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

RELAÇÃO ENTRE ENERGIA METABOLIZÁVEL E AMINOÁCIDOS SULFUROSOS PARA FRANGAS E POEDEIRAS LEVES

SARAH GOMES PINHEIRO

AREIA – PB
FEVEREIRO - 2015

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

RELAÇÃO ENTRE ENERGIA METABOLIZÁVEL E AMINOÁCIDOS SULFUROSOS PARA FRANGAS E POEDEIRAS LEVES

SARAH GOMES PINHEIRO
Zootecnista

AREIA – PB
FEVEREIRO - 2015

SARAH GOMES PINHEIRO

RELAÇÃO ENTRE ENERGIA METABOLIZÁVEL E AMINOÁCIDOS SULFUROSOS PARA FRANGAS E POEDEIRAS LEVES

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. Ricardo Romão Guerra
Prof. Dr. Cláudia Castro Goulart

AREIA – PB
FEVEREIRO – 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA
UFPB – UFC - UFRPE

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE TESE

TÍTULO: "Relação de aminoácidos sulfurosos: energia metabolizável para frangas e galinhas poedeiras

AUTORA: Sarah Gomes Pinheiro

ORIENTADOR: Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa

J U L G A M E N T O

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa
Presidente
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal
Examinador
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Marcelo Luis Gomes Ribeiro
Examinador
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Edilson Paes Saraiva
Examinador
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. José Wallace Barbosa Nascimento
Examinador
Universidade Federal de Campina Grande

Areia, 27 de fevereiro de 2015

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

SARAH GOMES PINHEIRO – Nascida em 21 de setembro de 1986, na cidade de Fortaleza – CE. Cursou o Ensino Fundamental no Colégio Geo Dunas, e Ensino Médio no Colégio Ari de Sá Cavalcante, na cidade de Fortaleza – CE, concluindo nos anos de 2000 e 2003, respectivamente. Em 2005, ingressou no Curso de Zootecnia na Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza – CE, sendo bolsista PIBID no período de 2007 – 2009, e graduando-se em dezembro de 2009. No ano seguinte ingressou no Curso de Mestrado em Zootecnia do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB, concentrando seus estudos na área de Produção Animal, obtendo o título de Mestre em Zootecnia em 27 de fevereiro de 2012. Em março de 2012, ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia com área de concentração em Nutrição Animal do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, UFPB/UFRPE/UFC. Em 27 de fevereiro de 2015, submeteu-se à defesa da Tese para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

À minha filha Sabrina Tainá Pinheiro Drumond!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, que tornou tudo possível para a realização deste trabalho, me dando força, conforto, paciência e fé nas horas de necessidade, e quem me faz ver que a vida é uma dádiva.

A Sebastiana Clementino Ferreira - Ninha, que foi meu braço direito, apoiando e contribuindo para o desenvolvimento da minha filha nos seus dois primeiros anos de vida, com muito amor e carinho.

A minha família, em especial aos meus pais pelos ensinamentos e incentivos para os estudos, mostrando a realidade e apontando meus erros e acertos.

Ao Eduardo Flávio Drumond da Costa e Silva pelo apoio, amor e companheirismo durante esses anos.

A cidade de Areia, pela hospitalidade e pelos amigos que fiz e levarei por toda a vida.

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

A todos os professores que contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal.

Ao professor Fernando Guilherme Perazzo Costa pelas orientações, ensinamentos, paciência, apoio e convivência durante todos esses anos.

A professora Patrícia Emília Naves Givisiez, pelos ensinamentos e confiança no decorrer da minha formação acadêmica.

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

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

Aos Funcionários do Aviário (Josa, Ramalho e seu Chico), Laboratórios e demais setores desta Instituição de ensino que deram sua contribuição.

Aos meus companheiros do GETA – Grupo de Estudos em Tecnologias Avícolas, em especial Pessoa, Marcelo, Leonilson e Lavosier, pela dedicação para concretização deste trabalho.

Gratidão!

SUMÁRIO

Página

LISTA DE TABELAS ix
LISTA DE FIGURAS xxii
RESUMO GERAL 23
GENERAL ABSTRACT 25
CONSIDERAÇÕES INICIAIS 27
CAPÍTULO 1 28
Referencial Teórico
1. Introdução 29
2.Desenvolvimento 30
2.1.Proteínas e aminoácidos sulfurosos na nutrição de poedeiras 30
2.2. Energia metabolizável e o estresse calórico na produção 35
2.3.Relação energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para poedeiras nas diferentes fases de criação 39
2.3.1. Fases de criação de poedeiras comercias 41
2.4.Nutrição proteica e o sistema imune 46
Referências Bibliográficas 50
CAPÍTULO 2 55
Relação entre energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para frangas leves
RESUMO 57
ABSTRACT 58
Introdução 59
Material e Métodos 60
Resultados e Discussão 72
Fase Inicial – 1 a 6 semanas de idade 72
Fase Cria – 7 a 12 semanas de idade 87
Conclusões 102
Referências Bibliográficas 103
CAPÍTULO 3 108
Relação entre energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para poedeiras leves
RESUMO 10909
ABSTRACT 110
Introdução 111
Material e Métodos 112

Resultados e Discussão 126
Fase Postura – 24 a 44 semanas de idade 126
Fase Postura – 45 a 65 semanas de idade 145
Conclusões..... 160
Referências Bibliográficas 162
CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES..... 166

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1 – Relação entre energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para frangas e poedeiras leves – Referencial Teórico

Tabela 1. Comparação entre autores quanto a recomendação de metionina + cistina digestível (M+C, %), relação metionina + cistina/ lisina digestível (M+C:Lis) e energia metabolizável (EM, kcal/kg) e relação energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos (EM:M+C) em cada fase de criação para aves de postura leves.....45

Capítulo 2 – Relação entre energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para frangas leves

Página

Tabela 1. Desenho dos tratamentos experimentais.....62

Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas experimentais para as aves de 1 a 6 semanas..... 68

Tabela 3. Ingredientes e composição química das dietas experimentais para as aves de 7 a 12 semanas..... 70

Tabela 4. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de ração médio diário (kg/ave), peso final (kg/ave),conversão alimentar (kg/kg), peso vivo (kg/ave), peso sem vísceras (kg/ave), peso do fígado (kg/ave) e peso do baço (kg/ave) das aves de 1 a 6 semanas de 72

Tabela 5. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre consumo de ração médio diário (kg/ave/dia) das aves de 1 a 6 semanas de idade.....72

Tabela 6. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre peso final (kg/ave) das aves de 1 a 6 semanas de idade.....73

Tabela 7. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre conversão alimentar (kg/kg) das aves de 1 a 6 semanas de idade.....74

