



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**NÍVEIS DE METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS PARA AVES LEVES NA
FASE DE REPOSIÇÃO E SEUS EFEITOS RESIDUAIS**

JALCEYR PESSOA FIGUEIREDO JÚNIOR

**AREIA – PB
MARÇO – 2013**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**NÍVEIS DE METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS PARA AVES LEVES NA
FASE DE REPOSIÇÃO E SEUS EFEITOS RESIDUAIS**

JALCEYR PESSOA FIGUEIREDO JÚNIOR

Zootecnista

AREIA – PB

MARÇO – 2013

JALCEYR PESSOA FIGUEIREDO JÚNIOR

**NÍVEIS DE METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS PARA AVES
LEVES NA FASE DE REPOSIÇÃO E SEUS EFEITOS RESIDUAIS**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal Rural de Pernambuco e Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Nutrição Animal

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa – Orientador Principal

Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva

Prof. Dr. Ricardo Romão Guerra

AREIA – PB

MARÇO – 2013

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JALCEYR PESSOA FIGUEIREDO JÚNIOR – Nascido em 08 de Julho de 1983 na cidade de João Pessoa – PB. Coursou o Ensino Fundamental e Médio no Colégio Arquidiocesano Pio XII, na cidade de João Pessoa – PB, concluindo nos anos de 1997 e 2000, respectivamente. Em 2004, ingressou no Curso de Zootecnia na Universidade Federal da Paraíba, Campus de Areia – PB, sendo bolsista PIBIC/CNPq no período de 2007 – 2008, e graduando-se em Setembro de 2008. No mesmo ano, ingressou no Curso de Mestrado em Zootecnia no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFPB, Areia – PB, concentrando seus estudos na área de Produção e Nutrição de Não-ruminantes, obtendo o título de Mestre em Zootecnia em 10 de Dezembro de 2010. Em Março de 2011, ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, UFPB/UFRPE/UFC. Em Março de 2013, submeteu-se à defesa da Tese para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

À minha família e amigos!

À minha mãe Maria Anunciada de Almeida Figueiredo
in memoriam

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS que tornou tudo possível para a realização deste trabalho, me dando força e o conforto nas horas de necessidade, e quem me faz ver que a vida é uma dádiva feita para que possamos construir nosso próprio destino.

A minha família, em especial aos meus pais, tios e avó pelos ensinamentos e incentivos, pelos estudos e por terem me encaminhado para vida, mostrando a realidade e apontando meus erros e acertos.

A minha esposa Camilla Mendes Pedroza Pessoa pelo apoio, dedicação, compreensão, amor, companheirismo e entusiasmo no decorrer deste trabalho.

A meus irmãos e primos, que me acompanham e dão forças em todos os momentos da minha vida com muito amor e carinho.

A cidade de Areia, pela hospitalidade e pelos momentos inesquecíveis aqui vividos.

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba pelas oportunidades oferecidas.

A todos os professores que contribuíram para minha formação e ensinamentos científicos.

Ao professor Fernando Guilherme Perazzo Costa, e membros do comitê de orientação, professores Ricardo Romão Guerra e José Humberto Vilar da Silva, pelas orientações e ensinamentos, paciência e o tempo que me dispensaram durante todo o trabalho, bem como pela convivência amigável, meu muito obrigado.

As professoras Denise Fontana Figueiredo-Lima e Patrícia Emília Naves Givisiez, pelos ensinamentos e confiança no decorrer da minha formação acadêmica.

Aos professores da banca examinadora pelas valiosas sugestões e contribuições a este trabalho, compartilhando seus conhecimentos e tempo com nossa pesquisa.

Ao CNPq, Adisseo Animal Nutrition e Granja Planalto por todo apoio prestado, seja financeiro ou logístico, ao longo da realização deste trabalho.

Aos Funcionários do Aviário, Laboratórios, Biblioteca (Pamplona) e demais setores desta Instituição de ensino que deram sua contribuição.

Aos meus companheiros de equipe do GETA (Grupo de Estudos em Tecnologia Avícolas), em especial Marcelo, Sarah e Serjão, pelo companheirismo sempre, tanto nos momentos de descontração como de seriedade.

Aos meus companheiros de República: Wellington, Ebson, Dallyson, Agenor, Rodrigo, João Paulo, José Fábio, Élcio, Adriano, Lampião, Sr. Roberto e Socorro pelas discussões e alegrias vividas.

Aos inesquecíveis amigos conquistados em nove anos de Areia, desde os tempos de calouro da graduação até ao doutorado, que foram companhias nos momentos de diversão, de estudo e que de uma forma ou de outra contribuíram na minha formação.

Aos meus colegas de trabalho da SEAP (Secretaria de Agropecuária), em especial do Departamento de Modernização e Indústria Agropecuária, pela compreensão do significado deste curso em minha vida pessoal e profissional.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram com a realização deste trabalho. Muito Obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE FIGURAS	xvi
RESUMO GERAL	xviii
GENERAL ABSTRACT	xx
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
CAPÍTULO 1	3
Referencial Teórico	3
Introdução.....	4
Metabolismo da metionina+cistina em aves	5
Efeitos dos níveis de metionina+cistina sobre o desempenho das aves de reposição....	7
Efeitos dos níveis de metionina+cistina sobre o desempenho produtivo e qualidade de ovos de poedeiras	12
Influência da metionina+cistina sobre o sistema imune	17
Referências Bibliográficas	21
CAPÍTULO 2	32
Níveis de metionina+cistina digestíveis para aves de reposição leves na fase inicial	32
Resumo.....	33
Abstract	35
Introdução	36
Material e Métodos.....	37
Resultados e Discussão.....	42
Conclusões.....	63
Referências Bibliográficas.....	63
CAPÍTULO 3	70
Níveis de metionina+cistina digestíveis para aves de reposição leves na fase de cria....	70
Resumo.....	71
Abstract.....	72
Introdução.....	73

Material e Métodos.....	74
Resultados e Discussão.....	79
Conclusões.....	100
Referências Bibliográficas.....	100
Considerações Finais.....	105

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2 – Níveis de metionina+cistina digestíveis para aves de reposição leves na fase inicial

Tabela 1. Ingredientes e composição química das dietas experimentais	39
Tabela 2. Propriedades dos modelos não-lineares utilizados na curva de crescimento para frangas de 1 a 6 semanas de idade.....	40
Tabela 3. Média da temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental.....	43
Tabela 4. Efeitos dos tratamentos sobre o peso vivo final (PVF, g/ave), ganho de peso (GP, g/ave), consumo de ração (CR, g/ave), conversão alimentar (CA, g/g), consumo de Met+Cis (CMC, mg/ave/dia) e consumo de Lis (CLIS, mg/ave/dia) das aves de 1 a 6 semanas de idade.....	43
Tabela 5. Equações das variáveis influenciadas estatisticamente pelos níveis de metionina+cistina digestíveis das rações.....	44
Tabela 6. Efeitos dos tratamentos sobre o peso absoluto (g) e relativo (%) do peso final sem vísceras (PFSV), fígado (FIG), baço (BAÇ) e gordura celomática (GC) das aves de 1 a 6 semanas de idade.....	49
Tabela 7. Equações das variáveis influenciadas estatisticamente pelos níveis de metionina+cistina digestíveis das rações.....	50
Tabela 8. Efeitos dos tratamentos sobre a atividade das enzimas alanina aminotransferase (ALT, U/L), aspartato aminotransferase (APT, U/L), gamma-glutamilttransferase (GGT, U/L) e da creatinina (CRE, mg/dL), albumina (ALB, g/dL) e proteína sérica (PTN, g/dL) das aves de 1 a 6 semanas de idade.....	51
Tabela 9. Equações das variáveis influenciadas estatisticamente pelos níveis de metionina+cistina digestíveis das rações.....	52

Tabela 10. Efeito residual dos tratamentos sobre a idade ao primeiro ovo (IPO, dias), peso ao primeiro ovo (PPO, g), número de ovos no período (NOP, total de ovos), números de dias de produção (NDP, dias), taxa de postura (TXP, %), peso médio dos ovos (PMO, g) e massa de ovos (MO, g/ave/dia) das aves de 18 a 29 semanas de idade.....58

Tabela 11. Efeitos residual dos tratamentos sobre a produção de ovos (PR, %), peso de ovo (PO, g), massa de ovos (MO, g/ve/dia), percentagem de albúmen (ALB, %), gema (GEM, %) e casca (CASC, %), gravidade específica (GE, g/mL), espessura de casca (ESPC, mm) e cor (COR, ROCHE) das aves de 33 a 49 semanas de idade.....61

Tabela 12. Efeitos residual dos tratamentos sobre a produção de ovos (PR, %), peso de ovo (PO, g), massa de ovos (MO, g/ve/dia), percentagem de albúmen (ALB, %), gema (GEM, %) e casca (CASC, %), gravidade específica (GE, g/mL), espessura de casca (ESPC, mm) e cor (COR, ROCHE) das aves de 54 a 70 semanas de idade.....62

Tabela 13. Equações das variáveis influenciadas estatisticamente pelos níveis de metionina+cistina digestíveis das rações na fase de efeito residual.....63

Capítulo 3 - Níveis de metionina+cistina digestíveis para aves de reposição leves na fase de cria

Tabela 14. Ingredientes e composição química das dietas experimentais76

Tabela 15. Propriedades dos modelos não-lineares utilizados na curva de crescimento para frangas de 7 a 12 semanas de idade.....77

Tabela 16. Média da temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental.....80

Tabela 17. Efeitos dos tratamentos sobre o peso vivo final (PVF, g/ave), ganho de peso (GP, g/ave), consumo de ração (CR, g/ave), conversão alimentar (CA, g/g), consumo de Met+Cis (CMC, mg/ave/dia) e consumo de Lis (CLIS, mg/ave/dia) das aves de 7 a 12 semanas de idade.....	80
Tabela 18. Equações das variáveis influenciadas estatisticamente pelos níveis de metionina+cistina digestíveis das rações.	82
Tabela 19. Efeitos dos tratamentos sobre o peso absoluto (g) e relativo (%) do peso final sem vísceras (PFSV), fígado (FIG), baço (BAÇ) e gordura celomática (GC) das aves de 7 a 12 semanas de idade.	87
Tabela 20. Efeitos dos tratamentos sobre a atividade das enzimas alanina aminotransferase (ALT, U/L), aspartato aminotransferase (APT, U/L), gamma-glutamilttransferase (GGT, U/L) e da creatinina (CRE, mg/dL), albumina (ALB, g/dL) e proteína sérica (PTN, g/dL) das aves de 7 a 12 semanas de idade.....	89
Tabela 21. Equações das variáveis influenciadas estatisticamente pelos níveis de metionina+cistina digestíveis das rações.....	90
Tabela 22. Efeito residual dos tratamentos sobre a idade ao primeiro ovo (IPO, dias), peso ao primeiro ovo (PPO, g), número de ovos no período (NOP, total de ovos), números de dias de produção (NDP, dias), taxa de postura (TXP, %), peso médio dos ovos (PMO, g) e massa de ovos (MO, g/ave/dia) das aves de 18 a 29 semanas de idade.....	94
Tabela 23. Efeitos residual dos tratamentos sobre a produção de ovos (PR, %), peso de ovo (PO, g), massa de ovos (MO, g/ve/dia), percentagem de albúmen (ALB, %), gema (GEM, %) e casca (CASC, %), gravidade específica (GE, g/mL), espessura de casca (ESPC, mm) e cor (COR, ROCHE) das aves de 33 a 49 semanas de idade.....	97
Tabela 24. Efeitos residual dos tratamentos sobre a produção de ovos (PR, %), peso de ovo (PO, g), massa de ovos (MO, g/ve/dia), percentagem de albúmen (ALB, %), gema (GEM, %) e casca (CASC, %), gravidade específica (GE, g/mL), espessura de casca (ESPC, mm) e cor (COR, ROCHE) das aves de 54 a 70 semanas de idade.....	98

Tabela 25. Equações das variáveis influenciadas estatisticamente pelos níveis de metionina+cistina digestíveis das rações na fase de efeito residual.....	99
---	----

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2 – Níveis de metionina+cistina digestíveis para aves de reposição leves na fase inicial

Figura 1. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre o consumo de ração de aves de reposição leves no período de 1 a 6 semanas de idade.....	45
Figura 2. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre a conversão alimentar de aves de reposição leves no período de 1 a 6 semanas de idade.....	45
Figura 3. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre o consumo de lisina de aves de reposição leves no período de 1 a 6 semanas de idade.....	46
Figura 4. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre a atividade da alanina aminotransferase sérica de aves de reposição leves no período de 1 a 6 semanas de idade.....	53
Figura 5. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre a atividade da gamma-glutamilttransferase sérica de aves de reposição leves no período de 1 a 6 semanas de idade.....	53
Figura 6. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre a creatinina sérica de aves de reposição leves no período de 1 a 6 semanas de idade.....	54
Figura 7. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre a albumina sérica de aves de reposição leves no período de 1 a 6 semanas de idade.....	54
Figura 8. Curva de crescimento ajustada de acordo com o modelo de Gompertz	56

Capítulo 3 - Níveis de metionina+cistina digestíveis para aves de reposição leves na fase de cria

Figura 9. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre o peso vivo final de aves de reposição leves no período de 7 a 12 semanas da idade.....	82
--	----

Figura 10. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre o ganho de peso de aves de reposição leves no período de 7 a 12 semanas de idade.....	83
Figura 11. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre a conversão alimentar de aves de reposição leves no período de 7 a 12 semanas de idade.....	83
Figura 12. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre a atividade da gamma-glutamyltransferase sérica de aves de reposição leves no período de 7 a 12 semanas de idade.....	90
Figura 13. Curva de crescimento ajustada de acordo com o modelo de Gompertz.....	92

NÍVEIS DE METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS PARA AVES LEVES NA FASE DE REPOSIÇÃO E SEUS EFEITOS RESIDUAIS

RESUMO GERAL

Objetivou-se determinar a exigência nutricional de metionina+cistina (ASF) digestíveis para aves de reposição leves de 1 a 6 e 7 a 12 semanas de idade e avaliar seus efeitos na fase de produção de ovos. Foram desenvolvidos oito experimentos, divididos em quatro experimentos na fase de 1 a 6 semanas e quatro experimentos na fase de 7 a 12 semanas de idade, em diferentes fases de produção: inicial (1 a 6 semanas), cria (7 a 12 semanas), pré-postura (18 a 29 semanas), postura I (33 a 49 semanas) e postura II (54 a 70 semanas). Utilizou-se um delineamento inteiramente ao acaso com seis níveis de metionina+cistina, seis repetições e 30 aves por unidade experimental (UE) para fase inicial, seis repetições e 15 aves/UE para fase de cria, oito repetições e 10 aves/UE para fase pré-postura, seis repetições e 8 aves/UE para a fase de postura I, e sete repetições e 4 aves/UE para postura II. Os tratamentos dietéticos consistiram de um controle positivo que atendia as exigências de ASF de acordo com o NRC (1994), e cinco outras dietas com níveis de ASF digestíveis formuladas com base nas tabelas brasileiras de exigências nutricionais, equivalentes a 80, 90, 100, 110 e 120% das recomendações nutricionais para as fases inicial e cria. Foram avaliados dados de desempenho e sorologia nas fases inicial e cria, e desempenho e qualidade de ovo nas fases pré-postura e postura. Para fase inicial houve comportamento quadrático para consumo de ração, conversão alimentar, consumo de lisina, atividade enzimática da alanina aminotransferase, gamma-glutamyltransferase e níveis séricos da creatinina e albumina em função dos níveis de ASF digestíveis, sendo as exigências para estas características 89,78% (0,575%), 114,33% (0,732%), 89,37% (0,572%), 100% (0,640%), 100,40% (0,643%), 104,30% (0,668%) e 111,88% (0,716%), respectivamente. Para fase de cria houve comportamento quadrático para peso vivo final, ganho de peso, conversão alimentar e atividade enzimática da gamma-glutamyltransferase em função dos níveis de ASF digestíveis, sendo as exigências para estas características 110,60% (0,550%),

111,22% (0,553%), 104,83% (0,521%) e 99,47% (0,494%), respectivamente. Com base nos resultados obtidos e nas respostas biológicas das aves no decorrer do estudo, recomenda-se a utilização de 0,516% de metionina+cistina digestíveis, que corresponde a um consumo de 104,21 mg/ave/dia, e relação com a lisina de 83%, para aves de reposição leves de 1 a 6 semanas de idade, e a utilização de 0,521% de metionina+cistina digestíveis, que corresponde a um consumo de 234,15 mg/ave/dia, e relação com a lisina de 84%, para aves de reposição leves de 7 a 12 semanas de idade.

Palavras-chave: aminoácidos sulfurosos, desempenho, efeito residual, exigência nutricional, parâmetros bioquímicos, perfil enzimático

LEVELS OF METHIONINE AND CYSTINE FOR REPLACEMENT LIGHT LAYER AND ITS RESIDUAL EFFECTS

GENERAL ABSTRACT

The objective was to determine the nutritional requirement of methionine and cystine (ASF) digestible for replacement light pullets 1 to 6 weeks and 7 to 12 weeks of age and evaluate the effects on egg production phase. Were developed eight experiments, divided into four experiments from 1 at 6 weeks and four experiments in phase 7 to 12 weeks of age, at different production stages: initial (1 to 6 weeks), create (7 to 12 weeks), pre laying (18 to 29 weeks), posture I (33 a 49 weeks) and posture II (54 to 70 weeks). It was used a completely randomized design with six levels of methionine and cystine, six replicates and 30 birds per experimental unit (UE) for the initial phase, six replicates and 15 birds/UE for the create phase, eight replicates and 10 birds/UE in pre laying phase, six replicates and 8 birds/UE for posture I phase, and seven replicates and 4 birds/UE for posture II. The dietary treatments consisted of a positive control that met requirements of ASF according to the NRC (1994), and five other diets with levels of digestible ASF formulated based Brazilian tables nutritional requirements, equivalent to 80, 90, 100, 110 and 120% of the nutritional requirements for initial and create phases. Were evaluated performance data and serology in the initial and create phases, and performance and egg quality in pre laying and posture phases. For initial phase there was a quadratic effect on feed intake, feed conversion, lysine intake, enzymatic activity of alanine aminotransferase, gamma-glutamyltransferase, serum creatinine and albumin due to levels of ASF digestible, and the requirements for these characteristics 89.78% (0.575%), 114.33% (0.732%), 89.37% (0.572%), 100% (0.640%), 100.40% (0.643%), 104.30% (0.668%) and 111.88% (0.716%), respectively. For create phase there was a quadratic effect on final body weight, weight gain, feed conversion and enzymatic activity of gamma-glutamyltransferase due to levels of ASF digestible, and the requirements for these characteristics 110.60% (0.550%), 111.22% (0.553%), 104.83% (0.521%) and 99.47% (0.494%), respectively. Based on the results obtained and the

biological responses of birds during the study, is recommended to use of 0.516% methionine and cystine digestible, which corresponds to an intake of 104.21 mg/bird/day, and a relationship with lysine of 83%, for replacement light pullets with 1 at 6 weeks of age, and the use of 0.521% methionine and cystine digestible, which corresponds to an intake of 234.15 mg/bird/day, and a relationship with lysine of 84%, for replacement light pullets with 7 at 12 weeks of age.

Key words: sulfur amino acids, performance, residual effect, nutritional requirement, biochemical parameters, enzymatic profile

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A avicultura brasileira ainda busca por alternativas consistentes em relação ao custo de produção. Cerca de 75% do custo total de produção das aves é devido à alimentação, para tanto, faz-se necessário o conhecimento aprofundado do valor nutricional dos alimentos como da exigência nutricional das aves de acordo com o seu estágio de desenvolvimento. Outro fator de importante reflexão é a proteína, já que os componentes proteicos são os mais caros das rações, sendo importante o seu uso em quantidades suficientes.

Os componentes proteicos estão entre os principais nutrientes presentes na dieta de não-ruminantes, e sua eficiência de utilização depende da quantidade, da composição e da digestibilidade de seus aminoácidos, os quais são exigidos em níveis específicos pelas aves. Quanto mais próxima a composição de aminoácidos da dieta for do requerimento das aves, mais eficiente será a utilização da proteína, com reflexos positivos na utilização dos demais nutrientes.

A prática de rações utilizando as exigências nutricionais da ave em aminoácidos possibilita melhor desenvolvimento da ave, visto que o balanço aminoacídico se torna mais equilibrado, evitando excessos.

Apesar das evidências a respeito da utilização de aminoácidos na dieta das aves, isto só se tornou viável após a produção em escala industrial dos aminoácidos pelas empresas produtoras a preços acessíveis, o que possibilitou, além dos efeitos já comentados, a flexibilização dos custos das rações, a redução dos efeitos negativos do desbalanceamento entre os aminoácidos para a síntese proteica, aliado a menor excreção de nitrogênio ao meio, contribuindo de forma direta para a manutenção da qualidade do meio ambiente, especialmente nas regiões em que a produção avícola é utilizada em grande escala.

O fornecimento de dados de exigências nutricionais o mais próximo possível aos das aves utilizadas é importante e cada vez mais necessário, pois frequentemente

linhagens melhoradas se tornam disponíveis no mercado, possuindo diferentes características de produção em relação as que foram substituídas.

Com isso, a avaliação contínua das necessidades nutricionais é frequente, especialmente em todas as fases de criação, seja ela inicial, cria, recria e postura, de forma que seja possível alcançar o potencial genético dessas aves sem ocasionar uma elevação nos custos de produção e maior degradação ao ambiente, produzindo um alimento cada vez mais disponível a todos e com maior qualidade nutricional.

Ademais, o número de pesquisas nas fases de criação anterior a postura é bem escasso se levarmos em conta os avanços no melhoramento genético que as aves vêm sofrendo nos últimos anos, bem como os novos conhecimentos nas áreas da nutrição, manejo e ambiência.

Nesse sentido, o conhecimento das exigências nutricionais em metionina+cistina para aves de reposição é fundamental, pois a metionina é considerada o primeiro aminoácido limitante para aves, atuando na síntese proteica e sendo importante doador de grupo metil no metabolismo para outras funções. Por exemplo, a forma S-adenosilmetionina que é um importante doador de radicais metil no corpo do animal, sendo necessário para a biossíntese de vários componentes corporais fundamentais para o desenvolvimento normal das aves, como a creatina e carnitina, além de ser fonte alternativa de cistina num processo não-reversível, que tem função especial na estrutura de muitas proteínas, como a insulina e imunoglobulinas, interligando cadeias polipeptídicas pela ponte dissulfeto.

Além dos mais, na fase de crescimento é fundamental que se forneça nutrientes que satisfaçam as necessidades de manutenção e ganho, garantindo assim, desenvolvimento adequado do sistema imunológico, reprodutivo, empenamento e estrutura corporal, proporcionado maior produtividade na fase de postura com a formação de aves uniformes, o que torna a atividade mais lucrativa.

Diante disto, objetivou-se com este trabalho determinar as exigências nutricionais de metionina+cistina digestíveis para aves de reposição leves nas fases inicial e cria, de 1 a 6 e 7 a 12 semanas de idade, respectivamente, bem como avaliar os efeitos dos níveis testados no desempenho produtivo nas fases pré-postura e postura.

CAPÍTULO 1

Referencial Teórico

Níveis de Metionina+Cistina Digestíveis para Aves Leves na Fase de Reposição e Seus Efeitos Residuais

INTRODUÇÃO

Na avicultura industrial, o manejo, a genética e a nutrição, assim como as interações existentes entre estes, são continuamente estudados. De certa forma, pode-se dizer que o melhoramento genético animal é o principal aspecto deste trinômio, direcionando a seleção das aves para melhores índices de produtividade. No entanto, rações com níveis nutricionais inadequados, assim como, manejo incorreto, subestimam a capacidade produtiva destas aves. Dois pontos são considerados essenciais na formulação de ração para aves: o conhecimento do consumo alimentar e a determinação das exigências nutricionais para cada fase de criação, permitindo desta forma uma definição mais adequada na concentração dos nutrientes da dieta.

Diante dessa realidade, os componentes proteicos de uma ração estão entre os principais nutrientes nas dietas das aves, dependendo a sua eficiência de utilização da quantidade, composição e digestibilidade de seus aminoácidos, os quais são exigidos em níveis específicos pelas aves.

As dietas das galinhas poedeiras podem ser formuladas à base de milho e farelo de soja, de forma que sejam suficientes para atender as necessidades nutricionais das aves. No entanto, as aves estão mais produtivas, e para que possa atender essa maior demanda de nutrientes, é necessário que suas dietas sejam ricas em aminoácidos, o que faz com que dietas comuns não sejam mais eficientes no momento atual da avicultura (Costa et al., 2011).

Os aminoácidos fornecidos na ração são usados pelas aves para inúmeras funções, como constituintes primários dos tecidos estruturais e de proteção, como pele, penas, matriz óssea, ligamentos, tecidos dos órgãos e músculos, portanto, a exigência de aminoácidos e proteína para aves varia de acordo com o estágio de produção (Albino et al., 1999).

Há 22 aminoácidos que constituem a proteína corporal, e todos são fisiologicamente essenciais. Estes aminoácidos podem ser divididos em duas categorias: aqueles que as aves não conseguem sintetizar, ou em velocidade suficiente para atender

à demanda metabólica (essenciais) e aqueles que podem ser sintetizados a partir de outros aminoácidos (não-essenciais) (Harms e Russell, 1996).

De acordo com Oliveira Neto et al. (2007) para se obter ótimo desempenho das aves, entre outros fatores, é necessário que a proteína da dieta forneça níveis suficientes de aminoácidos essenciais e não-essenciais para permitir máxima síntese proteica e atender às exigências de outros processos metabólicos. É ainda recomendável manter uma relação adequada entre os aminoácidos da dieta para que sejam evitadas perdas energéticas decorrentes do desequilíbrio entre os aminoácidos, uma vez que, quando em excesso, os aminoácidos serão eliminados, exigindo gasto de energia no processo, podendo comprometer a eficiência econômica e produtiva de uma empresa de aves de postura.

Dentre os aminoácidos essenciais, estão os aminoácidos sulfurosos, metionina e cistina, que são os primeiros limitantes nas rações utilizadas para poedeiras à base milho e farelo de soja, com grande importância metabólica nas fases de crescimento e postura das aves. Estes aminoácidos atuam diretamente na formação corporal, no desempenho produtivo e qualidade de ovos das poedeiras.

Portanto, não há dúvidas de que o fornecimento de dietas bem ajustadas, principalmente em aminoácidos, as poedeiras modernas, que são eficientes biológica e comercialmente para a indústria mundial de produção de ovos, possibilitará ao setor de postura atingir seu principal objetivo que é o de oferecer proteína animal de alta qualidade com menor custo de produção e melhor desempenho produtivo das aves (Carvalho, 2012).

METABOLISMO DA METIONINA+CISTINA EM AVES

O processo digestivo das proteínas nas aves tem início efetivo no proventrículo, onde ocorre a secreção do ácido clorídrico e enzimas digestivas que promovem a quebra

parcial das moléculas proteicas. Na moela, a ingesta sofre ação mecânica, além de ser misturada com os fluídos secretados pelo proventrículo. No intestino ocorre secreção de diversas enzimas pelo pâncreas promovendo a disponibilidade de pequenos peptídeos que são absorvidos pelas células da mucosa intestinal através de transporte ativo envolvendo íon sódio, com diferentes sistemas carreadores por vários grupos de aminoácidos (Leeson e Summers, 2001).

Após absorvidos, os aminoácidos são transportados para o fígado, onde parte é fixado pelas células hepáticas e o restante é liberado na corrente sanguínea formando um pool extracelular de aminoácidos livres. Nos tecidos após absorvidos pelas células, são convertidos em outros metabólitos ou ligam-se a um RNAt específico para serem utilizados na síntese proteica no ribossomo (D'Mello, 2000). A excreção de aminoácidos é condicionada primeiramente à sua desaminação, onde o esqueleto de carbono originado é reaproveitado e o grupo amino usado na síntese do ácido úrico que é retirado da corrente sanguínea e secretado via urina nos túbulos renais (Leeson e Summers, 2001).

