período de 1 a 18 dias, houve interação para peso vivo, ganho de peso e consumo de ração. Desdobrando-se as interações, observou-se melhores respostas com o uso de nível supranutricional vitamínico 6 vezes o controle em dietas com nível nutricional

regular. O fator principal nível nutricional influenciou a conversão alimentar, a qual apresentou melhor resposta das aves para a dieta com nível nutricional superior.

O mesmo grupo de vitaminas hidrossolúveis utilizadas nesse trabalho foi fornecido em diferentes concentrações para suínos de linhagens com crescimento de tecido magro alto ou moderado (Stahly *et al*., 2007). Ganho diário de peso e a conversão alimentar melhoraram conforme o aumento da concentração das vitaminas do complexo B. Tais ganhos foram mais pronunciados em linhagem de crescimento alto e os autores sugeriram que essa resposta está potencialmente relacionada às mudanças nas vias metabólicas e não à maior ingestão de energia dietética ou à taxa de incorporação de energia corporal.

No presente trabalho, esperava-se que conforme o avançar da idade das aves, as respostas de desempenho dos animais recebendo nível supranutricional de suplementação de vitaminas fossem ampliadas em comparação ao tratamento controle. Entretanto, observou-se apenas que o ganho de peso de frangos de corte alimentados com nível vitamínico 6 vezes o controle em comparação à dieta basal foi mais pronunciado quando utilizadas dietas com baixa densidade nutricional. Em geral, o consumo de ração aumenta com a diluição dos nutrientes (i.e. baixa densidade nutricional), porém, as aves podem ter dificuldade em manter o consumo de energia quando o nível de diluição é elevado (Nielsen, 2004). Além disso, o fornecimento de ração farelada com baixa densidade nutricional resultou em decréscimo do peso corporal de frangos de corte (Brickett *et al*., 2007). Nessas condições, o uso de superdose de vitaminas contribuiu com as respostas de desempenho neste trabalho, porém não apresentou efeito quando utilizadas dietas com nível nutricional superior. Sabe-se que animais alimentados por dieta contendo elevado nível de energia apresentam maior peso corporal e melhora na eficiência alimentar (Lott *et al*., 1992). Por isso, o uso de superdose de vitaminas não surtiu efeito em aves alimentadas com dieta contendo densidade nutricional e energética superior nesse estudo.

É necessário apontar que, dentre os efeitos significativos envolvendo níveis de suplementação vitamínica que foram detectados (efeitos do fator principal ou dentro de dietas com nível nutricional regular), todos podem ser atribuídos aos piores índices encontrados para o tratamento R3. Desde o primeiro período avaliado (1 a 6 dias), esse tratamento envolvendo 3 vezes a suplementação vitamínica e dieta com nível nutricional regular teve significativamente menores consumo de ração e ganho de peso do que com a ração com 6 vezes a suplementação vitamínica, tendo a dieta controle valores

intermediários. Como não existe um motivo biologicamente plausível para esse fato, pode-se atribuir esses achados a efeitos aleatórios prejudicando o desempenho de unidades experimentais específicas, que continha apenas seis aves cada criadas em gaiolas, mesmo com oito repetições por tratamento.

No segundo experimento não houve efeito dos diferentes tratamentos sobre as variáveis de desempenho estudadas quando as rações foram formuladas com farinhas de origem animal e óleo parcialmente oxidados nos períodos avaliados, exceto para conversão alimentar que foi melhor para aves alimentadas com rações formuladas com nível nutricional superior de 1 a 18 dias (Tabela 8).

Os ingredientes de origem animal e o óleo vegetal utilizados no experimento II não estavam com os indicadores de qualidade de acordo com o preconizado pela indústria e apresentado no Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2017); mesmo assim, as aves estavam saudáveis e bem nutridas, o que pode ter limitado os efeitos da utilização das superdoses de vitaminas. É importante salientar que as análises de oxidação lipídica realizadas para caracterização da qualidade dos ingredientes de origem animal e dos óleos de soja (experimento I e II) devem ser estudadas em conjunto (Tabela 4). Por exemplo, a análise de acidez é considerada mais precisa em relação ao comportamento do índice de peróxidos que descreve uma curva em função do tempo. Segundo informações fornecidas pela indústria, o óleo de soja degomado deve apresentar valores de até 2% de acidez e 10 mEq/kg para índice de peróxidos. As amostras de óleo de ambos experimentos estavam dentro desse padrão. No entanto, os valores de acidez e TBARS sugerem que o óleo utilizado no experimento II havia passado por processo de oxidação.

As farinhas de origem animal apresentam elevado grau de gordura tornando-as susceptíveis a auto oxidação por meio da formação de ácidos graxos livres. O Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2017) recomenda que as farinhas de origem animal devem apresentar acidez máxima de 6,0 mg NaOH/g e índice de peróxido máximo de 3,0 mEq/kg. Neste estudo, a farinha de penas (10% extrato etéreo) apresentou valores dentro do limite do Compêndio (2017). Por outro lado, as farinhas de carne e ossos e de vísceras (13,0% e 11,8% de extrato etéreo, respectivamente) apresentaram elevado grau de oxidação, sendo que a farinha de vísceras foi a única amostra positiva para a análise de rancidez. Com base nessa caracterização, é possível afirmar que os ingredientes utilizados no segundo experimento estavam em processo de auto oxidação.

Os subprodutos de origem animal, gerados a partir de resíduos de abatedouros, são adicionados às dietas de não ruminantes como fonte de proteína, pois possuem excelente qualidade nutricional quando processados adequadamente e baixo custo de aquisição (Bellaver, 2002). No Brasil ainda é permitido o uso desses ingredientes nas rações, porém, os casos de encefalopatia espongiforme bovina na Europa e as crenças religiosas de países do Oriente Médio restringiram o uso destes subprodutos. Como 31% (4.234,1 mil ton) do total de carne de frango produzidas no território brasileiro são destinadas para exportação (Avisite, 2019), é importante que os nutricionistas tenham conhecimento da formulação de diferentes padrões dietéticos para atender tanto o mercado interno quanto o externo.

No estudo de Bellaver *et al.* (2005), a utilização de dieta à base de milho e farelo de soja em substituição ao uso de 4% de farinha de carne e ossos e 3% de farinha de vísceras, formuladas com mesmo nível nutricional, promoveu melhor desempenho para frangos de corte. No entanto, os autores atribuíram este resultado ao ajuste da matriz nutricional da farinha de carne e ossos com valor de energia maior que o real. Por outro lado, as aves alimentadas com dieta contendo ingredientes de origem animal apresentaram cerca da metade do valor numérico atribuído à quantidade de pontos congestos ou hemorrágicos contabilizados no intestino durante a análise visual do duodeno aos 21 dias de idade. De maneira semelhante, Belote *et al*. (2017) observaram que frangos de corte alimentados dieta contendo farinha de carne apresentaram melhora na saúde intestinal, isto é, menor score de lesões, em relação às aves alimentadas com dietas vegetais. Todavia, nesse estudo, a melhora foi relacionada aos melhores resultados de desempenho.

Muitas das respostas para resultados experimentais “não explicáveis” podem ser fundamentadas pela falta de conhecimento sobre as interações que ocorrem entre a microbiota intestinal com os nutrientes fornecidos nas rações. Nesse sentido, Steinert *et al.* (2016) discutiram diferentes conceitos para a caracterização de uma substância como prebiótico para humanos, sendo proposto o uso da vitamina riboflavina como um “novo” prebiótico. Por definição, Gibson & Roberfroid (1995) conceituaram prebióticos como sendo ingredientes não digestíveis que promovem efeitos benéficos ao hospedeiro por meio da estimulação do crescimento e/ou atividade de uma ou de um limitado número de bactérias no cólon, promovendo melhora na saúde intestinal do hospedeiro. A maioria dos prebióticos apresentam carboidratos em sua estrutura que não são acessíveis para a ação das enzimas produzidas pelos humanos. Portanto, ao atingirem regiões distais do trato gastrointestinal,

estes aditivos constituem substratos fermentáveis para as bactérias intestinais (Kalupna-Cgaplinska *et al*., 2017). Embora a maior parte dos estudos sejam realizados com carboidratos complexos atuando como prebióticos (FOS e MOS, por exemplo), outros compostos não digestíveis também podem ser classificados como prebióticos, incluindo as vitaminas (Steinert *et al*., 2016).

Por isso, a descoberta da relação entre as vitaminas e o perfil microbiano, e a conceituação de vitaminas como aditivos zootécnicos, permite uma nova visão dessa linha de estudo. A inclusão de vitaminas em níveis supranutricionais distingue-se por fornecer um acréscimo de vitaminas hidrossolúveis como forma de suprir as necessidades metabólicas, assim como as necessidades dos microrganismos intestinais como apresentado por Steinert *et al*. (2016).

Outro fator que interfere na dinâmica da microbiota são as instalações, baterias metálicas, onde o estudo foi conduzido. Aves criadas em gaiolas metálicas apresentam maior exigência em vitaminas em relação àquelas criadas em piso, pois as últimas realizam croprofagia. Ou seja, consomem as vitaminas sintetizadas pelas bactérias intestinais que são excretas no ambiente por não serem absorvidas no ceco (Vispo & Karasov, 1997). No entanto, aves criadas em piso também são expostas a outros fatores de estresse, interferindo no nível vitamínico para o máximo crescimento.

3.4. Conclusão

O uso de níveis supranutricionais das vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12} apresenta respostas positivas sobre o desempenho de frangos de corte criados em gaiolas e alimentados com dieta à base de milho e farelo de soja com baixa densidade nutricional. Sabe-se que dietas vegetais são mais agressivas à mucosa intestinal das aves em relação às dietas com inclusão de ingredientes de origem animal. Portanto, acredita-se que em condições de estresse, o uso de nível supranutricional de suplementação vitamínica é necessário para as aves atingirem seu potencial máximo de produção.

Referências

AOAC. Official methods of analysis. 15 ed. Washington, D.C / Association of Official Analytical Chemists ; 1990.

Avisite. Estatísticas e preços. Disponível em: https://www.avisite.com.br/index.php?page=estatisticaseprecos&acao=exportacao. Acesso em: 15 de jan. 2019.

Bellaver C, Fagonde Costa CA, Avila VS, Fraha M, Lima GJMM, Hackenhar L, Baldi P. Substituição de farinhas de origem animal por ingredientes de origem vegetal em dietas para frangos de corte. Ciência Rural 2005; 35(3):671-677.

Bellaver C. Uso de resíduos de origem animal na alimentação de frangos de corte. In: III Simpósio Brasil Sul de Avicultura; 2002; Chapecó, Santa Catarina. Brasil. p. 6-22.

Belote BL, Pont GCD, Panisson J, Wammes J, Bittencourt L, Maiorka A, Santin E. Differences of animal or vegetable diets on broiler performance and intestinal integrity. In: 2017 PSA Annual Meeting; 2017; Orlando, Florida. United States.

Brickett KE, Dahiya JP, Classen HL, Gomis S. Influence of dietary nutrient density, feed form, and lighting on growth and meat yield of broiler chickens. Poultry Science 2007; 86:2172-2181.

Coelho MB, McKnight W, Cousins B. Effect of a targeted B-vitamin regimen on rate and efficiency of fast growing broilers from 0 to 49 days. In: Poutry Science Association; 2001b; Indianapolis, Indiana. United States. p. 201.

Gibson GR, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. Journal of Nutrition 1995; 125:1401-1412.

Ishiguro E, Haskey N, Campbell K. Impact of nutrition on the gut microbiota. In: Ishiguro E, Haskey N, Campbell K, editor. Gut Microbiota: Interactive effects on nutrition and health. Elsevier; 2018. p. 105-131.