Tabela 8. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso vivo (kg/ave) das aves de 1 a 6 semanas de idade.....75

Tabela 9. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso sem vísceras (kg/ave) das aves de 1 a 6 semanas de idade.....76

Tabela 10. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso do fígado (kg/ave) das aves de 1 a 6 semanas de idade.....76

Tabela 11. . Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso do baço (kg/ave) das aves de 1 a 6 semanas de idade.....77

Tabela 12. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre altura das vilosidades intestinais(µm), largura das vilosidades intestinais (µm), profundidade de cripta (µm) e relação vilo:cripta das aves de 1 a 6 semanas de idade.....78

Tabela 13. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da alanina aminotransferase (U/L), aspartato aminotransferase (U/L), gamma-glutamiltransferase (U/L), creatinina (mg/dL), albumina (g/dL), proteínas totais sérica (g/dL), glicose (g/dL) e o ácido úrico sérico (mg/dL) das aves de 1 a 6 semanas de idade.....79

Tabela 14. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da

alanina aminotransferase (U/L) presente no soro das aves de 1 a 6 semanas de idade.....80
Tabela 15. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da aspartato aminotransferase (U/L), presente no soro das aves de 1 a 6 semanas de idade.....80
Tabela 16. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da gamma-glutamiltransferase (U/L), presente no soro das aves de 1 a 6 semanas de idade.....80
Tabela 17. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da albumina (g/dL), presente no soro das aves de 1 a 6 semanas de idade.....82
Tabela 18. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da, glicose (g/dL) presente no soro das aves de 1 a 6 semanas de idade.....82
Tabela 19. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade do ácido úrico sérico (g/dL) das aves de 1 a 6 semanas de idade.....83
Tabela 20. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de nitrogênio (g/ave/dia), excreção de nitrogênio (g/ave/dia), retenção de nitrogênio (g/ave/dia) e as relações nitrogênio excretado:consumido e retido:consumidodas aves de 1 a 6 semanas de idade.....84
Tabela 21. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de nitrogênio das aves de 1 a 6 semanas de idade.....84
Tabela 22. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a excreção de nitrogênio das aves de 1 a 6 semanas de idade.....85

Tabela 23. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a retenção de nitrogênio das aves de 1 a 6 semanas de idade.....85

Tabela 24. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação nitrogênio excretado: nitrogênio consumido das aves de 1 a 6 semanas de idade.....86

Tabela 25. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação nitrogênio retido: nitrogênio consumido das aves de 1 a 6 semanas de idade.....86

Tabela 26. Efeitos principais da interação dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso vivo inicial (kg/ave), consumo de ração médio diário (kg/ave), ganho de peso (kg/ave), peso vivo final (kg/ave) e conversão alimentar (kg/kg) das aves de 7 a 12 semanas de idade.....87

Tabela 27. Efeitos principais da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso vivo absoluto (kg/ave), peso sem vísceras absoluto (kg/ave), peso absoluto do fígado (kg/ave), peso absoluto do baço (kg/ave), peso absoluto da bursa (kg/ave) e peso absoluto da gordura celomática (kg/ave) das aves de 7 a 12 semanas de idade.....88

Tabela 28. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso absoluto da bursa (kg/ave) das aves de 7 a 12 semanas de idade.....88

Tabela 29. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a altura das vilosidades intestinais (µm), largura das vilosidades intestinais (µm), profundidade de cripta (µm) e relação vilo:cripta das aves de 7 a 12 semanas de idade.....89

Tabela 30. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a altura das vilosidades intestinais (µm) das aves de 7 a 12 semanas de idade.....90

Tabela 31. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a largura das vilosidades intestinais (µm) das aves de 7 a 12 semanas de idade.....91

Tabela 32. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a profundidade de cripta (µm) das aves de 7 a 12 semanas de idade.....91

Tabela 33. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação vilo:cripta das aves de 7 a 12 semanas de idade.....92

Tabela 34. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da alanina aminotransferase (U/L), aspartato aminotransferase (U/L), gamma-glutamiltransferase (U/L), creatinina (mg/dL), albumina (g/dL), proteínas totais sérica (g/dL), glicose (g/dL) e o ácido úrico sérico (mg/dL) das aves de 7 a 12 semanas de idade.....93

Tabela 35. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da aalanina aminotransferase (U/L) presente no soro das aves de 7 a 12 semanas de idade.....93

Tabela 36. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da aspartato aminotransferase (U/L) presente no soro das aves de 7 a 12 semanas de idade.....94

Tabela 37. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da gamma-glutamiltransferase (U/L) presente no soro das aves de 7 a 12 semanas de idade.....94

Tabela 38. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da albumina (g/dL) presente no soro das aves de 7 a 12 semanas de idade.....95

Tabela 39. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade das proteínas totais sérica (g/dL) das aves de 7 a 12 semanas de idade.....95

Tabela 40. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da glicose (g/dL) presente no soro das aves de 7 a 12 semanas de idade..... 95

Tabela 41. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da creatinina (mg/dL) presente no soro das aves de 7 a 12 semanas de idade....96

Tabela 42. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade do ácido úrico sérico das aves de 7 a 12 semanas de idade.....97

Tabela 43. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de nitrogênio (g/ave/dia), a excreção de nitrogênio (g/ave/dia a retenção de nitrogênio (g/ave/dia) e as relações nitrogênio excretado: consumido e retido:consumidodas aves de 7 a 12 semanas de idade.....97

Tabela 44. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 7 a 12 semanas de idade.....98

Tabela 45. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a excreção de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 7 a 12 semanas de idade.....98

Tabela 46. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a retenção de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 7 a 12 semanas de idade.....98

Tabela 47. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação nitrogênio excretado: consumido das aves de 7 a 12 semanas de idade.....99

Tabela 48. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação nitrogênio retido: consumido das aves de 7 a 12 semanas de idade.....99

Capítulo 3 – Relação entre energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para poedeiras leves

Página

Tabela 1. Desenho dos tratamentos experimentais.....114

Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas experimentais para as aves de 24 a 44 semanas.....118

Tabela 3. Ingredientes e composição química das dietas experimentais para as aves de 45 a 65 semanas.....120

Tabela 4. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de ração (g/ave), a produção de ovos (%),o peso dos ovos (g), a massa de ovo, a conversão por massa de ovos (g/g) e a conversão por dúzia de ovos (kg/dz) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....126

Tabela 5. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de ração (%) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....126

Tabela 6. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a produção de ovos (%) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....127

Tabela 7. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a massa de ovo das aves de 24 a 44 semanas de idade.....127

Tabela 8. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a conversão por massa de ovos (g/g) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....128