Com relação à metionina, ela pode ser classificada como glicogênica porque é metabolizada em ácido pirúvico através da succinil-CoA. A metionina pode ser convertida em S-adenosil metionina por uma reação dependente de ATP. Ela funciona como um importante doador de grupo metil no organismo. Após a desmetilação, a homocisteína é formada e subsequentemente metabolizada através de duas vias: uma via de recuperação envolvendo sua re-síntese em metionina pela homocisteína metiltransferase na presença de vitamina B12. O outro caminho se segue a partir da cistationina em cisteína após receber o esqueleto de carbono da serina. A homoserina resultante é decomposta em succinil-CoA e então metabolizada em ácido pirúvico (Nelson e Cox, 2006).

Para metabolizar a metionina, a cistationina sintetase é dependente da serina para formar cistationina. Portanto, o alto consumo de metionina pode aumentar a necessidade de serina. O aumento da demanda de serina pode, em parte, ser suprido pela glicina, que é o precursor da serina (Harper et al., 1970).

A cistina é um aminoácido glicogênico e não-essencial produzido a partir da metionina no organismo. A cistina interage com a cisteína em uma reação de transformação mútua do tipo oxi-redução. A ingestão de cistina ou cisteína pode reduzir as necessidades nutricionais de metionina. Uma condensação do ATP e metionina catalisada metionina adenosiltransferase produz S-adenosilmetionina, importante para numerosas reações de transferência de grupamentos metil. O resultado destas transferências é a conversão do S-adenosilmetionina a S-adenosilcisteína, que é então clivada pela adenosilhomocisteinase a homocisteína e adenosina. Na síntese da cisteína, a homocisteína condensa com serina produzindo cistationa, a qual é posteriormente clivada pela cistationase produzindo cisteína e α -cetobutirato (Nelson e Cox, 2006).

A cistina é necessária para formação da pele, penas e pelos. Além do mais, contribui com processo de cicatrização, diminuindo a dor causada pela inflamação e fortalece a formação do tecido conjuntivo (Brumano, 2008).

Nos níveis de exigência de metionina+cistina, sabe-se que no mínimo 55% dos aminoácidos sulfurosos presentes são constituídos de metionina, e o restante cistina (D'Agostini, 2005). Semelhantemente, Rostagno et al. (1996) comentaram que, no mínimo, 55% dos aminoácidos sulfurosos na ração devem ser fornecidos na forma de metionina para aves em todas as fases de criação.

A adequação dos níveis dos aminoácidos sulfurosos é essencial para evitar desperdícios e/ou desvios metabólico de aminoácidos no organismo das aves. Já que o peso molecular da metionina é 149 e o peso molecular da cistina é 240, portanto duas moléculas de metionina são necessárias para produzir uma molécula de cistina. Creek (1968) sugeriu que 1,25 mg de metionina é necessário para produzir 1,0 mg de cistina.

EFEITOS DOS NÍVEIS DE METIONINA+CISTINA SOBRE O DESEMPENHO DAS AVES DE REPOSIÇÃO

As práticas de manejo nutricional e de monitoramento do peso das frangas de reposição têm bases fisiológicas que influenciam diretamente o desempenho produtivo da futura poedeira. Adequar o programa nutricional às exigências da ave/linhagem constitui-se num dos pontos principais para o alcance de resultados de qualidade durante as fases de crescimento e posterior estágio reprodutivo. A não observância dos princípios básicos da produção das frangas pode acarretar vários problemas durante o início de produção e ao longo do ciclo produtivo, como a baixa manutenção do pico de produção e a menor longevidade produtiva das aves (Mazzuco, 2011).

As proteínas, por sua vez, exercem muitas funções fundamentais ao organismo animal entre elas o seu crescimento e o desenvolvimento. Ela é responsável por reparar e construir tecidos, produzir hormônios e melhorar o sistema de defesa (Carvalho, 2012). O fornecimento adequado de proteína para frangas de postura permite às aves atingirem maturidade sexual com peso corporal e reservas para suportar a fase de produção sem comprometimento das reservas corporais (Benatti et al., 1997).

Do mesmo modo, com o fornecimento dos níveis aminoacídicos mais próximos das necessidades animais, há aumento na eficiência de utilização proteica e maximização do uso dos aminoácidos para síntese proteica, minimizando o seu uso como fonte de energia (Pinto et al., 2003).

Overton e Shoup (1964) afirmaram que imediatamente após a eclosão, o trato gastrointestinal das aves sofre alterações morfológicas e fisiológicas, o que aumenta a área de superfície para digestão e absorção. Tais mudanças são essenciais para que as aves possam expressar plenamente seu potencial genético para ganho de peso e diminuir o tempo necessário para início da produção. O desenvolvimento intestinal está relacionado com a ingestão de nutrientes, entre eles os aminoácidos, o que aumenta o diâmetro intestinal, e conseqüentemente, o peso relativo intestinal em relação ao peso corporal (Baranyiová e Holman, 1976).

O metabolismo inadequado de um aminoácido compromete toda homeostase do corpo, prejudica o crescimento e desenvolvimento, e pode até mesmo causar a morte da ave (Orlando et al., 2008).

Em poedeiras a exigência dos aminoácidos diminui ao longo do crescimento das aves (NRC, 1994). Estas variações nas exigências são devido às alterações fisiológicas que ocorrem durante a formação muscular e óssea, empenamento e aparelho reprodutor (Scott et al., 1982), ou seja, alterações nas prioridades de crescimento dos tecidos corporais (Martin et al., 1994).

Até as seis semanas de idade o crescimento das pintainhas depende do nível de proteína e energia do alimento. A partir da sexta semana as pintainhas adaptam seu consumo em função do nível energético, logo deficiência de proteína penalizará o crescimento e o índice de conversão (Acioli, 2012).

No período de cria, 6 a 12 semanas de idade, o crescimento é rápido, e a franga adquire a maior parte do peso adulto. Desenvolvem-se os componentes estruturais (músculos e ossos), onde 95% do esqueleto se desenvolve ao final da 12^o semana de idade. Qualquer deficiência nutricional neste período pode atrapalhar o desenvolvimento das reservas no esqueleto e nos músculos que serão necessárias para manter o alto nível de produção de ovos (Acioli, 2012).

Por outro lado, no período de recria, 12 a 18 semanas de idade, a proporção do crescimento diminui e o trato reprodutor amadurece e se prepara para produção de ovos. O peso corporal baixo e os eventos estressantes nesse período podem retardar o início da produção. Na 13^o semana de idade o esqueleto completa seu desenvolvimento (Acioli, 2012).

Vários autores têm estudado as exigências nutricionais de metionina+cistina para animais em crescimento, no entanto os resultados dos estudos são variáveis (Kalinowski et al., 2003). Isto pode ser atribuído à utilização de diferentes métodos experimentais, e também a categoria das aves experimentais (Sakomura e Rostagno, 2007).

De acordo com Leeson et al. (1998) durante o período de crescimento redução nos níveis de proteína bruta (16 – 10%) ocasionou redução no peso corporal de frangas até 126 dias de idade, estando associado à redução no consumo de ração. As frangas alimentadas com menores níveis de proteína também apresentaram maturidade sexual tardia. Leeson e Caston (1996) também observaram reduzida taxa de crescimento em frangas quando alimentadas com baixo teor de proteína bruta na ração.

Semelhantemente, Jardim Filho et al. (2008) verificaram que a formação e a manutenção do aparelho reprodutor requerem suporte nutricional e, em caso de deficiência em aminoácidos, a função reprodutiva pode ser afetada.

Andriguetto et al. (2003) inferiu que a deficiência ou excesso de aminoácidos pode ocorrer quando se fornece às aves dietas desequilibradas. Nesta situação poderá haver redução no consumo de alimentos e diminuição da síntese proteica no organismo, causando aumento no metabolismo degradativo e na excreção de aminoácidos. Silva et al. (2000) citaram que o desbalanço ocorre quando um aminoácido essencial é adicionado cerca de 2% acima das exigências nutricionais, pela desproporção na relação com os outros aminoácidos essenciais.

De acordo com McCance (1977) citado por Kwakkel et al. (1997) os efeitos da restrição de nutrientes durante a fase de crescimento afeta o desempenho produtivo das aves na fase de postura, estando este fato relacionado com insuficiente disponibilidade de alguns nutrientes para síntese e formação de estruturas essenciais do organismo durante os estágios críticos de desenvolvimento.

A produção bem sucedida de ovos depende da forma como as frangas são criadas durante as fases de crescimento, pois o peso ótimo ao início da postura e sua manutenção condicionam o desempenho da galinha poedeira por toda fase de postura (Silva et al., 2009a). O ganho de peso associado a um bom peso corporal para fase de criação são garantias de uma maturidade sexual a uma idade fisiologicamente adequada e um desempenho produtivo economicamente esperado (D'Agostini, 2005).

Entretanto, Hussein (2002) verificou que frangas alimentadas com níveis de proteína bruta (16 – 19%) em várias fases de criação, 2 a 6 semanas, 7 a 14 semanas e 15 a 20 semanas de idade, não apresentaram nenhuma diferença estatística sobre o ganho de peso e o consumo de ração. Da mesma forma, Murakami et al. (1997) afirmaram que níveis de proteína bruta (16 – 22%) nas dietas de frangas na fase de crescimento não comprometeram a maturidade sexual e o peso ao primeiro ovo das aves no início da postura. Estes mesmos autores, ainda preconizaram que o amadurecimento precoce das frangas induz à necessidade de programas alimentares que maximizem a

taxa de crescimento, associado a um bom desenvolvimento corporal, para que se tenha normalidade na fase de produção.

Barros et al. (2006) concluíram que os níveis de proteína (14 – 17%) para frangas na fase de crescimento, 7 a 18 semanas de idade, não interferiram no desempenho produtivo (consumo de ração, produção de ovos, peso e massa de ovos, e conversão por massa de ovos) das aves na fase de produção. Corroborando estes resultados, Braz et al. (2011) observaram que os efeitos da alimentação na fase de crescimento que resultaram em diferença entre 3 a 5% no peso corporal das frangas ao final deste período, podem ser compensados na fase subsequente, não afetando o desempenho no período total de produção de ovos.

Ao avaliarem níveis de metionina+cistina total (0,00 – 0,20%) para aves de reposição nas fases inicial e de crescimento, Freitas et al. (1991) não observaram nenhum efeito significativo sobre o peso médio final e a conversão alimentar das frangas. Da mesma forma, Ambrozini et al. (1992) afirmaram que a redução nos níveis de metionina+cistina a partir da 13ª semana de idade não interfere no desempenho das aves na fase de postura, o que representa uma economia no arraaçoamento destas aves.

Ao serem analisadas algumas tabelas disponíveis, observa-se que não há uniformidade nos períodos referidos para as diferentes fases e nem para os níveis nutricionais recomendados.

De acordo com o NRC (1994) os níveis de metionina+cistina para aves de reposição leves de 0 a 6, 6 a 12 e 12 a 18 semanas de idade são 0,62; 0,52 e 0,42%, respectivamente. Já Rostagno et al. (2011) recomendaram níveis de metionina+cistina digestíveis em 0,640; 0,497 e 0,396% para frangas leves com 1 a 6, 7 a 12 e 13 a 18 semanas de idade, respectivamente.

Com relação às recomendações das linhagens comerciais, o manual da linhagem Dekalb White (2009) preconiza níveis de metionina+cistina digestíveis para aves de reposição leves em 0,78; 0,66 e 0,53% para as fases de 0 a 4, 4 a 10 e 10 a 16 semanas de idade, respectivamente. Os níveis de metionina+cistina digestíveis recomendados para linhagem Hy-Line W36 (2011) são 0,74; 0,74; 0,67; 0,59 e 0,66% para as fases de 0 a 3, 4 a 6, 7 a 12, 13 a 15 e 16 a 17 semanas de idade, respectivamente.

Apesar dessas informações, os conhecimentos nutricionais para aves na fase de crescimento são escassos, sendo o elevado custo e o tempo gasto para realização de experimentos os fatores que mais prejudicam o desenvolvimento de novas pesquisas, levando em consideração que nesta fase não existe o retorno financeiro para o produtor. Esta falta de dados pode subestimar ou superestimar os níveis de nutrientes nas rações podendo levar a uma perda econômica na produção de ovos.

A atualização das exigências nutricionais de metionina+cistina para frangas no período de crescimento justifica-se pelo melhoramento genético contínuo e pelo surgimento de novas linhagens com características de produção superiores às já existentes no mercado (Silva et al., 2009b).

EFEITOS DOS NÍVEIS DE METIONINA+CISTINA SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO E QUALIDADE DE OVOS DE POEDEIRAS

Para um rápido crescimento animal os aminoácidos necessários para manutenção constituem apenas uma pequena proporção da exigência de aminoácido diária total, ao passo que para poedeiras e matrizes esta situação é invertida. Alguns aminoácidos essenciais são necessários de forma desproporcional, como a cistina para formação das penas (Moughan, 2003). A metionina e a cistina são essenciais para manutenção do corpo, mas também muito importante para síntese e renovação celular (Bonato et al., 2011).

Os aminoácidos essenciais são exigidos pelo organismo das poedeiras para atender três necessidades básicas: manutenção, formação de tecidos corporais e deposição de proteína para o ovo. Considerando que na produção comercial de ovos deve-se priorizar a otimização da conversão da proteína dietética em proteína do ovo, erros na concentração dos aminoácidos nas rações podem comprometer o desempenho produtivo e econômico das aves (Jordão Filho et al., 2006).

Entretanto, apesar das exigências nutricionais para poedeiras em produção estarem sendo determinadas ao longo dos anos, pouca analogia entre as recomendações têm sido constatado (Cupertino et al., 2009). De acordo com Jordão Filho et al. (2006) vários fatores influenciam nas exigências de metionina+cistina, como o teor de proteína da ração, a linhagem, o ambiente térmico e o teor energético, assim como a presença de fatores antinutricionais e o processamento da matéria-prima utilizada na ração.

Brumano et al. (2010a) recomendaram o nível de 0,772% de metionina+cistina digestíveis para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade, correspondendo a um consumo de 682 mg/ave/dia e uma relação com a lisina igual a 100%. Relação aminoácidos sulfurosos com a lisina similar foi verificada por Bregendhal et al. (2008), que foi de 99% para máxima produção de ovos de poedeiras leves entre 28 a 34 semanas de idade. Já a exigência de metionina+cistina digestíveis para poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade foi de 0,775%, que corresponde a um consumo de 708 mg/ave/dia e uma relação com a lisina de 101% (Brumano et al., 2010b).

Poedeiras de 22 a 44 semanas de idade alimentadas com dietas contendo 14% de proteína bruta e suplementadas com níveis crescentes de metionina (0,26 – 0,40%) apresentaram melhora na produção de ovos, peso e massa de ovos, e redução na conversão alimentar e mortalidade. As aves também apresentaram resposta positiva a suplementação de metionina sobre a qualidade dos ovos (percentagem de albúmen e gema, e espessura da casca) e peso relativo dos órgãos reprodutivos (ovário e oviduto) (Bunchasak e Silapasorn, 2005).

Sá et al. (2007) recomendaram as exigências de metionina+cistina digestíveis para poedeiras leves de 34 a 50 semanas de idade em 0,693%, que corresponde a um consumo diário de 825 mg de aminoácidos sulfurosos/ave, e uma relação ideal com a lisina de 101%, visando maximizar o desempenho e a qualidade interna e externa dos ovos.

Harms e Russell (2003) observaram que poedeiras Hy-Line W36 a partir de 45 semanas de idade alimentadas com níveis crescentes de metionina até o ponto de 0,320% apresentaram aumento linear na produção de ovos e conteúdo do ovo, a partir deste nível ambos os parâmetros produtivos e qualitativos começaram a declinar. Da

mesma forma, a perda de peso corporal das poedeiras foi reduzida à medida que o nível de metionina foi aumentado.

Cupertino et al. (2009) verificaram que o aumento nos níveis de metionina+cistina digestíveis (0,492 – 0,700%) é benéfico para produção de ovos de poedeiras leves a partir de 54 semanas de idade. Entretanto, Narváez-Solarte et al. (2005) verificaram que níveis superiores a 0,684% de metionina+cistina totais na dieta de poedeiras a partir de 22 semanas de idade podem causar efeitos negativos na produção de ovos, porque também promovem desbalanço aminoacídico e ocasionam redução da síntese proteica com o aumento no catabolismo do aminoácido limitante.

Albino et al. (1999) verificaram que níveis de aminoácidos acima da exigência estabelecida para fase de postura, promove resposta insatisfatória no desempenho, provavelmente devido ao efeito depressivo do excesso de aminoácidos sobre o consumo de ração. O desequilíbrio aminoacídico em uma ração ocasiona mudanças específicas na concentração de aminoácidos plasmáticos, afetando o consumo de alimentos pelas aves (Andrigueto et al., 2003).

Para o final do primeiro ciclo de postura, Togashi et al. (2002) verificaram que para otimizar a produção de ovos e consumo de ração para poedeiras a partir de 51 semanas de idade, as exigências de metionina+cistina foram estimadas em 0,565 e 0,574%, respectivamente. Enquanto que os níveis de 0,582 e 0,569% foram os mais adequados para maximizar o peso e a massa de ovos, respectivamente.

Laurentiz et al. (2005) observaram melhores índices de desempenho produtivo em poedeiras no período de 74 a 86 semanas de idade, quando utilizaram níveis de aminoácidos sulfurosos totais em 0,600%. Todavia, Nassiri et al. (2012) afirmaram que a associação de níveis de proteína bruta e metionina, 12,8 – 14,7% e 0,27 – 0,34%, respectivamente, nas dietas de poedeiras com 70 a 76 semanas de idade não interferiram no desempenho produtivo e na qualidade de ovos das aves.

Barbosa et al. (1999) verificaram que poedeiras na 76^o semana de idade suplementadas com metionina apresentaram melhores índices de produção quando comparadas as aves que não receberam suplementação de metionina. Os autores concluíram que a exigência nutricional de metionina+cistina digestíveis para poedeiras

leves de 82 a 97 semanas de idade é de 0,649%, correspondendo a um consumo diário de 731 mg/ave.

Adeyemo (2013) observou que o aumento nos níveis de proteína bruta (14 – 17%) nas dietas de poedeiras em segundo ciclo de produção proporcionou aumento no consumo de ração e na produção de ovos. Por sua vez, Domingues et al. (2012) relataram que o uso de níveis adequados de aminoácidos sulfurosos, entre 0,50 a 0,56%, promoveu a recuperação dos órgãos reprodutivos, fígado e pâncreas de poedeiras no período pós-muda forçada, impulsionando os bons resultados durante o segundo ciclo de postura.

De acordo com Rodrigues et al. (1996) as poedeiras em segundo ciclo de postura apresentam elevada exigência de aminoácidos sulfurosos para a recuperação do empenamento, pois as penas são constituídas quase exclusivamente de aminoácidos sulfurosos.

Semelhantemente, Ambrosen e Petersen (1997) afirmaram que aves recebendo dietas com suplementação em metionina apresentaram redução na taxa de canibalismo e mortalidade. Além do bem-estar das aves, a redução na perda de penas tem uma importância econômica e nutricional, devido à diminuição no desvio de nutrientes para formação das penas. Biedermann et al. (1993) correlacionaram as condições da plumagem entre as linhagens de poedeiras com a menor mortalidade, redução no número de ovos não comerciais e aumento na produção de ovos.

Quanto aos fatores qualitativos da produção de ovos, Shafer et al. (1996) relataram que o aumento na ingestão de metionina para poedeiras de 326 mg para 512 mg/ave/dia proporcionou maior peso de ovos, elevação no peso do albúmen e gema, e na quantidade de sólidos totais do albúmen e da gema. Novak et al. (2004) observaram que o principal fator que contribuiu para o aumento no peso do ovo é o volume no conteúdo do albúmen.

De acordo com Barros et al. (2006) para uma boa qualidade dos ovos é necessário cuidado com a poedeira moderna, que é altamente produtiva, e muito sensível às variações dos níveis nutricionais da dieta. Sabe-se que os aminoácidos, as vitaminas e os minerais exercem funções relevantes na nutrição e formação dos ovos. A

proteína é um nutriente crítico, que assegura boa qualidade dos constituintes internos do ovo, e por isso deve estar em níveis adequados e bem equilibrados nas rações para poedeiras. Um aumento na produção de ovos significa um aumento na ingestão e equilíbrio de nutrientes, que fazem parte da composição dos ovos ou que participam no seu processo de formação (Brumano, 2008).

Para Leeson e Summers (2001) os aminoácidos são componentes essenciais dos ovos, e constituem as moléculas proteicas presentes no albúmen, gema e casca. De acordo com Harms e Russel (1993) os níveis de aminoácidos na ração, especialmente aqueles que compõem os aminoácidos sulfurosos são importantes por influenciar o tamanho dos ovos.

Brumano et al. (2010a) observaram efeito linear crescente dos níveis de metionina+cistina digestíveis (0,650 – 0,900%) sobre a percentagem de gema, contudo, não encontrou o mesmo efeito sobre a percentagem de albúmen, casca e de ovos não comerciais. A maior percentagem de gema verificada com o aumento dos níveis de metionina+cistina pode estar relacionada à formação dos fosfolipídios para formar as lipoproteínas da gema.

Da mesma forma, Tsiagbe et al. (1988) utilizaram níveis de suplementação de metionina nas dietas para poedeiras comerciais, e observaram elevação na composição em fosfolipídios totais da gema dos ovos. Os autores também observaram correlação significativa entre o peso da gema e a concentração em fosfolipídios totais e fosfatidilcolina.

De acordo com Larbier e Leclercq (1994) o albúmen é rico em aminoácidos sulfurosos, e a deficiência dietética em metionina pode ocasionar redução no seu conteúdo. Semelhantemente, Klasing (1998) explicou que a redução no tamanho do ovo pode estar relacionada à deficiência de um aminoácido, provocando redução no conteúdo de albúmen.

A suplementação de aminoácidos tem mostrado a possibilidade de ganho na qualidade dos ovos para processamento com enfoque para indústria, e os resultados obtidos indicam boas perspectivas na melhoria de certas características dos componentes do ovo, como aumento no conteúdo de sólidos totais (Faria et al., 2002).

A melhor compreensão das exigências de aminoácidos e suas relações podem maximizar o lucro da atividade avícola de postura, devido à otimização na composição dos componentes do ovo e na produção (Novak et al., 2004).

INFLUÊNCIA DA METIONINA+CISTINA SOBRE O SISTEMA IMUNE

O sistema imunológico das aves opera de acordo com os mesmos princípios do sistema imunológico dos mamíferos (Sharma, 1984). Os monócitos, macrófagos, heterofilos e linfócitos constituem os componentes celulares das respostas imunológicas nas aves (Morgulis, 2002). O sistema imune é o responsável pela destruição dos “agentes” estranhos (antígenos) que invadem o organismo animal. É composto de moléculas e células capazes de combater e eliminar os antígenos nos primeiros estágios da infecção (sistema inato) e ainda mostrar uma defesa em longo prazo (sistema adaptativo), a partir da proliferação de linfócitos e da liberação de citocinas (Humphrey e Klasing, 2004).

Os aminoácidos além de formar proteína corporal, participam de numerosas e variadas reações metabólicas e imunológicas. No entanto, o consumo de aminoácidos essenciais e não-essenciais em quantidades excessivas ou em desproporções aos requeridos, pode ocasionar efeitos adversos, como por exemplo, decréscimos no consumo de alimentos e no crescimento, até a utilização inadequada de nutrientes, aberrações neurológicas e problemas de saúde (Carvalho, 2012).

O sistema imunológico, em suas ações contra os organismos invasores, envolve uma série complexa de interrelação celular com as atividades metabólicas. A questão importante, portanto, é como variações na disponibilidade tecidual de aminoácidos sulfurosos e os produtos do seu metabolismo interagem com os processos imunes.

De acordo com Carvalho (2012) a metionina é importante para produção de imunoglobulinas G, o que contribui diretamente para elevar a resistência às doenças,

fator importante na criação de galinhas poedeiras, haja vista o seu longo ciclo produtivo. Da mesma forma, Harter e Baker, (1978) observaram que o consumo de quantidades inadequadas de metionina pode comprometer o crescimento e provocar danos teciduais no organismo das aves. Por sua vez, Li et al. (2007) afirmaram que a deficiência de proteína tem sido associada a prejuízos no funcionamento do sistema imunológico, aumentando a susceptibilidade dos animais a doenças. Esta deficiência dietética de proteína diminui a disponibilidade de aminoácidos no plasma, em particular, metionina e cistina.

Yodseranee e Bunchasak (2012) alertaram que a deficiência em metionina no organismo da ave tem um grande impacto no crescimento, induzindo distúrbios metabólicos e redução no potencial do sistema de defesa. Semelhantemente, Poosuwan et al. (2010) verificaram que no fornecimento por um longo período de dietas com baixa proteína para aves, é necessário que se faça ajustes dietéticos nos níveis de metionina+cistina para sustentar a imunocompetência normal e alcançar o máximo desempenho produtivo.

Outros autores afirmaram que os aminoácidos sulfurosos participam no controle do estado oxidativo da ave, uma vez que estão envolvidos na síntese intracelular dos antioxidantes, em particular da glutathione (Tesseraud et al., 2009). Já Van klinken et al. (1998) determinaram que uma demanda intestinal para oxidação de metionina pode ser para síntese de cisteína, componentes da mucina secretadas pelas células caliciformes envolvidas na função imunológica inata.

Estudos forneceram informações sobre a magnitude do efeito das doses elevadas de metionina em relação às concentrações de taurina e glutathione, sendo revelado um aumento de aproximadamente 2,5 vezes de cisteína e glutathione no plasma, com uma duplicação nos níveis de taurina plasmática (Bianchi et al., 2000).

Os requerimentos de aminoácidos sulfurosos, particularmente cisteína, são aumentados durante as enfermidades (Obled, 2004). Em geral, a oxidação da maioria dos aminoácidos aumenta durante os estados inflamatórios, porém o catabolismo de cisteína reduz nestes períodos. Isso indica que a cisteína se reserva para sintetizar componentes importantes para proteção contra o estresse oxidativo, sendo utilizada

principalmente para síntese de glutathione. A glutathione é quantitativamente o antioxidante intracelular mais abundante tendo vários papéis importantes, com vital importância na proteção contra o desenvolvimento de estresse oxidativo que acompanha os estados inflamatórios (Le Floch et al., 2004).

A síntese da glutathione é limitada principalmente ao fígado, e a enzima limitante na via metabólica é a γ -glutamylcysteine synthetase. A glutathione é transferida para o sangue e transportada em todo corpo, principalmente na sua forma reduzida de glutathione peroxidase. Assim, a conversão de cisteína para glutathione é fortemente influenciado pela taxa de utilização e de transporte da glutathione no interior e entre as células do corpo (Grimble e Grimble, 1998). Kinscherf et al. (1994) ressaltaram que a administração de cisteína aumentou a concentração intracelulares de glutathione peroxidase e o número de células T.

Da mesma forma, Wilmore, (1983) verificaram que o catabolismo proteico muscular é para fornecer aminoácidos para síntese de novas células, glutathione e proteínas para a resposta imune. O aumento no catabolismo provocado em resposta a reações inflamatórias está associado com o tecido empobrecido em glutathione e o aumento na excreção de produtos nitrogenados e sulfurosos via urina.

Outros estudiosos constataram que a ativação do sistema imune leva a um aumento da via de transulfuração e da produção hepática da taurina com uma elevação na concentração de glutathione no fígado, baço, rim e músculo (Malmezat et al., 1998). Contudo, apesar do fluxo melhorado do substrato através da via de transulfuração, o fornecimento de cisteína pode não atender as exigências para manutenção das concentrações de glutathione em condições de elevado estresse oxidativo (Grimble, 2006).