Kałużna-Czaplińskaa J, Gątareka P, Chartrandb MS, Dadarc M, Bjørklundd G. Is there a relationship between intestinal microbiota, dietary compounds, and obesity? Trends in Food Science & Technology 2017; 70:105-113.

Lott BD, Day EJ, Deaton W, May JD. The Effect of Temperature, Dietary Energy Level, and Corn Particle Size on Broiler Performance. Poultry Science 1992; 71:618-624.

Martínez I, Stegen JC, Maldonado-Gómez MX, Eren AM, Siba PM, Greenhill AR, Walter J. The gut microbiota of rural papua new guineans: Composition, diversity patterns, and ecological processes. Cell Reports 2015; 11(4):527-538.

Nielsen BL. Behavioural aspects of feeding constraints: do broilers follow their gut feelings? Applied Animal Behaviour Science 2004; 86:251-260.

NRC. Nutrient requirements of poultry. Washington: National Academy Press; 1994.

Papastergiadis A, Mubiru E, Langenhove HV, Meulenae B. Malondialdehyde measurement in oxidized foods: evaluation of the spectrophotometric thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) test in various foods. Journal of Agriculture and Food Chemistry 2012; 60:9589-9594.

Rosario VA, Fernandes R, Trindade EBSM. Vegetarian diets and gut microbiota: important shifts in markers of metabolism and cardiovascular disease. Nutrition Reviews Advance Access 2016; 0(0):1-11.

Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Costa FGP, Saraiva A, Abreu MLT, Oliveira RFM, Barreto SLT, Brito CO. Tabelas brasileiras para aves e suínos. 4 ed. Viçosa, M.G. / UFV – Universidade Federal de Viçosa; 2017.

Sakomura NK, Rostagno HS. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2 ed. Jaboticabal: Funep-Unesp; 2016.

Silva EP, Lima MB, Rabello CBV, Ludke JV, Albino LFT, Sakomura NK. Nutritional aspects of poultry offal meal and its use for broiler chicken feeding. Acta Veterinaria Brasilica 2011; 5(2):108-118.

Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal – SINDIRAÇÕES. Compêndio brasileiro de alimentação animal. 5 ed. São Paulo, S.P /SINDIRAÇÕES; 2017.

Stahly TS, Williams NH, Lutz TR, Ewan RC, Swenson SG. Dietary B vitamin needs of strains of pigs with high and moderate lean growth. Journal of Animal Science 2007; 85:188-195.

Steinert RE, Sadabad MS, Harmsen HJM, Weber P. The prebiotic concept and human health: a changing landscape with as a novel prebiotic candidate? European Journal of Clinical Nutrition 2016; 70:1348-1353.

Vispo C, Karasov WH. The Interaction of Avian Gut Microbes and Their Host: An Elusive Symbiosis. In: Mackie RI, White BA, editor. Gastrointestinal Microbiology. Boston: Chapman & Hall Microbiology Series. Springer; 1997. p. 116-155.

Wu GD, Chen J, Hoffmann C, Bittinger K, Chen YY, Keibaugh SA, Bewtra M, Knights D, Walters WA, Knight R, Sinha R, Gilroy E, Gupta K, Baldassano R, Nessel L, Li H, Bushman FD, Lewis JD. Linking long-term dietary patterns with gut microbial enterotypes. Science 2011; 334:105-109.

Zoetendal EG, De Vos WM. Effect of diet on intestinal microbiota and its activity. Current Opinion in Gastroenterology 2014; 30(2):189-195.

Tabela 2. Composição percentual das dietas experimentais à base de milho e farelo de soja (Exp I) e das dietas com inclusão de subprodutos de origem animal e óleo de soja parcialmente oxidados (Exp II) para fase de criação inicial de frangos de corte.

	Experimento I		Experimento II	
Ingredientes e aditivos	Regular	Superior	Regular	Superior
Milho (8,05% PB)	52,34	47,84	59,20	54,72
Farelo de soja (46,26% PB)	40,56	43,52	29,82	32,76
F. de carne e ossos (44,75% PB)	-	-	3,00	3,00
Farinha de vísceras (79,27% PB)	-	-	2,00	2,00
Farinha de penas (65,20 % PB)	-	-	2,00	2,00
Óleo de soja[1]	3,395	4,871	1,555	3,024
Fosfato bicálcico	1,633	1,684	1,094	1,145
Calcário calcítico	0,866	0,884	0,000	0,007
Sal comum	0,502	0,511	0,422	0,430
DL-Metionina	0,311	0,372	0,323	0,339
L-Lisina HCl	0,126	0,102	0,290	0,267
Premix vitamínico[2]	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral[3]	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de colina (60%)	0,080	0,080	0,080	0,080
L-Treonina	0,041	0,040	0,074	0,073
Total (kg)	100,00	100,00	100,00	100,00
	Composição calculada			
Energia metabolizável (kcal/kg)	3050	3100	3050	3100
Proteína bruta (%)	23,31	24,30	23,31	24,30
Lisina digestível (%)	1,256	1,306	1,256	1,306
Metionina + Cistina digestível (%)	0,929	0,966	0,929	0,966
Metionina digestível (%)	0,515	0,535	0,515	0,535
Treonina digestível (%)	0,829	0,862	0,218	0,862
Cálcio (%)	0,878	0,907	0,878	0,907
Fósforo disponível (%)	0,419	0,432	0,419	0,432

[1]Nas dietas com inclusão de ingredientes de origem animal foi utilizado óleo de soja parcialmente oxidado.

[2]DSM Nutritional Products, Composição por kg de ração: Vit. A – 12.216 UI; Vit. D_3 – 3.054 UI; Vit. E – 45,8 UI; Vit. K_3 – 2,44 mg; Vit. B_1 – 3,28 mg; Vit. B_2 – 8,17 mg; Vit. B_6 – 4,58 mg; Vit. B_{12} – 20 µg; Ácido Nicotínico – 49,6 mg; Ácido d-pantotênico – 16,42 mg; Biotina – 0,115 mg; Ácido Fólico 1,15 mg; Selênio – 0,30 mg.

[3]DSM Nutritional Products, Composição por kg de ração: Manganês - 80 mg; Ferro - 50 mg; Zinco - 50 mg; Cobre - 10 mg; Cobalto - 1 mg; Iodo - 1 mg.

Tabela 3. Valores de suplementação vitamínica por kg de ração.

Vitamina	Unidade	Controle[1]	Superdose 3×	Superdose 6×
Vitamina A	UI	12.216	12.216	12.216
Vitamina D_3	UI	3.054	3.054	3.054
Vitamina E	UI	45,8	45,8	45,8
Vitamina K_3	mg	2,44	2,44	2,44
Tiamina (B_1)	mg	3,28	3,28	3,28
Piridoxina (B_6)	mg	4,58	4,58	4,58
Biotina	mg	0,115	0,115	0,115
Riboflavina (B_2)	mg	8,17	**24,51**	**49,02**
Ácido pantotênico	mg	16,42	**49,26**	**98,52**
Niacina	mg	49,6	**148,8**	**297,6**
Ácido fólico	mg	1,145	**3,435**	**6,870**
Vitamina B_{12}	mg	0,019	**0,059**	**0,119**

[1]Níveis vitamínicos recomendados para fase de criação inicial de frangos de corte (Rostagno, 2017). Níveis supranutricionais empregados indicados em negrito.

Tabela 4. Caracterização das farinhas de origem animal e do óleo de soja fresco (Experimento I) e oxidado (Experimento II) utilizados nas rações.

Ingrediente	Índice de peróxidos, mEq/kg	Acidez	TBARS, mg malonaldeído/ kg	Rancidez
Farinha de carne e ossos	9,88	8,30 mg NaOH/g	3,0818	Negativo
Farinha de penas	0,00	3,84 mg NaOH/g	0,6878	Negativo
Farinha de vísceras	86,98	4,74 mg NaOH/g	7,1383	Positivo
Óleo de soja (Experimento I)	7,55	0,17 % Ác. Oléico	6,1041	Negativo
Óleo de soja (Experimento II)	10,03	1,72 % Ác. Oléico	57,4202	Negativo

Tabela 5. Valores analisados e esperados[1] de riboflavina, ácido pantotênico, niacina (soma de nicotinamida e ácido nicotínico), ácido fólico (soma de ácido fólico e 5-metil-FH_4) e vitamina B_{12} encontrados nas rações utilizadas nos experimentos I e II em gaiolas.

Experimento	Trat[2]	Riboflavina	Niacina	Ácido pantotênico	Ácido fólico	Vitamina B_{12}
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg
I	RC	10,7 (8,2)	61,60 (49,6)	29,9 (16,4)	1,7 (1,1)	16,2 (19,0)
	R3	23,8 (24,5)	179,0 (148,8)	63,9 (49,2)	13,1 (3,4)	50,3 (59,0)
	R6	41,4 (49,0)	315,0 (297,6)	100,3 (98,5)	25,2 (6,9)	99,4 (119,0)
	SC	10,1 (8,2)	56,1 (49,6)	24,0 (16,4)	1,5 (1,1)	14,6 (19,0)
	S3	25,3 (24,5)	165,0 (148,8)	46,2 (49,2)	11,0 (3,4)	38,9 (59,0)
	S6	43,0 (49,0)	312,0 (297,6)	97,5 (98,5)	23,4 (6,9)	86,5 (119,0)
II[3]	RC	8,7 (8,2)	54,2 (49,6)	20,6 (16,4)	1,3 (1,1)	13,1 (19,0)
	R3	16,4 (24,5)	101,0 (148,8)	37,5 (49,2)	5,9 (3,4)	33,5 (59,0)
	R6	42,3 (49,0)	311,0 (297,6)	97,9 (98,52)	27,0 (6,9)	87,5 (119,0)
	SC	-	-	-	-	-
	S3	22,3 (24,5)	126,0 (148,8)	48,0 (49,2)	9,6 (3,4)	51,5 (59,0)
	S6	-	-	-	-	-

[1]Os valores esperados estão apresentados entre parênteses; [2]Dietas à base de milho e farelo de soja no Exp. I e com inclusão de farinhas de origem animal e óleo de soja parcialmente oxidados no Exp. II, sendo os tratamentos: RC: Nível nutricional regular e nível vitamínico controle; R3: Nível nutricional regular e nível vitamínico 3 vezes o controle; R6: Nível nutricional regular e nível vitamínico 6 vezes o controle; SC: Nível nutricional superior e nível vitamínico controle; S3: Nível nutricional superior e nível vitamínico 3 vezes o controle; S6: Nível nutricional superior e nível vitamínico 6 vezes o controle. [3]Não foi possível realizar a análise das amostras referentes aos tratamento SC e S6.