Tabela 9. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a conversão por dúzia de ovos (kg/dz) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....128

Tabela 10. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a gravidade específica (g/cm^3), a espessura da casca dos ovos (µm), a casca dos ovos (g), a gema dos ovos (g) e as porcentagens de albúmen, casca e gema (%) dos ovos das aves de 24 a 44 semanas de idade.....130

Tabela 11. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a casca dos ovos (g) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....131

Tabela 12. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a gema dos ovos (g) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....131

Tabela 13. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a porcentagem de casca dos ovos (%) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....132

Tabela 14. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a porcentagem de gema dos ovos (%) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....133

Tabela 15. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso vivo absoluto (kg/ave), peso sem vísceras absoluto (kg/ave), fígado (kg/ave), baço (kg/ave), gordura celomática (kg/ave) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....134

Tabela 16. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a altura das vilosidades intestinais (µm), a largura das vilosidades intestinais (µm), a profundidade de cripta (µm) e a relação vilo:cripta das aves de 24 a 44 semanas de idade.....135

Tabela 17. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a altura das vilosidades intestinais (µm) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....135

Tabela 18. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a largura das vilosidades intestinais (µm) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....136

Tabela 19. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a profundidade de cripta (µm) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....136
Tabela 20. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação vilo:cripta das aves de 24 a 44 semanas de idade.....137
Tabela 21. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da alanina aminotransferase (U/L), aspartato aminotransferase (U/L), gamma-glutamiltransferase (U/L), creatinina (mg/dL), albumina (g/dL), proteínas totais sérica (g/dL), glicose (g/dL) e o ácido úrico sérico (mg/dL) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....137
Tabela 22. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da alanina aminotransferase (U/L) presente no soro das aves de 24 a 44 semanas de idade.....138
Tabela 23. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da aspartato aminotransferase (U/L) presente no soro das aves de 24 a 44 semanas de idade.....139
Tabela 24. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da gamma-glutamiltransferase (U/L) presente no soro das aves de 24 a 44 semanas de idade.....139
Tabela 25. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da creatinina (mg/dL) presente no soro das aves de 24 a 44 semanas de idade.....140
Tabela 26. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da albumina (g/dL) presente no soro das aves de 24 a 44 semanas de idade.....140

Tabela 27. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade das proteínas totais sérica (PTN, g/dL) das aves de 24 a 44 semanas de idade....141
Tabela 28. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade do ácido úrico sérico (mg/dL) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....141
Tabela 29. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o perímetro de dobra uterina (µm), a largura de dobra uterina (µm) e a altura de dobra uterina (µm) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....142
Tabela 30. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o perímetro de dobra uterina (µm) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....142
Tabela 31. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a largura de dobra uterina (µm) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....143
Tabela 32. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a altura de dobra uterina (µm) das aves de 24 a 44 semanas de idade.....143
Tabela 33. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de ração (g/ave), a produção de ovos (%),o peso dos ovos (g), a massa de ovo, a conversão por massa de ovos (g/g) e a conversão por dúzia de ovos (kg/dz) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....145
Tabela 34. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de ração (g) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....146
Tabela 35. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a produção de ovos (%) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....146

Tabela 36. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a massa de ovos das aves de 45 a 65 semanas de idade.....147

Tabela 37. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a conversão por massa de ovos (g/g) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....148

Tabela 38. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a conversão por dúzia de ovos (kg/dz) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....148

Tabela 39. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a gravidade específica (g/cm^3), a espessura da casca dos ovos (µm), a casca dos ovos (g), a gema dos ovos (g) e as porcentagens de albúmen, casca e gema (%) dos ovos das aves de 45 a 65 semanas de idade.....149

Tabela 40. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a porcentagem de albúmem (%) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....150

Tabela 41. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a porcentagem de casca (%) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....151

Tabela 42. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso vivo absoluto (kg/ave), peso sem vísceras absoluto (kg/ave), fígado (kg/ave), baço (kg/ave), gordura celomática (kg/ave) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....152

Tabela 43. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a altura das vilosidades intestinais (µm), a largura das vilosidades intestinais (µm), a profundidade de cripta (µm) e a relação vilo:cripta das aves de 45 a 65 semanas de idade....152

Tabela 44. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da alanina aminotransferase (U/L), aspartato aminotransferase (U/L), gamma-glutamiltransferase (U/L), creatinina (mg/dL), albumina (g/dL), proteínas

totais sérica (g/dL), glicose (g/dL) e o ácido úrico sérico (mg/dL) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....153

Tabela 45. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da alanina aminotransferase (U/L) presente no soro das aves de 45 a 65 semanas de idade.....154

Tabela 46. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da aspartato aminotransferase (U/L) presente no soro das aves de 45 a 65 semanas de idade.....154

Tabela 47. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da gamma-glutamiltransferase (U/L) presente no soro das aves de 45 a 65 semanas de idade.....154

Tabela 48. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da albumina sérica (g/dL) das aves de 45 a 65 semanas de idade..... 155

Tabela 49. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade das proteínas totais sérica (g/dL) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....155

Tabela 50. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da creatinina sérica (mg/dL) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....156

Tabela 51. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da glicose (g/dL) presente no soro das aves de 45 a 65 semanas de idade.....156

Tabela 52. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade do ácido úrico sérico das aves de 45 a 65 semanas de idade.....156

Tabela 53. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de nitrogênio (g/ave/dia), a excreção de nitrogênio (g/ave/dia a retenção de nitrogênio

(g/ave/dia) e as relações nitrogênio excretado: consumido e retido:consumidodas aves de 45 a 65 semanas de idade.....157

Tabela 54. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....157

Tabela 55. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a excreção de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....158

Tabela 56. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a retenção de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....158

Tabela 57. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação nitrogênio excretado: consumido das aves de 45 a 65 semanas de idade.....159

Tabela 58. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação nitrogênio retido: consumido das aves de 45 a 65 semanas de idade.....159

Tabela 59. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o perímetro de dobra uterina (µm), a largura de dobra uterina (µm) e a altura de dobra uterina (µm) das aves de 45 a 65 semanas de idade.....159

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2 – Relação entre energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para frangas leves

Página

Figura 1. Fotomicrografia hepática do grau de esteatose (grau 0) nas aves com 6 semanas de idade (barra de 100µm).....87

Figura 2. Fotomicrografia hepática do grau de esteatose (A- grau 0 e B- grau 1) nas aves com 12 semanas de idade (barra de 100µm).....101

Figura 3. Frequência (%) das notas de 0 a 3 para grau de esteatose hepática das aves de 7 a 12 semanas submetidas às dietas com contendo diferentes níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM).....101