A taurina, por sua vez, pode ser considerada como um produto bioquímico final do metabolismo da cisteína, desempenhando papel na função imune. Tem sido demonstrado que estes aminoácidos possuem atividades antioxidantes e regulam a liberação de citocinas pró-inflamatórias nos animais (Kontny et al., 2000). A administração de taurina na dieta pode impedir o declínio das células T (Grimble, 1996).

Bhargava et al. (1971) determinaram que a metionina dietética entre 0,7 – 1,1% melhorou as condições de crescimento das aves, contudo o nível de 0,4% resultou em melhor resposta de anticorpos, indicando que a necessidade ótima de crescimento é mais elevada do que para imunidade humoral. Do mesmo modo, Tsiagbe et al. (1987) afirmaram que a metionina é importante para imunidade celular e humoral.

Entretanto, o impacto da ingestão de aminoácidos sulfurosos na função imune do organismo não foi investigado com profundidade em seres humanos e animais experimentais. (Grimble e Grimble, 1998). Apesar da clara importância teórica dos aminoácidos sulfurosos na função imunológica, pouca experimentação foi realizada em aves para explorar os efeitos deste importante grupo de aminoácidos sobre a função imune (Grimble, 2006).

Grandes avanços têm sido alcançados nos estudos associados da nutrição-imunologia, porém há escassez de informações sobre os mecanismos moleculares de ação dos aminoácidos com relação ao sistema imune. No futuro breve, será viável a utilização de aminoácidos com função nutracêutica para melhorar a saúde e prevenir doenças nos animais (Li et al., 2007).

Outro aspecto a ser considerado é que o perfil aminoacídico utilizado nas dietas é baseado em pesquisas ou observações de campo levando em consideração a importância econômica da função produtiva de interesse. Esta função produtiva é geralmente peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar, mas não imunidade ou resistência a doenças. Embora o equilíbrio de nutrientes esteja diretamente envolvido na otimização da função produtiva, a variação em seus níveis podem ter um impacto substancial sobre os sistemas celulares, isto é, a imunidade (Kid, 2004).

De acordo com Li et al. (2007) o excesso de aminoácidos sulfurosos na dieta pode ser prejudicial para o sistema imunitário, devido ao efeito negativo do desequilíbrio aminoacídico com consequente redução na ingestão e utilização de nutrientes. Assim, cuidado deve ser exercido no desenvolvimento de estratégias nutricionais eficazes para que seja alcançada a máxima eficiência imunológica.

Uma melhor compreensão das necessidades de nutrientes para as funções imunes vai dar aos nutricionistas a capacidade de formular dietas para melhorar a

imunidade e saúde geral das aves, bem como, melhorar a viabilidade econômica da atividade (Kid, 2004).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIOLI, M.I.L. [2012]. A importância da qualidade de uma franga: os fatores que influenciam o desempenho das aves desde a aquisição até a fase de crescimento. **A Revista do Ovo**, n.8, 2012. Disponível em: <www.avisite.com.br/revistadoovo/> Acessado em: Nov. 24, 2012.
- ADEYEMO, G.O. Influence of varying crude protein levels and balanced amino acids on the performance and haematological characteristics of laying hens at the second phase of production. **Food and Nutrition Sciences**, v.4, p.11-15, 2013.
- ALBINO, L.F.T.; SILVA, S.H.M.; VARGAS JÚNIOR J.G. et al. Níveis de metionina+cistina para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.519-525, 1999.
- AMBROSEN, T.; PETERSEN, V.E. The influence of protein level in diet on cannibalism and quality of plumage of layers. **Poultry Science**, v.76, p.559-563, 1997.
- AMBROZINI, S.R.; TAFURI, M.L.; ROSTAGNO, H.S. et al. Estudos nutricionais na fase de crescimento de aves reprodutoras pesadas 2. Níveis de energia metabolizável e de metionina+cistina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, p.486-500, 1992.
- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. **Nutrição Animal**. 2 ed. São Paulo: Editora Nobel, 2003, 425p.
- BARANYOVÁ, E.; HOLMAN, J. Morphological changes in the intestinal wall in fed and fasted chickens in the first week after hatching. **Acta Veterinária**, v.45, p.151-158, 1976.

- BARBOSA, B.A.C.; SOARES, P.R.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência nutricional de metionina+cistina para galinhas poedeiras de ovos brancos e marrons, no segundo ciclo de produção. 1.Características produtivas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.526-533, 1999.
- BARROS, L.R.; COSTA, F.G.P.; COSTA, J.S. et al. Níveis de proteína para frangas semipesadas no período de uma a dezoito semanas de idade. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, p.131-141, 2006.
- BENATTI, M.R.B.; SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.A. et al. Alimentação de frangas de postura utilizando equações de predição das exigências de energia metabolizável e proteína bruta. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1997, São Paulo. **Anais...**São Paulo, 1997, p.6.
- BHARGAVA, K.K.; HANSON, R.P.; SUNDE, M.L. Effects of methionine and valine on growth and antibody production in chicks infected with live or killed Newcastle disease virus. **Poultry Science**, v.50, p.614-619, 1971.
- BIANCHI, G.; BRIZI, M.; ROSSI, B. et al. Synthesis of glutathione in response to methionine load in control subjects and in patients with cirrhosis. **Metabolism**, v.49, p.1434-1439, 2000.
- BIEDERMANN, G.; SCHMIEMANN, N.; LANGE, K. Untersuchungen über einflüsse auf den zustand des gefieders von legehennen unterschiedlichen alters. **Archiv Fur Geflügelkund**, v.57, p.280-285, 1993.
- BONATO, M.A.; SAKOMURA, N.K.; SIQUEIRA, J.C. et al. Maintenance requirements for methionine and cysteine, and threonine for poultry. **South African Society for Animal Science**, v.41, p.209-222, 2011.
- BRAZ, N.M.; FREITAS, E.R.; BEZERRA, R.M. et al. Fibra na ração de crescimento e seus efeitos no desempenho de poedeiras nas fases de crescimento e postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2744-2753, 2011.
- BREGENDAHL, K.; ROBERTS, S.A.; KERR, B. et al. Ideal ratios of isoleucine, methionine, methionine plus cystine, threonine, tryptophan, and valine relative to

lysine for White Leghorn-Type laying hens of twenty-eight to thirty-four weeks of age. **Poultry Science**, v.87, p.744-758, 2008.

BRUMANO, G. **Níveis de metionina+cistina digestíveis em rações para poedeiras leves, nos períodos de 24 a 40 semanas e de 42 a 58 semanas de idade**. 2008. 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de metionina+cistina digestível em rações para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1228-1236, 2010a.

BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de metionina+cistina digestível para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1984-1992, 2010b.

BUNCHASAK, C.; SILAPASORN, T. Effects of adding methionine in low-protein diet on production performance, reproductive organs and chemical liver composition of laying hens under tropical conditions. **International Journal of Poultry Science**, v.4, p.301-308, 2005.

CARVALHO, C.B. **Níveis de metionina+cistina e suas relações com a lisina em rações para poedeiras leves no período de 79 a 95 semanas de idade**. 2012. 55f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

COSTA, F.G.P.; LIMA, M.R.; SILVA, J.H.V. Recomendação nutricional para galinhas poedeiras. In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL PARA AVES E SUÍNOS, 2011, Viçosa. **Anais...**Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011, p.112-132.

CREEK, R.D. Non equivalence in mass in the conversion of phenylalanine to tyrosine and methionine to cystine. **Poultry Science**, v.47, p.1385-1386, 1968.

CUPERTINO, E.S.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência nutricional de metionina+cistina digestíveis para galinhas poedeiras de 54 a 70 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1238-1246, 2009.

- D'AGOSTINI, P. **Exigências de metionina+cistina para frangas de reposição leves e semipesadas nas fases inicial, cria e recria**. 2005. 120f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- D'MELLO, J.P.F. **Farm Animal Metabolism and Nutrition**. Wallingford: CABI International, 2000. 438p.
- DOMINGUES, C.H.F.; SGAVIOLI, S.; PRAES, M.F.F.M. et al. Lysine and methionine+cystine for laying hens during the post-molting phase. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.14, p.187-192, 2012.
- FARIA, D.E.; HARMS, R.H.; RUSSELL, G.B. Threonine requirement of commercial laying hens fed a corn-soybean meal diet. **Poultry Science**, v.81, p.809-814, 2002.
- FREITAS, H.O.; SOARES, P.R.; FONSECA, J.B. et al. Efeitos dos níveis de proteína e de metionina+cistina para as fases inicial, de crescimento e recria sobre o desempenho das aves legorne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, p.281-290, 1991.
- GRIMBLE, R.F. Theory and efficacy of antioxidant therapy. **Current Opinion in Critical Care**, v.2, p.260-266, 1996.
- GRIMBLE, R.F.; GRIMBLE, G.K. Immunonutrition: role of sulfur amino acids, related amino acids, and polyamines. **Nutrition**, v.14, p.605-610, 1998.
- GRIMBLE, R.F. The effects of sulfur amino acid intake on immune function in humans. **Journal of Nutrition**, supplement, p.1660s – 1665s, 2006.
- HARMS, R.H.; RUSSELL, G.B. Amino acid supplementation restores performance of commercial layers fed a low protein diet. **Poultry Science**, v.72, p.1892-1896, 1993.
- HARMS, R.H.; RUSSELL, G.B. Evaluation of the cystine requirement of the commercial laying hen. **Journal of Applied Poultry Research**, v.5, p.139-149, 1996.

- HARMS, R.H.; RUSSELL, G.B. Performance of commercial laying hens fed diets with various levels of methionine. **Journal of Applied Poultry Research**, v.12, p.449-455, 2003.
- HARPER, A.E.; BENEVENGA, N.J.; WOHLHUETER, R.M. Effects of ingestion of disproportionate amounts of amino acids. **Physiological Reviews**, v.50, p.428-558, 1970.
- HARTER, J.M.; BAKER, D.H. Factors affecting methionine toxicity and its alleviation in the chick. **Journal of Nutrition**, v.108, p.1061-1070, 1978.
- HUMPHREY, B.D.; KLASING, K.C. Modulation of nutrient metabolism and homeostasis by the immune system. **World's Poultry Science Journal**, v.60, p.90-100, 2004.
- HUSSEIN, A.S. Effect of dietary protein programs on pullet development and egg production performance of local hens. **Emirates Journal of Food Agriculture**, v.14, p.34-44, 2002.
- JARDIM FILHO, R.M.; STRINGHINI, J.H.; ANDRADE, M.A. et al. Qualidade de ovos, parâmetros bioquímicos sanguíneos e desenvolvimento do aparelho reprodutor de poedeiras comerciais Lohmann LSL alimentadas com níveis crescentes de lisina digestível. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.30, p.25-31, 2008.
- JORDÃO FILHO, J.; SILVA, J.H.V.; SILVA, E.L. et al. Exigências nutricionais de metionina+cistina para poedeiras semipesadas do início de produção até o pico de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1063-1069, 2006.
- KALINOWSKI, A.; MORAN JR., E.T.; WYATT, C. Methionine and cystine requirements of slow- and fast-feathering male broilers from zero to three weeks of age. **Poultry Science**, v.82, p.1423-1427, 2003.
- KID, M.T. Nutritional modulation of immune function in broilers. **Poultry Science**, v.83, p.650-657, 2004.

- KINSCHERF, R.; FISCHBACH, T.; MIHM, S. et al. Effect of glutathione depletion and oral N-acetylcysteine treatment on CD⁴⁺ and CD⁸⁺ cells. **FASEB Journal**, v.8, p.448-451, 1994.
- KLASING, K.C. Amino acid. In: KLASING, K.C. **Comparative Avian Nutrition**. Wallingford: CABI International, 1998, p.133-170.
- KONTNY, E.; SZCZEPANSKA, K.; KOWALCZEWSKI, J. et al. The mechanism of taurine chloramine inhibition of cytokine (interleukin-6, interleukin-8) production by rheumatoid arthritis fibroblast-like synoviocytes. **Arthritis & Rheumatism**, v.43, p.2169-2177, 2000.
- KWAKEEL, R.P.; VERSTEGEN, M.W.A.; DUCRO, B.J. Diphasic allometric growth of body components in white leghorn pullets fed *ad libitum* and restricted diets. **Poultry Science**, v.76, p.1020-1028, 1997.
- LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and Feeding of Poultry**. Loughborough: Nottingham University Press, 1994, 355p.
- LAURENTIZ, A.C.; FILARDI, R.S.; RODRIGUES, E.A. et al. Níveis de aminoácidos sulfurados totais para poedeiras semi-pesadas após a muda forçada. **Ciência Rural**, v.35, p.164-168, 2005.
- LEESON, S.; CASTON, L. Response of immature leghorn pullets to low-protein amino acid fortified diets at 18 or 30°C. **Journal of Applied Poultry Research**, v.5, p.155-160, 1996.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D.; CASTON, L.J. Performance of white- and brown- egg pullets fed varying levels of diet protein with constant sulfur amino acids, lysine, and tryptophan. **Journal of Applied Poultry Research**, v.7, p.287-301, 1998.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the Chicken**. 4 ed. University Books, 2001. 591p.
- LE FLOC'H, N.; MELCHIOR, D.; OBLED, C. et al. Modifications of protein and amino acid metabolism during inflammation and immune system activation. **Livestock Production Science**, v.87, p.37-45, 2004.

- LI, P.; YIN, Y.L.; LI, D. et al. Amino acids and immune function. **British Journal of Nutrition**, v.98, p.237-252, 2007.
- MALMEZAT, T.; BREUILLÉ, D.; POUYET, C. et al. Metabolism of cysteine is modified during the acute phase of sepsis in rats. **Journal of Nutrition**, v.128, p.97-105, 1998.
- MANUAL DE PADRÕES DE DESEMPENHO. **Hy-Line W36**. São Paulo: Nova Granada, 2011, 18p.
- MARTIN, P.A.; BRADFORD, G.D.; GOUS, R.M. A formal method of determining the dietary amino acid requirements of laying-type pullets during their growing period. **British Poultry Science**, v.35, p.709-724, 1994.
- MAZZUCO, H. [2011]. Boas práticas na recria de frangas comerciais. Disponível em: <http://www.avisite.com.br/cet/img/boapraticas_recria.pdf> Acessado em: Dez. 14, 2012.
- MORGULIS, M.S. Imunologia aplicada. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. Jaboticabal: FUNEP, 2002, 375p.
- MOUGHAN, P.J. Simulating the partitioning of dietary amino acids: New directions. **Journal of Animal Science**, v.81, E60-E67, 2003.
- MURAKAMI, A.E.; KIRA, K.C.; FURLAN, A.C. et al. Influência dos níveis proteicos na fase de cria e recria de frangas de reposição, sobre o desempenho produtivo na fase de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, p.955-958, 1997.
- NARVÁEZ-SOLARTE, W.; ROSTAGNO, H.S.; SOARES, P.R. et al. Nutritional requirements in methionine+cystine for white-egg laying hens during the first cycle of production. **International Journal of Poultry Science**, v.4, p.965-968, 2005.
- NASSIRI, M.H.; KAZEMI, F.M.; AGAH, M.J. et al. Effect of different levels of methionine, protein and tallow on the productive performance and egg quality of laying hens in the late-phase production. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.14, p.149-158, 2012.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9 ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1994. 157p.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger – Princípios de Bioquímica**. 4 ed. Sarvier, 2006, 1202p.
- NOVAK, C.; YAKOUT, H.; SCHEIDELER, S. The combined effects of dietary lysine and total sulfur amino acid level on egg production parameters and egg components in Dekalb Delta laying hens. **Poultry Science**, v.83, p.977-984, 2004.
- NUTRITION MANAGEMENT GUIDE. **Dekalb White Commercial Layer**. Netherlands: Boxmeer, 2009, 22p.
- OBLED, C. Necesidades de aminoácidos em estados inflamatórios. **Avances en Tecnología Porcina**, v.1, p.4-20, 2004.
- OLIVEIRA NETO, A.R.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de metionina+cistina total para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1359-1364, 2007.
- ORLANDO, G.F.; WOLF, G.; ENGELMANN, M. Role of neuronal nitric oxide synthase in the regulation of the neuroendocrine stress response in rodents: insights from mutant mice. **Amino Acids**, v.35, p.17-27, 2008.
- OVERTON, J.; SHOUP, J. Fine structure of cell surface specializations in the maturing duodenal mucosa of the chick. **Journal of Cell Biology**, v.21, p.75-82, 1964.
- PINTO, R.; DONZELE, J.L.; FERREIRA, A.S. et al. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1166-1173, 2003.
- POOSUWAN, K.; BUNCHASAK, C.; KAEWTAPEE, C. Long-term feeding effects of dietary protein levels on egg production, imunocompetence and plasma amino acids of laying hens in subtropical condition. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.94, p.186-195, 2010.

- RODRIGUES, P.B.; BERTECHINI, A.G.; OLIVEIRA, B.L. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. I.Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, p.248-260, 1996.
- ROSTAGNO, H.S.; BARBARINO JR., P.; BARBOZA, W. Exigências nutricionais das aves determinadas no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996, p.361-388.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- SÁ, L.M.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência nutricional de metionina+cistina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1837-1845, 2007.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007, 283p.
- SCOTT, M.L.; NEISHEIM, M.C.; YOUNG, R.J. **Nutrition of the Chicken**. 3 ed. New York: M.L. Scott and Associates, 1982. 562p.
- SHARMA, J.M. Effect of infectious bursal disease virus on protection against Marek's disease by turkey herpesvirus vaccine. **Avian Diseases**, v.28, p.629-640, 1984.
- SHAVER, D.J.; CAREY, J.B.; PROCHASKA, J.F. Effect of dietary methionine intake on egg component yield and composition. **Poultry Science**, v.75, p.1080-1085, 1996.
- SILVA, J.H.V.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência de lisina para aves de reposição leves de 0 a 6 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1777-1785, 2000.

- SILVA, E.L.; SILVA, J.H.V.; BERTECHINI, A.G. et al. Exigência de metionina+cistina para aves de reposição leves e semipesadas de 1 a 4 semanas de idade alimentadas com rações farelada e triturada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.500-507, 2009a.
- SILVA, E.L.; SILVA, J.H.V.; BERTECHINI, A.G. et al. Exigência de metionina+cistina para aves de reposição leves e semipesadas de 5 a 11 semanas de idade com rações farelada e peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2425-2434, 2009b.
- TESSERAUD, S.; COUSTARD, S.M.; COLLIN, A. et al. Role of sulfur amino acids in controlling nutrient metabolism and cell functions: implications for nutrition. **British Journal of Nutrition**, v.101, p.1132-1139, 2009.
- TOGASHI, C.K.; FONSECA, J.B.; SOARES, R.T.R.N. et al. Determinação de níveis de metionina+cistina para poedeiras semi-pesadas alimentadas com rações contendo levedura seca (*Saccharomyces cerevisiae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1426-1433, 2002.
- TSIAGBE, V.K.; COOK, M.E.; HARPER, A.E. et al. Enhanced immune response in broiler chicks fed methionine-supplemented diets. **Poultry Science**, v.66, p.1147-1154, 1987.
- TSIAGBE, V.K.; COOL, M.E.; HARPER, A.E. et al. Alterations in phospholipids composition of egg yolks from laying hens fed choline and methionine supplemented diets. **Poultry Science**, v.67, p.1717-1724, 1988.
- VAN KLINKEN, B.J.; EINERHAND, A.W.; BULLER, H.A. et al. Strategic biochemical analysis of mucins. **Analytical Biochemistry**, v.265, p.103-116, 1998.
- WILMORE, D.W. Alterations in protein, carbohydrate, and fat metabolism in injured and septic patients. **Journal of the American College of Nutrition**, v.2, p.3-13, 1983.
- YODSERANEE, R.; BUNCHASAK, C. Effects of dietary methionine source on productive performance, blood chemical, and hematological profiles in broiler

chickens under tropical conditions. **Tropical Animal Health and Production**, v.44, p.1957-1963, 2012.

CAPÍTULO 2

Níveis de Metionina+Cistina Digestíveis para Aves de Reposição Leves na Fase Inicial

Níveis de Metionina+Cistina Digestíveis para Aves de Reposição Leves na Fase Inicial

RESUMO

Objetivou-se determinar a exigência nutricional de metionina+cistina (ASF) digestíveis para aves de reposição leves de 1 a 6 semanas de idade e avaliar seus efeitos na fase de produção de ovos. O experimento teve duração de 490 dias, divididos em quatro experimentos, em diferentes fases de produção: inicial (1 a 6 semanas), pré-postura (18 a 29 semanas), postura I (33 a 49 semanas) e postura II (54 a 70 semanas). Utilizou-se um delineamento inteiramente ao acaso com seis níveis de metionina+cistina, seis repetições e 30 aves por unidade experimental (UE) para fase inicial, oito repetições e 10 aves/UE para fase pré-postura, seis repetições e 8 aves/UE para a fase de postura I, e sete repetições e 4 aves/UE para postura II. Os tratamentos dietéticos consistiram de um controle positivo que atendia as exigências de ASF de acordo com o NRC (1994), e cinco outras dietas com níveis de ASF digestíveis (0,516; 0,578; 0,640; 0,702 e 0,764%) formuladas com base nas tabelas brasileiras de exigências nutricionais, equivalentes a 80, 90, 100, 110 e 120% das recomendações nutricionais. Foram avaliados dados de desempenho e sorologia na fase inicial, e desempenho e qualidade de ovo nas fases pré-postura e postura. Houve comportamento quadrático para consumo de ração, conversão alimentar, consumo de lisina, atividade enzimática da alanina aminotransferase, gamma-glutamyltransferase e níveis séricos da creatinina e albumina em função dos níveis de ASF digestíveis, sendo as exigências para estas características 89,78% (0,575%), 114,33% (0,732%), 89,37% (0,572%), 100% (0,640%), 100,40% (0,643%), 104,30% (0,668%) e 111,88% (0,716%), respectivamente. Com base nos resultados obtidos e nas respostas biológicas das aves no decorrer do estudo, recomenda-se a utilização de 0,516% de metionina+cistina digestíveis, que corresponde a um consumo de 104,21 mg/ave/dia, e uma relação com a lisina de 83%, para aves de reposição leves de 1 a 6 semanas de idade.

Palavras-chave: aminoácidos sulfurosos, desempenho, exigência nutricional, qualidade de ovo

Levels of Methionine and Cystine for Replacement Light Pullets at Initial Phase

ABSTRACT

The objective was to determine the nutritional requirement of methionine and cystine (ASF) digestible for replacement light pullets 1 to 6 weeks of age and evaluate the effects on egg production phase. The experiment lasted 490 days, divided into four experiments at different production stages: initial (1 to 6 weeks), pre laying (18 to 29 weeks), posture I (33 to 49 weeks) and posture II (54 to 70 weeks). It was used a completely randomized design with six levels of methionine and cystine, six replicates and 30 birds per experimental unit (UE) for the initial phase, eight replicates and 10 birds/UE in pre laying phase, six replicates and 8 birds/UE for posture I phase, and seven replicates and 4 birds/UE for posture II. The dietary treatments consisted of a positive control that met requirements of ASF according to the NRC (1994), and five other diets with levels of digestible ASF (0.516, 0.578, 0.640, 0.702 and 0.764%) formulated based Brazilian tables nutritional requirements, equivalent to 80, 90, 100, 110 and 120% of the nutritional requirements. Were evaluated performance data and serology in the initial phase, and performance and egg quality in pre laying and posture phases. There was a quadratic effect on feed intake, feed conversion, lysine intake, enzymatic activity of alanine aminotransferase, gamma-glutamyltransferase, serum creatinine and albumin due to levels of ASF digestible, and the requirements for these characteristics 89.78% (0.575%), 114.33% (0.732%), 89.37% (0.572%), 100% (0.640%), 100.40% (0.643%), 104.30% (0.668%) and 111.88% (0.716%), respectively. Based on the results obtained and the biological responses of birds during the study, is recommended to use of 0.516% methionine and cystine digestible, which corresponds to an intake of 104.21 mg/bird/day, and a relationship with lysine of 83%, for replacement light pullets with 1 at 6 weeks of age.

Key words: sulfur amino acids, performance, nutritional requirement, egg quality

INTRODUÇÃO

Entre os nutrientes essenciais que influenciam diretamente o desempenho das aves, destaca-se a metionina, primeiro aminoácido limitante para esses animais quando são utilizadas dietas à base de milho e farelo de soja.

Além disso, a metionina desempenha várias funções no organismo das aves e tem efeito no sistema imune (Kalinowski et al., 2003), na deposição de proteína, no metabolismo de lipídeos e no metabolismo energético (Boomgardt e Baker, 1973). A metionina é ainda doadora de radicais metil e precursora da biossíntese da cisteína, que, ligada aos pares por uma ponte de dissulfeto, forma a cistina, o que justifica o fato de as recomendações nutricionais serem expressas como metionina+cistina (Nascimento et al., 2009).

Recentemente Rostagno et al. (2011) recomendaram valores de metionina+cistina digestíveis de 0,640% para a fase inicial (1 a 6 semanas de idade). Já Silva et al. (2009) recomendaram 0,790% de metionina+cistina total na dieta de aves de reposição leves de 1 a 4 semanas de idade.

Entretanto, poucos são os dados referentes às exigências para frangas de reposição, em especial, aminoácidos. Rostagno et al. (1996) comentaram que este fato ocorre devido ao alto custo e ao tempo necessário para a realização de experimentos com aves de reposição para produção de ovos. Isto pode, sem dúvida, comprometer a vida produtiva da ave na fase posterior ao seu crescimento, ou seja, a postura, pois é notório que a produção da ave na fase de postura estará intimamente relacionada com o seu período de desenvolvimento.

Diante disso, objetivou-se com este trabalho determinar a exigência de metionina+cistina digestíveis para aves de reposição leves de 1 a 6 semanas de idade, bem como avaliar os efeitos dos níveis testados no desempenho produtivo nas fases pré-postura e postura.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Areia/PB. O experimento teve duração de 490 dias, divididos em quatro fases de produção: inicial (1 a 6 semanas de idade), pré-postura (18 a 29 semanas de idade), postura I (33 a 49 semanas de idade) e postura II (54 a 70 semanas de idade), das quais a inicial foi a fase em que os níveis de metionina+cistina foram testados entre os tratamentos, e as demais foram as fases em que foi avaliado o efeito residual dos níveis testados na fase inicial.

Fase Inicial

Foram utilizadas 1080 aves da linhagem Dekalb White a partir do 1º dia de idade com peso vivo inicial de $35,94 \pm 0,10$ g, alojadas em boxes experimentais de 1,0 X 1,5 m. O piso foi coberto com cama de bagaço de cana e cada box continha uma lâmpada incandescente de 100 Watts para aquecer as aves nas primeiras semanas de vida, um comedouro tubular e um bebedouro pendular infantil, recebendo água e ração à vontade. As aves foram debicadas aos 10 dias e os programas de vacinação e luz adotados foram os sugeridos pelo desafio sanitário da região e manual da linhagem, respectivamente.

Os tratamentos consistiram em seis dietas, sendo uma dieta formulada para atender às exigências de todos os nutrientes, segundo as recomendações do NRC (1994). Para os demais tratamentos uma dieta basal foi formulada para atender às exigências de todos os nutrientes, segundo as recomendações de Rostagno et al. (2005), exceto metionina, que foi suplementada com DL-metionina (99%) em substituição ao amido (0,00; 0,062; 0,124; 0,186 e 0,248%), resultando em cinco níveis de metionina+cistina digestíveis, 0,516; 0,578; 0,640; 0,702 e 0,764%, equivalentes a 80,

90, 100, 110 e 120%, respectivamente, das recomendações de Rostagno et al. (2005) (Tabela 1). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado distribuído em seis tratamentos e seis repetições de trinta aves por unidade experimental.