Tabela 6. Efeito do nível de suplementação vitamínico e nutricional das rações à base de milho e farelo de soja para frangos de corte sobre o desempenho zootécnico nos períodos de 1 a 6, 1 a 12 e 1 a 18 dias de idade

		0 d	1 a 6 d				1 a 12 d				1 a 18 d			
Tratamentos[1]		PVI (g)	PV (g)	GP (g)	CR (g)	CA	PV (g)	GP (g)	CR (g)	CA	PV (g)	GP (g)	CR (g)	CA
RC		47,89	148,1	100,2	101,9	1,018	393,3	345,4	391,8	1,134	745,2	697,3	878,5	1,261
R3		47,44	138,1	90,70	92,18	1,018	373,7	326,2	368,9	1,132	727,4	679,9	839,8	1,235
R6		47,40	155,8	108,4	109,4	1,011	416,5	369,1	415,4	1,126	788,5	741,1	920,2	1,242
SC		47,79	149,2	101,4	102,1	1,007	408,0	360,3	389,2	1,080	764,8	717,0	864,1	1,206
S3		47,12	145,5	98,40	104,1	1,061	404,9	357,8	387,1	1,083	790,3	743,4	875,1	1,178
S6		47,75	150,4	102,6	102,7	1,006	414,3	366,6	393,5	1,074	786,1	738,4	879,6	1,191
Fatores principais														
Nível de suplementação vitamínico (NV)	Controle	47,84	148,6ab	100,8ab	102,0	1,012	400,7ab	352,8ab	390,5	1,107	755,0	707,2	871,3	1,234
	3 vezes	47,28	141,8b	94,5b	98,14	1,040	389,3b	342,0b	378,0	1,107	758,8	711,6	857,5	1,207
	6 vezes	47,58	153,1a	105,5a	106,1	1,008	415,4a	367,9a	404,5	1,100	787,3	739,7	899,9	1,217
Nível nutricional (NN)	Regular	47,58	147,3	99,72	101,2	1,016	394,5b	346,9b	392,1	1,131a	753,7	706,1	879,5	1,246a
	Superior	47,55	148,3	100,8	103,0	1,025	409,1a	361,6a	389,9	1,079b	780,4	732,9	872,9	1,191b
Causas de variação							*P-valor*							
NV			0,032	0,040	0,114	0,082	0,005	0,005	0,005	0,633	0,038	0,037	0,009	0,075
NN			0,761	0,752	0,551	0,464	0,020	0,020	0,73	<0,0001	0,018	0,018	0,544	<0,0001
Interação NV × NN			0,313	0,285	0,051	0,154	0,089	0,083	0,036	0,955	0,053	0,050	0,022	0,973
CV[2] (%)			7,041	10,48	9,128	3,696	4,624	5,269	4,806	2,067	4,334	4,621	3,820	2,410

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey. [1]RC: Nível nutricional regular-médio e nível vitamínico controle; R3: Nível nutricional regular-médio e nível vitamínico 3 vezes o controle; R6: Nível nutricional regular-médio e nível vitamínico 6 vezes o controle; SC: Nível nutricional médio-superior e nível vitamínico controle; S3: Nível nutricional médio-superior e nível vitamínico 3 vezes o controle; S6: Nível nutricional médio-superior e nível vitamínico 6 vezes o controle.

[2]Coeficiente de variação.

Tabela 7. Desdobramento da interação entre nível de suplementação vitamínica e nível nutricional para no experimento I

	Consumo de ração (g) – 1 a 6 dias		
	Nível de suplementação vitamínico		
Nível nutricional	Controle	3 vezes	6 vezes
Regular	101,9ab	92,18b	109,4a
Superior	102,1	104,1	102,7
	Consumo de ração (g) – 1 a 12 dias		
Nível nutricional	Controle	3 vezes	6 vezes
Regular	391,8b	368,9b	415,4a
Superior	389,2	387,1	393,5
	Peso vivo (g) – 1 a 18 dias		
Nível nutricional	Controle	3 vezes	6 vezes
Regular	745,2ab	727,4Bb	788,5a
Superior	764,8	790,3A	786,1
	Ganho de peso (g) – 1 a 18 dias		
Nível nutricional	Controle	3 vezes	6 vezes
Regular	697,3ab	679,9Bb	741,1a
Superior	717,0	743,4a	738,4
	Consumo de ração (g) – 1 a 18 dias		
Nível nutricional	Controle	3 vezes	6 vezes
Regular	878,5ab	839,8b	920,2a
Superior	864,1	875,1	879,6

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas (maiúsculas) nas linhas (colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey.

Tabela 8. Efeito do nível de suplementação vitamínico e nutricional das rações com inclusão de farinhas de origem animal e óleo de soja parcialmente oxidados para frangos de corte sobre o desempenho zootécnico nos períodos de 1 a 6, 1 a 12 e 1 a 18 dias de idade.

		0 d	1 a 6 d				1 a 12 d				1 a 18 d			
Tratamentos[1]		PVI (g)	PV (g)	GP (g)	CR (g)	CA	PV (g)	GP (g)	CR (g)	CA	PV (g)	GP (g)	CR (g)	CA
RC		47,81	161,1	113,3	124,9	1,103	418,5	360,2	453,7	1,262	803,1	744,9	957,3	1,286
R3		47,95	157,1	109,1	124,5	1,143	413,8	365,8	435,6	1,193	792,6	744,7	942,8	1,267
R6		47,70	166,3	118,7	128,0	1,079	435,6	387,9	470,4	1,213	822,5	774,8	986,2	1,273
SC		48,05	161,3	113,2	127,7	1,134	430,4	377,4	457,0	1,213	816,7	763,7	962,8	1,261
S3		47,98	161,1	113,1	125,4	1,109	425,2	377,2	450,0	1,193	827,2	779,2	969,2	1,244
S6		48,08	163,0	114,9	124,3	1,085	428,7	380,6	448,4	1,181	825,2	777,1	951,3	1,226
Fatores principais														
Nível de suplementação vitamínico (NV)	Controle	47,93	161,2	113,3	126,3	1,118	424,4	368,8	455,3	1,237	809,9	754,3	960,0	1,273
	3 vezes	47,96	159,1	111,8	124,9	1,126	419,5	371,5	442,8	1,193	809,9	761,9	956,0	1,256
	6 vezes	47,89	164,7	116,8	126,1	1,082	432,1	384,2	459,4	1,197	823,8	776,0	968,8	1,249
Nível nutricional (NN)	Regular	47,82	161,5	113,7	125,8	1,108	422,6	371,3	453,2	1,222	806,1	754,8	962,1	1,275a
	Superior	48,04	161,8	113,7	125,8	1,109	428,1	378,4	451,8	1,195	823,0	773,3	961,1	1,244b
Causas de variação			*P-valor*											
NV			0,223	0,199	0,856	0,973	0,322	0,215	0,215	0,118	0,598	0,387	0,780	0,206
NN			0,918	0,985	0,994	0,102	0,431	0,346	0,865	0,155	0,192	0,149	0,947	0,008
Interação NV × NN			0,519	0,469	0,481	0,304	0,457	0,392	0,180	0,538	0,575	0,575	0,256	0,626
CV[2] (%)			4,965	6,902	5,448	4,778	4,928	6,031	5,445	4,746	4,781	5,034	4,826	2,696

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey. [1]RC: Nível nutricional regular-médio e nível vitamínico controle; R3: Nível nutricional regular-médio e nível vitamínico 3 vezes o controle; R6: Nível nutricional regular-médio e nível vitamínico 6 vezes o controle; SC: Nível nutricional médio-superior e nível vitamínico controle; S3: Nível nutricional médio-superior e nível vitamínico 3 vezes o controle; S6: Nível nutricional médio-superior e nível vitamínico 6 vezes o controle.

[2]Coeficiente de variação

4. UTILIZAÇÃO DE NÍVEIS SUPRANUTRICIONAIS DE VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE DESAFIADOS COM *EIMERIA*

Resumo

Em vista do desafio da migração de dieta animal para vegetal na indústria, o uso de nível supranutricional de vitaminas nas rações pode auxiliar na obtenção de máximo desempenho das aves criadas em ambiente comercial. Pesquisas anteriores demonstraram que a utilização de superdose das vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12} foram eficientes em recuperar o desempenho de frangos submetidos a combinação de diferentes fatores de estresse. Entretanto, estes resultados foram obtidos utilizando recomendações de suplementação de vitaminas ultrapassadas, o que motivou a realização do presente estudo utilizando níveis basais próximos aos empregados pela indústria. Nesse sentido, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a utilização de nível supranutricional de suplementação deste grupo de vitaminas hidrossolúveis sobre o desempenho, uniformidade e rendimento de carcaça e de cortes comerciais de frangos de corte submetidos a diferentes condições de estresse. Utilizaram-se 1720 pintos de corte machos e fêmeas de um dia de idade distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 2 × 2, sendo os fatores: nível de suplementação vitamínica (controle ou 6× o controle) e desafio experimental (baixo ou moderado), com 10 repetições por tratamento. O desafio experimental (baixo ou moderado) foi composto pela combinação dos fatores densidade de alojamento (10 aves/m² ou 11,5 aves/m²) e vacinação com *Eimeria* (sem ou com vacinação), a qual foi realizada aos 7 dias utilizando vacina comercial na água de bebida em dosagem 10× maior em relação à recomendada pelo fabricante. O desempenho foi avaliado até os 41 dias de idade, sendo que aos 42 dias 100 aves por tratamento (5 machos e 5 fêmeas de cada unidade experimental) foram abatidas para avaliação de carcaças. As dietas foram formuladas à base de milho e farelo de soja, conforme os níveis nutricionais sugeridos para desempenho regular nas Tabelas Brasileiras. Uma mistura das vitaminas suplementadas foi adicionada *over the top* para compor o tratamento 6× o controle. Não foi detectada interação entre os fatores nível vitamínico e desafio para qualquer das variáveis de desempenho avaliadas. Na fase inicial (1-21d), período que compreendeu o desafio com vacina, houve tendência de melhora na conversão alimentar de aves recebendo superdose de vitaminas na dieta (1,265 vs. 1,274, P=0,098). No período total não foi encontrado efeito da superdose vitamínica (peso médio 2.929 g, conversão alimentar 1,597) sobre o desempenho. Além disso, o desafio experimental mostrou-se eficiente, uma vez que aves desafiadas tiveram, nas fases de 1-21d (peso médio 935 vs. 993 g, conversão alimentar 1,279 vs. 1,259) e 1-41d (peso médio 2.869 vs. 3.002 g, conversão alimentar 1,619 vs. 1,572), o

desempenho prejudicado em relação às não desafiadas. Os tratamentos não apresentaram efeitos sobre a uniformidade do lote. Embora o nível supranutricional de vitaminas não tenha afetado o desempenho, o rendimento de carcaça aumentou em aves recebendo rações suplementadas com superdoses (73,16 vs. 72,77%, P=0,008). Dependendo do retorno econômico, é possível utilizar superdose de vitaminas para atingir maior rendimento de carcaça.

Palavras-chave: Desafio experimental; Dieta vegetal; Rendimento de carcaça; Superdose; Vitaminas do complexo B

Abstract

The use of supra-nutritional level of selected B-vitamin may improve the performance of chickens raised in a commercial environment. Previous research has shown that a super-dose of vitamin riboflavin, pantothenic acid, niacin, folic acid and vitamin B_{12} were efficient in recovering the performance of broilers under conditions of stress. The aim of this study was to evaluate the effects of supra-nutritional levels of selected B vitamin on performance, uniformity, and carcass traits of broilers under two levels of environmental stresses. A total of 1,720 one-day-old chicks male and female were distributed in a completely randomized design with a factorial arrangement 2 × 2. The factorial design consisted of two supplementation levels of vitamin riboflavin, pantothenic acid, niacin, folic acid and vitamin B_{12} (control or 6-times control) and two environmental stress levels (low or moderate), totaling 4 treatments and 10 replicates per treatment. Stress agents were stocking density (10 birds/m² or 11.5 birds/m²), and vaccination with Eimeria (without or with vaccination). At 7d, chicks raised under the moderate stress was challenged with a dosage 10-times higher than the supplier's recommendation of the coccidiosis vaccine. Performance was measured at 7, 21, and 41 days of age. At 42 d, 100 broilers per treatment (5 males and 5 females from each experimental unit) were euthanized for carcass traits. The experimental diets were formulated using corn and soybean meal, and dietary composition was calculated according to the Brazilian Tables. A mix of the selected B-vitamin was added over the top to compound the treatment 6-times control. There was no interaction between vitamin supplementation and environmental stress levels in the studied parameters. After the vaccination (1-21d), there was an improving trend in feed conversion when chickens fed super-dose of selected B vitamin (1.265 vs. 1.274, P = 0.098). However, there was no effect of super-dose of vitamin on performance from 1 to 41d (body weight 2.929 g, feed conversion 1.597). High-dose of coccidiosis vaccine was effective in depressing chicken performance in relation to unchallenged birds at 1-21d (body weight 935 vs. 993 g, feed conversion 1.279 vs. 1.259), and 1-41d (body weight 2,869 vs. 3,002 g, feed conversion 1.619 vs. 1.572). Uniformity was not significantly affected by treatments. Despite the

supra-nutritional level of vitamins did not affect performance, carcass yield increased in broilers fed diets with vitamin super-dose (73.16 vs. 72.77%, P = 0.008). Depending on the economic return, it is possible to use the super-dose of vitamins to achieve greater carcass yield.