Capítulo 3 – Relação entre energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para poedeiras leves

Página

Figura 1. Fotomicrografia hepática do grau de esteatose (grau 0) nas aves com 44 semanas de idade (barra de 100µm).....144

Figura 2. Frequência (%) das notas de 0 a 3 para grau de esteatose hepática das aves de 24 a 44 semanas submetidas às dietas com contendo diferentes níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM).....145

Figura 3. Fotomicrografia hepática do grau de esteatose (grau 0) nas aves com 65 semanas de idade (barra de 100µm).....160

Figura 4. Frequência (%) das notas de 0 a 3 para grau de esteatose hepática das aves de 45 a 65 semanas submetidas às dietas com contendo diferentes níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM).....160

RELAÇÃO ENTRE ENERGIA METABOLIZÁVEL E AMINOÁCIDOS SULFUROSOS PARA FRANGAS E POEDEIRAS LEVES

RESUMO GERAL:
O objetivo foi determinar a relação ideal existente entre o nível de energia metabolizável (EM) e o de metionina + cistina digestível (M+C dig.) a ser recomendado para poedeiras leves, em diferentes fases de crescimento e postura. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado distribuído em esquema fatorial com 4 níveis de M+C dig. e 3 níveis de EM. As dietas tiveram duas bases de recomendação para M+C dig.; uma atendendo 100% da recomendação, e outra que além de atender o proposto, variou ±10% desta recomendação. Para EM foram sugeridos três níveis, sendo um nível a recomendação da literatura e os outros variando 5% acima e abaixo da exigência, totalizando 12 tratamentos. Na fase de 1 a 6 semanas observou-se respostas significativas quanto à interação dos fatores analisados em todas as variáveis testadas (P<0,05), mostrando que alterações dietéticas tanto em metionina+cistina quanto na densidade energética podem resulta em melhor desenvolvimento do trato gastrintestinal, aumentando a eficiência de absorção dos alimentos e consequentemente melhorando a conversão alimentar. Na fase de 7 a 12 semanas só houve diferença significativa para peso de bursa, análises sorológicas, histomorfométricas de intestino delgado e nas variáveis que compõem o balanço de nitrogênio. Não ocorreu esteatose hepática em nenhuma das fases. Recomenda-se a utilização de 0,667% de M+C dig. associado a 2755 kcal/kg de EM (relação EM: M+C digestível de 4130,43) na dieta para as aves entre 1 e 6 semanas de idade, que corresponde a um consumo diário de 184 mg/ave de M+C dig/ave. E para a fase de 7 a 12 semanas, a recomendação foi de 0,497% de M+C dig. associado a 2.755 kcal/kg de EM (relação EM: M+C digestível de 5543,26), que corresponde a um consumo diário de 136 mg/ave de M+C dig./ave. Na fase de postura entre 24 e 44 semanas observou-se interação (P<0,05) dos fatores estudados para as variáveis de desempenho e qualidade dos ovos, exceto para peso de ovo, massa de ovo, gravidade específica, espessura de casca, peso de gema, porcentagem de albúmen e gema. Nas variáveis de abate houve interação (P<0,05) para peso de gordura celomática e fígado, mas não apresentou esteatose hepática grave. Nas variáveis sorológicas e histomorfométricas de intestino delgado e útero houve interação (P<0,05) e ajuste à

regressão para todas as variáveis analisadas, mostrando que diferentes níveis de metionina+cistina associado a diferentes níveis energéticos podem alterar positivamente a atividade sorológica e de proliferação celular, aumentando a absorção de nutrientes e promovendo uma maior atividade da glândula da casca presente no útero. Na fase de postura entre 45 e 65 semanas houve interação (P<0,05) dos fatores avaliados para todas as variáveis de desempenho, exceto para peso do ovo. Houve também ajuste quadrático na regressão para todos os grupos testados, exceto para consumo de ração. E nas variáveis de qualidade de ovo, os pesos de casca e gema e a porcentagem de gema foram os únicos que não apresentaram interação, e houve resposta significativa à regressão para peso de gema e porcentagens de gema e albúmen. Para as variáveis de abate não houve interação para peso vivo e fígado, e nem resposta significativa à regressão fatorial. Todas as variáveis sorológicas apresentaram interação (P<0,05) dos fatores estudados, e para regressão fatorial só não houve ajuste significativo ao modelo quadrático para aspartato aminotransferase e albumina. Nas variáveis ligadas ao balanço de nitrogênio houve interação (P<0,05) e efeito significativo à regressão fatorial para todas as análises. E para histomorfometria de intestino delgado, útero e fígado não houve efeitos significativos nas respostas encontradas. Portanto, recomenda-se a utilização de 0,704% de M+C dig. (que corresponde a um consumo diário de 638 mg/ave de M+C dig.) associado a um nível de 2900 kcal/kg de EM (relação EM: M+C digestível de 4119,32) na dieta de poedeiras leves entre 24 e 44 semanas de idade. E para aves leves entre 45 e 65 semanas de idade, recomenda-se a utilização de 0,685% de M+C dig., correspondendo a um consumo de 781 mg de M+C dig. /ave, associado a um nível de 2940 kcal/kg de EM (relação EM: M+C digestível de 4291,97).

Palavras-chave: desempenho, energético, exigência nutricional, metionina + cistina, respostas biológicas.

METABOLIZABLE ENERGY: SULFUR AMINO ACIDS FOR LIGHT PULLETS AND LAYING HENS

GENERAL ABSTRACT:

The aim of this study was to determine the optimal relationship between the level of recommendation of metabolizable energy (ME) and digestible methionine + cystine (M+C dig.) for pullets and laying hens. The experimental design was completely randomized factorial distributed in 4 levels of digestible methionine+cystine (M+C dig.) x 3 levels metabolizable energy (ME). The diets had two recommendation bases for M+C dig.; one for 100% of the recommendation, and one which can meet the proposed varied ± 10% of this recommendation. For ME were suggested three levels, one being the recommendation of literature and other varying ± 5% to 12 treatments. From 1 to 6 weeks there was a significant extent on the interaction of the factors analyzed in all tested variables, showing that dietary changes both in M+C as the energy density can result in better development of gastrointestinal tract, increasing the efficiency of absorption of feed, and consequently improving feed conversion. In 7 to 12 weeks, there was only significant difference for bursa weight, serological tests, small intestine histomorphometric and the variables that the nitrogen balance. No hepatic steatosis occurred at any phases. It is recommended to use 0.667% M+C dig. associated with 2755 kcal / kg of EM (ratio MS: M + of 4130.32 digestible C) in the diet for pullets (1 to 6 weeks), which corresponds to a daily intake of 184 mg M+C dig/pullet. For 7-12 weeks, the recommendation was 0.497% of M+C dig. associated to 2,755 kcal/kg of EM (ME:M+C of 5543.26), which corresponds to a daily intake of 136 mg of M+C/pullet. In the laying period (24 to 44 weeks) was observed interaction the factors tested for the performance variables and quality of the eggs except for egg weight, egg mass, specific gravity, shell thickness, yolk weight, percentage of albumen and yolk. In the slaughter of variables was no interaction abdominal fat weight and liver, but had no severe hepatic steatosis degree. In serological tests and small intestine and uterus histomorphometric was no interaction, and adjust the regression for all variables analyzed, showing that different levels of M+C dig. associated with different energy levels can positively change the serological activity and cell proliferation, increases