As variáveis estudadas foram: peso vivo final (g/ave), ganho de peso (g/ave), consumo de ração (g/ave), conversão alimentar (g/g), consumo de metionina+cistina (mg/ave/dia), consumo de lisina (mg/ave/dia), mensuração do peso final sem vísceras (g/ave), fígado (g/ave), baço (g/ave) e gordura celomática (g/ave).

Na análise sorológica, foram avaliados os níveis séricos da alanina aminotransferase (U/L), aspartato aminotransferase (U/L), gamma-glutamilttransferase (U/L), creatinina (mg/dL), albumina (g/dL) e proteína (g/dL). Foi realizada ainda a curva de crescimento das aves de reposição.

As aves e rações foram pesadas no início e final do experimento, permitindo a determinação do peso vivo final, ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, consumo de metionina+cistina e consumo de lisina.

No último dia da fase experimental, foram abatidas dez aves por parcela para se proceder as análises sorológicas e as mensurações dos órgãos. As análises sorológicas foram determinadas através do equipamento VetTest Blood Chemistry Analyzer.

No caso da curva de crescimento, o peso vivo das aves foi mensurado semanalmente durante o período de 1 a 6 semanas de idade, totalizando seis pesagens, e os dados obtidos foram submetidos aos modelos equacionais propostos por Von Bertalanffy, Brody, Gompertz, Logístico e Richards, utilizando-se o programa estatístico GOSA, obtendo-se o melhor ajuste as equações matemáticas. Para escolha do modelo matemático que melhor ajustasse os dados de peso-idade das aves na curva de crescimento, foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (AIC) (Tabela 2).

Tabela 1. Ingredientes e composição química das dietas experimentais.

Ingredientes	Níveis de metionina+cistina digestíveis (%)					
	NRC (1994) ¹		Rostagno et al. (2005)			
	0,620	0,516	0,578	0,640	0,702	0,764
Milho	72,411	75,065	75,065	75,065	75,065	75,065
Farelo de soja, 45%	21,865	18,838	18,838	18,838	18,838	18,838
Gluten de milho, 60%	2,165	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862
Fosfato bicálcico	1,619	1,801	1,801	1,801	1,801	1,801
Calcário	1,116	1,121	1,121	1,121	1,121	1,121
Sal comum	0,330	0,406	0,406	0,406	0,406	0,406
L-Lisina	0,123	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194
L-Treonina	0,099	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
DL-Metionina	0,093	0,000	0,062	0,124	0,186	0,248
Cloreto de colina 60%	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
Premix vitamínico ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Premix mineral ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Antioxidante ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Amido	0,00	0,500	0,438	0,376	0,314	0,252
Total	100	100	100	100	100	100
Composição química (D- Digestível)						
Proteína bruta (%)	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Cálcio (%)	0,900	0,940	0,940	0,940	0,940	0,940
Fósforo disponível (%)	0,400	0,437	0,437	0,437	0,437	0,437
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.850	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900
Arginina- D (%)	1,000	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937
Isoleucina- D (%)	0,600	0,604	0,604	0,604	0,604	0,604
Lisina- D (%)	0,850	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876
Met + Cis- D (%)	0,620	0,516	0,578	0,640	0,702	0,764
Treonina- D (%)	0,680	0,587	0,587	0,587	0,587	0,587
Triptofano- D (%)	0,170	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158
Sódio (%)	0,150	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Cloro (%)	0,245	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290
Potássio (%)	0,667	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610

¹Ração formulada com base em aminoácidos totais. ²Premix mineral inorgânico por kg de produto: Mn, 20 g; Fe, 10 g; Zn, 13,7 g; Cu, 2,5 g; Se, 0,063 g; I, 0,19 g; e veículo q.s.p., 500 g. ³Premix vitamínico por kg de ração: Vit. A - 15.000.000 UI, Vit. D₃ - 1.500.000 UI, Vit. E - 15.000 UI, Vit. B₁ - 2,0 g, Vit. B₂ - 4,0 g, Vit. B₆ - 3,0 g, Vit. B₁₂ - 0,015 g, Ácido nicotínico - 25 g, Ácido pantotênico - 10 g, Vit. K₃ - 3,0 g, Ácido fólico - 1,0 g, Bacitracina de zinco - 10 g, Selênio - 250 mg. ⁴Antioxidante BHT - 10 g, e veículo. q.s.p. - 1.000 g.

Tabela 2. Propriedades dos modelos não-lineares utilizados na curva de crescimento para frangas de 1 a 6 semanas de idade.

MODELO	EQUAÇÃO	AIC
Von Bertalanffy	$Y = A(1 - Be^{-Kt})^3 + \varepsilon$	1393.359
Brody	$Y = A(1 - Be^{-Kt}) + \varepsilon$	1393.453
Gompertz	$Y = Ae^{-Be^{-Kt}} + \varepsilon$	1362.937
Logístico	$Y = A(1 + Be^{-Kt})^{-1} + \varepsilon$	1386.629
Richards	$Y = A(1 - Be^{-Kt})^M + \varepsilon$	1367.328

Fase Residual

Após a fase experimental de 1 a 6 semanas de idade, as aves foram mantidas em galpão de cria e recria, sendo anilhadas na base da perna com coloração distinta para cada tratamento, onde permaneceram até as 16 semanas, sendo criadas de forma convencional. As aves foram alimentadas com rações à vontade, com a finalidade de permitir a avaliação do efeito residual dos níveis de metionina+cistina do período de 1 a 6 semanas de idade, sendo formuladas para atender as exigências das aves de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2005) para cada fase de produção.

Às 16 semanas de idade, 480 frangas Dekalb White foram transferidas do piso para gaiolas de produção. Para as fases pré-postura as aves foram alojadas ao acaso em oito repetições por tratamento, sendo dez aves por parcela. Na postura I em seis repetições por tratamento, sendo oito aves por parcela. Na fase de postura II as aves foram distribuídas em sete repetições por tratamento, com quatro aves por parcela.

Para o período pré-postura, as variáveis estudadas foram: idade ao primeiro ovo (dias), peso ao primeiro ovo (g), número de ovos por período (total de ovos), número de dias de produção (dias), taxa de postura (%), peso dos ovos (g) e massa de ovo (g/ave/dia).

Com o início da produção de ovos, todos eram anotados para a determinação da idade do primeiro ovo e pesados em balança digital de três dígitos (0,001g) para a

determinação do peso do primeiro ovo. A partir destas anotações também foram determinados o número de ovos por período e o número de dias de produção.

A taxa de postura foi obtida através da relação entre o total de ovos do período e o produto do número de aves corrigido pela mortalidade e o número de dias de produção, multiplicado por 100.

O peso médio dos ovos foi determinado através da relação entre o peso total dos ovos sobre o número de ovos do período. A massa de ovos foi calculada multiplicando-se a produção pelo peso dos ovos.

Nas fases de postura I e II as variáveis estudadas foram: produção de ovos (%), peso dos ovos (g), massa de ovo (g/ave/dia), percentagem de gema (%), albúmen (%) e casca (%), gravidade específica (g/mL), espessura da casca (mm) e cor (ROCHE®).

A produção de ovos foi calculada pela relação do número de ovos produzidos pelo número de aves alojadas, por período, multiplicando-se o valor por cem. A massa de ovos foi calculada multiplicando-se a produção pelo peso dos ovos.

Para as demais variáveis, foram coletados, nos três últimos dias de cada período, dois ovos por parcela para se proceder à pesagem de cada componente e dois para determinação da gravidade específica.

Os ovos foram pesados individualmente em balança digital de três dígitos (0,001g) e foi calculado o peso médio dos ovos. A gema e albúmen de cada ovo foram pesados separadamente em balança digital de três dígitos (0,001g). As percentagens de gema e de albúmen foram determinadas pela relação entre o peso médio da gema e do albúmen sobre o peso médio do ovo multiplicado por 100. As cascas dos ovos foram identificadas, secas em estufa a 55-60°C por 24 horas e pesadas em balança digital com precisão de 0,01g para obtenção do peso médio das cascas. A percentagem da casca foi obtida através da relação entre o peso médio da casca sobre o peso médio do ovo multiplicado por 100 e a espessura da casca foi obtida através da utilização de micrômetro digital Mitutoyo de 0-25 mm, com precisão de 0,001 mm. A gravidade específica foi determinada pelo método de flutuação em solução salina, conforme metodologia descrita por Hamilton (1982). Os ovos foram imersos em quinze soluções

de cloreto de sódio (NaCl) com densidades variando de 1,070 a 1,090 g/mL, com gradiente de 0,0025 entre elas. A densidade das soluções foi rotineiramente aferida por meio de um densímetro de petróleo.

Análises Estatísticas

As análises estatísticas das características avaliadas foram realizadas utilizando-se o software SAS (SAS Institute, 2011). As médias do controle positivo (NRC, 1994) foram comparadas com as dos demais tratamentos (Rostagno et al., 2005) pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade. A estimativa da exigência de metionina+cistina digestíveis foram estabelecidas por meio de análises de regressão, considerando o valor do R^2 e a resposta biológica das aves.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar foram registradas diariamente durante todo período experimental (Tabela 3), utilizando-se um aparelho termohigrômetro digital pré-fixado no centro do galpão, na altura dos boxes e gaiolas.

Foi verificado efeito significativo ($P < 0,05$) entre os tratamentos estudados sobre todas as variáveis produtivas quando submetidos ao teste de Dunnett, exceto para consumo de ração e consumo de lisina ($P > 0,05$) (Tabela 4), apresentando todas as características comportamento condizente aos padrões do manual da linhagem Dekalb White (2009) para a fase em estudo.

Tabela 3. Média da temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental.

Fase de Produção	TEMPERATURA °C			UMIDADE RELATIVA (%)
	Mínima	Máxima	Média	Média
Inicial	20,6	28,4	23,53	83,33
Pré-postura	18,18	24,45	20,70	83,25
Postura I	19,58	27,94	22,64	83,00
Postura II	20,0	27,45	22,63	84,00

Tabela 4. Efeitos dos tratamentos sobre o peso vivo final (PVF, g/ave), ganho de peso (GP, g/ave), consumo de ração (CR, g/ave), conversão alimentar (CA, g/g), consumo de Met+Cis (CMC, mg/ave/dia) e consumo de Lis (CLIS, mg/ave/dia) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

Tratamento	MET:LIS*	PVF	GP	CR	CA	CMC	CLIS	
NRC, 1994	73	346,56	310,56	874,42	2,82	129,08	176,97	
80%	59	288,18¥	252,35¥	848,23	3,36¥	104,21¥	171,67	
90%	66	319,74¥	283,74¥	851,89	3,00¥	117,24¥	172,41	
Rostagno et al., 2005	100%	73	316,09¥	280,26¥	846,94	3,02¥	129,06	171,40
110%	80	341,36	305,36	867,11	2,84	144,93¥	175,49	
120%	87	358,62¥	322,62¥	896,43	2,78	163,06¥	181,42	
Valor de P, (Rostagno et al. 2005)								
Linear		0,0001	0,0001	0,0015	0,0001	0,0001	0,0015	
Quadrático		0,9776	0,9775	0,0529	0,0543	0,0157	0,0529	
C.V.(%)		2,32	2,60	2,87	3,63	2,78	2,87	

*Relação metionina+cistina:lisina (%). C.V.(%): Coeficiente de variação; ¥: médias diferentes pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Para as variáveis peso vivo final e ganho de peso, o controle positivo com suplementação de metionina+cistina de acordo com as recomendações do NRC (1994) diferiu dos tratamentos que continha níveis correspondentes a 80, 90, 100 e 120% das recomendações nutricionais propostas por Rostagno et al. (2005). Diante destes resultados podemos afirmar que a suplementação de metionina+cistina do NRC (1994) é correspondente ao nível de 110% das exigências deste aminoácido recomendado pelas tabelas brasileiras de exigências nutricionais, levando em consideração as variáveis peso vivo final e ganho de peso.

Para conversão alimentar, o controle positivo diferiu apenas dos tratamentos com 80, 90 e 100% das exigências nutricionais recomendadas por Rostagno et al. (2005), não sendo verificado qualquer efeito com os dois últimos tratamentos, cujo atendimento foi de 110 e 120% das exigências de metionina+cistina digestíveis. Já para o consumo de metionina+cistina o controle positivo diferiu de todos os tratamentos, exceto daquele cuja exigência foi atendida em 100% das recomendações brasileiras.

Quando submetidos à análise de regressão foi verificado efeito significativo ($P < 0,05$) para todas as variáveis estudadas (Tabela 4).

Os dados das variáveis peso vivo final, ganho de peso e consumo de metionina+cistina melhor se ajustaram ao modelo de regressão linear, porém as variáveis consumo de ração, conversão alimentar e consumo de lisina apresentaram melhor ajuste ao modelo de regressão quadrático (Tabela 5). Os pontos de mínimo encontrados para consumo de ração, conversão alimentar e consumo de lisina foram 89,78% (0,575%), 114,33% (0,732%) e 89,37% (0,572%), estimados através da derivada das equações de regressão (Figuras 1, 2 e 3, respectivamente).

Tabela 5. Equações das variáveis influenciadas estatisticamente pelos níveis de metionina+cistina digestíveis das rações.

Variável	Equação	R ²	Met+Cis digestível, %
Peso vivo final	$\hat{Y} = 162,3 + 1,6249x$	0,92	-
Ganho de peso	$\hat{Y} = 126,7 + 1,6216x$	0,92	-
Consumo de ração	$\hat{Y} = 1285,6 - 9,8043x + 0,0546x^2$	0,96	89,78 (0,575)
Conversão alimentar	$\hat{Y} = 7,0401 - 0,0686x + 0,0003x^2$	0,91	114,33 (0,732)
Consumo de Met+Cis	$\hat{Y} = -13,701 + 1,454x$	0,99	-
Consumo de Lis	$\hat{Y} = 260,18 - 1,9842x + 0,0111x^2$	0,96	89,38 (0,572)

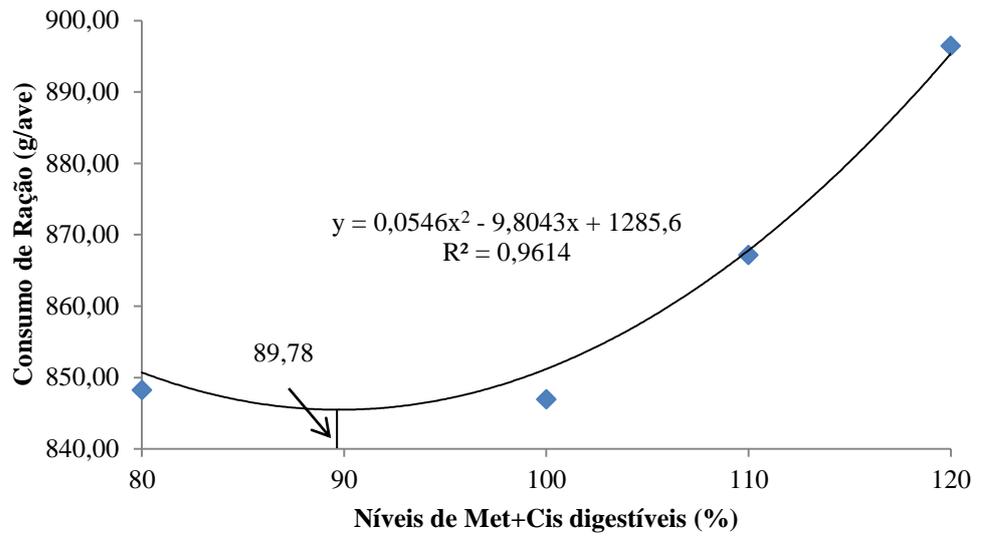


Figura 1. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre o consumo de ração de aves de reposição leves no período de 1 a 6 semanas de idade.

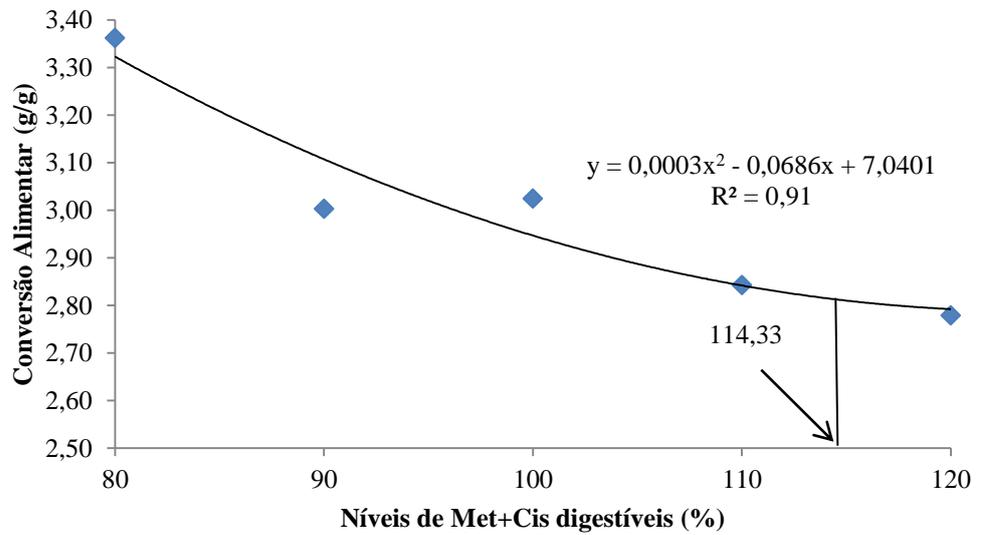


Figura 2. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre a conversão alimentar de aves de reposição leves no período de 1 a 6 semanas de idade.

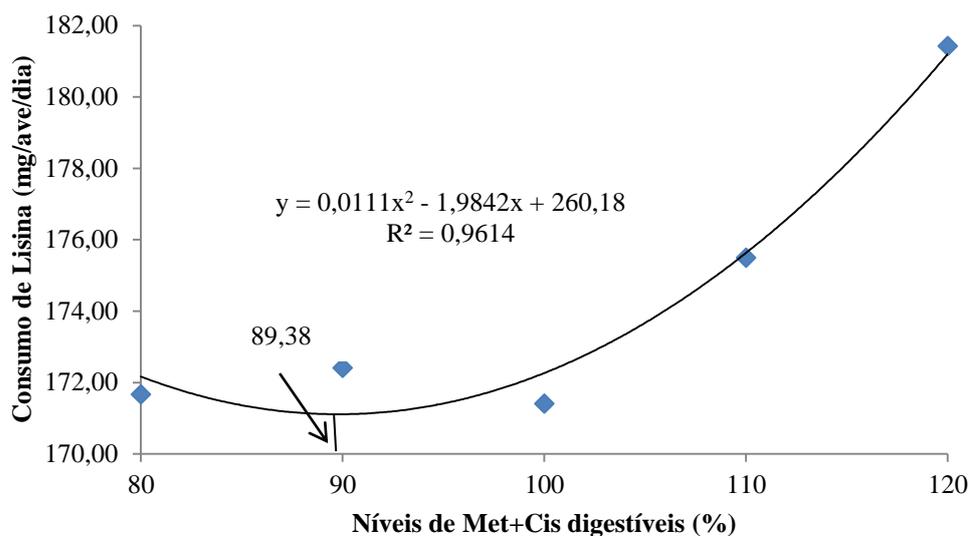


Figura 3. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre o consumo de lisina de aves de reposição leves no período de 1 a 6 semanas de idade.

O valor estimado da exigência de metionina+cistina digestíveis pela conversão alimentar é similar ao recomendado pelo manual da linhagem Dekalb White (2009), de 0,750% para a fase de 1 a 5 semanas de idade, entretanto superior aos descritos por Rostagno et al. (2011) e pelo NRC (1994), de 0,640 e 0,620%, respectivamente. Ressalta-se que as exigências descritas pelo NRC (1994) referem-se a aves de linhagens de mais de uma década.

Da mesma forma, Silva et al. (2009) utilizaram níveis de metionina+cistina para frangas leves variando entre 0,650 a 0,850% de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2005), sendo constatado efeito significativo sobre o consumo de ração, ganho de peso e a conversão alimentar. Os melhores níveis dos aminoácidos encontrados por Silva et al. (2009) foram 0,800% e 0,790% para as variáveis ganho de peso e conversão alimentar, respectivamente.

Os níveis de metionina+cistina utilizados neste experimento não foram suficientes para provocar redução efetiva na ingestão de alimentos para compensar o excesso de aminoácidos na ração. Segundo Leung e Rogers (1971) e Gietzen (1993) existem evidências de que alterações nos níveis dos aminoácidos limitantes em relação ao total de aminoácidos na ração provoca desbalanço detectado no córtex pré-periforme

anterior do cérebro, seguido por mudanças comportamentais como redução do consumo de ração. Esta redução no consumo é geralmente percebida 2 a 3 dias do início da alimentação das aves com uma dieta desbalanceada (Park e Austic, 1998).

Koelkbeck et al. (1991) classificaram a metionina como aminoácido mais tóxico quando em excesso nas rações das aves. Parr e Summers (1991) observaram que o desequilíbrio aminoacídico em aves, provocado pelo excesso ou deficiência de aminoácidos, causou efeitos negativos sobre o consumo e a taxa de crescimento.

Da mesma forma, Harper et al. (1970) descreveram que o aumento acima do limite máximo no nível de metionina provocou a diminuição do crescimento e da síntese proteica e a inibição da absorção e aumento do catabolismo do aminoácido limitante, podendo comprometer a fase de postura, tendo em vista que os critérios alcançados de 1 a 16 semanas de idade serão fundamentais para expressão máxima do potencial genético das aves.

Pinto et al. (2003) ressaltaram que a metionina+cistina são considerados aminoácidos fisiologicamente essenciais para manutenção, crescimento dos animais e desenvolvimento de penas, podendo comprometer o ganho de peso das aves na fase de crescimento, e que a exigência de metionina+cistina, para melhor resposta do ganho de peso, situa-se acima daquela para conversão alimentar. Keshavarz e Nakajima (1995) afirmaram que o peso corporal tem sido considerado a principal variável influenciando o peso dos ovos na fase de postura. Já Miles (1997) afirmou que a cada 45 gramas de peso corporal abaixo do esperado, a maturidade sexual pode atrasar em 3 a 3,5 dias.

Segundo D'Agostini (2005) durante a fase de crescimento é fundamental que se forneça nutrientes que satisfaçam as necessidades de manutenção e ganho, garantindo assim, desenvolvimento adequado do sistema imunológico, reprodutivo e estrutura corporal, proporcionando maior produtividade na fase de postura com a formação de aves uniformes, o que torna a atividade mais lucrativa.

Faria (1998) ressalta que o peso vivo abaixo do esperado na sexta semana de idade causa problemas, podendo até impedir que as aves atinjam a maturidade sexual precocemente, reduzindo com isto o número e tamanho dos ovos produzidos, bem como a porcentagem e persistência de postura. Semelhantemente, Leeson e Summers (1997)

preconizaram em seus estudos a importância em se maximizar o ganho de peso até a maturidade, pois as aves que atingiram a maturidade com menor peso corporal, obtiveram maior idade ao primeiro ovo e peso de ovo inferior as aves que chegaram a maturidade mais pesada.

Os aminoácidos sulfurosos exercem atividade fundamental no desempenho e maturidade das frangas, pois os mesmos são capazes de regular a expressão de numerosos genes, com isso controlar o metabolismo dos nutrientes, as funções celulares e a síntese proteica (Tesseraud et al., 2009).

Constatou-se efeito significativo ($P < 0,05$) do peso absoluto para as variáveis peso final sem vísceras e fígado entre os tratamentos estudados quando submetidos ao teste de Dunnett, não sendo observada nenhuma diferença estatística para as demais variáveis quanto ao peso absoluto e relativo (Tabela 6).

As aves do tratamento que foram suplementadas com os níveis mais baixo (80% ou 0,516%) de metionina+cistina digestíveis de acordo com Rostagno et al. (2005) apresentaram pesos absolutos inferiores de peso final sem vísceras e fígado quando comparados ao controle positivo (NRC, 1994). Os demais tratamentos, independentemente dos níveis de suplementação dos aminoácidos sulfurosos apresentaram resultado similar, para estas duas variáveis, quando comparados ao controle positivo.

Foi verificado também, efeito linear ($P < 0,05$) dos níveis de metionina+cistina digestíveis sobre o peso absoluto do peso final sem vísceras, fígado e baço, e sobre o rendimento do fígado (Tabela 6). Nesse sentido, o maior nível de suplementação da metionina+cistina digestíveis na ração foi considerado o mais eficiente quanto ao peso absoluto e relativo das variáveis analisadas.

Bunchasak e Silapasorn (2005) demonstraram que a suplementação de metionina diminuiu o peso do fígado e a proteína hepática, porém elevou a síntese de gordura no fígado em poedeiras criadas sob condições tropicais. Neste estudo, foi observado o oposto, os níveis de metionina+cistina digestíveis aumentaram o peso absoluto e relativo do fígado das aves. No entanto, os autores citados acima descreveram estes

resultados com animais adultos, e este estudo retrata resultados com animais em crescimento.

Tabela 6. Efeitos dos tratamentos sobre o peso absoluto (g) e relativo (%) do peso final sem vísceras (PFSV), fígado (FIG), baço (BAÇ) e gordura celomática (GC) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

Tratamento	MET:LIS*	PFSV	FIG	BAÇ	GC	
Peso absoluto (g)						
NRC, 1994	73	301,38	11,782	1,075	5,067	
Rostagno et al., 2005	80%	59	250,00¥	9,610¥	0,819	4,330
	90%	66	286,38	10,858	1,041	4,660
	100%	73	266,88	11,160	1,035	4,378
	110%	80	285,63	11,594	1,138	4,613
	120%	87	297,50	12,789	1,114	4,838
Valor de P, (Rostagno et al. 2005)						
Linear		0,0173	0,0001	0,0211	0,3970	
Quadrático		0,8115	0,9880	0,2654	0,8197	
C.V.(%)		12,20	11,35	24,83	22,19	
Rendimento (%)						
NRC 1994	73	77,35	3,04	0,28	1,29	
Rostagno et al., 2005	80%	59	77,53	2,98	0,25	1,34
	90%	66	77,81	2,95	0,28	1,26
	100%	73	76,20	3,22	0,30	1,26
	110%	80	77,08	3,13	0,31	1,25
	120%	87	77,19	3,34	0,29	1,29
Valor de P, (Rostagno et al. 2005)						
Linear		0,5302	0,0068	0,1588	0,7015	
Quadrático		0,4186	0,7651	0,1969	0,5290	
C.V.(%)		2,57	8,84	20,22	22,61	

*Relação metionina+cistina:lisina (%). C.V.(%): Coeficiente de variação; ¥: médias diferentes pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

De acordo com Barbosa et al. (2010) o peso dos órgãos tem sido considerado na avaliação do desempenho dos animais. Acioli (2012), por sua vez, afirmou que o desenvolvimento dos órgãos do trato digestório e do sistema imune depende do

crescimento normal das aves na fase inicial. O fígado, nas aves, é considerado o mais relevante, pois centraliza o metabolismo geral, alterando seu peso e atividades metabólicas.

Tabela 7. Equações das variáveis influenciadas estatisticamente pelos níveis de metionina+cistina digestíveis das rações.

Variável	Equação	R ²	Met+Cis digestível, %
Peso absoluto do peso final sem vísceras	$\hat{Y} = 183,03 + 0,9425x$	0,63	-
Peso absoluto do fígado	$\hat{Y} = 4,1079 + 0,0709x$	0,94	-
Peso absoluto do baço	$\hat{Y} = 0,3411 + 0,0069x$	0,75	-
Peso relativo do fígado	$\hat{Y} = 2,2465 + 0,0088x$	0,75	-

Além do peso do fígado ter sido maior, o peso absoluto do peso final sem vísceras e baço também foram mais elevados, demonstrando desenvolvimento mais rápido nas aves que receberam níveis crescentes de metionina+cistina digestíveis.