Keywords: B-vitamin complex; Carcass yield; Experimental challenge; Super-dose; Vegetable diet

4.1. Introdução

Vitaminas são compostos orgânicos presentes nos alimentos em pequenas quantidades e são exigidas pelos animais em quantidades mínimas. Esses compostos são fornecidos nas rações, já que as aves não são capazes de sintetizá-los. A suplementação de vitaminas é essencial para o metabolismo animal, pois estão envolvidas no metabolismo de carboidratos, lipídeos e aminoácidos, atuando como cofatores de enzimas, antioxidantes, sendo necessárias para o funcionamento normal do sistema nervoso, etc., portanto, são importantes para saúde, crescimento e empenamento das aves (Combs Jr., 2008).

Dentre os ingredientes que compõem as rações para frangos de corte, as vitaminas representam 0,05% do peso, que confere cerca de 1,5% do custo total das rações (Coelho & McNaughton, 1995; Rutz *et al*., 2014). As recomendações apresentadas no NRC (1994) são baseadas em pesquisas realizadas há mais de 50 anos, por isso, não se aplicam à realidade encontrada no campo. Uma prática comum na indústria avícola é a suplementação de vitaminas em níveis acima do recomendado, como fator de segurança. Coelho & McNaughton (1995) forneceram diferentes níveis de suplementação de vitaminas baseados em valores utilizados pela indústria, ou seja, concentrações de vitaminas acima do recomendado pelo NRC (1994) para frangos de corte expostos a uma combinação de fatores de estresse (baixo, moderado e alto), e verificaram que os níveis mais altos reduziram o impacto do estresse sobre o desempenho das aves. Em situação de estresse baixo e moderado, Coelho *et al*. (2001) alimentaram frangos com cinco concentrações de vitaminas do complexo B (riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12}). A adição de nível de fortificação 16 vezes o NRC (1994) resultou em melhora no peso corporal, conversão alimentar, rendimento de carcaça e percentagem de peito em comparação ao

nível controle para aves criadas sob condições de estresse moderado. Embora os níveis vitamínicos recomendados pelo NRC (1994) estejam ultrapassados, os níveis exigidos para atingir crescimento e eficiência alimentar adequados podem não ser os mesmos utilizados para suprir o sistema imune e maximizar a resistência dos animais a doenças (McDowell, 2000).

Dentre os fatores de estresse encontrados na produção avícola, a coccidiose aviária é uma das doenças mais comuns e de maior importância industrial. Geralmente, ocorre infecção subclínica, tornando difícil o diagnóstico em tempo hábil para que seja iniciado o tratamento impedindo perdas acentuadas de desempenho (Kipper *et al*., 2013). O fornecimento de níveis supranutricionais de vitaminas pertencentes ao complexo B (riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12}) foi proposto para atender as necessidades das aves, assim como dos microrganismos presentes em seu trato gastrointestinal, pois as exigências em vitaminas podem variar em situações de estresse. Por exemplo, *Eimeria spp.*, e *Clostridium perfringens* reduziram a altura de vilo em relação a animais não desafiados (Golder *et al*., 2011); *Escherichia coli* pode prejudicar a secreção de enzimas digestivas pelo dano nos vilos e microvilos da mucosa (Xu *et al*., 2003). Além disso, com o alto crescimento de bactérias no intestino nessas circunstâncias, os nutrientes são capturados e usados pelos micro-organismos antes dos animais (Pan & Yu, 2014).

O objetivo desse estudo foi avaliar o uso de nível supranutricional de vitaminas hidrossolúveis sobre o desempenho, uniformidade de lote e característica de carcaça de frangos de corte desafiados com vacina contra coccidiose. Portanto, a hipótese analisada foi que o uso da superdose de vitaminas seria capaz de recuperar ou melhorar os índices zootécnicos das aves alojadas em condições semelhantes às encontradas no campo.

4.2. Material e métodos

Instalações experimentais e animais

Esse experimento foi conduzido em um aviário experimental localizado no Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. Todos os procedimentos realizados neste estudo foram aprovados pela

Comissão de Ética no Uso de Animais pertencente à ESALQ/USP (protocolo nº: 2017.5.1809.11.9).

O experimento foi realizado de 1 a 41 dias de idade, utilizando-se 1720 pintos de corte de um dia de idade machos (860) e fêmeas (860) da linhagem Ross AP95 obtidos em incubatório próximo a Piracicaba, SP. No alojamento, as aves foram separadas por sexo em faixas de pesos para a formação de unidades experimentais homogêneas, conforme procedimento descrito por Sakomura & Rostagno (2016). As aves foram distribuídas em 40 unidades experimentais com 4,0 m²/boxe equipadas com bebedouros do tipo *nipple* e comedouro tubular. Foi utilizada uma camada de 10 cm de cama reutilizada de maravalha com o intuito de fornecer condições semelhantes as encontradas em ambientes comerciais. O programa de luz foi em blocos únicos de escuro, sendo as luzes mantidas apagadas no início da noite por um período de quatro horas. As temperaturas máxima e mínima foram monitoradas diariamente e os valores médios foram calculados para cada fase de criação. Os valores médios obtidos para máxima e mínima, respectivamente, foram: pré-inicial 31,9 e 25,9 °C; inicial 31,4 e 24,6 °C; crescimento 30,6 e 22,9 °C; e final 30,3 e 22,3 °C.

Delineamento e dietas experimentais

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 2 × 2, sendo os fatores de estudo: i) níveis de suplementação vitamínica (controle e superdose de 6 vezes o controle para as vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12}); ii) desafio experimental (adição ou não de fatores de estresse), constituindo os seguintes tratamentos:

T1: Dieta controle sem desafio experimental para a criação das aves (n=40).

T2: Dieta com níveis supranutricionais 6 vezes superiores ao controle de vitaminas hidrossolúveis durante todo período experimental sem desafio experimental para a criação das aves (n=40).

T3: Dieta controle com desafio experimental para a criação das aves (n=46).

T4: Dieta com níveis supranutricionais 6 vezes superiores ao controle de vitaminas hidrossolúveis durante todo período experimental com desafio experimental para a criação das aves (n=46).

O programa nutricional foi composto por quatro dietas, pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 41 dias) conforme apresentado na Tabela 9. As rações experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja para atender as recomendações para desempenho regular-médio de acordo com Rostagno *et al.* (2017). Amostras de milho e farelo de soja foram submetidas a análises bromatológicas para que suas matrizes nutricionais fossem devidamente ajustadas. Água e ração foram fornecidas *ad libitum* durante todo o período experimental.

O suplemento vitamínico foi acrescentado nas dietas em proporções adequadas para atender as recomendações de Rostagno *et al.* (2017) para cada fase de criação, conforme apresentado na Tabela 10. Assim, o nível supranutricional de 6 vezes o controle das cinco vitaminas selecionadas (riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12}) foi calculado para representar cada fase de criação. Foram realizadas batidas únicas para a produção das dietas controle (T1 e T3), as quais foram divididas para a adição das vitaminas avaliadas em superdosagem. Optou-se pela inclusão *over the top* das superdoses 6 vezes maiores o controle das vitaminas nas rações, pois o peso total destes ingredientes representa 0,476%; 0,429%; 0,339% e 0,281% para a dieta pré-inicial, inicial, crescimento e final, respectivamente. Para compor tais tratamentos, subtraiu-se a quantidade de vitaminas existentes no suplemento vitamínico (nível controle), adicionando-se a quantia necessária para atender a recomendação proposta de 6 vezes maiores o controle.

Desafio experimental

O desafio experimental foi promovido pelo aumento de densidade de frangos nos boxes e pela aplicação de dose elevada de vacina contra coccidiose. Desta forma, os tratamentos submetidos ao desafio tiveram o número de aves por boxe aumentado de 40 (10 aves/m²) para 46 (11,5 aves/m²); aos 7 dias de idade, uma suspensão concentrada e atenuada de oocistos foi administrada às aves dos tratamentos desafiados por via oral na água de bebida em dosagem 10 vezes maior que a recomendada de uma vacina comercial contra coccidiose (Bio-coccivet, Laboratório Biovet S/A). A vacina comercial era constituída por suspensão das seguintes Eimérias: *E. acervulina*, *E. máxima*, *E. praecox*, *E. tenella* e *E.*

mitis. Para a realização desse procedimento, inicialmente foi provocado um período de jejum hídrico de 2 horas com a suspensão das linhas de bebedouro e, a seguir, foram introduzidos bebedouros infantis com a suspensão da vacina. O mesmo procedimento foi empregado para as aves não desafiadas, usando-se apenas água nos bebedouros. O anticoccidiano salinomicina foi utilizado na dosagem de 66 mg/kg de princípio ativo (550 mg/kg de Coxistac® 12%) em substituição ao inerte até os 35 dias de idade das aves que não foram desafiadas com a vacina. Após a realização do desafio com a vacina, botas plásticas foram utilizadas para entrar nestas parcelas para evitar a contaminação cruzada (i.e., entre parcelas desafiadas e não desafiadas).

Realizou-se a contagem de oocistos de *Eimeria* spp. nas excretas frescas das aves 12 dias após a vacinação, período em que pode ocorrer reação exacerbada pós-vacinal. Foram coletadas aleatoriamente amostras de excretas frescas, sem a contaminação com a cama, para a composição de um pool representando cada tratamento estudado. Pesou-se 2 gramas da amostra em um béquer e, em seguida, adicionou-se 28 ml de solução salina saturada (4L água: 1 kg de NaCl) para macerar e homogeneizar o material coletado. A solução foi filtrada e pipetada para câmara de Mac Master preenchendo os dois compartimentos. A leitura foi realizada em microscópio óptico na magnitude 10. Por meio desta contagem foi possível verificar a eficiência do desafio realizado bem como da proteção das parcelas não desafiadas, uma vez que foi verificada a presença de *Eimeria* spp. nos tratamentos desafiados e a ausência naqueles não submetidos a vacinação contra coccidiose.

Avaliação do desempenho, uniformidade e características de carcaça

Semanalmente, as aves e as rações foram pesadas para a obtenção das variáveis de ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e viabilidade criatória. Os dados obtidos foram utilizados para o cálculo dos períodos acumulados de 1 a 7, 1 a 21 e 1 a 41 dias de idade. Os valores de conversão alimentar foram corrigidos pelo peso corporal das aves eliminadas. Para tanto, a mortalidade foi verificada durante todo o período experimental.

Aos 41 dias de idade, as aves foram pesadas individualmente para a determinação da uniformidade de acordo com o desvio padrão e o coeficiente de variação dos pesos individuais de cada tratamento. Para esta variável, considerou-se o delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2 × 2 × 2, sendo os fatores de estudo níveis de suplementação vitamínica, desafio experimental e o sexo das aves, totalizando oito tratamentos experimentais.