nutrient absorption and promotes greater gland activity in the uterus of this shell. In laying (45 to 65 weeks) was no interaction of the evaluated factors for all performance variables except for egg weight. There was a quadratic regression for all groups tested, except for feed intake. And in the egg quality variables, the shell weights and yolk and yolk percentage were the only ones that do no interference, and there was significant response to regression for yolk weight and yolk and albumen percentages. For the slaughter of variables there was no interaction to live and liver weight, and not significant response to factor regression. All serological tests showed interaction and factorial regression was not only significant adjustment to the quadratic model for aspartate aminotransferase and albumin. In the variables linked to nitrogen balance was no interaction and significant effect to factor regression for all analyzes. And for small intestine and uterus histomorphometry, and liver had no significant effect on the responses found. Therefore, we recommend the use of 0.704% M+C dig. (corresponded to a daily intake of 676 mg M+C dig./layer). Associated with a level of 2900 kcal/kg ME (ratio ME:M+C of 4119.32) in the diet of laying hens between 24 and 44 weeks of age. And for laying hens, between 45 and 65 weeks of age, we recommend the use of 0.685% M+C dig., corresponding a consumption of 781 mg of M + C dig. /layer/day, associated with a level of 2940 kcal/kg ME (ratio ME:M + C dig. of 4291.97).

Key words: biological responses, energy, methionine + cystine, nutritional requirement, performance.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Há bastante discussão no meio científico sobre os nutrientes mais dispendiosos nas rações para as aves, tanto no metabolismo do animal quanto no custo financeiro. A energia e a proteína têm sido consideradas os componentes mais caros, sendo importante o uso em quantidades suficientes para maximizar o desempenho desses animais. Para isso, tem-se utilizado estratégias que não só minimizem esses custos, mas que também promovam a eficiência produtiva.

Contudo, o uso de aminoácidos industriais para promover o ganho proteico no metabolismo, juntamente com a utilização de aditivos e alimentos alternativos que minimizem os custos dessas rações comerciais são considerados estratégias para reduzir essas perdas, objetivando atender os requerimentos nutricionais das aves, dentro de cada fase de criação avaliada.

Assim, é de fundamental importância o conhecimento das exigências nutricionais das aves poedeiras em todas as fases de criação, especialmente em energia e aminoácidos para que os nutricionistas possam trabalhar na tênue linha da exigência nutricional do animal, proporcionando assim, rações mais equilibradas, evitando ineficiência na produção, decréscimo no desempenho zootécnico, desvio de aminoácidos para o fornecimento de energia no organismo, além da maior excreção de nitrogênio e fósforo, aumentando assim, a poluição ambiental.

O presente estudo pretende abordar os principais pontos nutricionais do uso dos aminoácidos sulfurosos no metabolismo das aves poedeiras e as respostas para máxima eficiência do uso desses nutrientes de acordo com as dietas, apresentando diferentes densidades energéticas, nas fases de crescimento e produção de poedeiras leves.

CAPÍTULO 1

Referencial Teórico

Relação entre energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para frangas e poedeiras leves

1. Introdução

As necessidades nutricionais podem ser interpretadas como as quantidades de um nutriente para atender um determinado nível para mantença e/ou produção (Sakomura & Rostagno, 2007). Esse requerimento nutricional varia de acordo com o progresso genético das linhagens, idade e diferentes condições de alojamento do lote.

A proteína é o nutriente da ração que mais interfere no crescimento do animal, tendo influência direta sobre o ganho de peso, a conversão alimentar e a composição da carcaça. Mesmo assim, um elevado teor proteico na ração não é garantia de melhoria no desempenho das aves (Araripe, 2009), pois a assimilação de todos os nutrientes deve ser adequada para que sejam eficientemente aproveitados pelo organismo.

Níveis elevados de proteína bruta aumentam a carga de calor a ser dissipado no catabolismo, o que além de comprometer o desempenho da ave, pode promover um desbalanço em condições de altas temperaturas, pois o animal terá seu consumo de ração reduzido. Assim, reduções nos níveis de proteína bruta associada à suplementação adequada de aminoácidos industriais tanto minimizam essa produção de calor como auxilia a ave a manter o balanço energético e de consumo de alimento.

Para as aves de postura adultas, a zona de conforto térmico, ou seja, onde o animal consegue expressar sua máxima eficiência produtiva, situa-se entre 18° e 26°C. Para as pintainhas, a faixa de temperatura ideal está entre 32° e 35°C. Situações na qual as aves são submetidas acima ou abaixo desses limites, várias respostas fisiológicas e comportamentais podem ser desencadeadas. Estas respostas têm como finalidade manter a temperatura do núcleo corporal constante, evitando desperdícios metabólicos, e com isso aumentar a energia direcionada para produção.

Portanto, no que se refere ao estudo da nutrição de poederias se discute estratégias para que se obtenham condições ideais na ambiência dentro dos galpões para que a taxa metabólica seja mínima, havendo menor gasto energético, e a eficiência de utilização dos nutrientes para que a produção seja aumentada.

Em poedeiras, as exigências de proteína e aminoácidos podem variar conforme o peso corporal, a taxa de crescimento e a produção de ovos. No entanto, a maioria das recomendações proteicas encontradas na literatura e divulgadas pelos manuais de

criação são baseadas em estudos que consideram o desempenho da ave de acordo com determinados níveis de ingestão do nutriente estudado (Sakomura et al., 2004).

Diante disso, objetivou-se com este trabalho, abordar os principais pontos nutricionais relacionados ao estudo da energia metabolizável e dos aminoácidos sulfurosos, que possam influenciar nos parâmetros de desempenho produtivo, qualidade dos ovos, sistema imune, histomorfometria de intestino, fígado e aparelho reprodutor de galinhas poedeiras comerciais e aspectos metabólicos como sorologia desses animais.