Outro resultado importante foi a resposta linear crescente do peso do baço aos níveis de suplementação de metionina+cistina digestíveis, que pode indicar a melhoria no sistema imunitário, uma vez que o peso do órgão está relacionado com a imunidade, sendo este órgão responsável pelo processamento de antígenos (Ag), produção de imunoglobulinas (IgM), e o depósito e maturação dos linfócitos T (Turletti et al., 2008).

Semelhantemente, Araújo (2008) afirmou que o peso do baço indica uma possível melhora no sistema imunológico, ou seja, o organismo da ave se mostra mais preparado para enfrentar ambientes de desafios, sendo os aminoácidos sulfurosos necessários para síntese de inúmeras proteínas envolvidas no funcionamento normal do sistema imune (Grimble, 2006). Alguns estudos têm demonstrado que, em espécies de aves, os indivíduos com baços menores são mais susceptíveis a infecções e infestações parasitárias (Poulin e Mouillot, 2004).

Na comparação das médias, do controle positivo (NRC, 1994) com os demais tratamentos sobre os componentes sorológicos (Tabela 8), observou-se que a alanina

aminotransferase, aspartato aminotransferase, gamma-glutamilttransferase, creatinina e albumina, variaram significativamente nos níveis de metionina+cistina digestíveis em relação ao controle positivo quando submetidos ao teste de Dunnett. Entretanto, os níveis de proteína sérica não apresentaram nenhum efeito significativo entre os tratamentos quando comparados pelo mesmo teste de média.

O tratamento que correspondia a suplementação recomendada pelas tabelas brasileiras de exigências nutricionais (100% ou 0,640%) não diferiu significativamente do controle positivo. Ademais, os tratamentos com níveis de metionina+cistina digestíveis apresentaram diferença significativa para o controle positivo sobre a atividade enzimática da alanina aminotransferase.

Tabela 8. Efeitos dos tratamentos sobre a atividade das enzimas alanina aminotransferase (ALT, U/L), aspartato aminotransferase (APT, U/L), gamma-glutamilttransferase (GGT, U/L) e da creatinina (CRE, mg/dL), albumina (ALB, g/dL) e proteína sérica (PTN, g/dL) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

Tratamento	MET:LIS*	ALT	APT	GGT	CRE	ALB	PTN	
NRC, 1994	73	3,75	166,00	32,75	0,538	1,86	3,63	
	80%	59	1,75¥	169,63	22,25¥	0,275¥	1,35¥	3,03
	90%	66	1,88¥	187,25	30,38	0,365¥	1,61	3,19
Rostagno et al., 2005	100%	73	2,88	181,88	33,25	0,529	1,63	3,58
	110%	80	2,38¥	151,88	30,13	0,505	1,83	4,04
	120%	87	1,50¥	193,75¥	23,25¥	0,333¥	1,72	3,91
Valor de P, (Rostagno et al. 2005)								
	Linear		1,0000	0,5249	0,6738	0,0070	0,0003	0,0010
	Quadrático		0,0086	0,3207	0,0001	0,0001	0,0562	0,5712
	C.V.(%)		40,73	10,26	12,88	18,97	12,92	18,60

*Relação metionina+cistina:lisina (%); C.V. (%): Coeficiente de variação; ¥: médias diferentes pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Para atividade enzimática da aspartato aminotransferase, apenas as aves que foram suplementadas com o nível de 120% (0,764%) apresentaram diferença estatística quando comparada ao controle positivo. Já para gamma-glutamilttransferase, os tratamentos que não se comportaram da mesma forma que o controle positivo foram os

que continham níveis de metionina+cistina digestíveis em 80% (0,516%) e 120% das recomendações de Rostagno et al. (2005).

Com relação aos níveis de creatinina, os tratamentos suplementados com níveis de 100% e 110% (0,702%) dos aminoácidos sulfurosos apresentaram comportamento similar ao controle positivo. No entanto, os demais tratamentos (80, 90 e 120%) diferiram significativamente do tratamento que atendia as exigências de metionina+cistina recomendada pelo NRC (1994). O nível de albumina do controle positivo, por sua vez, foi semelhante a todos os níveis de metionina+cistina digestíveis avaliados, com exceção do tratamento com suplementação em 80% de aminoácidos sulfurosos.

Os níveis de metionina+cistina digestíveis influenciaram ($P < 0,05$) os resultados da alanina aminotransferase, gamma-glutamilttransferase, creatinina, albumina e proteína. Já atividade enzimática da aspartato aminotransferase no período experimental não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) entre os níveis de metionina+cistina digestíveis estudados (Tabela 8).

O aumento dos níveis de metionina+cistina proporcionou efeito quadrático sobre as variáveis alanina aminotransferase, gamma-glutamilttransferase, creatinina e albumina (Tabela 9), cujos valores máximos obtidos foram 100% (0,640%), 100,40% (0,643%), 104,30% (0,668%) e 111,88% (0,716%), respectivamente (Figuras 4, 5, 6 e 7, respectivamente). Com relação aos níveis séricos de proteína, verificou-se efeito linear ($P < 0,01$) dos níveis de metionina+cistina digestíveis utilizados.

Tabela 9. Equações das variáveis influenciadas estatisticamente pelos níveis de metionina+cistina digestíveis das rações.

Variável	Equação	R ²	Met+Cis digestível, %
Alanina aminotransferase	$\hat{Y} = -22,425 + 0,5x - 0,0025x^2$	0,72	100,00 (0,640)
Gamma-glutamilttransferase	$\hat{Y} = -225,9 + 5,1604x - 0,0257x^2$	0,99	100,40 (0,643)
Creatinina	$\hat{Y} = -4,8412 + 0,1043x - 0,0005x^2$	0,87	104,30 (0,668)
Albumina	$\hat{Y} = -3,2422 + 0,0895x - 0,0004x^2$	0,90	111,88 (0,716)
Proteína	$\hat{Y} = 0,9225 + 0,0263x$	0,89	-

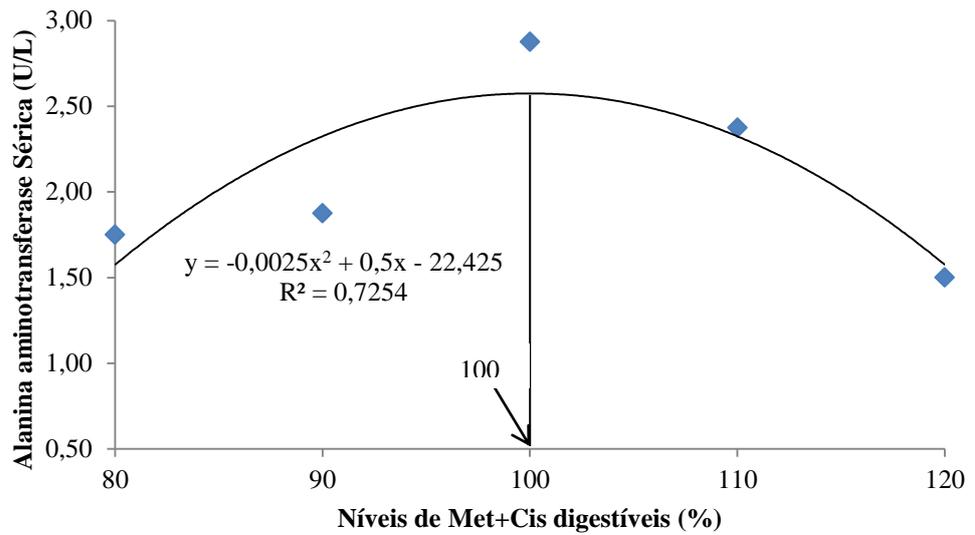


Figura 4. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre a atividade da alanina aminotransferase sérica de aves de reposição leves no período de 1 a 6 semanas de idade.

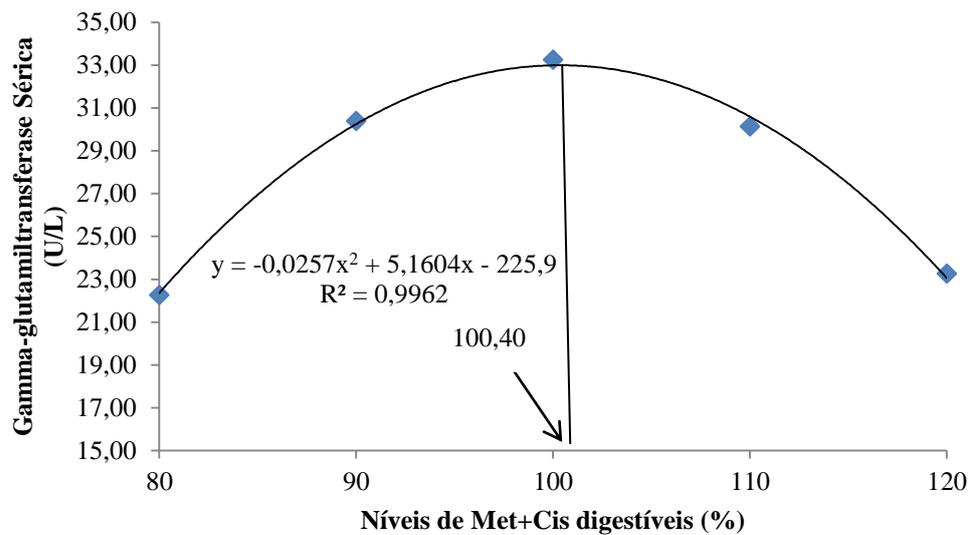


Figura 5. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre a atividade da gamma-glutamilttransferase sérica de aves de reposição leves no período de 1 a 6 semanas de idade.

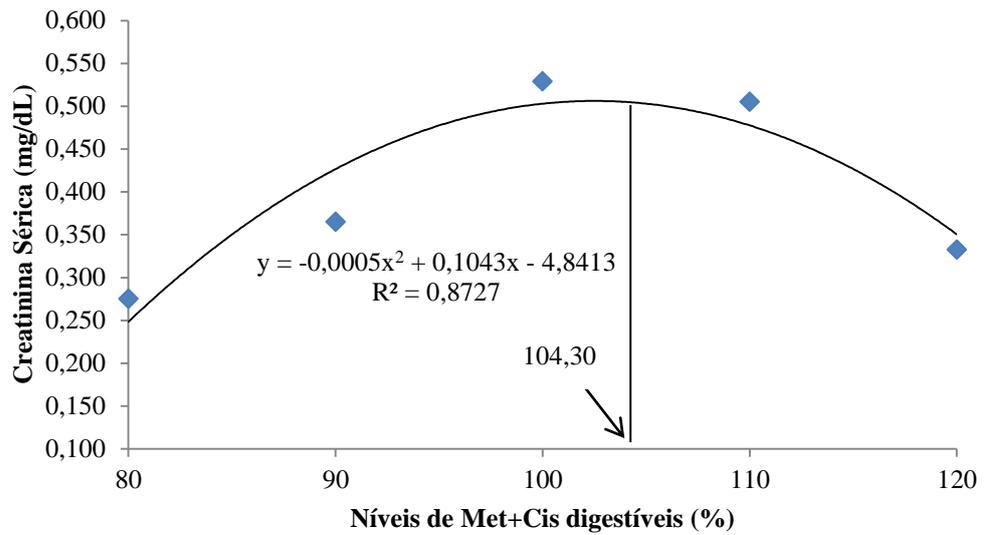


Figura 6. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre a creatinina sérica de aves de reposição leves no período de 1 a 6 semanas de idade.

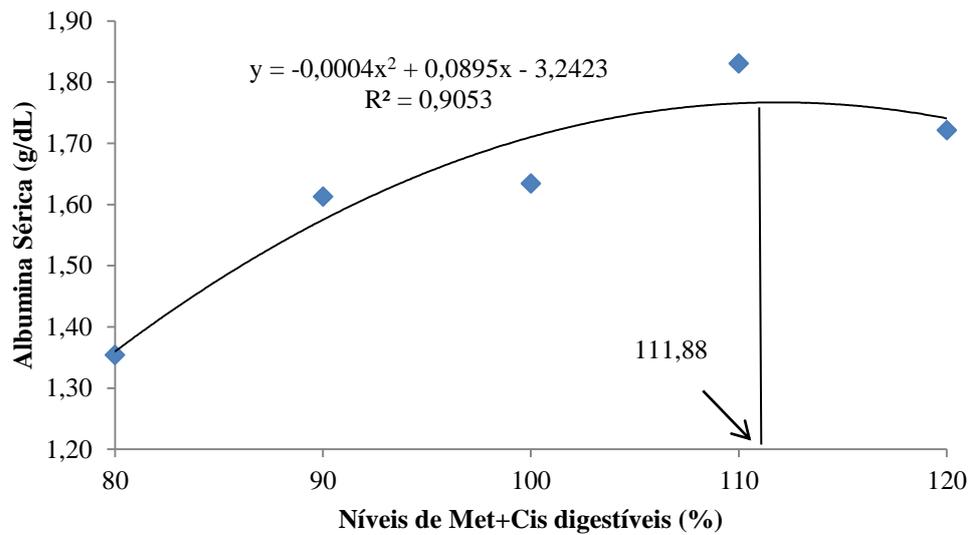


Figura 7. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre a albumina sérica de aves de reposição leves no período de 1 a 6 semanas de idade.

De acordo com Barbosa et al. (2010) a alanina aminotransferase e aspartato aminotransferase são as transaminases mais importante no diagnóstico clínico de diversas alterações metabólicas, e possuem ampla distribuição em tecidos, especialmente cérebro, coração, rim e fígado. No entanto, Kaneko et al. (2008) afirmaram que a alanina aminotransferase e a aspartato aminotransferase não podem ser

consideradas como uma enzima hepato-específica, pois verifica-se também grande sensibilidade muscular.

A gamma-glutamilttransferase é, provavelmente, mais específica ao epitélio biliar em aves em relação aos mamíferos, e seu aumento é mais plausível em condições colestáticas e nas desordens do epitélio biliar, não sendo sensível apenas nos danos hepatocelular (Harr, 2002).

Os níveis de creatinina obtidos das aves suplementadas com níveis de metionina+cistina demonstraram falta de lesão renal, não sendo observado qualquer efeito do nível máximo dos aminoácidos testados nos diferentes órgãos analisados histologicamente. Rennó et al. (2000) afirmaram que utilizando-se a concentração de creatinina na urina como indicador da produção urinária, pode-se estimar a excreção dos derivados de purina e de outros compostos nitrogenados.

Com relação à albumina, é uma proteína solúvel que compreende cerca de metade da proteína do soro sanguíneo. Semelhantemente, aos achados neste estudo, Yalçın et al. (2011) afirmaram que os níveis de albumina e proteína aumentam de acordo com uma maior suplementação de metionina+cistina nas dietas das aves.

Níveis de aminoácidos dietéticos podem alterar a distribuição de nutrientes pela corrente sanguínea e, conseqüentemente os níveis de proteína, glicose, creatinina e albumina no plasma. A determinação de proteínas totais, albumina, enzimas transaminases e creatinina plasmáticas podem expressar interferências metabólicas relacionadas a compostos nitrogenados (Jardim Filho et al., 2010).

Para elaboração da curva de crescimento, os dados da variável de crescimento das aves de 1 a 6 semanas de idade melhor se ajustaram aos modelos matemáticos propostos por Gompertz e Richards, contudo os parâmetros estimados pela função de Gompertz foram o que apresentaram menor AIC (1362.937) (Tabela 2), e conseqüentemente foi quem melhor descreveu a curva média de crescimento das aves de 1 a 6 semanas de idade (Figura 8).

Os piores ajustes foram detectados nos modelos Brody, Von Bertalanffy e Logístico que apresentaram AIC de 1393.453, 1393.359 e 1386.629 respectivamente,

sendo estes valores significativamente mais altos em relação ao do modelo matemático escolhido.

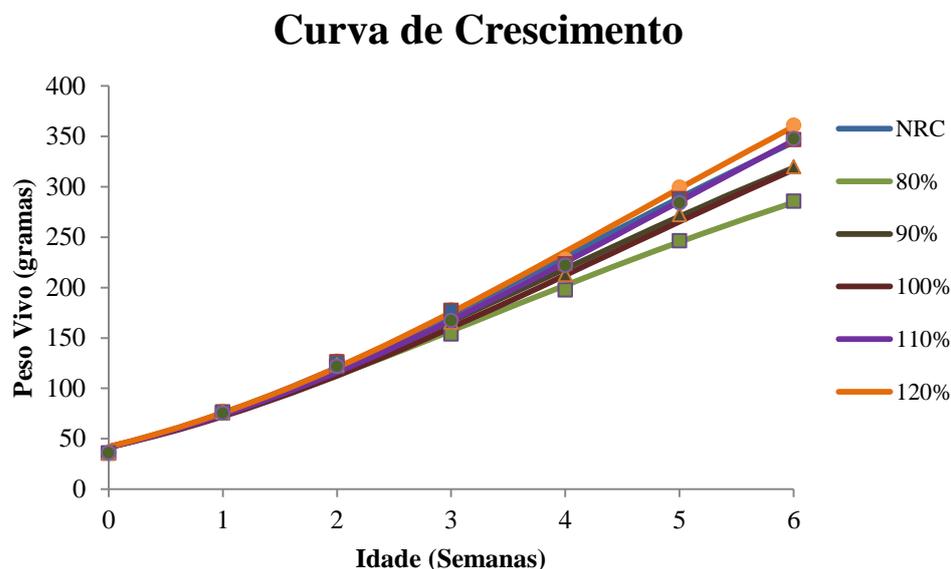


Figura 8. Curva de crescimento ajustada de acordo com o modelo de Gompertz.

A análise gráfica da curva de crescimento das aves no período de 1 a 6 semanas de idade ressalta o peso vivo das aves obtido entre os tratamentos ao longo da fase experimental. Percebe-se que à medida que o crescimento se aproxima das sexta semana de idade, torna-se mais evidente os efeitos dos níveis de metionina+cistina testados sobre o peso vivo dos animais.

Ao final da fase experimental, sexta semana, o maior peso vivo foi encontrado no tratamento em que as aves foram suplementadas com o nível de metionina+cistina digestíveis em 120% (0,764%) das recomendações nutricionais de Rostagno et al. (2005). Na sequência, o maior peso vivo foi apresentado pelos tratamentos que atendiam as exigências de metionina+cistina digestíveis em 110% (0,702%) e pelo controle positivo que supria as exigências de metionina+cistina na base total (0,620%) como recomendado pelo NRC (1994). Finalmente, os menores peso vivo foram observados nos tratamentos que foram suplementados com níveis inferiores de

metionina+cistina digestíveis (100, 90 e 80%) quando comparados aos tratamentos de melhores índices.

Santos (2008) trabalhou com desempenho, crescimento e características produtivas para poedeiras submetidas a diferentes programas nutricionais, e determinaram as estimativas da taxa de maturidade sexual e crescimento corporal das aves através dos ajustes equacionais ao modelo matemático proposto por Gompertz. Da mesma forma, Neme et al. (2006) trabalharam as curvas de crescimento em diferentes linhagens de poedeiras, e constataram a taxa de maturidade e crescimento das aves com base nos parâmetros estimados pela função de Gompertz.

A aplicação da curva de crescimento visa modelar o padrão da resposta de dados como peso-idade ao longo da vida do animal (Freitas, 2005), sendo o modelo de Gompertz o mais empregado na obtenção da curva de crescimento de aves e no estudo das “tendências” e exigências nutricionais durante o crescimento (Hruby et al., 1994; Maruyama et al., 1999).

Semelhantemente, Tholon e Queiroz (2009) afirmaram que o desenvolvimento dos animais, é representado por curvas de crescimento ajustadas por polinômios descritos por funções logarítmicas, sendo o ajuste de um modelo adequado a curva de crescimento dos animais o primeiro passo para a predição de requerimentos nutricionais (Gous et al., 1999).

Com relação à fase experimental, avaliando o efeito residual dos níveis de metionina+cistina sobre a fase pré-postura, não foi verificado efeito significativo ($P>0,05$) entre os tratamentos estudados sobre todas as variáveis produtivas quando submetidos ao teste de Dunnett (Tabela 10).

Do mesmo modo, não foi verificado efeito significativo ($P>0,05$) para todas as variáveis estudadas, exceto idade ao primeiro ovo e número de dias de produção, quando submetidos à análise de regressão (Tabela 10).

A ausência de influência sobre as variáveis analisadas utilizando entre os tratamentos na fase inicial de criação bases de formulação e níveis em aminoácidos

totais (NRC, 1994) e digestíveis (Rostagno et al., 2005) pode ser devido a uma possível recuperação metabólica e estrutural das aves.

Tabela 10. Efeito residual dos tratamentos sobre a idade ao primeiro ovo (IPO, dias), peso ao primeiro ovo (PPO, g), número de ovos no período (NOP, total de ovos), números de dias de produção (NDP, dias), taxa de postura (TXP, %), peso médio dos ovos (PMO, g) e massa de ovos (MO, g/ave/dia) das aves de 18 a 29 semanas de idade.

Tratamento	MET:LIS*	IPO	PPO	NOP	NDP	TXP	PMO	MO
NRC 1994	73	135,25	41,88	524,13	69,75	77,87	57,38	44,66
	80%	59	138,13	43,25	481,00	66,88	77,63	44,52
	90%	66	137,63	42,75	510,38	67,38	76,88	44,22
Rostagno et al., 2005	100%	73	137,75	40,63	506,88	67,25	78,09	44,34
	110%	80	135,00	40,25	520,13	70,00	76,68	44,07
	120%	87	134,25	41,50	522,63	70,75	76,17	43,65
Valor de P, (Rostagno et al. 2005)								
Linear		0,0292	0,0891	0,1295	0,0292	0,6001	0,8569	0,560
Quadrático		0,5381	0,2051	0,6058	0,5381	0,7598	0,5973	0,871
C.V.(%)		3,01	7,39	10,53	5,98	6,86	2,40	6,53

*Relação metionina+cistina:lisina (%); C.V.(%): Coeficiente de variação.

Corroborando estes resultados, Braz et al. (2011) afirmaram que aves que sofreram restrição nutricional na fase de crescimento apresentaram recuperação metabólica a partir do momento que receberam dietas com níveis nutricionais adequados nas fases de produção subsequentes.

No entanto, diante dos resultados obtidos neste trabalho, podemos concluir que as aves dos tratamentos com maiores níveis de suplementação de metionina+cistina digestíveis, e que apresentaram maior peso vivo na fase experimental de 1 a 6 semanas de idade, começaram a colocar ovos mais precocemente, sendo constatado através das variáveis idade ao primeiro ovo, e conseqüentemente número de dias de produção, sendo provável a contribuição do aminoácido avaliado na formação do tecido reprodutivo e maturidade sexual das frangas.

Semelhantemente, Vargas Jr. et al. (2004) concluíram em seus estudos que com o avanço do melhoramento genético as frangas de reposição tornaram-se mais precoces,

reduzindo a idade ao primeiro ovo, e níveis reduzidos de aminoácidos na alimentação durante a fase de crescimento podem retardar o início da produção de ovos.

De acordo com D'Agostini (2005) aves com peso abaixo do ideal da linhagem apresentam início de postura mais tardio, reduzindo com isto a produção de ovos, em contrapartida, aves com excesso de peso entram em postura precocemente e produzem ovos pequenos, o que também não é viável.

A variável idade ao primeiro ovo é um dado importante, pois caracteriza a maturidade sexual da ave, que pode ser influenciada por diversos fatores envolvidos na criação de aves. Segundo Liu et al. (1995) o início de produção pode ser influenciado pela genética, idade cronológica, composição corporal e fatores nutricionais das frangas.

Quanto ao efeito residual dos níveis de metionina+cistina na fase de postura I e II, nas tabelas 11 e 12 são apresentadas as médias das variáveis produtivas e de qualidade de ovos de poedeiras de 33 a 49 semanas e 54 a 70 semanas de idade, respectivamente.

Não foi verificado efeito significativo ($P>0,05$) entre os tratamentos estudados sobre as variáveis produtivas em ambas as fases de produção. Com relação às variáveis qualitativas, a gravidade específica foi influenciada significativamente ($P<0,05$) quando submetida ao teste de Dunnett e a análise de regressão, para a fase de postura I, não sendo encontrado qualquer efeito nas demais variáveis estudadas, independentemente da fase de postura.

Verificou-se que as aves que foram suplementadas na fase inicial com 120% das exigências de metionina+cistina digestíveis de acordo com Rostagno et al. (2005) apresentaram resultados inferiores para qualidade de casca quando comparado as aves que foram suplementadas com o nível de aminoácidos sulfurosos recomendado pelo NRC (1994) na fase de postura I.

Foi verificado também que à medida que foi aumentado os níveis de metionina+cistina digestíveis entre os tratamentos na fase inicial de criação, houve redução linear quanto à qualidade da casca dos ovos das poedeiras que estavam na fase residual de postura I, identificado através da variável gravidade específica.

Este fato pode ter ocorrido devido às aves que foram suplementadas com níveis crescentes de metionina+cistina digestíveis na fase inicial terem atingido mais cedo a maturidade sexual na fase pré-postura, e conseqüentemente na fase de produção seguinte apresentaram redução na qualidade da casca de forma mais rápida, ao ponto de ter sido detectado estatisticamente.

A redução na qualidade da casca dos ovos das poedeiras é um fato que ocorre naturalmente na produção, principalmente devido ao aumento no tamanho e peso dos ovos com redução na porcentagem de casca, resultando em cascas mais finas e de pior qualidade. Oliveira et al. (2010) demonstraram redução na proporção de casca de 9,92 para 8,41% quando o peso do ovo passou de 50 para 64 gramas.

Apesar dos efeitos observados dos níveis de metionina+cistina na fase inicial e nas fases residuais subsequentes, as aves que já tinham demonstrado sinais de recuperação nas fases anteriores, apresentaram igualdade nas variáveis produtivas e de qualidade de ovos na fase de postura II, ficando comprovado que é possível a suplementação de metionina+cistina digestíveis para aves de reposição leves na fase inicial em níveis abaixo do recomendado atualmente.

Semelhantemente, Barros et al. (2006) relataram que, embora os níveis proteína bruta tenham influenciado o crescimento das frangas na fase de crescimento, a produção de ovos, massa e peso de ovos dessas aves na fase de postura não apresentaram efeito significativo.

Contrariando estes resultados, Acioli (2012) afirmou que déficits de peso e uniformidade de lote não serão recuperados na fase de produção, portanto, os índices zootécnicos como persistência de produção, massa de ovos e viabilidade serão penalizados. Portanto, os critérios alcançados de 0 a 16 semanas, serão fundamentais para expressão máxima do potencial genético das aves.

Tabela 11. Efeitos residual dos tratamentos sobre a produção de ovos (PR, %), peso de ovo (PO, g), massa de ovos (MO, g/ave/dia), percentagem de albúmen (ALB, %), gema (GEM, %) e casca (CASC, %), gravidade específica (GE, g/mL), espessura de casca (ESPC, mm) e cor (COR, ROCHE) das aves de 33 a 49 semanas de idade.

Tratamento	MET:LIS*	PR	PO	MO	ALB	GEM	CASC	GE	ESPC	COR	
NRC 1994	73	95,49	63,69	60,82	60,53	27,49	9,46	1,0808	500,21	6,76	
Rostagno et al., 2005	80%	59	93,76	63,88	61,08	61,08	27,36	9,34	1,0799	491,01	6,79
	90%	66	92,50	63,73	61,51	61,51	26,58	9,71	1,0800	505,67	6,65
	100%	73	94,08	64,54	60,83	60,83	27,07	9,41	1,0793	499,65	6,67
	110%	80	94,07	63,75	60,78	60,78	27,26	9,44	1,0794	498,90	6,81
	120%	87	92,88	64,84	60,15	60,15	28,06	9,37	1,0784¥	496,21	6,90
Valor de P, (Rostagno et al. 2005)											
Linear		0,9566	0,3152	0,5387	0,1078	0,1567	0,4971	0,0221	0,8386	0,2191	
Quadrático		0,7326	0,6948	0,9578	0,4228	0,1023	0,1601	0,4627	0,1689	0,1015	
C.V.(%)		2,97	2,30	3,50	1,99	4,08	2,63	0,11	2,74	3,42	

*Relação metionina+cistina:lisina (%). C.V.(%): Coeficiente de variação; ¥: médias diferentes pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Tabela 12. Efeitos residual dos tratamentos sobre a produção de ovos (PR, %), peso de ovo (PO, g), massa de ovos (MO, g/ave/dia), percentagem de albúmen (ALB, %), gema (GEM, %) e casca (CASC, %), gravidade específica (GE, g/mL), espessura de casca (ESPC, mm) e cor (COR, ROCHE) das aves de 54 a 70 semanas de idade.