Após a pesagem para avaliação do desempenho, os frangos foram mantidos com suas dietas experimentais até o dia seguinte (42 dias) quando foi realizado o abate para avaliação de carcaças. O total de dez aves (cinco de cada sexo) por unidade experimental (50 aves de cada sexo/tratamento) com ± 5% do peso médio da parcela foram selecionadas e identificadas para avaliação de carcaça, cortes comerciais (asa, coxa e sobrecoxa, peito sem pele) e percentagem de dorso e de gordura abdominal (retirada da cavidade abdominal e da moela). Para o esvaziamento do trato gastrintestinal, as aves permaneceram em jejum durante oito horas. No abatedouro, os frangos vivos foram pesados individualmente e em seguida foram insensibilizados por eletrochoque, abatidos por sangria mediante corte da veia jugular, escaldados, depenados e eviscerados. Os dados obtidos foram expressos como peso absoluto da carcaça e dos seus componentes e como peso relativo em proporção ao peso vivo pré-abate e em proporção ao peso da carcaça resfriada. O delineamento experimental utilizado para avaliação desses dados foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2 × 2 × 2, sendo os fatores de estudo níveis de suplementação vitamínica, desafio experimental e o sexo das aves, totalizando oito tratamentos experimentas com 50 repetições cada.

Análise das vitaminas nas rações

Os teores de riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12} presentes nas rações foram determinados no laboratório Eurofins CLF (Friedrichsdorf, Alemanha). Os valores analisados e esperados estão apresentados na Tabela 11. O ensaio para obtenção dos valores de riboflavina compreendeu na extração de riboflavina e suas formas coenzimáticas das rações utilizando autoclave contendo ácido sulfúrico diluído. Logo, ligações éster de fósforo foram clivadas enzimaticamente. Após diluição e centrifugação, o

conteúdo do extrato de riboflavina foi utilizado para determinação por HPLC de fase reversa usando detecção fluorimétrico. Para determinação dos valores de niacina, ácido nicotínico e nicotinamida foram extraídos da ração usando 0,001N de ácido sulfúrico. Após diluição do extrato com a fase móvel e centrifugação, uma alíquota da solução foi usada na cromatografia pelo sistema de HPLC de fase reversa (detecção em 260 mm). O ácido pantotênico livre foi extraído com água e analisado por HPLC de fase reserva. Ácido fólico e vitamina B_{12} também foram determinados pela metodologia de HPLC.

Análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente ao acaso com arranjo fatorial 2 × 2 (nível de suplementação de vitaminas e desafio experimental) e cada boxe (40 ou 46 aves) foi utilizado como unidade experimental para os dados de desempenho. Para as variáveis de uniformidade e de características de carcaça foi incluído o fator principal sexo com arranjo fatorial 2 × 2 × 2 e cada ave foi considerada como a unidade experimental. Os dados coletados foram analisados quanto à presença de valores discrepantes (*outliers*), normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Atendidos estes pressupostos, foi realizada a análise de variância e, em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

4.3. Resultados e discussão

Análise das vitaminas nas rações

Os teores das vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12} encontrados nas rações estão apresentados na Tabela 11. Em pesquisas com vitaminas, os cuidados na fábrica de ração, coleta, amostragem, etc. são fundamentais para mitigar os possíveis erros em análises laboratoriais, já que estas são incluídas nas rações em quantidades mínimas. Foram realizadas determinações em 80 amostras, sendo que na maior parte dos casos os valores determinados nas rações foram próximos aos valores calculados, indicando que todos os procedimentos foram adequados. No entanto, apesar dos cuidados mencionados acima, os valores analisados de ácido fólico obtidos nas rações contendo

superdose das vitaminas foram superiores ao esperado. Por outro lado, os valores analisados de vitamina B_{12} nas rações foram inferiores ao esperado para todos os tratamentos.

Desempenho zootécnico

No período de 1 a 7 dias de idade, não foram detectados efeitos significativos entre os fatores de estudo sobre as variáveis de desempenho avaliadas (Tabela 12). Nesta semana inicial a condição de desafio programada ainda não exercia efeito sobre as aves, uma vez que o aumento do número de aves por m² não gera impacto nessa idade e também o fato de o desafio experimental com vacina comercial contra coccidiose ter sido realizado após a coleta desses dados aos 7 dias.

Não foi verificada interação para as variáveis de desempenho avaliadas nos períodos de 1 a 21 (Tabela 13) e 1 a 41 dias de idade (Tabela 14). Considerando o efeito principal desafio experimental, as respostas encontradas nestes períodos para as variáveis de peso vivo, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar demonstraram que a vacinação foi eficiente em proporcionar uma condição de estresse, pois refletiu diretamente no decréscimo dos índices de desempenho das aves durante todo o período experimental.

No período de 1 a 21 dias de idade, houve uma tendência (P=0,098) de melhora na conversão alimentar das aves alimentadas com rações contendo nível supranutricional de vitaminas, independente da condição de desafio experimental. Nesse período, as aves que receberam a dieta controle sofreram uma depressão de 68,5 g no ganho de peso (cerca de 7%) na condição de desafio; nas aves desafiadas, a superdose de vitaminas promoveu um aumento numérico de 23,9 g (cerca de 3%) no ganho de peso, indicando uma possível resposta efetiva ao tratamento vitamínico. Apesar dessa indicação de vantagem na fase inicial, o uso de nível supranutricional de vitaminas hidrossolúveis não foi eficiente na recuperação dos índices de desempenho das aves ao final do período de criação. Não houve diferença estatística entre os tratamentos para viabilidade criatória. Geralmente, coccidiose ocorre em quadro subclínico, sendo a ocorrência de mortalidade e de sinais clínicos pouco comuns (Kipper *et al*., 2013), concordando com os resultados de viabilidade obtidos nesse estudo.

No campo não é possível saber o momento em que o processo de inflamação é iniciado, enquanto que em condições experimentais é fácil verificar as respostas após o desafio com coccidiose por sabermos quando este foi instalado. Numa meta-análise sobre a variação na resposta de desempenho de frangos de corte desafiados por *Eimeria* spp. feita por Kipper *et al*. (2013) conclui-se que a idade é um fator importante para determinar o impacto da infecção. Além disso, nos 69 estudos analisados, todos os grupos desafiados tiveram queda no ganho de peso em comparação ao controle.

O pico de replicação e produção de oocistos do parasita Eimeria ocorre entre 4 a 7 dias após a infecção (Voeten *et al*., 1988). No presente estudo, o ganho de peso e o consumo de ração das aves desafiadas foram, respectivamente, 8,2% e 4,9% menores em relação aos animais não desafiados durante o período de 14 a 21 dias de idade (pós desafio com vacina contra coccidiose, dados não apresentados). No estudo de Voeten *et al*. (1988) verificou-se que pintos de corte infectados com 50.000 oocistos de *E. acervulina* aos 7 dias de idade tiveram reação mais severa em relação às aves com idade avançada. Da mesma forma, Adedokun *et al*. (2016) constataram que aves jovens são mais susceptíveis ao desafio com vacina contra coccidiose, apresentando 32% de redução no ganho de peso em comparação com frangos de 35 a 42 dias de idade. A presença de patógenos teve impacto negativo sobre a capacidade de digestão e absorção de nutrientes, comprometendo a digestibilidade ileal aparente de aminoácidos e o aproveitamento da energia da dieta por aves jovens (Adedokun *et al*., 2016).

Os tratamentos que não foram submetidos ao desafio experimental (T1 e T2) foram suplementados com salinomicina, medicamento anticoccidiano, nas rações durante a maior parte do período de criação das aves, sendo retirada apenas na ração final. Essa medida foi tomada, pois, conforme Chapman & Jeffers (2015), aves recebendo dietas sem a inclusão de anticoccidiano ou sem a adoção de programa de vacinação contra coccidiose, apresentaram maior produção de oocistos em relação aos animais medicados.

Outro fator que compôs o desafio experimental foi a densidade de aves por m². Contudo, a variação entre as densidades utilizadas, 10 e 11,5 aves/m² (30 e 33 kg/m², respectivamente, considerando o peso aos 41 dias) parece não ter sido significativa a ponto de causar estresse fisiológico nos animais. Da mesma maneira, a utilização de densidade 10

e 16 aves/m² não interferiu significativamente nas respostas de desempenho de frangos de corte (Houshmand *et al*., 2012). Por outro lado, o uso de densidade de alojamento de 20 aves/m² resultou em declínio no desempenho em comparação com 10 aves/m². Embora seja possível aumentar a lucratividade da produção com o aumento da densidade animal por m², essa prática também pode comprometer a saúde e o desempenho das aves, sobretudo quando adotada densidades de 34 a 40 kg/m², pois nessas condições ocorre limitação da movimentação das aves, assim como do acesso as áreas de comedouros e bebedouros (Cengiz *et al*., 2015).

Estudos anteriores consideraram que a reutilização de cama ao invés do uso de cama nova caracteriza-se como um fator de estresse no sistema de produção (Coelho & McNaughton, 1995; Coelho *et al*., 2001). Porém, neste estudo foi definido o emprego de cama em reuso para todos os tratamentos, devido aos seguintes argumentos: a) é uma prática de manejo comumente realizada por produtores para redução dos custos de produção e auxílio na eliminação desse material; b) nos primeiros dias de vida dos pintos de corte ocorre a rápida colonização por bactérias, sendo a microbiota capaz de modificar-se conforme a ocorrência de eventos como doenças, medicações ou mudanças na dieta; c) maior quantidade de bactérias pode ser encontrada em cama nova, enquanto que em cama reutilizada, a maior parte das bactérias encontradas são de origem intestinal (Cressman *et al*., 2010); d) o manejo da cama entre e durante os lotes de criação auxiliam para que esta não seja porta de entrada para doenças que acometeram o lote anterior (Stanley *et al*., 2004).

O uso de superdose das vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12} foi definido com base nos resultados obtidos por Coelho *et al*. (2001 a, b) em estudos com aves e suínos. Esses estudos mostraram que superdose destas vitaminas 16 vezes maiores em relação ao NRC (nível controle), resultaram em respostas positivas de desempenho para animais criados em condições de estresse. Estes resultados na recuperação do desempenho das aves devem-se, possivelmente, ao fato do estresse experimental ter sido severo. Ou seja, as vitaminas foram exigidas em maiores quantidades frente a essa situação. O uso do mesmo grupo de vitaminas em dietas variando quanto a biodisponibilidade entre 70 a 870% em comparação ao NRC (1988), resultou em aumento no

ganho diário de peso e melhora em características de carcaça, como profundidade de lombo e área de olho de lombo, para suínos em fase de crescimento e terminação com o fornecimento de dietas com 270% de biodisponibilidade (Cho *et al*., 2017). No entanto, esse resultado não foi encontrado no presente estudo, visto que o desempenho das aves não foi recuperado com o uso de superdose de vitaminas, sugerindo que o uso destes níveis não são necessários em condições de estresse, ou que o desafio experimental não foi severo a ponto do metabolismo utilizar as vitaminas fornecidas em níveis supranutricionais para recuperar o desempenho animal. Deve-se salientar que o peso corporal e o consumo de ração dos frangos aos 41 dias de idade dos tratamentos avaliados estão de acordo com o Manual de Manejo do Frango Ross (ROSS AN AVIAN BRAND, 2017) para lotes mistos.