2.Desenvolvimento

2.1.Proteínas e aminoácidos sulfurosos na nutrição de poedeiras

As proteínas dietéticas ingeridas não sofrem modificações químicas na boca, esôfago e papo, sendo apenas reduzidas a partículas menores por ação mecânica e transportadas ao proventrículo com o auxílio da secreção de mucos produzidos nestes órgãos.

No estômago, as proteínas e os polipeptídeos são desnaturados pela ação do ácido clorídrico e hidrolisados pela pepsina. Ao chegar no duodeno, os polipeptídeos estimulam a secreção das enzimas pancreáticas, e a maior parte desta digestão ocorrerá no lúmen intestinal.

Os enterócitos, presentes na borda em escova, constituem esse lúmen do intestino delgado e são responsáveis pela captação de aminoácidos e peptídeos livres, que possuem pH próximo à neutralidade.

O intestino delgado é o único órgão capaz de metabolizar todos os aminoácidos, embora sua capacidade em relação aos aminoácidos de cadeia ramificada seja limitada. Portanto, boa parte desses aminoácidos consegue ser metabolizado no fígado, de acordo com as necessidades anabólicas do organismo.

Uma considerável quantidade dos aminoácidos livres está presente no sangue, tanto nas células sanguíneas vermelhas, quanto no plasma. (Cunninghan, 2004).

Nos tecidos, após a absorção pelas células, os aminoácidos são convertidos em outros metabólitos ou se ligam a um RNAt específico para serem utilizados para síntese proteica no ribossomo (D'Mello, 2003).

A excreção do nitrogênio proveniente do excedente dos aminoácidos catabolizados é condicionada primeiramente à sua desaminação, onde o esqueleto de carbono originado é reaproveitado como fonte de energia e o grupamento amino, usado na síntese do ácido úrico, é retirado da corrente sanguínea e secretado via urina (Leeson & Summers, 2001a).

A taxa de absorção dos aminoácidos pode ser influenciada pela temperatura ambiental, linhagem das aves, estresse no qual elas são submetidas, além de fatores nutricionais como o nível de suplementação na dieta (Wannmacher & Dias, 1988) e a qualidade dos ingredientes utilizados nas rações.

Considerando que o transporte de aminoácidos depende das proteínas de membrana, alguns fatores podem interferir na síntese dessas proteínas e prejudicar ou favorecer o transporte dos aminoácidos como, por exemplo, baixos níveis das vitaminas B6, D, E e tiamina, que são fatores necessários para a síntese das proteínas carreadoras, do meio extra para intracelular, além de servirem como co-fatores no ciclo da homocisteína, regulador fundamental na síntese de compostos sulfurados.

Qualquer aminoácido pode ser considerado limitante, desde que ele não esteja presente no organismo animal na quantidade mínima exigida para que ocorra a síntese proteica na velocidade adequada.

Atualmente os nutricionistas trabalham com o conceito de proteína ideal nas formulações de rações para as aves, disponibilizando os aminoácidos industriais para suplementar a dieta. O fator limitante para utilização de determinados aminoácidos industriais é, principalmente, o custo. No entanto, o mercado já disponibiliza aos produtores aminoácidos como metionina e lisina, a preços acessíveis.

A redução da proteína bruta dietética associada à suplementação de aminoácidos industriais se tornou fundamental na formulação de rações para as aves, tanto para minimizar a excreção de nitrogênio, como para reduzir os custos de produção e aumentar a eficiência produtiva dos animais.

Dentre os aminoácidos fisiologicamente essenciais, estão os aminoácidos sulfurosos, metionina e cistina, que são os primeiros limitantes nas rações utilizadas para poedeiras comerciais compostos principalmente por milho e farelo de soja.

Tais aminoácidos têm grande importância metabólica nas fases de crescimento e postura das aves, pois apresentam função primordial na formação de tecidos corporais, no desempenho produtivo, na qualidade de ovos e na formação do sistema imune.

A metionina é um importante aminoácido que interfere no controle do conteúdo do ovo, pois a poedeira consome energia para sustentar o número de ovos, porém o peso desses ovos depende dos níveis desse aminoácido na dieta (Harms, 1999).

Ela também é classificada como um aminoácido glicogênico, pois quando catabolizado produz o ácido pirúvico através da succinil-CoA, podendo ser convertido em S-adenosil metionina (SAM), um doador universal de grupos metil no organismo, por uma reação dependente de ATP. Esse composto formado favorece o ciclo da homocisteína, que é a principal rota reguladora dos níveis de metionina, cisteína e demais compostos sulfurados no organismo (Lehninger, 2006).

O mesmo autor afirma que se esse aminoácido estiver em deficiência, há prejuízo na síntese proteica, na atividade do sistema imune e no empenamento das aves; quando em excesso, pode ser tóxico ao organismo.

A homocisteína ocupa papel central no metabolismo da metionina, pois seu ciclo pode seguir duas rotas: uma é a via de recuperação envolvendo a remetilação, que forma a metionina, através da ação de duas enzimas principais: metionina sintetase (5-MTH), na presença de vitamina B12, e a metionina adenosil transferase (MAT). Sendo tal processo favorecido quando os níveis de metionina estão baixos (Oliveira Neto, 2014).

O outro caminho seria a transsulfuração, um processo irreversível que favorece a formação de cisteína a partir da formação da cistationina quando a homocisteína, que está em níveis elevados, se liga ao carbono da serina. Essa rota é mais ativa quando a metionina está em níveis elevados, evitando a toxidez ou hiper-homocisteinemia.

Se a transsulfuração não for suficiente para regular os níveis de metionina excedente, essa hiper-homocisteinemia pode acarretar uma série de distúrbios ao organismo ocasionando doenças vasculares e arterosclerose.

A cisteína é um aminoácido que participa da síntese de determinados compostos proteicos como a taurina e a glutationa, um antioxidante que auxilia na manutenção do sistema imune, favorecendo a multiplicação de linfócitos (Lehninger, 2006).

Já a cistina é considerada um aminoácido glicogênico não essencial, e é produzida a partir da dimerização da cisteína, em uma reação de transformação mútua do tipo oxi-redução através de pontes dissulfeto (Lehninger, 2006).

Quanto à exigência nutricional de metionina+cistina, sabe-se que, no mínimo, 55% dos aminoácidos sulfurosos presentes são constituídos de metionina, e o restante de cistina (D'Agostini, 2005). Essa regulação dos aminoácidos sulfurosos através do ciclo da homocisteína justifica o fato das recomendações nutricionais serem expressas como metionina e cistina associada (Nascimento et al., 2009).