Tratamento	MET:LIS*	PR	PO	MO	ALB	GEM	CASC	GE	ESPC	COR	
NRC 1994	73	82,91	68,30	56,60	60,03	27,42	9,54	1,0782	374,36	5,02	
Rostagno et al., 2005	80%	59	83,98	67,37	56,57	59,78	27,76	9,70	1,0783	373,86	5,07
	90%	66	83,18	66,44	55,23	59,86	27,94	9,68	1,0782	375,40	5,36
	100%	73	84,82	66,38	56,40	59,77	26,87	10,08	1,0786	379,83	5,26
	110%	80	83,07	67,48	56,15	59,76	27,93	9,94	1,0779	378,81	5,17
	120%	87	83,55	66,67	55,59	58,49	29,04	9,91	1,0775	375,69	5,31
Valor de P, (Rostagno et al. 2005)											
Linear		0,8886	0,9234	0,8519	0,1667	0,2151	0,2931	0,5219	0,7674	0,4447	
Quadrático		0,9183	0,7588	0,9840	0,2555	0,1021	0,4653	0,6465	0,6017	0,5178	
C.V.(%)		6,81	4,74	8,27	2,69	6,06	5,47	0,23	5,28	5,95	

*Relação metionina+cistina:lisina (%). C.V.(%): Coeficiente de variação.

Os resultados obtidos neste estudo servirão como parâmetros para que os produtores de ovos possam estabelecer estratégias de produção de acordo com a demanda de mercado, podendo optar por aves com maturidade sexual mais precoce e ovos com qualidade de casca inferior de forma mais rápida ou aves com maturidade sexual um pouco mais tardia e maior persistência na qualidade da casca dos ovos na fase de postura I.

Tabela 13. Equações das variáveis influenciadas estatisticamente pelos níveis de metionina+cistina digestíveis das rações na fase de efeito residual.

Variável	Equação	R ²	Met+Cis digestível, %
Idade ao primeiro ovo	$\hat{Y} = 146,93 - 0,1038x$	0,84	-
Número de dias de produção	$\hat{Y} = 58,075 + 0,1038x$	0,84	-
Gravidade específica	$\hat{Y} = 1,083 - 0,00004x$	0,80	-

CONCLUSÕES

Recomenda-se a utilização de 0,516% de metionina+cistina digestíveis, que corresponde ao consumo de 104,21 mg/ave/dia, e uma relação com a lisina de 83%, para aves de reposição leves de 1 a 6 semanas de idade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLI, M.I.L. [2012]. A importância da qualidade de uma franga: os fatores que influenciam o desempenho das aves desde a aquisição até a fase de crescimento. **A**

- Revista do Ovo**, n.8, 2012. Disponível em: <www.avisite.com.br/revistadoovo/>
Acessado em: Nov. 24, 2012.
- ARAÚJO, M.S. **Níveis de cromo orgânico na dieta de codornas japonesas, mantidas sob estresse por calor, na fase de postura**. 2005. 47f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- BARBOSA, A.A.; MÜLLER, E.S.; MORAES, G.H.K. et al. Perfil da aspartato aminotransferase e alanina aminotransferase e biometria do fígado de codornas japonesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.308-312, 2010.
- BARROS, L.R.; COSTA, F.G.P.; COSTA, J.S. et al. Níveis de proteína para frangas semipesadas no período de uma a dezoito semanas de idade. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, p.131-141, 2006.
- BRAZ, N.M.; FREITAS, E.R.; BEZERRA, R.M. et al. Fibra na ração de crescimento e seus efeitos no desempenho de poedeiras nas fases de crescimento e postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2744-2753, 2011.
- BUNCHASAK, C.; SILAPASORN, T. Effects of adding methionine in low-protein diet on production performance, reproductive organs and chemical liver composition of laying hens under tropical conditions. **International Journal of Poultry Science**, v.4, p.301-308, 2005.
- D'AGOSTINI, P. **Exigências de metionina+cistina para frangas de reposição leves e semipesadas nas fases inicial, cria e recria**. 2005. 120f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- FARIA, D.E. Formação da poedeira moderna com ênfase na fase de cria e recria. In: III SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 1998, Goiana. **Anais...Goiana**, 1998, p.53-71.
- FREITAS, A.R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.786-795, 2005.

- GIETZEN, D.W.; ERECIUS, L.F.; ROGERS, Q.R. Neurochemical changes after imbalanced diets suggest a brain circuit mediating anorectic responses to amino acid deficiency in rats. **Journal of Nutrition**, v.128, p.771-781, 1998.
- GONDIM, A.W.A.; FERNANDES, B. Probabilidade de chuvas para o município de Areia-PB. **Agropecuária Técnica**, v.1, p.55-63, 1980.
- GOUS, R.M.; MORAN JR., E.T.; STILBORN, H.R. et al. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. **Poultry Science**, v.78, p.812-821, 1999.
- GRIMBLE, R.F. The effects of sulfur amino acid intake on immune function in humans. **Journal of Nutrition**, supplement, p.1660s – 1665s, 2006.
- HAMILTON, R.M.G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, Champaign, v.61, p.2002-2039, 1982.
- HARPER, A.E.; BENEVENGA, N.J.; WOHLHUETER, R.M. Effects of ingestion of disproportionate amounts of amino acids. **Physiological Reviews**, v.50, p.428-558, 1970.
- HARR, K.E. Clinical chemistry of companion avian species: a review. **Veterinary Clinical Pathology**, v.31, p.140-151, 2002.
- HRUBY, M.; HAMRE, M.L.; COON, C.N. Growth modeling as a tool for predicting amino acid requirements of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.3, p.403-415, 1994.
- JARDIM FILHO, R.M.; STRINGHINI, J.H.; ANDRADE, M.A. et al. Níveis de lisina digestível para poedeiras Hy-Line W36 em produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.787-795, 2010.
- KALINOWSKI, A.; MORAN JR., E.T.; WYATT, C. Methionine and cystine requirements of slow- and fast-feathering male broilers from zero to three weeks of age. **Poultry Science**, v.82, p.1423-1427, 2003.

- KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6 ed. New York: Academic Press, 2008. 896p.
- KESHAVARZ, K.; NAKAJIMA, S. The effect of dietary manipulations of energy, protein and fat during the growing and laying periods on early egg weight and egg components. **Poultry Science**, v.74, p.50-61, 1995.
- KOELKEBECK, K.W.; BAKER, D.H.; HAN, Y. et al. Research note: Effect of excess lysine, methionine, threonine, or tryptophan on production performance of laying hens. **Poultry Science**, v.70, p.1651-1653, 1991.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial poultry nutrition**. 2 ed. Canada: University Books, 1997. 350 p.
- LEUNG, P.M.B.; ROGERS, Q.R. Importance of prepyriform cortex in food intake response of rats to amino acids. **American Journal of Physiology**, v.221, p.929-935, 1971.
- LIU, G.; DUNNINGTON, E.A.; SIEGEL, P.B. Correlated responses to long-term divergent selection for eight-week body weight in chickens: growth, sexual maturity, and egg production. **Poultry Science**, v.74, p.1259-1268, 1995.
- MANUAL DE MANEJO DAS POEDEIRAS DEKALB WHITE. **Granja Planalto**. 5 ed. Minas Gerais: Uberlândia, 2009. 42p.
- MARUYAMA, K.; AKBAR, M.K.; TURK, C.M. Growth pattern and carcass development in male ducks selected for growth rate. **British Poultry Science**, v.40, p.233-239, 1999.
- MILES, R.; BUTCHER, G. Calculo y uso del coeficiente de variación para cualificar la uniformidade. **Industria Avícola**, v.44, p.48-51, 1997.
- NASCIMENTO, D.C.N.; SAKOMURA, N.K.; SIQUEIRA, J.C. et al. Exigências de metionina+cistina digestível para aves de corte ISA Label criadas em semiconfinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.869-878, 2009.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9 ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1994. 157p.
- NEME, R.; SAKOMURA, N.K.; FUKAYAMA, E.H. et al. Curvas de crescimento e de deposição dos componentes corporais em aves de postura de diferentes linhagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1091-1100, 2006.
- OLIVEIRA, D.D.; BAIÃO, N.C.; CANÇADO, S.V. et al. Fontes de lipídios na dieta de poedeiras: desempenho produtivo e qualidade dos ovos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.718-724, 2010.
- PARK, B.C.; AUSTIC, R.E. Changes in hepatic branched-chain α -keto acid dehydrogenase activity in response to isoleucine imbalance in growing chickens. **Journal of Nutrition of Biochemistry**, v.9, p.687-696, 1998.
- PARR, J.F.; SUMMERS, J.D. The effect of minimizing amino acid excess in broiler diets. **Poultry Science**, v.70, p.1540-1549, 1991.
- PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L. et al. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1174-1181, 2003.
- POULIN, R.; MOUILLOT, D. The relationship between specialization and local abundance: the case of helminth parasites of birds. **Oecologia**, v.140, p.372-378, 2004.
- RENNÓ, L.N.; VALADARES, R.F.D.; LEÃO, M.I. et al. Estimativa da produção de proteína pelos derivados de purinas na urina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1223-1234, 2000.
- ROSTAGNO, H.S.; BARBARINO JR., P.; BARBOZA, W. Exigências nutricionais das aves determinadas no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996, p.361-388.

- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- SANTOS, A.L. **Desempenho, crescimento, qualidade do ovo, composição corporal e características reprodutivas e ósseas de poedeiras submetidas a diferentes programas nutricionais**. 2008. 165f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga.
- SAS. **SAS/STAT 9.3 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2011, 8621p.
- SILVA, E.L.; SILVA, J.H.V.; BERTECHINI, A.G. et al. Exigência de metionina+cistina para aves de reposição leves e semipesadas de 1 a 4 semanas de idade alimentadas com rações farelada e triturada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.500-507, 2009.
- TESSERAUD, S.; COUSTARD, S.M.; COLLIN, A. et al. Role of sulfur amino acids in controlling nutrient metabolism and cell functions: implications for nutrition. **British Journal of Nutrition**, v.101, p.1132-1139, 2009.
- THOLON, P.; QUEIROZ, S.A. Modelos matemáticos utilizados para descrever curvas de crescimento em aves aplicados ao melhoramento genético animal. **Ciência Rural**, v.39, p.2261-2269, 2009.
- TURLETTI, M.C.; CHIORRA, C.; SILVESTRO, A. et al. [2008]. **Enfoque del paciente com esplenomegalia**. Disponível em: <[http://www.clinica-unr.org.ar/Downloads/Enfoque del paciente con esplenomegalia.HIC.pdf](http://www.clinica-unr.org.ar/Downloads/Enfoque%20del%20paciente%20con%20esplenomegalia.HIC.pdf)> Acessado em: Nov. 15, 2008.

VARGAS JR., J.G.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Níveis nutricionais de cálcio e de fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas de 7 a 12 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.936-946, 2004.

YALÇIN, S.S.; GÜÇER, S.; YALÇIN, S. et al. Effects of probiotic (Primalac 454) on non-alcoholic fatty liver disease in broilers. **Revue de Medecine Veterinaire**, v.162, p.371-376, 2011.

CAPÍTULO 3

Níveis de Metionina+Cistina Digestíveis para Aves de Reposição Leves na Fase de Cria

Níveis de Metionina+Cistina Digestíveis para Aves de Reposição Leves na Fase de Cria

RESUMO

Objetivou-se determinar a exigência nutricional de metionina+cistina (ASF) digestíveis para aves de reposição leves de 7 a 12 semanas de idade e avaliar seus efeitos na fase de produção de ovos. O experimento teve duração de 448 dias, divididos em quatro experimentos, em diferentes fases de produção: cria (7 a 12 semanas), pré-postura (18 a 29 semanas), postura I (33 a 49 semanas) e postura II (54 a 70 semanas). Utilizou-se um delineamento inteiramente ao acaso com seis níveis de metionina+cistina, seis repetições e 15 aves por unidade experimental (UE) para fase de cria, oito repetições e 10 aves/UE para fase pré-postura, seis repetições e 8 aves/UE para a fase de postura I, e sete repetições e 4 aves/UE para postura II. Os tratamentos dietéticos consistiram de um controle positivo que atendia as exigências de ASF de acordo com o NRC (1994), e cinco outras dietas com níveis de ASF digestíveis (0,397; 0,447; 0,497; 0,547 e 0,597%) formuladas com base nas tabelas brasileiras de exigências nutricionais, equivalentes a 80, 90, 100, 110 e 120% das recomendações nutricionais. Foram avaliados dados de desempenho e sorologia na fase de cria, e desempenho e qualidade de ovo nas fases pré-postura e postura. Houve comportamento quadrático para peso vivo final, ganho de peso, conversão alimentar e atividade enzimática da gamma-glutamyltransferase em função dos níveis de ASF digestíveis, sendo as exigências para estas características 110,60% (0,550%), 111,22% (0,553%), 104,83% (0,521%) e 99,47% (0,494%), respectivamente. Recomenda-se a utilização de 0,521% de metionina+cistina digestíveis, que corresponde a um consumo de 234,15 mg/ave/dia, e uma relação com a lisina de 84%, para aves de reposição leves de 7 a 12 semanas de idade.

Palavras-chave: aminoácidos essenciais, efeito residual, parâmetros bioquímicos, perfil enzimático

Levels of Methionine and Cystine for Replacement Light Pullets at Create Phase

ABSTRACT

The objective was to determine the nutritional requirement of methionine and cystine (ASF) digestible for replacement light pullets 7 to 12 weeks of age and evaluate the effects on egg production phase. The experiment lasted 448 days, divided into four experiments at different production stages: create (7 to 12 weeks), pre laying (18 to 29 weeks), posture I (33 a 49 weeks) and posture II (54 to 70 weeks). It was used a completely randomized design with six levels of methionine and cystine, six replicates and 15 birds per experimental unit (UE) for the create phase, eight replicates and 10 birds/UE in pre laying phase, six replicates and 8 birds/UE for posture I phase, and seven replicates and 4 birds/UE for posture II. The dietary treatments consisted of a positive control that met requirements of ASF according to the NRC (1994), and five other diets with levels of digestible ASF (0.397; 0.447; 0.497; 0.547 and 0.597%) formulated based Brazilian tables nutritional requirements, equivalent to 80, 90, 100, 110 and 120% of the nutritional requirements. Were evaluated performance data and serology in the create phase, and performance and egg quality in pre laying and posture phases. There was a quadratic effect on final body weight, weight gain, feed conversion and enzymatic activity of gamma-glutamyltransferase due to levels of ASF digestible, and the requirements for these characteristics 110,60% (0,550%), 111,22% (0,553%), 104,83% (0,521%) e 99,47% (0,494%), respectively. Recommended to use of 0.521% methionine and cystine digestible, which corresponds to an intake of 234.15 mg/bird/day, and a relationship with lysine of 84%, for replacement light pullets with 7 at 12 weeks of age.

Key words: essential amino acids, residual effect, biochemical parameters, enzymatic profile

INTRODUÇÃO

O ponto crítico da produção avícola é o gasto com alimentação, especialmente com as especificações nutricionais de proteína e energia, que contribuem com a maior parte dos custos da ração. Assim, requerimentos nutricionais em aminoácidos essenciais vêm sendo pesquisados visando atender melhor às exigências nutricionais das aves.

A resposta de um animal a um nutriente limitante, como a metionina, em geral segue a lei dos retornos decrescentes. Isso significa que o desempenho animal melhora de forma não-linear com o aumento da suplementação dietética de metionina até que o potencial máximo de crescimento do animal, sob as condições de manejo a que está submetido, seja totalmente expresso e que maior adição de metionina não promove qualquer resposta adicional em desempenho (Brugalli, 2003).

No período de crescimento, as aves utilizam grandes quantidades de aminoácidos sulfurosos, principais limitantes nas rações, que, geralmente são suplementadas com aminoácidos sintéticos disponíveis no mercado (Albino et al., 1999).

Rostagno et al. (2011) recomendaram valores de metionina+cistina digestíveis em 0,497% para aves de reposição leves de 7 a 12 semanas de idade. Já o NRC (1994) recomenda valores de metionina + cistina total para frangas leves com 6 a 12 semanas de idade em 0,520%. Porém, alguns questionamentos recaem sobre os níveis de metionina+cistina e de lisina recomendados pelo NRC (1994), considerados inadequados para poedeiras (Yadalan et al., 2000) por onerar o preço da ração.

Semelhantemente, Costa et al. (2011) afirmaram que as recomendações anteriores não mais servem aos dias atuais e, dependendo do local de obtenção dos dados, a necessidade nutricional é alterada. O que se observa é que muitas dessas recomendações não são mais condizentes com a realidade atual, são recomendações antigas, prejudicando dessa maneira, a utilização do potencial da ave.

Durante o período de crescimento, as condições nutricionais podem influenciar o desempenho das aves na fase de produção. No entanto, a maioria dos estudos têm sido

dirigidos com o objetivo de determinar as exigências nutricionais de aves de postura na fase de produção de ovos, sendo poucos trabalhos realizados para determinar as exigências de aminoácidos essenciais para aves nas fases de reposição.

Diante disto, objetivou-se com este trabalho determinar a exigência de metionina+cistina digestíveis para aves de reposição leves de 7 a 12 semanas de idade, bem como avaliar os efeitos dos níveis testados no desempenho produtivo das fases pré-postura e postura.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Areia/PB. O experimento teve duração de 448 dias, divididos em quatro fases de produção: cria (7 a 12 semanas de idade), pré-postura (18 a 29 semanas de idade), postura I (33 a 49 semanas de idade) e postura II (54 a 70 semanas de idade), das quais a de cria foi a fase em que os níveis de metionina+cistina foram testados entre os tratamentos, e as demais foram as fases em que foi avaliado o efeito residual dos níveis testados na fase de cria.

Fase de Cria

Foram utilizadas 540 aves da linhagem Dekalb White a partir da 7^o semana de idade com peso vivo inicial de $313,14 \pm 12,49$ g, alojadas em boxes experimentais de 1,0 X 1,5 m. O piso foi coberto com cama de bagaço de cana e cada box continha uma lâmpada incandescente de 100 Watts para aquecer as aves nas horas mais fria do dia, um comedouro tubular e um bebedouro pendular infantil, recebendo água e ração à

vontade. As aves foram debicadas na 10^o semanas de vida e os programas de vacinação e luz adotados foram os sugeridos pelo desafio sanitário da região e manual da linhagem, respectivamente.

Os tratamentos consistiram em seis dietas, sendo uma dieta formulada para atender às exigências de todos os nutrientes, segundo as recomendações do NRC (1994). Para os demais tratamentos uma dieta basal foi formulada para atender às exigências de todos os nutrientes, segundo as recomendações de Rostagno et al. (2005), exceto metionina, que foi suplementada com DL-metionina (99%) em substituição ao amido (0,490; 0,440; 0,390; 0,340 e 0,290%), resultando em cinco níveis de metionina+cistina digestíveis, 0,397; 0,447; 0,497; 0,547 e 0,597%, equivalentes a 80, 90, 100, 110 e 120%, respectivamente, das recomendações de Rostagno et al. (2005) (Tabela 14). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado distribuído em seis tratamentos e seis repetições de quinze aves por unidade experimental.

As variáveis estudadas foram: peso vivo final (g/ave), ganho de peso (g/ave), consumo de ração (g/ave), conversão alimentar (g/g), consumo de metionina+cistina (mg/ave/dia), consumo de lisina (mg/ave/dia), mensuração do peso final sem vísceras (g/ave), fígado (g/ave), baço (g/ave) e gordura celomática (g/ave), e análise sorológica da alanina aminotransferase (U/L), aspartato aminotransferase (U/L), gamma-glutamilttransferase (U/L), creatinina (mg/dL), albumina (g/dL) e proteína sérica (g/dL). Foi realizada ainda a curva de crescimento das aves de reposição.

As aves e rações foram pesadas no início e final do experimento, permitindo a determinação do peso vivo final, ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, consumo de metionina+cistina e consumo de lisina.

No último dia da fase experimental, foram abatidas dez aves por parcela para se proceder as análises sorológicas e as mensurações dos órgãos. As análises sorológicas foram determinadas através do equipamento VetTest Blood Chemistry Analyzer.

Tabela 14. Ingredientes e composição química das dietas experimentais.

Ingredientes	Níveis de metionina+cistina digestíveis (%)					
	NRC (1994) ¹		Rostagno et al., (2005)			
	0,520	0,397	0,447	0,497	0,547	0,597
Milho	81,988	80,346	80,346	80,346	80,346	80,346
Farelo de soja, 45%	12,052	12,873	12,873	12,873	12,873	12,873
Farinha de carne e ossos	2,540	3,120	3,120	3,120	3,120	3,120
Glúten de milho, 60%	1,304	1,231	1,231	1,231	1,231	1,231
Calcário	0,983	0,891	0,891	0,891	0,891	0,891
Fosfato bicálcico	0,618	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490
Sal comum	0,302	0,316	0,316	0,316	0,316	0,316
L-Lisina	0,012	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
DL-Metionina	0,020	0,050	0,100	0,150	0,200	0,250
Cloreto de colina 60%	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
Premix vitamínico ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Premix mineral ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Antioxidante ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Amido	0,00	0,490	0,440	0,390	0,340	0,290
Total	100	100	100	100	100	100
Composição química (D- Digestível)						
Proteína bruta (%)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Cálcio (%)	0,800	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Fósforo disponível (%)	0,350	0,392	0,392	0,392	0,392	0,392
Energia metabolizável (kcal/kg)	2,850	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900
Arginina- D (%)	0,830	0,671	0,671	0,671	0,671	0,671
Isoleucina- D (%)	0,500	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466
Lisina- D (%)	0,600	0,621	0,621	0,621	0,621	0,621
Met + Cis- D (%)	0,520	0,397	0,447	0,497	0,547	0,597
Treonina- D (%)	0,570	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422
Triptofano- D (%)	0,140	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124
Sódio (%)	0,150	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
Cloro (%)	0,241	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Potássio (%)	0,512	0,520	0,520	0,520	0,520	0,520

¹Ração formulada com base em aminoácidos totais. ²Premix mineral inorgânico por kg de produto: Mn, 20 g; Fe, 10 g; Zn, 13,7 g; Cu, 2,5 g; Se, 0,063 g; I, 0,19 g; e veículo q.s.p., 500 g. ³Premix vitamínico por kg de ração: Vit. A - 15.000.000 UI, Vit. D₃ - 1.500.000 UI, Vit. E - 15.000 UI, Vit.B₁ - 2,0 g, Vit.B₂-4,0 g, Vit B₆ - 3,0 g, Vit.B₁₂ - 0,015 g, Ácido nicotínico - 25 g, Ácido pantotênico- 10 g, Vit.K₃ - 3,0 g, Ácido fólico- 1,0 g, Bacitracina de zinco - 10 g, Selênio - 250 mg. ⁴Antioxidante BHT - 10 g, e veículo. q.s.p. - 1.000 g.

No caso da curva de crescimento, o peso vivo das aves foi mensurado semanalmente durante o período de 7 a 12 semanas de idade, totalizando seis pesagens, e os dados obtidos foram submetidos aos modelos equacionais propostos por Von Bertalanffy, Brody, Gompertz, Logístico e Richards, utilizando-se o programa estatístico GOSA, obtendo-se o melhor ajuste as equações matemáticas. Para escolha do modelo matemático que melhor ajustasse os dados de peso-idade das aves na curva de crescimento, foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (AIC) (Tabela 15).

Tabela 15. Propriedades dos modelos não-lineares utilizados na curva de crescimento para frangas de 7 a 12 semanas de idade.

MODELO	EQUAÇÃO	AIC
Von Bertalanffy	$Y = A(1 - Be^{-Kt})^3 + \varepsilon$	1445.940
Brody	$Y = A(1 - Be^{-Kt}) + \varepsilon$	1445.330
Gompertz	$Y = Ae^{-Be^{-Kt}} + \varepsilon$	1442.120
Logístico	$Y = A(1 + Be^{-Kt})^{-1} + \varepsilon$	1442.886
Richards	$Y = A(1 - Be^{-Kt})^M + \varepsilon$	1443.977

Fase Residual

Após a fase experimental de 7 a 12 semanas de idade, as aves foram mantidas em galpão de recria, sendo anilhadas na base da perna com coloração distinta para cada tratamento, onde permaneceram até as 16 semanas, sendo criadas de forma convencional. As aves foram alimentadas com rações à vontade, com a finalidade de permitir a avaliação do efeito residual dos níveis de metionina+cistina do período de 7 a 12 semanas de idade, sendo formuladas para atender as exigências das aves de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2005) para cada fase de produção.

Às 16 semanas de idade, 480 frangas Dekalb White foram transferidas do piso para gaiolas de produção. Para as fases pré-postura as aves foram alojadas ao acaso em oito repetições por tratamento, sendo dez aves por parcela. Na postura I em seis

repetições por tratamento, sendo oito aves por parcela. Na fase de postura II as aves foram distribuídas em sete repetições por tratamento, com quatro aves por parcela.

Para o período pré-postura, as variáveis estudadas foram: idade ao primeiro ovo (dias), peso ao primeiro ovo (g), número de ovos por período (total de ovos), número de dias de produção (dias), taxa de postura (%), peso dos ovos (g) e massa de ovo (g/ave/dia).

Com o início da produção de ovos, todos eram anotados para a determinação da idade do primeiro ovo e pesados em balança digital de três dígitos (0,001g) para a determinação do peso do primeiro ovo. A partir destas anotações também foram determinados o número de ovos por período e o número de dias de produção.

A taxa de postura foi obtida através da relação entre o total de ovos do período e o produto do número de aves corrigido pela mortalidade e o número de dias de produção, multiplicado por 100.

O peso médio dos ovos foi determinado através da relação entre o peso total dos ovos sobre o número de ovos do período. A massa de ovos foi calculada multiplicando-se a produção pelo peso dos ovos.

Nas fases de postura I e II as variáveis estudadas foram: produção de ovos (%), peso dos ovos (g), massa de ovo (g/ave/dia), percentagem de gema (%), albúmen (%) e casca (%), gravidade específica (g/mL), espessura da casca (mm) e cor (ROCHE®).

A produção de ovos foi calculada pela relação do número de ovos produzidos pelo número de aves alojadas, por período, multiplicando-se o valor por cem. A massa de ovos foi calculada multiplicando-se a produção pelo peso dos ovos.

Para as demais variáveis, foram coletados, nos três últimos dias de cada período, dois ovos por parcela para se proceder à pesagem de cada componente e dois para determinação da gravidade específica.

Os ovos foram pesados individualmente em balança digital de três dígitos (0,001g) e foi calculado o peso médio dos ovos. A gema e albúmen de cada ovo foram pesados separadamente em balança digital de três dígitos (0,001g). As percentagens de

gema e de albúmen foram determinadas pela relação entre o peso médio da gema e do albúmen sobre o peso médio do ovo multiplicado por 100. As cascas dos ovos foram identificadas, secas em estufa a 55-60°C por 24 horas e pesadas em balança digital com precisão de 0,01g para obtenção do peso médio das cascas. A percentagem da casca foi obtida através da relação entre o peso médio da casca sobre o peso médio do ovo multiplicado por 100 e a espessura da casca foi obtida através da utilização de micrômetro digital Mitutoyo de 0-25 mm, com precisão de 0,001 mm. A gravidade específica foi determinada pelo método de flutuação em solução salina, conforme metodologia descrita por Hamilton (1982). Os ovos foram imersos em quinze soluções de cloreto de sódio (NaCl) com densidades variando de 1,070 a 1,090 g/mL, com gradiente de 0,0025 entre elas. A densidade das soluções foi rotineiramente aferida por meio de um densímetro de petróleo.