Outros estudos também impulsionaram na realização do estudo de superdose de vitaminas para frangos de corte, os quais mostraram que essa proposta de estudo poderia abordar os conhecimentos sobre as interações que ocorrem entre a microbiota intestinal com os nutrientes fornecidos nas rações. Nesse sentido, pesquisadores observaram que o nível de vitamina D para humanos, além do recomendado, está associado com gêneros *Coprococcus* e *Bifidobacterium,* que são benéficos para a saúde (Luthold *et al*., 2016). Khan *et al*. (2012) e Steinert *et al*. (2016) sugeriram que vitaminas como, riboflavina, podem exercer efeitos benéficos na modulação da microbiota intestinal, qualificando-as como “novo” prebióticos.

Khan et al. (2012) propuseram a avaliação do papel da riboflavina como um transportador extracelular de elétrons para a bactéria *Faecalibacterium prausnitzii*. Este trabalho foi baseado no fato de que em ambientes anaeróbicos (ex. segmento intestinal do cólon), o potencial redox é extremamente baixo, de tal forma que o metabolismo e o crescimento microbiano dependem da fermentação para que ocorra a reciclagem de carreadores de elétrons, como NADH e NAD^+. Porém, nestas condições o ganho de energia líquida alcançado é relativamente baixo em relação aos obtidos em ambientes aeróbicos. Sendo assim, os autores verificaram a possibilidade de explorar carreadores de elétrons alternativos para o crescimento microbiano em condições anaeróbicas.

Em estudo utilizando modelo in vitro, a bactéria *F. prausnitzii* foi capaz de reduzir o estresse oxidativo na presença de mediadores redutores, isto é, riboflavina. Embora a

riboflavina não forneça um substrato direto para fermentação microbiana, esta vitamina pode ser benéfica para a modulação da microbiota por ser metabolizada pelas bactérias, mudando o estado redox do intestino, conforme descrito por Steinert *et al*. (2016).

O gênero *Faecalibacterium* refere-se a uma das bactérias comensais mais abundantes dentre os inúmeros microrganismos encontrados no intestino de humanos (Khan *et al*., 2012). Pesquisas com frangos de corte realizadas no Brasil também reportaram a presença desse gênero de bactéria no intestino (Fagundes *et al.,* 2016; Pereira, 2014). Estas bactérias são benéficas à saúde, especialmente pelo seu potencial anti-inflamatório, atuando na melhora da função de barreira intestinal, e também por estarem diretamente relacionadas com a produção de butirato. Desse modo, novas abordagens para o uso de níveis supranutricionais podem ser estudadas, além do âmbito prático do campo como realizado no presente estudo, com o intuito de buscar por maiores conhecimentos relacionados com a microbiota intestinal.

Uniformidade do lote

Os frangos foram identificados fenotipicamente ao final do experimento para determinação do peso corporal de machos e fêmeas como fator experimental. Os resultados médios de peso vivo e uniformidade do lote aos 41 dias de idade estão apresentados na Tabela 15. Ficaram evidentes os efeitos de desafio experimental (relatado acima) e sexo, conforme esperado, no peso vivo das aves. A não significância da interação tripla (NV × DE × SE) permite constatar que a superdose vitamínica não resultou em vantagem tanto para machos como para fêmeas. Para as variáveis que expressam a uniformidade do peso corporal (desvio-padrão e coeficiente de variação), houve efeito significativo de sexo, entretanto o maior desvio-padrão foi associado ao maior peso dos machos. O desafio resultou numa perda média de 133 g no peso aos 41 dias; apesar do peso mais baixo, as aves desafiadas tiveram um desvio padrão numericamente maior para o peso, resultando em coeficiente de variação significativamente maior. Mesmo nessa situação, a superdose vitamínica utilizada não teve a capacidade de reduzir a variação individual das aves.

Os resultados de desvio-padrão e coeficiente de variação mostraram que, independente do peso inicial do grupo (i.e. parcelas homogêneas), cada ave tem capacidade

individual de ganhar peso durante sua vida. No estudo de (Montanhini Neto *et al*., 2013), a uniformidade de peso aos 21 e 42 dias de idade não apresentou relação com o peso uniforme no alojamento. Por outro lado, ótima uniformidade foi alcançada utilizando nível elevado de suplementação vitamínica com base em valores fornecidos pela indústria para aves criadas em alta condição de estresse (Coelho & McNaughton, 1995).

Características de carcaça

Os resultados de peso absoluto da carcaça e dos seus componentes e de rendimento de carcaça e cortes comerciais, dorso e gordura abdominal expressos em porcentagem de peso vivo encontram-se na Tabela 16, e a descrição dos desdobramentos das interações ocorridas estão apresentadas a seguir. Houve interação entre os fatores nível de suplementação vitamínico e sexo das aves para as variáveis de peso absoluto da carcaça e de coxa e sobrecoxa. Aves fêmeas obtiveram maior peso de carcaça e de coxa e sobrecoxa ao receberem rações suplementadas com níveis supranutricionais de vitaminas, porém, o nível vitamínico não afetou o rendimento dos machos. O fator principal nível vitamínico mostrou que em média, as aves alimentadas com nível supranutricional de vitaminas apresentam maior peso absoluto e relativo de peito em relação ao tratamento com nível controle (P=0,070).

Na Tabela 17 estão apresentados os resultados de rendimento de cortes comerciais, percentagem de dorso e de gordura abdominal em relação ao peso da carcaça resfriada, e a descrição dos desdobramentos das interações ocorridas estão apresentadas a seguir. Houve interação entre os fatores desafio experimental e sexo das aves para as variáveis rendimento de carcaça e dos cortes das asas e coxa e sobrecoxa. O fator desafio experimental prejudicou o rendimento de carcaça dos frangos de corte machos, porém, não afetou o rendimento das fêmeas. Frangos de corte machos criados sob condições de desafio experimental apresentaram maior percentual de asas, sendo que na ausência de desafio, as fêmeas tiveram maior percentual de asas em relação aos machos. Independente da exposição ou não ao desafio experimental, os frangos machos obtiveram maior rendimento de coxa e sobrecoxa em comparação às fêmeas.

O efeito principal nível vitamínico resultou em diferença estatística para rendimento de carcaça e das asas. Aves alimentadas com nível supranutricional de vitaminas apresentaram maior rendimento de carcaça e menor rendimento de asas em relação ao nível controle. Foram obtidos efeitos significativos para o sexo das aves para as variáveis de rendimento de peito, dorso e percentagem de gordura abdominal. As fêmeas apresentaram maiores valores de rendimento de peito, dorso e percentagem de gordura em relação aos machos.

Devido ao maior número de repetições utilizadas para medir as variáveis relacionadas às características de carcaça, é possível afirmar que as respostas significativas se devem à maior capacidade do teste estatístico em detectar pequenas diferenças entre as estimativas das médias dos tratamentos (Velini *et al*., 2006). Os resultados mais importantes observados em favor da superdose de vitaminas na ração ilustram bem este aspecto. Um dos resultados se refere ao maior rendimento de carcaça, que foi altamente significativo (P=0,008), porém os valores numéricos foram de 73,16% para o tratamento superdose e 72,77% para o controle, revelando uma diferença de apenas 0,5%, que tem pouco alcance prático em vista do custo associado aos níveis elevados de vitaminas suplementados. Por outro lado, um aumento em 10 g no peso médio do peito com o uso da superdose de vitaminas poderia justificar o seu uso em função da valorização da carne de peito em diferentes mercados.

4.1. Conclusão

O uso de níveis supranutricionais das vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12} não apresentou efeito sobre o desempenho e uniformidade de frangos de corte. Os níveis supranutricionais não foram efetivos nas condições de desafio impostas nesse estudo. Dependendo do retorno econômico, nível supranutricional de vitaminas pode ser utilizado por frangos de corte resultando em maior rendimento de carcaça e de peito.

REFERÊNCIAS

Adedokun SA, Helmbrecht A, Applegate TJ. Investigation of the effect of coccidial vaccine challenge on apparent and standardized ileal amino acid digestibility in grower and finisher broilers and its evaluation in 21-day-old broilers. Poultry Science 2016; 95:1825-1835.

Cengiz O, Koksal BH, Tatl O, Sevim O, Ahsan U, Under AG, Uluta PA¸Beyaz D, Buyukyoruk S, Yakan A, Onol AG. Effect of dietary probiotic and high stocking density on the performance, carcass yield, gut microflora, and stress indicators of broilers. Poultry Science 2015; 94:2395-2403.

Chapman HD, Jeffers TK. Restoration of sensitivity to salinomycin in Eimeria following 5 flocks of broiler chickens reared in floor-pens using drug programs and vaccination to control coccidiosis. Poultry Science 2015; 94:943-946.

Cho JH, Lu N, Lindemann MD. Effects of vitamin supplementation on growth performance and carcass characteristics in pigs. Livestock Science 2017; 204:25-32.

Coelho MB, Cousins B, McKnight W. Impact of a targeted B-Vitamin regimen on rate and efficiency of growth on lean growth genotype pigs from 6 to 110 kilograms of body weight. In: American Society of Animal Science; 2001a; Indianapolis, Indiana. United States. p. 68.

Coelho MB, McKnight W, Cousins B. Effect of a targeted B-vitamin regimen on rate and efficiency of fast growing broilers from 0 to 49 days. In: Poutry Science Association; 2001b; Indianapolis, Indiana. United States. p. 201.

Coelho MB, McNaughton JL. Effect of composite vitamin on broilers. Journal of Applied Poultry Research 1995; 4:219-229.

Combs Jr GF. The vitamins. 3 ed. Ithaca; N. Y. / Elsevier; 2007.

Cressman MD, Yu Z, Nelson MC, Moeller SJ, Lilburn MS, Zerby HN. interrelations between the microbiotas in the litter and in the intestines of commercial broiler chickens. Applied and Environmental Microbiology 2010; 76(19):6572-6582.

Fagundes NS, Pereira R, Bortoluzzi C, Rafael JM, Napty GS, Barbosa JGM, Sciencia MCM, Menten JFM. Replacing corn with sorghum in the diet alters intestinal microbiota without altering chicken performance. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 2017; 1:1-12.

Golder HM, Geier MS, Forder REA, Hynd PI, Hughes RJ. Effects of necrotic enteritis challenge on intestinal micro-architecture and mucin profile. British Poultry Science 2011; 52(4):500-506.

Houshmand M, Azhar K, Zulkifli I, Bejo MH, Kamya A. Effects of prebiotic, protein level, and stocking density on performance, immunity, and stress indicators of broilers. Poultry Science 2012; 91:393-401.

Khan MT, Browne WR, Dijl JM, Harmsen HJM. How Can Faecalibacterium prausnitzii Employ Riboflavin for Extracellular Electron Transfer? Antioxidants & Redox Signaling 2012; 17(10):1433-1440.

Kipper M, Andretta I, Lehnen CR, Lovatto PA, Monteiro SG. Meta-analysis of the performance variation in broilers experimentally challenged by Eimeria spp. Veterinary Parasitology 2013; 196:77-84.

Luthold RV, Fernandes GR, Franco-de-Moraes AC, Folchetti LGD, Ferreira SRG. Gut microbiota interations with the immunomodulatory role of vitamin D in normal individuals. Metabolism 2017; 69:76-86.

McDowell LR. Vitamins in animal and human nutrition.2 ed. Ames, I.A / Iowa State University Press; 2000.

Montanhini Neto R, Surek D, Rocha C, Dahlke F, Maiorka A. The effect of grouping one-day-old chicks by body weight on the uniformity of broilers. Poultry Science 2013; 22:245-250.

NRC. Nutrient requirements of poultry. Washington, DC: National Academy Press; 1994.

NRC. Nutrient requirements of swine. Washington, DC: National Academy Press; 1988.

Pan D, Yu Z. Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. Gut Microbes 2014; 5(1):108-119.