A adequação dos níveis dos aminoácidos sulfurosos torna-se essencial para evitar desperdícios ou desvios metabólicos destes aminoácidos no organismo das aves. Normalmente, nas pesquisas nutricionais com aves, a alimentação dos animais é feita à vontade, por isso, o método que é empregado para obtenção dos valores de aminoácidos digestíveis pode superestimar esse requerimento. Além do mais, geralmente, esses experimentos para determinação da digestibilidade ileal dos aminoácidos é empregado em galos, que apresentam uma exigência acima da apresentada por linhagens de postura comercial.

Os manuais das linhagens das aves de postura trazem informações nutricionais sobre a exigência do animal em cada fase de criação, facilitando assim a utilização de dietas que atendam os requerimentos das aves. Apesar disso, sabe-se que nestas formulações também são colocados valores de suplementação que superestimam o requerimento da ave, para garantir o sucesso na produção, independente das condições ambientais em que os animais estão sendo alojados. A principal consequência é o desbalanço nutricional, que resulta em excreção de nutrientes de maneira excessiva, causando desperdício e poluição ambiental.

Vários estudos vêm sendo elaborados no que diz respeito ao nível adequado de suplementação aminoacídica para atender o animal, uma vez que a genética das linhagens está sendo alterada constantemente, ficando esse organismo cada vez mais exigente.

A formulação de rações com base em aminoácidos digestíveis proporciona maiores benefícios, visto que minimiza os efeitos negativos devido às diferenças na digestibilidade entre os ingredientes.

Estando as relações entre os aminoácidos baseadas neste conceito, a síntese proteica é maximizada, pois se sabe que a digestibilidade desses compostos pode interferir nesse perfil ideal.

De acordo com Dale & Fuller (1984), quando se usam valores totais de aminoácidos em vez de valores disponíveis, existem duas grandes possibilidades de erro. Primeiro, os aminoácidos sintéticos teriam o mesmo valor relativo dos aminoácidos naturais presentes nos ingredientes das rações, o que acaba subestimando o valor das fontes sintéticas com disponibilidade de 100% à medida que as fontes naturais têm valores inferiores. Segundo, que embora alguns alimentos tenham a mesma digestibilidade para um determinado aminoácido, a disponibilidade desse aminoácido pode ser diferente.

Tal fato é relevante, principalmente, quando se utiliza alimentos alternativos com digestibilidades diferentes (Borges, 2006). Já que os esqueletos de carbono dos aminoácidos em excesso podem ser desviados para produção de energia, sendo o nitrogênio residual excretado pelos rins, com alto gasto energético para o organismo, aumentando a poluição ambiental.

A eficiência de utilização desses componentes proteicos ofertados na dieta depende também da quantidade e da composição dos aminoácidos, os quais são exigidos em níveis específicos pelo organismo. Quanto mais próximo o perfil de aminoácidos da dieta for do requerimento das aves, mais eficiente será a utilização e a síntese de proteínas, com reflexos positivos na utilização dos demais nutrientes.

Sabe-se que a quantidade de energia disponível para que o metabolismo ocorra de maneira adequada também tem influência na eficiência de utilização dos aminoácidos.

Porém, essas exigências não são constantes e variam de acordo com a idade, o sexo e o ambiente. Por isso, é necessário fazer avaliações periódicas dos níveis de nutrientes adequados para cada região (Costa et al., 2004).

Apesar do conhecimento sobre as exigências em aminoácidos essenciais, são necessários mais estudos que possam avaliar também o papel dos aminoácidos não

essenciais sobre o crescimento e mantença dos animais, juntamente com a redução do teor de proteína bruta das dietas, e a possível relação existente entre aminoácidos essenciais e não essenciais, já que os aminoácidos são utilizados de maneira complementar em diversas rotas metabólicas no organismo.

Quando os níveis de arginina, lisina ou aminoácidos sulfurados são reduzidos, convém manter a relação de aminoácidos totais constante, suplementando AANE na dieta a ser formulada, pois haverá efeito significante quanto à retenção de nitrogênio e funções biológicas (D'Mello, 2003). Isso ocorre porque a arginina, a lisina e os aminoácidos sulfurados são fontes pobres de nitrogênio não específico e o excesso destes aminoácidos pode provocar efeitos adversos na deposição proteica.

Além disso, o conhecimento da composição química e dos valores de energia metabolizável dos alimentos é fundamental para permitir o correto balanceamento desses nutrientes nas rações.

2.2. Energia metabolizável e o estresse calórico na produção

O nível de energia a ser considerado na dieta é o ponto de partida na formulação de rações para as aves, pois além do alto custo na produção, é um fator determinante para produção de ovos, além da manutenção na integridade corporal e produção de calor.

Se houver um aumento no consumo de proteína e aminoácidos, não acompanhado pelo consumo correto de energia, haverá um comprometimento no desempenho dos animais (Leeson & Summers, 2001b). Embora, a ambiência das instalações também seja um fator fundamental e que influencia no consumo de ração e no bem-estar dos animais, podendo ocasionar assim sérias perdas econômicas e metabólicas nas criações comerciais.

A energia aproveitada pelo animal é particionada em quatro frações: energia bruta, proveniente da queima total dos alimentos, energia digestível, como sendo a EB retirando a energia contida nas fezes, a energia metabolizável, se retirarmos a energia das fezes, urina e gases, e a energia líquida, se além dessas excretas, for subtraída a energia perdida no incremento calórico que ocorre no metabolismo geral dos nutrientes.

Para as aves, a medida utilizada geralmente é a energia metabolizável, uma propriedade nutricional estratégica em sistemas de criações em que se utiliza alimentação à vontade, pois o consumo alimentar é regulado principalmente pela densidade calórica da ração, podendo determinar a eficiência produtiva e econômica da atividade (Moura et al., 2008).

Para poedeiras, os níveis de energia metabolizável podem variar bastante, principalmente, na fase de produção. Segundo Chwalibog (1992), poedeiras alimentadas à vontade apresentam um consumo energético até 10% acima do que realmente necessitam.

Contudo, em situações de avaliação experimental de exigências nutricionais, o consumo de ração à vontade para tentar minimizar o estresse, que pode comprometer o desempenho e a qualidade dos ovos, pois esses animais tem o hábito de se alimentarem constantemente. No entanto, é necessário o acompanhamento periódico do consumo de ração e da produção para que a conversão alimentar desses animais esteja adequada à dieta que está sendo ofertada, não comprometendo os resultados da pesquisa.

Sabe-se que o consumo de alimento nas aves é influenciado pela densidade energética da dieta. No entanto, a regulação desse consumo não é proporcional quando esses animais estão alojados sob altas temperaturas (Muirhead, 1993).

Faria & Santos (2005) afirmaram que a exigência de energia fica condicionada a fatores como peso corporal, ganho de peso, composição corporal e do ovo, eficiência de utilização dos nutrientes para deposição nos tecidos, além da sensação térmica encontrada dentro dos galpões. Sakomura et al. (2005a) confirmaram que as exigências de energia metabolizável das poedeiras comerciais dependem, também, da temperatura ambiental.