Análises Estatísticas

As análises estatísticas das características avaliadas foram realizadas utilizando-se o software SAS (SAS Institute, 2011). As médias do controle positivo (NRC, 1994) foram comparadas com as dos demais tratamentos (Rostagno et al., 2005) pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade. A estimativa da exigência de metionina+cistina digestíveis foram estabelecidas por meio de análises de regressão, considerando o valor do R^2 e a resposta biológica das aves.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar foram registradas diariamente durante todo período experimental (Tabela 16), utilizando-se um

aparelho termohigrômetro digital pré-fixado no centro do galpão, na altura dos boxes e gaiolas.

Tabela 16. Média da temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental.

Fase de Produção	TEMPERATURA °C			UMIDADE RELATIVA (%)
	Mínima	Máxima	Média	Média
Cria	20,15	26,2	22,6	89,50
Pré-postura	18,18	24,45	20,70	83,25
Postura I	19,58	27,94	22,64	83,00
Postura II	20,0	27,45	22,63	84,00

Foi verificado efeito significativo ($P < 0,05$) entre os tratamentos estudados sobre as variáveis produtivas, exceto para conversão alimentar ($P > 0,05$) quando submetidos ao teste de Dunnett a 5% de probabilidade (Tabela 17), estando os parâmetros de peso corporal e consumo de ração bem próximo ao recomendado pelo Manual da Linhagem Dekalb White (2009).

Tabela 17. Efeitos dos tratamentos sobre o peso vivo final (PVF, g/ave), ganho de peso (GP, g/ave), consumo de ração (CR, g/ave), conversão alimentar (CA, g/g), consumo de Met+Cis (CMC, mg/ave/dia) e consumo de Lis (CLIS, mg/ave/dia) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

Tratamento	MET:LIS*	PVF	GP	CR	CA	CMC	CLIS	
NRC, 1994	87	787,85	473,69	1838,93	3,89	227,68	262,70	
Rostagno et al., 2005	80%	64	769,34	456,18	1860,46	4,10	175,86¥	275,08¥
	90%	72	811,23	497,40	1881,09	3,79	200,20¥	278,13¥
	100%	80	821,23	507,56¥	1874,35	3,69	221,80	277,14¥
	110%	88	832,43¥	520,42¥	1892,72	3,64	246,50¥	279,85¥
	120%	96	827,84¥	515,84¥	1915,09¥	3,72	272,22¥	283,16¥
Valor de P, (Rostagno et al. 2005)								
Linear		0,0001	0,0001	0,0286	0,0005	0,0001	0,0282	
Quadrático		0,0143	0,0073	0,6490	0,0058	0,4595	0,6480	
C.V.(%)		2,86	4,08	2,17	4,73	2,28	2,17	

*Relação metionina+cistina:lisina (%). C.V.(%): Coeficiente de variação; ¥: médias diferentes pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

O peso vivo final das frangas durante o período experimental foi afetado apenas quando as aves receberam níveis dietéticos de metionina+cistina a partir de 110% das recomendações de Rostagno et al. (2005) em relação ao controle positivo (NRC, 1994).

As aves alimentadas com níveis de metionina+cistina digestíveis a partir do recomendado por Rostagno et al. (2005) apresentaram melhor desempenho para ganho de peso quando comparados aos animais que foram alimentados com aminoácidos sulfurosos de acordo com o NRC (1994). Para variável consumo de ração não houve efeito significativo entre os níveis de metionina+cistina estudados em relação ao controle positivo, exceto para o tratamento que continha 120% das recomendações das tabelas brasileiras que apresentou consumo mais elevado.

Apesar de terem sido constatados diferenças significativas entre variáveis ligadas a conversão alimentar, não foi observado efeito estatístico entre os tratamentos para esta característica produtiva, indicando que a base de formulação associado aos níveis de metionina+cistina digestíveis fornecidos nas dietas são semelhantes para esta variável.

Com relação ao consumo de metionina+cistina apenas o tratamento que atendia a recomendação de Rostagno et al. (2005) para metionina+cistina digestíveis não diferiu do controle positivo. Ademais, os tratamentos com níveis inferiores ao recomendado (80 e 90%) apresentaram menor consumo, e os demais que foram suplementados com níveis acima do recomendado (110 e 120%) apresentaram consumo superior.

Já para o consumo de lisina todos os tratamentos com base de formulação em aminoácidos digestíveis diferiram significativamente do controle positivo, apresentando os mesmos consumos superiores para este aminoácido, possivelmente em decorrência do seu maior nível de suplementação nas dietas formuladas com base nas recomendações de Rostagno et al. (2005).

Quando submetidos à análise de regressão foi verificado efeito significativo ($P < 0,05$) para todas as variáveis estudadas (Tabela 17).

As variáveis peso vivo final, ganho de peso e conversão alimentar melhor se ajustaram ao modelo de regressão quadrática (Tabela 18). Enquanto que o consumo de ração, consumo de metionina+cistina digestíveis e lisina apresentaram melhores ajustes

ao modelo de regressão linear. Os pontos de máxima obtidos para o peso vivo final e ganho de peso foram 110,60 (0,550%) e 111,22% (0,553%), respectivamente (Figuras 9 e 10, respectivamente). Já para conversão alimentar o ponto de mínimo foi estimado em 104,83% (0,521%) (Figura 11).

Tabela 18. Equações das variáveis influenciadas estatisticamente pelos níveis de metionina+cistina digestíveis das rações.

Variável	Equação	R ²	Met+Cis digestível, %
Peso vivo final	$\hat{Y} = 32 + 14,489x - 0,0655x^2$	0,98	110,60 (0,550)
Ganho de peso	$\hat{Y} = -265,27 + 14,125x - 0,0635x^2$	0,98	111,22 (0,553)
Consumo de ração	$\hat{Y} = 1763,9 + 1,2088x$	0,86	-
Conversão alimentar	$\hat{Y} = 10,411 - 0,1258x + 0,0006x^2$	0,99	104,83 (0,521)
Consumo de Met+Cis	$\hat{Y} = -15,703 + 2,3902x$	0,99	-
Consumo de Lis	$\hat{Y} = 260,8 + 0,1787x$	0,86	-

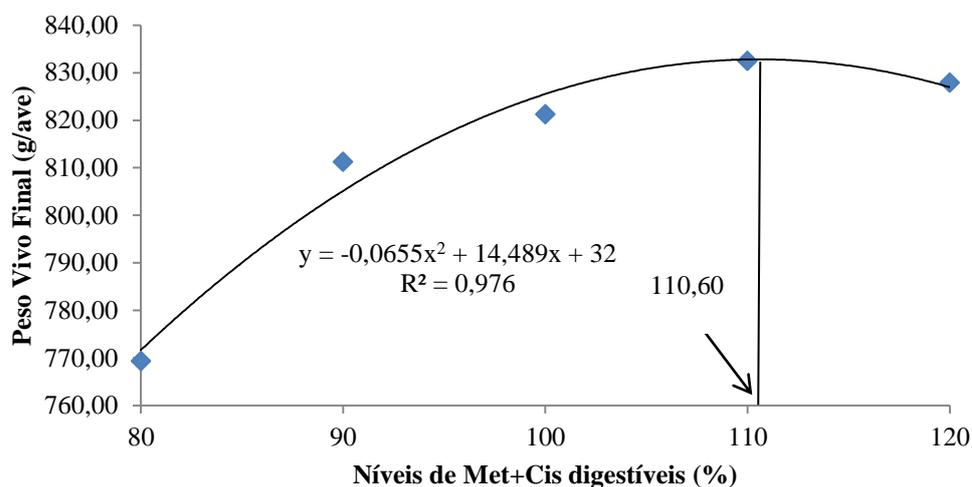


Figura 9. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre o peso vivo final de aves de reposição leves no período de 7 a 12 semanas de idade.

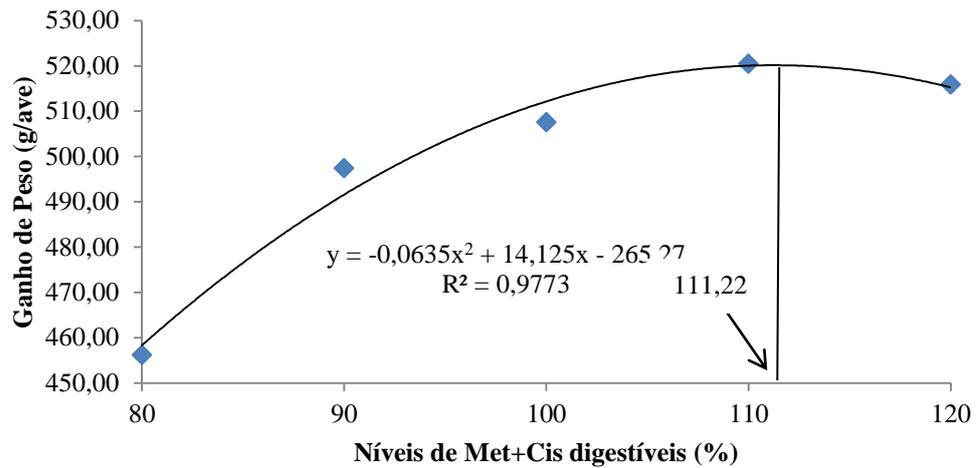


Figura 10. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre o ganho de peso de aves de reposição leves no período de 7 a 12 semanas de idade.

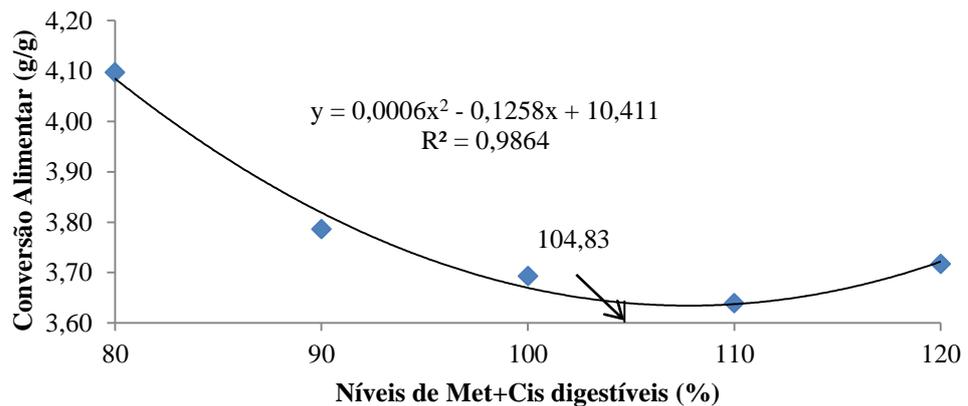


Figura 11. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre a conversão alimentar de aves de reposição leves no período de 7 a 12 semanas de idade.

Com base nos resultados de desempenho obtidos neste trabalho, podemos inferir que o melhor nível encontrado para conversão alimentar está relacionado ao melhor aproveitamento dos nutrientes da ração para o ganho de peso. Provavelmente, essa melhora na eficiência de utilização da ração para o ganho de peso, com o aumento nos níveis de metionina+cistina digestíveis na dieta seja resultado do melhor equilíbrio aminoacídico, e conseqüentemente elevada síntese proteica.

Os níveis de metionina+cistina digestíveis encontrados neste trabalho para aves de reposição leves com 7 a 12 semanas de idade são inferiores ao recomendado pelo

manual da linhagem de 0,650% de metionina+cistina digestíveis para a fase de 6 a 10 semanas de idade. Já Silva et al. (2009) estimaram o melhor nível de metionina+cistina total para ganho de peso e conversão alimentar em 0,640% para aves de reposição leves e semipesadas no período de 5 a 11 semanas de idade.

Barros et al. (2006) avaliaram níveis de proteína bruta (14 – 20%) para frangas no período de 1 a 18 semanas de idade, e verificaram que níveis mais elevados resultaram no aumento no peso médio, consumo de ração e ganho de peso da ave com redução linear na conversão alimentar. Entretanto, Freitas et al. (1991) avaliaram dietas com 12% de proteína bruta e níveis de metionina total (0,00 – 0,20%) para aves na fase de crescimento com 6 a 14 semanas de idade, e não observaram efeito estatístico sobre o peso médio final, consumo médio e a conversão alimentar.

O ganho de peso nessa fase é importante para que a ave chegue à maturidade sexual com uma boa conformação, pois seu peso nas fases de cria e recria está correlacionado diretamente com o seu desempenho na postura (Lima Neto et al., 2008).

Sá et al. (2007) ressaltaram que quanto mais próximo a composição de aminoácidos for do requerimento das aves, mas eficiente será a utilização da proteína, com reflexos positivos na utilização dos demais nutrientes, e minimizando o seu uso como fonte de energia.

De acordo Silva et al. (2009) os níveis ótimos dos aminoácidos sulfurosos para ganho de peso e conversão alimentar também são adequados para crescimento e rendimento máximo do empenamento.

O consumo de ração aumentou à medida que os níveis de metionina+cistina digestíveis foram elevados entre os tratamentos, demonstrando a necessidade das aves em suprir as suas exigências nutricionais, em especial aminoácidos sulfurosos, visando a maximização das suas funções biológicas. Este aumento na ingestão de alimentos e equilíbrio de nutrientes resultou em melhores índices de ganho de peso, tendo em vista que os mesmos fazem parte da composição corporal ou participam do seu processo de formação.

O desequilíbrio de aminoácidos pode reduzir a eficiência de utilização da proteína dietética e diminuir o consumo de alimentos pelas aves (Pack, 1995), prejudicando o crescimento e a formação tecidual das aves. Além disso, a digestão e metabolismo de aminoácidos, oriundos de dietas desbalanceadas geram incremento calórico corporal desnecessário, provocando maior demanda energética para excreção do nitrogênio.

Da mesma forma, Leeson e Summers (2001) afirmaram que o baixo peso corporal em função de baixos níveis de aminoácidos na dieta pode ser explicado, devido a uma possível mobilização da proteína corporal por parte da ave no intuito de suprir o aminoácido em deficiência para manter o desenvolvimento do sistema reprodutor ou até mesmo um desvio de energia destinada à produção para síntese de moléculas (ácido úrico) que permitissem a excreção dos aminoácidos em desequilíbrio no organismo.

Os processos anabólicos em aves de postura na fase de crescimento são altamente dependentes do nível de ingestão de alimentos e de nutrientes disponíveis para garantir adequada deposição do tecido corporal, portanto, deve-se considerar que o atendimento das exigências dos aminoácidos para aves de reposição é uma etapa crítica na otimização do desempenho para fase atual e subsequente fase de postura (Silva et al., 2000).

Portanto, os aminoácidos sulfurosos são importantes para o desempenho das aves na fase de reposição, pois tem relação direta com o peso vivo final, o ganho de peso e a conversão alimentar, podendo ainda interferir no desempenho e qualidade de ovos na fase de postura.

Kwakkel et al. (1997) ressaltaram que os efeitos da restrição de nutrientes durante a fase de crescimento das aves sobre o desempenho e qualidade de ovos na fase de postura estão relacionados com quantidades insuficientes de certos nutrientes para a síntese e formação de estruturas essenciais ao funcionamento pleno do organismo.

A fase de crescimento das aves baseia-se no grau de alterações fisiológicas determinantes na formação da estrutura corporal, relacionadas à formação óssea e muscular, empenamento e desenvolvimento sexual, logo, espera-se que qualquer mudança em uma dessas fases possa alterar seu desempenho durante a produção de

ovos. Assim, um bom programa de alimentação na fase de crescimento é essencial ao desempenho das aves na fase de postura (Vargas Jr. et al., 2004).

A escolha do nível adequado de metionina+cistina é favorável tanto para ave, que poderá desempenhar suas funções metabólicas de forma potencializada, quanto para o produtor, que poderá maximizar seus recursos financeiros através da economia com fontes proteicas.

Com relação às médias do peso absoluto e relativo do peso final sem vísceras, fígado, baço e gordura celomática das aves de 7 a 12 semanas de idade, não foi verificado qualquer efeito estatístico ($P>0,05$) entre os tratamentos com diferentes bases de formulação em aminoácidos (total vs digestível) e níveis de metionina+cistina digestíveis quando submetidos ao teste Dunnett e análise de regressão, respectivamente (Tabela 19).

Apesar de ter sido verificado efeito significativo em outras variáveis produtivas, como o ganho de peso e a conversão alimentar, não foi encontrado diferenças significativas entre os tratamentos para estas variáveis produtivas, provavelmente devido a maior fração do desenvolvimento e formação visceral terem ocorridos na fase inicial de criação (1 a 6 semanas de idade), sendo pouco afetado, portanto, pelos níveis de metionina+cistina na fase de criação subsequente, durante o período experimental.

Corroborando estes resultados, Hiramoto et al. (1990) concluíram que dietas deficientes em metionina não alteraram o peso do fígado de poedeiras, contudo verificaram no órgão analisado menor síntese proteica por unidade de RNA.

De acordo com Mazzuco (2011) o desenvolvimento das aves é multifásico, onde de 1 a 5 semanas ocorre o crescimento visceral, de 6 a 12 semanas, ósseo e de 13 a 18 semanas, do aparelho reprodutor, onde a melhor adequação nutricional deve seguir estes estágios de desenvolvimento fisiológico.

Tabela 19. Efeitos dos tratamentos sobre o peso absoluto (g) e relativo (%) do peso final sem vísceras (PFSV), fígado (FIG), baço (BAÇ) e gordura celomática (GC) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

Tratamento	MET:LIS*	PFSV	FIG	BAÇ	GC	
Peso absoluto (g)						
NRC, 1994	87	611,09	15,315	1,451	10,247	
Rostagno et al., 2005	80%	64	612,11	15,383	1,358	10,549
	90%	72	636,92	16,266	1,625	10,447
	100%	80	636,95	16,363	1,756	10,609
	110%	88	634,73	16,633	1,616	10,337
	120%	96	634,25	15,923	1,506	10,563
Valor de P, (Rostagno et al. 2005)						
Linear		0,0915	0,4606	0,6172	0,9757	
Quadrático		0,0740	0,1968	0,1378	0,9450	
C.V.(%)		3,47	10,87	33,04	22,99	
Rendimento (%)						
NRC 1994	87	77,51	1,94	0,18	1,30	
Rostagno et al., 2005	80%	64	77,87	1,95	0,17	1,34
	90%	72	77,88	1,99	0,20	1,28
	100%	80	76,34	1,96	0,21	1,27
	110%	88	77,24	2,02	0,20	1,26
	120%	96	77,34	1,94	0,18	1,29
Valor de P, (Rostagno et al. 2005)						
Linear		0,4278	0,9347	0,7771	0,7066	
Quadrático		0,3028	0,6026	0,2471	0,6379	
C.V.(%)		2,46	10,34	32,58	22,87	

*Relação metionina+cistina:lisina (%). C.V.(%): Coeficiente de variação.

No entanto, Saki et al. (2011) afirmaram que a metionina pode influenciar as características de carcaça e órgãos viscerais, e que altos níveis de metionina aumentaram o peso do fígado, absorção intestinal de nutrientes, incrementou o metabolismo corporal e a atividade metabólica do fígado em aves na fase de crescimento. Hazelwood et al. (1986) descreveram que o fígado de poedeiras aumenta de peso nos períodos que antecedem a postura. Dessa forma, o maior peso relativo do fígado pode ser associado à precocidade das poedeiras, uma vez que o início da

atividade reprodutiva da fêmea implica em maior atividade desse órgão para síntese do material da gema a ser depositado no ovário (Braz et al., 2011).

É interessante analisar de forma detalhada as variáveis relacionadas a formação visceral, tendo em vista que pequenas modificações nestas variáveis podem refletir alterações metabólicas e/ou fisiológicas no organismo da ave em resposta a determinadas situações nutricionais que são impostas ao animal. O fígado e o baço, por exemplo, são órgãos que atuam diretamente no metabolismo e sistema imunológico da ave, respectivamente.

Há alguns relatos que a suplementação com metionina promoveu situação de bem-estar nas aves devido a uma melhora no seu sistema imunológico. Silva (2009) relatou que a nutrição afeta o desenvolvimento do sistema imune, desde o ovo até as primeiras semanas de vida, visto que deficiências nutricionais envolvidos na formação dos órgãos linfoides e proliferação dos linfócitos têm impacto negativo na vida futura das aves.

Os aminoácidos, em especial a metionina+cistina, exercem muitas funções no organismo da ave, entre elas no seu desenvolvimento, sendo responsável por reparar tecidos, produzir hormônios e melhorar o sistema de defesa (Carvalho, 2012). Entretanto, a necessidade de nutrientes para resposta imune pode ser bem menor que as necessidades de crescimento e produção. Dessa forma, Kid (2004) observou a partir de estudos na área da nutrição-imunologia, que as necessidades nutricionais para respostas imunes não coincidem com aquelas para crescimento ou deposição tecidual.

Possivelmente, a ausência de efeito significativo ($P>0,05$) para o peso absoluto e relativo do baço tenha sido em decorrência de fatores associados à redução na formação e estruturação tecidual do órgão e menor nível de exigência nutricional para o funcionamento normal deste componente do sistema imunológico das aves, tendo em vista às aves dos tratamentos que receberam menores níveis de metionina+cistina terem apresentado menores índices produtivos, e apresentarem em contrapartida, desenvolvimento de baço semelhante aos demais tratamentos.

Na comparação das médias, do controle positivo (NRC, 1994) com os demais tratamentos sobre os componentes sorológicos (Tabela 20), observou-se que os níveis

séricos da aspartato aminotransferase, gamma-glutamilttransferase e albumina, variaram significativamente ($P < 0,05$) nos níveis de metionina+cistina digestíveis em relação ao controle positivo quando submetidos ao teste de Dunnett. Entretanto, os níveis de alanina aminotransferase, creatinina e proteína sérica não apresentaram nenhum efeito significativo ($P > 0,05$) entre os tratamentos quando comparados pelo mesmo teste de média.

Para a variável aspartato aminotransferase, o controle positivo com suplementação de metionina+cistina de acordo com as recomendações do NRC (1994) diferiu dos tratamentos que continha níveis correspondentes a 100 e 120% das recomendações nutricionais propostas por Rostagno et al. (2005). Já para gamma-glutamilttransferase e albumina, o controle positivo diferiu apenas dos tratamentos com 100% e 120%, respectivamente, das exigências nutricionais recomendadas por Rostagno et al. (2005), não sendo verificado qualquer efeito com os demais tratamentos.

Tabela 20. Efeitos dos tratamentos sobre a atividade das enzimas alanina aminotransferase (ALT, U/L), aspartato aminotransferase (APT, U/L), gamma-glutamilttransferase (GGT, U/L) e da creatinina (CRE, mg/dL), albumina (ALB, g/dL) e proteína sérica (PTN, g/dL) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

Tratamento	MET:LIS*	ALT	APT	GGT	CRE	ALB	PTN	
NRC, 1994	87	4,63	161,88	35,38	0,700	1,78	3,86	
	80%	64	3,25	180,88	34,38	0,660	1,67	3,66
	90%	72	4,50	174,38	33,25	0,665	1,79	3,69
Rostagno et al., 2005	100%	80	5,13	192,00¥	30,75¥	0,639	1,90	3,66
	110%	88	4,00	164,13	32,50	0,650	1,94	3,83
	120%	96	4,75	189,50¥	35,13	0,720	2,98¥	4,05
Valor de P, (Rostagno et al. 2005)								
	Linear	0,0462	0,7104	0,7854	0,1742	0,0001	0,0141	
	Quadrático	0,0630	0,4147	0,0008	0,0694	0,9106	0,1705	
	C.V.(%)	24,87	9,45	7,29	10,11	10,34	8,40	

*Relação metionina+cistina:lisina (%); C.V.(%): Coeficiente de variação; ¥: médias diferentes pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Os níveis de metionina+cistina digestíveis influenciaram ($P < 0,05$) os resultados da alanina aminotransferase, gamma-glutamilttransferase, albumina e proteína. Já

atividade enzimática da aspartato aminotransferase e creatinina no período experimental não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) entre os níveis de metionina+cistina digestíveis estudados (Tabela 20).

O aumento dos níveis de metionina+cistina proporcionou efeito quadrático sobre a variável gama glutamiltransferase (Tabela 21), cujo valor mínimo obtido foi 99,47% (0,494%) (Figura 12). Com relação aos níveis séricos da alanina aminotransferase, albumina e proteína, verificou-se efeito linear ($P<0,05$) dos níveis de metionina+cistina digestíveis utilizados.

Tabela 21. Equações das variáveis influenciadas estatisticamente pelos níveis de metionina+cistina digestíveis das rações.

Variável	Equação	R ²	Met+Cis digestível, %
Alanina aminotransferase	$\hat{Y} = 1,825 + 0,025x$	0,30	-
Gama glutamiltransferase	$\hat{Y} = -114,7 + 1,6711x + 0,0084x^2$	0,86	99,47 (0,494)
Albumina	$\hat{Y} = -0,8955 + 0,0098x$	0,98	-
Proteína	$\hat{Y} = 2,865 + 0,0091x$	0,75	-

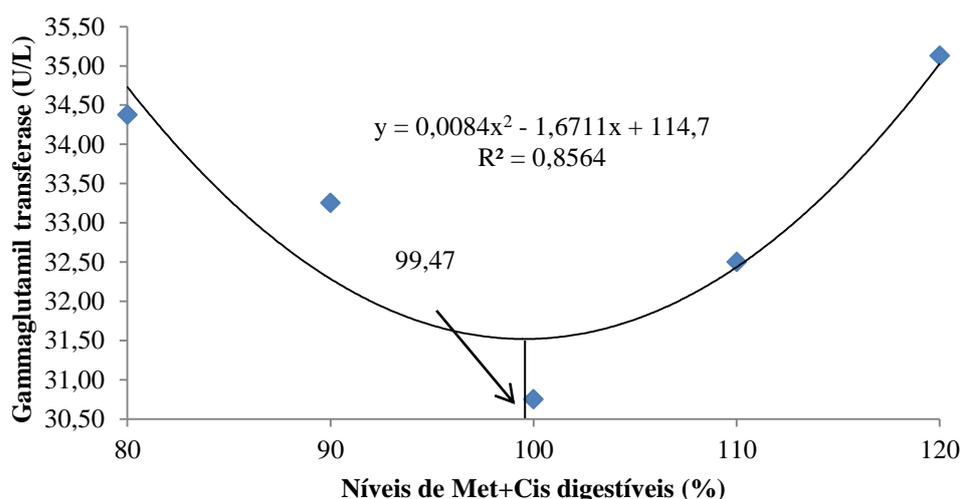


Figura 12. Efeito dos níveis de metionina+cistina sobre a atividade da gama-glutamiltransferase sérica de aves de reposição leves no período de 7 a 12 semanas de idade.

Montonen et al. (2012) correlacionaram a elevação dos níveis séricos da gamma-glutamilttransferase e alanina aminotransferase a um aumento na deposição de gordura hepática. Do mesmo modo, Samuel et al. (2004) propuseram que as enzimas hepáticas, principalmente a gamma-glutamilttransferase, podem servir como indicadores de gordura hepática, a qual está relacionada com o aumento da gliconeogênese.

Os níveis de metionina+cistina digestíveis favoreceram a maior formação de albumina e proteína, podendo a maior disponibilidade destes compostos favorecerem o melhor desenvolvimento corporal e reprodutivo das aves. Semelhantemente, Sonbol (1991) indicou que a suplementação com metionina+cistina aumentaram os níveis de proteína, albumina e globulina plasmática, estando os mesmos correlacionados com o crescimento das aves. Já Caregaro et al. (1996) verificaram que níveis séricos reduzidos de albumina refletiu a diminuição da síntese hepática devido à falta de substrato, podendo afetar o metabolismo de outras substâncias devido ao seu papel como transportador (González e Scheffer, 2003).