Pereira R. Probiótico na dieta de frangos de corte submetidos a antibioticoterapia: desempenho e microbiota intestinal. [Thesis]. Piracicaba (SP): Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo; 2014.

ROSS AN AVIAGEN BRAND. Frangos Ross 308 AP (AP95): especificações nutricionais. 2017. Disponível em: <http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Portuguese/Ross-308AP-Broiler-Nutrition-Specs-2017-PT.pdf>. Acesso em: 19 de jan. 2019.

Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Costa FGP, Saraiva A, Abreu MLT, Oliveira RFM, Barreto SLT, Brito CO. Tabelas brasileiras para aves e suínos. 4 ed. Viçosa, M.G. / UFV – Universidade Federal de Viçosa; 2017.

Rutz, F, Anciuti MA, Maier JC. Digestão, Absorção e Metabolismo das Vitaminas. In: Sakomura NK, Silva JHV, Costa FGP, Fernandes JBK, Hauschild L, editor. Nutrição de não ruminantes. Viçosa: UFV – Universidade Federal de Viçosa; 2014a. P. 143-166.

Sakomura NK, Rostagno HS. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2 ed. Jaboticabal: Funep-Unesp; 2016.

Stanley VG, Gray C, Daley M, Krueger WF, Sefton AE. An alternative to antibiotic-based drugs in feed for enhancing performance of broilers grown on Eimeria spp.-infected litter. Poultry Science 2004; 83:39-44.

Velini ED, Palma V, Souza LS, Martins D. Interferência de plantas daninhas na cultura do milho. I - Efeito do número de repetições sobre a precisão dos resultados obtidos. Planta Daninha 2006; 24(3):435-442.

Voeten AC, Braunius WW, Orthel FW, Rijen MAJV. Influence of coccidiosis on growth rate and feed conversion in broilers after experimental infections with Eimeria acervulina and Eimeria maxima. Veterinary Quarterly 2011; 10(4):256-264.

Xu ZR, Hu CH, Xia MS, Zhan XA, Wang MQ. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. Poultry Science 2003; 82:1030-1036.

Tabela 9. Composição percentual das dietas experimentais pré-inicial, inicial, crescimento e final.

Ingredientes e aditivos	Pré-inicial	Inicial	Crescimento	Final
Milho (8,50% PB)	49,94	52,04	58,28	64,51
Farelo de soja (46,5% PB)	42,27	39,83	33,68	28,41
Óleo de soja	3,60	4,28	4,64	4,20
Fosfato bicálcico	1,807	1,592	1,404	1,027
Calcário calcítico	1,022	0,934	0,787	0,745
Sal comum	0,533	0,516	0,492	0,466
DL-Metionina	0,330	0,313	0,267	0,225
L-Lisina HCl	0,142	0,152	0,171	0,189
Premix vitamínico[1]	0,111	0,100	0,079	0,064
Premix mineral[2]	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de colina (60%)	0,080	0,080	0,060	0,026
L-Treonina	0,052	0,049	0,037	0,026
Anticoccidiano/Inerte[3]	0,055	0,055	0,055	0,000
Total (kg)	100,00	100,00	100,00	100,00
		Composição calculada		
Energia metabolizável (kcal/kg)	2975	3050	3150	3200
Proteína bruta (%)	24,27	23,31	20,58	18,57
Lisina digestível (%)	1,307	1,256	1,124	1,014
Metionina + Cistina digestível (%)	0,967	0,929	0,832	0,750
Metionina digestível (%)	0,536	0,515	0,461	0,416
Treonina digestível (%)	0,863	0,829	0,742	0,669
Cálcio (%)	0,917	0,878	0,758	0,634
Fósforo disponível (%)	0,463	0,419	0,374	0,296

[1]Os níveis de suplementação vitamínica para cada fase de criação e para os diferentes tratamentos estão expressos na Tabela 10; [2]DSM Nutritional Products, Composição por kg de ração: Manganês - 80 mg; Ferro - 50 mg; Zinco - 50 mg; Cobre - 10 mg; Cobalto - 1 mg; Iodo - 1 mg; [3]Anticoccidiano: Salinomicina (Coxistac® 12%); Inerte: areia lavada.

Tabela 10. Valores de suplementação vitamínica por kg de ração para as fases pré-inicial, inicial, crescimento e final.

		Pré-inicial		Inicial		Crescimento		Final	
Vitamina		Cont[1]	6×	Cont[1]	6×	Cont[1]	6×	Cont[1]	6×
Vitamina A	UI	13.538	13.538	12.216	12.216	9.637	9.637	7.873	7.873
Vitamina D3	UI	3.385	3.385	3.054	3.054	2.409	2.409	1.968	1.968
Vitamina E	UI	50,8	50,8	45,8	45,8	36,1	36,1	29,5	29,5
Vitamina K_3	mg	2,71	2,71	2,44	2,44	1,93	1,93	1,56	1,56
Tiamina (B_1)	mg	3,64	3,64	3,28	3,28	2,59	2,59	2,12	2,12
Piridoxina (B_6)	mg	5,08	5,08	4,58	4,58	3,61	3,61	2,95	2,95
Biotina	mg	0,127	0,127	0,115	0,115	0,090	0,090	0,074	0,074
Riboflavina (B_2)	**mg**	9,05	**54,3**	8,17	**49,02**	6,45	**38,7**	5,27	**31,6**
Ácido pantotênico	**mg**	18,19	**109,1**	16,42	**98,52**	12,95	**77,70**	10,58	**63,48**
Niacina	**mg**	55,0	**330,0**	49,6	**297,6**	39,2	**235,2**	33,0	**198,0**
Ácido fólico	**mg**	1,269	**7,614**	1,145	**6,870**	0,903	**5,418**	0,738	**4,428**
Vitamina B_{12}	**mg**	0,022	**0,132**	0,019	**0,119**	0,016	**0,095**	0,013	**0,077**

[1]Cont = Refere-se aos níveis vitamínicos controle para frangos de corte conforme Rostagno (2017). Níveis supranutricionais empregados indicados em negrito.

Tabela 11. Valores analisados e esperados[1] de riboflavina, ácido pantotênico, niacina (soma de nicotinamida e ácido nicotínico), ácido fólico (soma de ácido fólico e 5-metil-FH_4) e vitamina B_{12} encontrados nas rações utilizadas no experimento em piso.

	Trat[2]	Riboflavina	Ácido pantotênico	Niacina	Ácido fólico	Vitamina B_{12}
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg
Pré-inicial	T1	21,7 (9,1)	33,9 (18,2)	63,8 (55,0)	1,6 (1,3)	19,9 (22,0)
	T2	51,9 (54,3)	118,4 (109,1)	290,0 (330,0)	19,6 (7,6)	71,1 (132,0)
	T3	12,8 (9,1)	25,8 (18,2)	57,0 (55,0)	1,1 (1,3)	10,5 (22,0)
	T4	68,9 (54,3)	136,0 (109,1)	228,0 (330,0)	20,1 (7,6)	82,2 (132,0)
Inicial	T1	11,7 (8,2)	24,4 (16,4)	50,2 (49,6)	1,7 (1,2)	12,1 (19,0)
	T2	46,3 (49,0)	92,7 (98,5)	204,0 (297,6)	14,5 (6,9)	48,9 (114,0)
	T3	9,4 (8,2)	21,5 (16,4)	52,5 (49,6)	1,4 (1,2)	15,5 (19,0)
	T4	48,2 (49,0)	103,0 (98,5)	110,0 (297,6)	17,1 (6,9)	74,9 (114,0)
Crescimento	T1	8,0 (6,5)	18,9 (12,9)	43,6 (39,2)	1,4 (0,9)	6,8 (16,0)
	T2	26,2 (38,7)	91,6 (77,7)	210,0 (235,2)	15,6 (5,4)	55,7 (96,0)
	T3	8,0 (6,5)	18,8 (12,9)	48,2 (39,2)	1,1 (0,9)	5,9 (16,0)
	T4	25,7 (38,7)	82,2 (77,7)	222,0 (235,2)	16,0 (5,4)	51,8 (96,0)
Final	T1	5,0 (5,3)	17,5 (10,6)	32,7 (33,0)	1,7 (0,7)	4,6 (13,0)
	T2	25,5 (31,6)	66,0 (63,5)	167,0 (198,0)	14,1 (4,4)	46,3 (78,0)
	T3	6,5 (5,3)	13,9 (10,6)	32,9 (33,0)	0,1 (0,7)	7,2 (13,0)
	T4	28,5 (31,6)	66,2 (63,5)	171,0 (198,0)	18,3 (4,4)	44,3 (78,0)

[1]Os valores esperados estão apresentados entre parênteses; [2]T1: Dieta controle sem desafio experimental para a criação das aves; T2: Dieta com níveis supranutricionais 6 vezes superiores ao controle de vitaminas hidrossolúveis durante todo período experimental sem desafio experimental para a criação das aves; T3: Dieta controle com desafio experimental para a criação das aves; T4: Dieta com níveis supranutricionais 6 vezes superiores ao controle de vitaminas hidrossolúveis durante todo período experimental com desafio experimental para a criação das aves.

Tabela 12. Efeito do nível de suplementação vitamínica e do desafio experimental sobre o desempenho de frangos de corte no período de 1 a 7 dias de idade.

Tratamentos[1]		PVI (g)	PV (g)	GP (g)	CR (g)	CA	VC (%)
T1: Controle – sem desafio		49,33	172,3	122,9	125,5	1,022	100,0
T2: Superdose – sem desafio		49,03	170,8	121,8	124,9	1,028	100,0
T3: Controle – com desafio		49,35	170,4	121,0	123,1	1,018	99,80
T4: Superdose – com desafio		49,33	171,7	122,3	125,6	1,029	99,80
Fatores principais							
Nível de suplementação vitamínico (NV)	Controle	49,34	171,3	122,0	124,3	1,020	99,90
	6 vezes	49,18	171,2	122,1	125,2	1,028	99,90
Desafio experimental (DE)	Sem	49,18	171,5	122,3	125,2	1,025	100,0
	Com	49,34	171,0	121,7	124,3	1,024	99,80
Causas de variação				P-valor			
NV			0,975	0,976	0,645	0,482	1,000
DE			0,847	0,798	0,660	0,914	0,166
Interação NV × DE			0,589	0,629	0,438	0,799	1,000
CV[2] (%)			4,658	6,582	4,988	3,699	0,487

[1]T1: Dieta controle sem desafio experimental para a criação das aves; T2: Dieta com níveis supranutricionais 6 vezes superiores ao controle de vitaminas hidrossolúveis durante todo período experimental sem desafio experimental para a criação das aves; T3: Dieta controle com desafio experimental para a criação das aves; T4: Dieta com níveis supranutricionais 6 vezes superiores ao controle de vitaminas hidrossolúveis durante todo período experimental com desafio experimental para a criação das aves. [2]Coeficiente de variação.

Tabela 13. Efeito do nível de suplementação vitamínica e do desafio experimental sobre o desempenho de frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.