A composição bioquímica do plasma sanguíneo reflete de modo fiel a situação metabólica dos tecidos animais, sendo possível a avaliação de alterações no funcionamento de órgãos, adaptação do animal diante de desafios nutricionais e fisiológicos, e desequilíbrios metabólicos específicos ou de origem nutricional (González e Scheffer, 2003). Por outro lado, Lumeij e Westerhof (1987) observaram que o diagnóstico das enfermidades hepáticas em aves não é uma prática simples, pois nem sempre se observa a correlação entre as alterações dos níveis séricos das enzimas hepáticas e a patologia do fígado.

Todavia, os estudos dos parâmetros bioquímicos são essenciais para contribuir com o progresso da produção aviária, com a realização de estudos que permitam a interpretação adequada das respostas do organismo das aves a determinadas situações nutricionais, visando uma melhora no processo de formação das poedeiras.

Com relação à elaboração da curva de crescimento, os dados da variável de crescimento das aves de 7 a 12 semanas de idade apresentaram bons ajustes a todos os modelos matemáticos analisados, entretanto os propostos por Gompertz e o Logístico foram o que apresentaram os melhores ajustes, sendo os parâmetros estimados pela

função de Gompertz o que apresentaram menor AIC (1442.120) (Tabela 15), e conseqüentemente foi quem melhor descreveu a curva média de crescimento das aves de 7 a 12 semanas de idade (Figura 13).

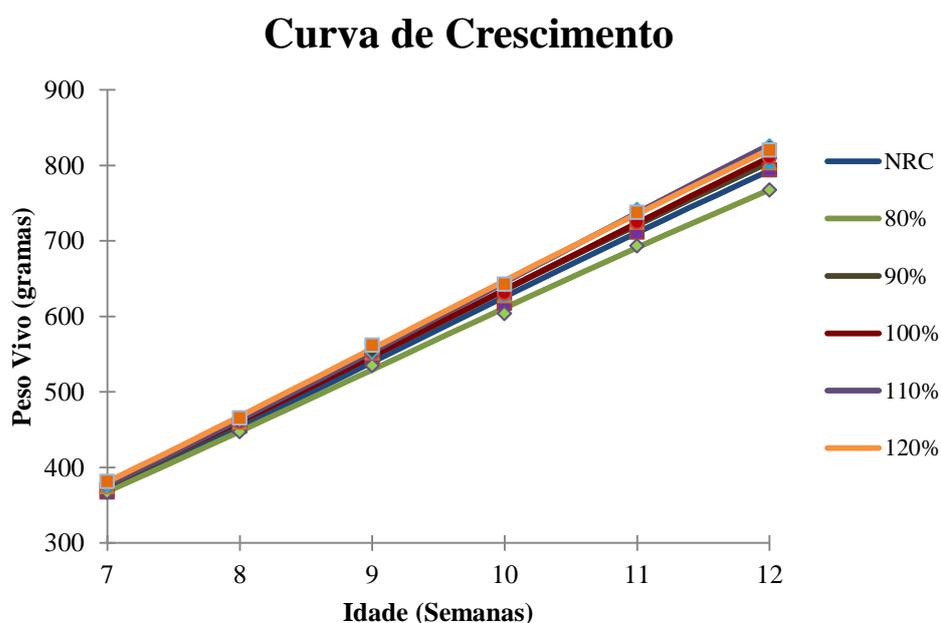


Figura 13. Curva de crescimento ajustada de acordo com o modelo de Gompertz.

Os modelos matemáticos propostos por Von Bertalanffy, Brody e Richards foram os que apresentaram os piores ajustes em função das variáveis peso e tempo para as aves de reposição com 7 a 12 semanas de idade com AIC de 1445.940, 1445.330 e 1443.977, respectivamente.

É visível na curva de crescimento os maiores desempenho das aves que foram alimentadas com dietas contendo níveis de 110 e 120% em aminoácidos sulfurosos de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2005). Os piores desempenhos de crescimento representados matematicamente foram dos animais que receberam dietas com menores níveis em metionina+cistina digestíveis (90 e 80%) e os que foram suplementados com base em aminoácidos totais (NRC, 1994) (Figura 13).

Estes resultados obtidos na análise gráfica do crescimento das aves no período de 7 a 12 semanas de idade é consequência dos melhores dados de desempenho produtivo e sorológico verificados nas frangas que receberam níveis de metionina+cistina digestíveis um pouco mais elevado que o recomendado pelas tabelas brasileiras, o que resultou no melhor aproveitamento de nutrientes e aminoacídico, com maior síntese proteica e melhor formação tecidual no organismo das aves.

Freitas et al. (1984) compararam entre si regressões polinomiais e os modelos Gompertz, Logístico, Richards e Von Bertalanffy para ajustar dados peso-idade de frangos e frangas do nascimento até 68 dias de idade, e concluíram que o modelo Gompertz e o Logístico proporcionaram os resultados mais adequados para crescimento. Semelhantemente, Gous et al. (1999) descreveram que a função de crescimento baseada na equação de Gompertz tem sido muito utilizada para descrever vários aspectos de crescimento das aves.

Para estudo com poedeiras todos os modelos propostos por Brody, Logística, Gompertz, Von Bertalanffy e Richards apresentam ajustes quase perfeito, indicando que qualquer um deles pode explicar a variação do peso corporal, com base na variação da idade, e prever o peso com alto grau de confiança (Braccini Neto et al., 1996). Fitzhugh Jr. e Taylor (1976) enfatizaram que a escolha de uma função de crescimento a ser ajustada deve ser baseada na análise de no mínimo três itens: a possibilidade de interpretação biológica dos parâmetros, a qualidade do ajuste e as dificuldades computacionais.

Os modelos matemáticos podem ser vistos como instrumentos para descrever o desenvolvimento e crescimento das aves e permitir uma análise para adoção de estratégias que possibilitem melhores índices zootécnicos, principalmente no que se refere a eficiência alimentar (Santos, 2008).

Quanto à fase experimental avaliando o efeito residual dos níveis de metionina+cistina na fase pré-postura, não foi verificado efeito significativo ($P>0,05$) entre os tratamentos estudados sobre todas as variáveis produtivas quando submetidos ao teste de Dunnett (Tabela 22).

Tabela 22. Efeito residual dos tratamentos sobre a idade ao primeiro ovo (IPO, dias), peso ao primeiro ovo (PPO, g), número de ovos no período (NOP, total de ovos), números de dias de produção (NDP, dias), taxa de postura (TXP, %), peso médio dos ovos (PMO, g) e massa de ovos (MO, g/ave/dia) das aves de 18 a 29 semanas de idade.

Tratamento	MET:LIS*	IPO	PPO	NOP	NDP	TXP	PMO	MO
NRC 1994	87	134,63	39,88	503,00	67,38	77,17	56,52	44,19
	80%	64	137,38	41,75	456,88	64,63	73,76	56,85
	90%	72	132,75	39,88	478,50	69,25	72,51	56,15
Rostagno et al., 2005	100%	80	136,13	42,88	476,63	65,88	77,50	56,30
	110%	88	133,50	41,00	531,75	68,50	78,39	56,95
	120%	96	131,75	41,38	524,00	70,25	76,95	56,05
Valor de P, (Rostagno et al. 2005)								
Linear		0,0106	0,9138	0,0001	0,0106	0,0549	0,4607	0,094
Quadrático		0,9039	0,9271	0,9736	0,9039	0,6193	0,9300	0,641
C.V.(%)		2,89	7,48	8,03	5,75	6,68	1,69	6,98

*Relação metionina+cistina:lisina (%); C.V.(%): Coeficiente de variação.

Já quando submetidos à análise de regressão foi verificado efeito linear ($P < 0,05$) para as variáveis idade ao primeiro ovo, número de ovos no período e número de dias de produção, não sendo verificado efeito estatístico ($P > 0,05$) para as demais variáveis analisadas (Tabela 22).

A ausência de efeito estatístico na fase pré-postura entre os tratamentos que receberam suplementação de metionina+cistina com diferentes bases de formulação e níveis de aminoácidos sulfurosos indica uma provável recuperação metabólica das aves que apresentaram piores desempenhos na fase experimental de 7 a 12 semanas, com crescimento e desenvolvimento compensado na fase subsequente. Corroborando estes resultados, Braz et al. (2011) afirmaram que observando os dados da literatura foi possível verificar que os efeitos da alimentação na fase de crescimento que resultaram em diferença no peso corporal das frangas podem ser compensados na fase subsequente, não afetando o desempenho no período total de produção.

Por outro lado, as aves que receberam dietas com níveis mais elevados de metionina+cistina digestíveis apresentaram maturidade sexual de forma mais rápida, colocando a primeiro ovo a partir de 132 dias de idade, e conseqüentemente maior número de dias de produção. As aves destes tratamentos com maiores níveis de

aminoácidos sulfurosos também apresentaram maior número de ovos no período experimental (Tabela 22).

Essa maior precocidade das aves alimentadas com os maiores níveis de metionina+cistina digestíveis na fase pré-postura foi em decorrência do melhor desenvolvimento e formação tecidual na fase de crescimento, principalmente do sistema digestório e reprodutivo, permitindo uma melhor preparação das aves para fase de postura. Portanto, o melhor equilíbrio aminoacídico associado a maior utilização metabólica da metionina+cistina proporciona benefícios tanto na fase de crescimento como na fase subsequente de início da postura.

Semelhantemente, Silva et al. (2009) verificaram que os níveis de metionina+cistina para aves de reposição com 5 a 11 semanas de idade influenciaram a postura do primeiro ovo, que ocorreu aos 113 dias de idade, nas aves alimentadas com o nível de 0,640%. Já as aves que receberam a ração com o nível de metionina+cistina em 0,560% atrasaram a maturidade sexual em aproximadamente dez dias. Este resultado sugere que as aves melhor nutridas na fase de crescimento iniciam a postura mais cedo que as aves submetidas à restrição alimentar. Da mesma forma, D'Agostini (2005) afirmou que a deficiência em aminoácidos sulfurosos sofrida durante a fase de 7 a 12 semanas de idade ocasionou retardo no desenvolvimento do aparelho reprodutor da ave, levando ao aumento na idade de produção.

De acordo com Mazzuco (2011) podem ser consideradas qualidades essenciais para uma boa franga de reposição, o seu desenvolvimento corporal e maturidade sexual em idade adequada. Assim, especial atenção deve ser direcionada às práticas de alimentação durante o período de recria tendo como alvo, adequado crescimento e formação tecidual.

As médias das variáveis produtivas e de qualidade de ovos de poedeiras de 33 a 49 semanas e 54 a 70 semanas de idade, fases de postura I e II, respectivamente, analisadas no efeito residual dos níveis de metionina+cistina testados no período de cria (7 a 12 semanas de idade) estão nas tabelas 23 e 24, respectivamente.

Não foi verificado efeito significativo ($P>0,05$) entre os tratamentos estudados sobre as variáveis produtivas em ambas as fases de produção. Com relação às variáveis

qualitativas, a percentagem de gema e espessura da casca foi influenciada significativamente ($P < 0,05$) quando submetidas à análise de regressão, para a fase de postura I, não sendo encontrado qualquer efeito ($P > 0,05$) nas demais variáveis estudadas (Tabela 23). Já para a fase de postura II foi observado efeito estatístico ($P < 0,05$) apenas sobre a percentagem de albúmen, não sendo verificado nenhum efeito ($P > 0,05$) nas demais variáveis quando submetidas à análise de regressão e ao teste de Dunnett (Tabela 24).

Verificou-se que à medida que foi aumentado os níveis de metionina+cistina digestíveis entre os tratamentos na fase de cria, houve aumento linear na qualidade do albúmen nos ovos das poedeiras na fase de postura I. Contudo, também foi observado que a elevação dos níveis de aminoácidos sulfurosos provocou redução linear na qualidade da casca dos ovos das poedeiras que estavam na fase residual de postura I, identificado através da variável espessura da casca.

Possivelmente, às aves que foram suplementadas com níveis crescentes de metionina+cistina digestíveis na fase de cria apresentaram uma melhor formação do tecido reprodutivo, favorecendo neste caso, melhor e mais eficiente deposição e transferência da gema em nível de ovário para a formação do ovo. Em contrapartida, os níveis crescentes de metionina+cistina digestíveis proporcionaram as aves atingirem mais cedo a maturidade sexual na fase pré-postura, e conseqüentemente na fase de produção seguinte apresentaram redução na qualidade da casca de forma mais rápida, detectado através da redução linear na espessura da casca.

Da mesma forma, Silva et al. (2009) afirmaram que a percentagem de gema e casca foram afetados de forma linear pelo níveis de metionina+cistina usados na fase de 5 a 11 semanas de idade. A melhor percentagem de gema e casca foram obtidos com o nível de suplementação de metionina+cistina em 0,720%. De acordo com os autores, a maior percentagem de gema verificada com o aumento nos níveis de metionina+cistina pode estar relacionada à formação da colina a partir da metionina, somada aos fosfolipídios para formar as lipoproteínas da gema.

Tabela 23. Efeitos residual dos tratamentos sobre a produção de ovos (PR, %), peso de ovo (PO, g), massa de ovos (MO, g/ave/dia), percentagem de albúmen (ALB, %), gema (GEM, %) e casca (CASC, %), gravidade específica (GE, g/mL), espessura de casca (ESPC, mm) e cor (COR, ROCHE) das aves de 33 a 49 semanas de idade.

Tratamento	MET:LIS*	PR	PO	MO	ALB	GEM	CASC	GE	ESPC	COR	
NRC 1994	87	95,82	63,02	60,40	60,90	27,06	9,41	1,0798	492,56	6,65	
Rostagno et al., 2005	80%	64	94,07	63,98	60,15	61,09	26,97	9,67	1,0804	501,68	6,78
	90%	72	94,07	63,47	59,65	60,20	27,26	9,61	1,0820	501,40	6,64
	100%	80	93,19	62,92	58,60	61,18	27,12	9,55	1,0818	490,46	6,74
	110%	88	94,21	65,07	61,30	61,23	27,80	9,44	1,0786	487,36	6,76
	120%	96	94,08	64,12	60,31	60,14	27,68	9,49	1,0804	499,90	6,72
Valor de P, (Rostagno et al. 2005)											
Linear		0,9749	0,3584	0,4783	0,4778	0,0102	0,2339	0,2609	0,0272	0,9622	
Quadrático		0,7656	0,4505	0,3955	0,3526	0,9973	0,7325	0,4190	0,4001	0,7185	
C.V.(%)		3,76	2,47	3,52	1,51	2,04	3,55	0,21	2,40	3,35	

*Relação metionina+cistina:lisina (%). C.V.(%): Coeficiente de variação;

Tabela 24. Efeitos residual dos tratamentos sobre a produção de ovos (PR, %), peso de ovo (PO, g), massa de ovos (MO, g/ave/dia), percentagem de albúmen (ALB, %), gema (GEM, %) e casca (CASC, %), gravidade específica (GE, g/mL), espessura de casca (ESPC, mm) e cor (COR, ROCHE) das aves de 54 a 70 semanas de idade.

Tratamento	MET:LIS*	PR	PO	MO	ALB	GEM	CASC	GE	ESPC	COR	
NRC 1994	87	87,39	67,08	58,57	59,75	27,88	9,38	1,0786	376,71	5,60	
Rostagno et al., 2005	80%	64	88,30	66,04	58,32	59,61	27,97	8,98	1,0789	377,24	5,50
	90%	72	87,97	65,55	57,65	60,55	27,00	9,51	1,0786	377,76	5,50
	100%	80	87,87	66,11	58,08	60,12	27,27	9,21	1,0787	377,79	5,55
	110%	88	87,45	68,60	59,94	60,73	27,46	9,48	1,0782	376,19	5,48
	120%	96	88,31	67,79	59,94	61,50	26,76	9,38	1,0786	377,67	5,76
Valor de P, (Rostagno et al. 2005)											
Linear		0,9249	0,1001	0,2576	0,0289	0,2700	0,2583	0,8722	0,9679	0,2116	
Quadrático		0,7432	0,7788	0,6288	0,7432	0,8301	0,3991	0,9177	0,9891	0,3267	
C.V.(%)		5,07	4,86	6,85	2,41	5,39	5,91	0,51	3,90	5,86	

*Relação metionina+cistina:lisina (%). C.V.(%): Coeficiente de variação.

Tabela 25. Equações das variáveis influenciadas estatisticamente pelos níveis de metionina+cistina digestíveis das rações na fase de efeito residual.

Variável	Equação	R ²	Met+Cis digestível, %
Idade ao primeiro ovo	$\hat{Y} = 144,8 - 0,105x$	0,49	-
Número de ovos no período	$\hat{Y} = 360,05 + 1,875x$	0,83	-
Número de dias de produção	$\hat{Y} = 57,2 - 0,105x$	0,49	-
Taxa de postura	$\hat{Y} = 63,574 + 0,1225x$	0,58	-
Percentagem de gema	$\hat{Y} = 24,925 + 0,0247x$	0,38	-
Espessura de casca	$\hat{Y} = 542,69 - 0,4892x$	0,52	-
Percentagem de albúmen	$\hat{Y} = 56,538 + 0,0396x$	0,79	-

Já Hussein (2002) observou que frangas alimentadas com níveis de proteína (19, 16 e 13%) na fase de crescimento não apresentaram nenhum efeito estatístico para as variáveis peso de ovos, de casca e espessura de casca quando avaliadas na fase residual de postura. Entretanto, Barros et al. (2006) observaram que o aumento no nível de proteína na ração para fase de recria, apresentou efeito linear crescente para o peso da casca na fase de produção de ovos.

A ausência de diferença significativa ($P > 0,05$) para as variáveis analisadas na fase residual de postura II, com exceção da percentagem de albúmen, ressalta a recuperação metabólica e estrutural de alguns dos tecidos corporais das aves, em especial o reprodutivo, devido à semelhança obtida em alguns parâmetros de qualidade de ovo. Porém, outros compartimentos do tecido reprodutivo das aves, como o magno, parece ter obtido melhor estruturação durante o período de formação quando as aves foram alimentadas com maiores níveis de metionina+cistina digestíveis, tendo em vista, que estas aves demonstraram maior eficiência na deposição e qualidade do albúmen quando comparado as aves que receberam níveis inferiores de metionina+cistina digestíveis na fase de postura II, período de desgaste crescente na vida reprodutiva da ave.

De acordo com Novak et al. (2004) a síntese de proteína no tecido do magno, local de produção do albúmen, pode ser afetada por alterações na concentração de

aminoácidos no sangue. No entanto, o aumento na ingestão de metionina+cistina digestíveis não acarretou aumento na percentagem de albúmen, embora tenha aumentado a produção de albúmen, como constatado pelo aumento no peso dos ovos (Brumano et al., 2010).

A alimentação e as práticas de manejo das frangas durante a fase de crescimento influenciam sobremaneira a produção e qualidade de ovos durante toda a vida produtiva da poedeira comercial. Parte do potencial no bom desempenho na postura é definido durante as fases de cria e recria e mesmo anteriormente, durante a fase de desenvolvimento ainda durante a incubação (Mazzuco, 2011).

Diante destes resultados, ressalta-se a importância de não avaliar as exigências nutricionais de aves de reposição apenas durante a fase de crescimento, como também seu efeito residual na fase de postura.

CONCLUSÕES

Recomenda-se a utilização de 0,521% de metionina+cistina digestíveis, que corresponde a um consumo de 234,15 mg/ave/dia, e uma relação com a lisina de 84%, para aves de reposição leves de 7 a 12 semanas de idade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, L.F.T.; SILVA, S.H.M.; VARGAS JÚNIOR J.G. et al. Níveis de metionina+cistina para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.519-525, 1999.

- BARROS, L.R.; COSTA, F.G.P.; COSTA, J.N. et al. Níveis de proteína para frangas semipesadas no período de uma a dezoito semanas de idade. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, p.131-141, 2006.
- BRACCINI NETO, J.; DIONELLO, N.J.L.; SILVEIRA JÚNIOR, P. et al. Análise de curvas de crescimento de aves de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, p.1062-1073, 1996.
- BRAZ, N.M.; FREITAS, E.R.; BEZERRA, R.M. et al. Fibra na ração de crescimento e seus efeitos no desempenho de poedeiras nas fases de crescimento e postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2744-2753, 2011.
- BRUGALLI, I. Eficácia relativa das fontes de metionina. **Revista Ave World**, n.4, p.58-61, 2003.
- BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de metionina+cistina digestível para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1984-1992, 2010.
- CAREGARO, L.; ALBERINO, F.; AMODIO, P. et al. Malnutrition in alcoholic and vírus-related cirrhosis. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.63, p.602-609, 1996.
- CARVALHO, C.B. **Níveis de metionina+cistina e suas relações com a lisina em rações para poedeiras leves no período de 79 a 95 semanas de idade**. 2012. 55f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- COSTA, F.G.P.; LIMA, M.R.; SILVA, J.H.V. Recomendação nutricional para galinhas poedeiras. In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL PARA AVES E SUÍNOS, 2011, Viçosa. **Anais...**Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011, p.112-132.
- D'AGOSTINI, P. **Exigências de metionina+cistina para frangas de reposição leves e semipesadas nas fases inicial, cria e recria**. 2005. 120f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- FITZHUGH JÚNIOR, H.A.; TAYLOR, S.C.S. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science**, v.42, p.1036-1051, 1976.

- FREITAS, A.R.; ALBINO, L.F.T.; MICHELAN FILHO, T. et al. Modelos de curvas de crescimento em frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, p.1057-1064, 1984.
- FREITAS, H.O.; SOARES, P.R.; FONSECA, J.B. et al. Efeitos dos níveis de proteína e de metionina+cistina para as fases inicial, de crescimento e recria sobre o desempenho das aves legorne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, p.281-290, 1991.
- GONDIM, A.W.A.; FERNANDES, B. Probabilidade de chuvas para o município de Areia-PB. **Agropecuária Técnica**, v.1, p.55-63, 1980.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SCHEFFER, J.F.S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: I SIMPÓSIO DE PATOLOGIA CLÍNICA VETERINÁRIA DA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2003, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003, p.73-88.
- GOUS, R.M.; MORAN JÚNIOR, E.T.; STILBORN, H.R. et al. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. **Poultry Science**, v.78, p.812-821, 1999.
- HAMILTON, R.M.G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, Champaign, v.61, p.2002-2039, 1982.
- HARTER, J.M.; BAKER, D.H. Factors affecting methionine toxicity and its alleviation in the chicken. **The Journal of Nutrition**, v.108, p.1061-1070, 1978.
- HAZELWOOD, R.L. Carbohydrate metabolism. In: STURKIE, P.D. **Avian Physiology**. New York: Spring-Verlag, 1986, p.303-325.
- HIRAMOTO, K.; MURAMATSU, T.; OKUMURA, J. Effect of methionine and lysine deficiencies on protein synthesis in the liver and oviduct and in the whole body of laying hens. **Poultry Science**, v.69, p.84-89, 1990.

- HUSSEIN, A.S. Effect of dietary protein programs on pullet development and egg production performance of local hens. **Emirates Journal of Food Agriculture**, v.14, p.34-44, 2002.
- KIDD, M.T. Nutritional modulation of immune function in broilers. **Poultry Science**, v.83, p.650-657, 2004.
- KWAKEEL, R.P.; VERSTEGEN, M.W.A.; DUCRO, B.J. Diphasic allometric growth of body components in white leghorn pullets fed *ad libitum* and restricted diets. **Poultry Science**, v.76, p.1020-1028, 1997.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the Chicken**. 4 ed. University Books, 2001. 591p.
- LIMA NETO, R.C.; COSTA, F.G.P.; SILVA, J.H.V. et al. Níveis de proteína bruta e de energia metabolizável para frangas de postura semipesadas de 1 a 18 semanas de idade. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.258-266, 2008.
- LUMEIJ, J.T.; WESTERHOF, I. Blood chemistry for the diagnosis of hepatobiliary disease in birds. **Veterinary Quarterly**, v.9, p.255-261, 1987.
- MANUAL DE MANEJO DAS POEDEIRAS DEKALB WHITE. **Granja Planalto**. 5 ed. Minas Gerais: Uberlândia, 2009. 42p.
- MAZZUCO, H. [2011]. Boas práticas na recria de frangas comerciais. Disponível em: <http://www.avisite.com.br/cet/img/boapraticas_recria.pdf> Acessado em: Dez. 14, 2012.
- MONTONEN, J.; BOEING, H.; FRITSCHÉ, A. et al. Consumption of red meat and whole-grain bread in relation to biomarkers of obesity, inflammation, glucose metabolism and oxidative stress. **Europe Journal of Nutrition**, v.52, p.337-345, 2012.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9 ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1994. 157p.

- NOVAK, C.; YAKOUT, H.; SCHEIDELER, S. The combined effects of dietary lysine and total sulfur amino acid level on egg production parameters and egg components in Dekalb Delta laying hens. **Poultry Science**, v.83, p.977-984, 2004.
- PACK, M. Proteína ideal para frangos de corte. Conceitos e posição atual. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1995, Curitiba. **Anais...**Curitiba: FACTA, 1995, p.95-110.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- SÁ, L.M.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência nutricional de metionina+cistina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1837-1845, 2007.
- SAKI, A.A.; MIRZAAGHATABAR, F.; ZAMANI, P. et al. Energy utilization by chickens fed various levels of balanced methionine. **Global Veterinaria**, v.7, p.276-282, 2011.
- SAMUEL, V.T.; LIU, Z.X.; QU, X. et al. Mechanism of hepatic insulin resistance in non-alcoholic fatty liver disease. **The Journal of Biological Chemistry**, v.279, p.32345-32353, 2004.
- SANTOS, A.L. **Desempenho, crescimento, qualidade do ovo, composição corporal e características reprodutivas e ósseas de poedeiras submetidas a diferentes programas nutricionais**. 2008. 165f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga.
- SAS. **SAS/STAT 9.3 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2011, 8621p.

- SILVA, J.H.V.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência de lisina para aves de reposição de 0 a 6 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1777-1785, 2000.
- SILVA, E.L.; SILVA, J.H.V.; BERTECHINI, A.G. et al. Exigência de metionina+cistina para aves de reposição leves e semipesadas alimentadas de 5 a 11 semanas de idade com ração farelada e peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2425-2434, 2009.
- SILVA, I.C.M. **Resposta imune e desempenho de frangos de corte submetidos a variações dietéticas de vitamina E e selênio**. 2009. 176f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SONBOL, S.M. Effect of dietary protein and methionine levels on performance, carcass measurements and blood constituents of broiler chicks. **Egyptian Poultry Science**, v.11, p.17-34, 1991.
- VARGAS JR., J.G.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Níveis nutricionais de cálcio e de fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas de 7 a 12 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.936-946, 2004.
- YADALAN, S.; BRYANT, M.; ROLAND, D.A. Optimal M+C/Lisine ratio for molted phase 1 Hy-line 36 hens. **Poultry Science**, v.79, p.92, 2000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições nutricionais estabelecidas durante o período de crescimento das aves podem influenciar o desenvolvimento e formação tecidual das frangas e o desempenho das aves na fase de produção, porém, a maioria dos estudos com aves de postura têm sido conduzidos com objetivo de determinar as exigências nutricionais das

aves na fase de produção, sendo escassos os trabalhos direcionados para determinar as exigências na fase de crescimento.

Os constantes estudos de nutrição para poedeiras proporcionam melhoras na compreensão da relação entre os componentes da dieta e o desempenho das aves, sendo essenciais para um bom retorno econômico na fase de produção, constituindo uma ferramenta importante para garantia de altos níveis de produção e a qualidade dos produtos gerados.

Níveis dietéticos adequados de metionina+cistina potencializam o funcionamento metabólico das aves e o metabolismo destes aminoácidos, favorecendo o potencial de crescimento das frangas, funcionamento do sistema imunológico, desempenho na fase de postura, e conseqüentemente a viabilidade econômica da atividade.