Tratamentos[1]		PV (g)	GP (g)	CR (g)	CA	VC (%)
T1: Controle – sem desafio		990,1	940,6	1189	1,265	99,75
T2: Superdose – sem desafio		995,1	944,1	1184	1,254	99,50
T3: Controle – com desafio		923,5	872,1	1119	1,284	99,78
T4: Superdose – com desafio		946,2	896,0	1143	1,276	99,35
Fatores principais						
Nível de suplementação vitamínico (NV)	Controle	956,8	906,4	1154	1,274	99,77
	6 vezes	970,7	920,1	1163	1,265	99,43
Desafio experimental (DE)	Sem	992,6a	942,3a	1186a	1,259a	99,63
	Com	934,9b	884,1b	1131b	1,279b	99,57
Causas de variação		P-valor				
NV		0,216	0,222	0,433	0,098	0,670
DE		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,765
Interação NV × DE		0,428	0,360	0,229	0,865	0,670
CV[2] (%)		3,609	3,818	3,182	1,386	0,803

[1]T1: Dieta controle sem desafio experimental para a criação das aves; T2: Dieta com níveis supranutricionais 6 vezes superiores ao controle de vitaminas hidrossolúveis durante todo período experimental sem desafio experimental para a criação das aves; T3: Dieta controle com desafio experimental para a criação das aves; T4: Dieta com níveis supranutricionais 6 vezes superiores ao controle de vitaminas hidrossolúveis durante todo período experimental com desafio experimental para a criação das aves. [2]Coeficiente de variação.

Tabela 14. Efeito do nível de suplementação vitamínica e do desafio experimental sobre o desempenho de frangos de corte no período de 1 a 41 dias de idade.

Tratamentos[1]		PV (g)	GP (g)	CR (g)	CA	VC (%)
T1: Controle – sem desafio		3005	2952	4651	1,576	99,25
T2: Superdose – sem desafio		2999	2947	4622	1,569	98,50
T3: Controle – com desafio		2877	2827	4558	1,613	98,70
T4: Superdose – com desafio		2860	2810	4567	1,626	98,04
Fatores principais						
Nível de suplementação vitamínico (NV)	Controle	2941	2889	4605	1,594	98,97
	6 vezes	2929	2878	4594	1,597	98,27
Desafio experimental (DE)	Sem	3002a	2949a	4636a	1,572a	98,88
	Com	2869b	2818b	4563b	1,619b	98,37
Causas de variação		P-valor				
NV		0,618	0,644	0,756	0,729	0,276
DE		<0,0001	<0,0001	0,032	<0,0001	0,430
Interação NV × DE		0,822	0,800	0,560	0,231	0,939
CV[2] (%)		2,547	2,576	2,270	1,716	2,030

[1]T1: Dieta controle sem desafio experimental para a criação das aves; T2: Dieta com níveis supranutricionais 6 vezes superiores ao controle de vitaminas hidrossolúveis durante todo período experimental sem desafio experimental para a criação das aves; T3: Dieta controle com desafio experimental para a criação das aves; T4: Dieta com níveis supranutricionais 6 vezes superiores ao controle de vitaminas hidrossolúveis durante todo período experimental com desafio experimental para a criação das aves. [2]Coeficiente de variação.

Tabela 15. Resultados médios de peso vivo e de uniformidade, expressa pelo desvio padrão e coeficiente de variação, aos 41 dias de idade

Tratamentos		Peso vivo aos 41 d (g)	Desvio-padrão (g)	Coeficiente de variação (%)
Controle – Sem desafio – Fêmea		2672 (n=196)	186,4	7,0
Superdose – Sem desafio – Fêmea		2706 (n=194)	191,6	7,1
Controle – Com desafio – Fêmea		2561 (n=222)	190,6	7,2
Superdose – Com desafio – Fêmea		2555 (n=224)	218,5	8,6
Controle – Sem desafio – Macho		3338 (n=196)	205,7	6,2
Superdose – Sem desafio – Macho		3300 (n=193)	221,3	6,7
Controle – Com desafio – Macho		3190 (n=223)	230,5	7,3
Superdose – Com desafio – Macho		3178 (n=224)	228,7	7,3
Fatores principais				
Níveis de suplementação vitamínicos (NV)	Controle	2937	203,3	7,0
	6 vezes	2929	215,0	7,4
Desafio experimental (DE)	Sem	3004a	201,3	6,7b
	Com	2871b	217,1	7,6a
Sexo das aves (SE)	Fêmea	2619a	196,8a	7,5
	Macho	3247b	221,6b	6,9
Causas de variação			P-valor	
NV		0,622	0,278	0,242
DE		<0,0001	0,145	0,014
SE		<0,0001	0,024	0,067
Interação NV × DE		0,728	0,899	0,761
Interação NV × SE		0,082	0,655	0,678
Interação DE × SE		0,855	0,981	0,818
Interação NV × DE × SE		0,145	0,354	0,286
Coeficiente de variação (%)		7,877	22,958	22,538

Tabela 16. Peso absoluto da carcaça e dos seus componentes, e rendimento da carcaça e dos cortes comerciais, porcentagem de dorso e de gordura abdominal calculados em relação ao peso vivo de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade.

Tratamentos		Carcaça		Asa		Coxa		Peito		Dorso		Gordura Abdominal	
		(g)	%	(g)	%	(g)	%	(g)	%	(g)	%	(g)	%
Controle – Sem desafio – Fêmea		1872	72,65	207	8,04	576	22,35	639	24,78	450	17,44	51,48	2,00
Superdose – Sem desafio – Fêmea		1938	73,22	212	8,03	596	22,52	665	25,14	463	17,49	55,96	2,12
Controle – Com desafio – Fêmea		1808	72,70	199	8,00	559	22,50	616	24,75	434	17,45	49,54	1,99
Superdose – Com desafio – Fêmea		1812	73,27	199	8,05	564	22,80	613	24,80	435	17,58	47,46	1,93
Controle – Sem desafio – Macho		2338	73,04	253	7,90	756	23,62	775	24,21	553	17,28	52,50	1,64
Superdose – Sem desafio – Macho		2352	73,46	252	7,88	754	23,55	788	24,61	558	17,42	51,64	1,61
Controle – Com desafio – Macho		2240	72,68	248	8,04	718	23,32	743	24,08	531	17,23	48,00	1,55
Superdose – Com desafio – Macho		2214	72,67	241	7,90	701	22,98	745	24,40	529	17,33	47,84	1,57
Fatores principais													
Níveis de vitaminas (NV)	Controle	2064	72,77b	226	7,99	653	22,95	693b	24,45b	492	17,35	50,4	1,79
	6 vezes	2078	73,16a	226	7,96	654	22,96	703a	24,74a	496	17,46	50,8	1,81
Desafio experimental (DE)	Sem	2125a	73,09	231a	7,96	671a	23,01	717a	24,68	506a	17,41	52,9a	1,84
	Com	2018b	72,83	221b	7,99	635b	22,90	679b	24,51	482b	17,40	48,3b	1,76
Sexo das aves (SE)	Fêmea	1857b	72,96	204b	8,03a	574b	22,54b	633b	24,87a	445b	17,49b	51,2	2,01a
	Macho	2286a	72,96	248a	7,93b	732a	23,37a	763a	24,32b	543a	17,32b	50,0	1,59b
Causas de variação		P-valor											
Níveis de vitaminas		0,118	0,008	0,616	0,342	0,700	0,872	0,069	0,070	0,160	0,197	0,748	0,793
Desafio experimental		<0,0001	0,073	<0,0001	0,298	<0,0001	0,250	<0,0001	0,252	<0,0001	0,889	0,005	0,079
Sexo das aves		<0,0001	0,981	<0,0001	0,007	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	<0,0001	0,037	0,364	<0,0001
Interação NV × DE		0,006	0,454	0,036	0,697	0,038	0,735	0,066	0,525	0,120	0,882	0,289	0,480
Interação NV × SE		0,027	0,216	0,011	0,158	0,002	0,023	0,066	0,607	0,341	0,824	0,477	0,713
Interação DE × SE		0,210	0,033	0,306	0,235	0,004	0,001	0,981	0,963	0,532	0,478	0,725	0,703
Interação NV × DE × SE		0,565	0,448	0,873	0,229	0,971	0,298	0,413	0,694	0,634	0,707	0,184	0,236
Coeficiente de variação (%)		4,434	1,989	5,659	4,565	5,507	4,236	7,794	6,279	6,055	4,779	25,866	25,459

Tabela 17. Resultados médios de peso vivo e rendimento dos cortes comerciais, percentagem de dorso e de gordura abdominal em proporção ao peso da carcaça resfriada de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade.

Tratamentos		PV 42d	Asa	Coxa	Peito	Dorso	Gordura Abdominal
		g			%		
Controle – Sem desafio – Fêmea		2577	11,07	30,77	34,10	24,01	2,80
Superdose – Sem desafio – Fêmea		2646	10,96	30,76	34,33	23,89	2,90
Controle – Com desafio – Fêmea		2487	11,02	30,97	34,05	24,02	2,70
Superdose – Com desafio – Fêmea		2473	10,99	31,13	33,84	24,01	2,64
Controle – Sem desafio – Macho		3202	10,83	32,35	33,14	23,65	2,20
Superdose – Sem desafio – Macho		3202	10,72	32,07	33,49	23,72	2,20
Controle – Com desafio – Macho		3081	11,07	32,09	33,12	23,71	2,14
Superdose – Com desafio – Macho		3051	10,89	31,68	33,62	23,90	2,16
Fatores principais							
Níveis de suplementação vitamínicos (NV)	Controle	2837	10,99a	31,55	33,60	23,85	2,457
	6 vezes	2843	10,89b	31,41	33,82	23,88	2,474
Desafio experimental (DE)	Sem	2907a	10,90b	31,49	33,76	23,82	2,524
	Com	2773b	10,99a	31,47	33,65	23,91	2,408
Sexo das aves (SE)	Fêmea	2546b	11,01a	30,91b	34,08a	23,98a	2,757a
	Macho	3134a	10,88b	32,05a	33,34b	23,75b	2,176b
Causas de variação					P-valor		
Níveis de suplementação vitamínicos		0,557	0,042	0,296	0,231	0,818	0,804
Desafio experimental		<0,0001	0,049	0,877	0,555	0,463	0,067
Sexo das aves		<0,0001	0,008	<0,0001	<0,0001	0,039	<0,0001
Interação NV × DE		0,009	0,952	0,947	0,692	0,622	0,612
Interação NV × SE		0,046	0,452	0,112	0,247	0,384	0,922
Interação DE × SE		0,872	0,028	0,023	0,373	0,806	0,291
Interação NV × DE × SE		0,221	0,434	0,570	0,415	0,928	0,440
Coeficiente de variação (%)		3,798	4,503	4,184	5,389	4,754	25,052

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesse estudo permitem elaborar as seguintes considerações:

- O uso de níveis supranutricionais das vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e vitamina B_{12} apresenta respostas positivas sobre o desempenho de frangos de corte criados em gaiolas e alimentados com dieta à base de milho e farelo de soja com baixa densidade nutricional.
- Independentemente das recomendações nutricionais e vitamínicas utilizadas na formulação das dietas, dietas com inclusão de subprodutos de origem animal e óleo de soja oxidados não afetam o desempenho de frangos criados em gaiolas.
- Sabe-se que dietas vegetais são mais agressivas à mucosa intestinal das aves em relação às dietas com inclusão de ingredientes de origem animal. Portanto, acredita-se que em condições de estresse, o uso de nível supranutricional de suplementação vitamínica é necessário para as aves atingirem seu potencial máximo de produção.
- Embora os resultados tenham sido satisfatórios para aves alimentadas com ração estritamente vegetal suplementadas com superdose de vitaminas hidrossolúveis no experimento em gaiolas, estes resultados não foram replicados ao criar os frangos em piso sob condições de estresse ou não (i.e. densidade de aves elevada, cama de frango reutilizada e desafio com vacina contra coccidiose).
- A suplementação de nível supranutricional de vitaminas hidrossolúveis resulta em melhor rendimento de carcaça e de peito em relação às aves alimentadas com nível controle. No entanto, esse resultado é pouco acentuado para promover aumento da lucratividade e justificar o uso de superdose de vitaminas pela indústria avícola.