Em uma situação de estresse por calor, comum em regiões tropicais, pode ocorrer uniformidade insatisfatória do lote, principalmente, se além da densidade energética das rações, o bem-estar animal não estiver sendo favorecido, pois são dois fatores que influenciam diretamente nas características produtivas do lote.

A principal característica que pode ser alterada em um lote desuniforme de aves de reposição é a variabilidade na idade ao primeiro ovo e, portanto, no consumo de alimento, além de afetar o cálculo na porcentagem de produção, pois não refletirá o número real de aves que estão em postura (Leeson & Summers, 1997).

As aves, nestas condições, podem aumentar a exigência em determinados aminoácidos para a síntese de proteínas específicas, e as interações entre os aminoácidos, tais como arginina e metionina, provavelmente diferem daqueles submetidos a temperaturas mais amenas.

Vale ressaltar que o incremento de calor produzido pelo metabolismo de proteínas é bem mais elevado que o de carboidratos, que por sua vez é maior do que o da gordura (Pond et al., 2005). Por isso, é recomendável o aumento dos níveis de energia na dieta através da inclusão de óleo, podendo reduzir o nível de proteína, em situações de estresse por calor (Leeson & Summers, 1997).

Em contrapartida, Usayran et al. (2001) não encontraram qualquer relação entre a temperatura ambiente e os níveis de óleo na dieta alimentar de poedeiras comerciais. No entanto, de acordo com Almeida et al. (2012), em situações de estresse por calor, elevar os níveis calóricos da dieta de poedeiras comerciais com a inclusão de óleo, pode compensar a redução na ingestão de nutrientes e suprir as necessidades de energia.

O Brasil apresenta predominantemente um clima tropical, com temperaturas, geralmente, acima do recomendado para a produção de aves comerciais. Como a maioria dos galpões, utilizados para criação de poedeiras comerciais, são abertos, a sensação térmica para o lote tende a ser amenizada, já que há ventilação, favorecendo a dissipação de calor, de umidade e dos gases.

Sabe-se que essas elevadas temperaturas ambientais são encontradas, principalmente, na região nordeste do Brasil e afetam negativamente o desempenho das aves, pois reduz o consumo de ração, e consequentemente, o ganho de peso, comprometendo a eficiência alimentar, caso não sejam feitos os ajustes nutricionais necessários na dieta.

De acordo com Bunchasak & Silapasorn (2005), isso também pode ocasionar aumento da gordura abdominal, diminuição do peso dos ovos, além de reduzir a qualidade da casca do ovo.

Segundo Gunawardana et al. (2009), a literatura é muito limitada sobre o efeito da energia ofertada na dieta sobre o desempenho, composição, sólidos totais e qualidade dos ovos, principalmente em situações de estresse por calor.

Apesar dessa afirmação, sabe-se que um dos distúrbios metabólicos mais evidentes em poedeiras submetidas ao estresse por calor é a alcalose respiratória. Esse

processo é desencadeado devido ao aumento da frequência respiratória, gerando uma hiperventilação e redução nos níveis de dióxido de carbono no sangue. Esse fenômeno influencia o equilíbrio eletrolítico do organismo, resultando na produção de ovos pequenos e de casca fina (Carvalho et al. 2012b).

Aliado a isto, o aumento no consumo de água provoca um aumento na excreção de íons de bicarbonato (HCO_3^-), que são elementos fundamentais para a formação do carbonato de cálcio ($CaCO_3$) que compõe a casca dos ovos. Portanto, o déficit desse composto no organismo da ave provoca redução na espessura da casca, sendo encontrada maior quantidade de ovos com casca fina ou quebradiça no lote.

Não há dúvidas que o fornecimento de dietas balanceadas promova o máximo desempenho das aves de postura comercial, possibilitando ao setor de produção de ovos atingir seu principal objetivo, oferecer proteína animal de alta qualidade com menor custo de produção e melhor desempenho produtivo das aves (Carvalho, 2012a).

Dados recentes mostram que a temperatura ambiental, bem como o nível de energia metabolizável a ser considerado nas dietas das aves pode comprometer, quantitativamente e qualitativamente, o desempenho de poedeiras, leves e semipesadas (Costa et al., 2004).

Uma ferramenta que auxilia o estudo da nutrição e leva em consideração os mais diversos fatores que podem afetar o desenvolvimento das aves de postura, são as equações de predição.

Penz (1995) diz que a utilização de modelos matemáticos para estimar as exigências nutricionais pode solucionar diversos desequilíbrios nutricionais das rações, uma vez que as dietas são formuladas para atender determinadas quantidades de nutrientes.

Silva (1995) afirma que além da influência da linhagem nas exigências nutricionais das frangas de postura, também há variação de acordo com o estádio de crescimento das aves, pois cada período possui objetivos distintos, tais como formação óssea e muscular, empenamento e formação do aparelho reprodutor, implicando em exigências nutricionais diferentes para cada fase de crescimento.

De acordo com Sakomura et al. (2005b), a determinação das exigências nutricionais das aves pode ser feita pelo método fatorial, que consiste em estimar os requerimento nutricionais através de modelos matemáticos, considerando a somatória

das necessidades para mantença, crescimento e produção, constituindo uma equação. Contudo, antes de indicar o uso das equações de predição a nível prático, é importante testar seu padrão de resposta nos animais.

Sakomura et al. (2004) avaliando equações de predição para frangas na idade de 3 a 8 semanas, observaram que apenas as aves alimentadas à vontade apresentaram uniformidade satisfatória pouco superior ao recomendado pelo manual de criação da linhagem. Os mesmos autores também afirmaram que as aves consumindo energia e proteína um pouco acima da exigência, apresentaram carcaças mais magras às 20 semanas de idade, e que as equações testadas para predizer o consumo de energia metabolizável em frangas de reposição não proporcionaram bons resultados.

Sabe-se que a relação entre produção de calor e a temperatura interna dos aviários não é linear, uma vez que, em condições de estresse calórico, as exigências energéticas das aves são elevadas para se iniciar a perda de calor por evaporação respiratória (Rutz, 1996). Logo, é imprescindível a incorporação de fatores de correção para temperatura nas equações de predição das exigências energéticas, uma vez que esta variável tem efeito direto sobre a exigência de EM para mantença (Pesti et al., 1992).

Harms et al. (2000) afirmaram que a eficiência de utilização da energia pela poedeira é inerente, também as características genéticas da ave. Assim, há dificuldade em estimar, nas equações de predição, o consumo de energia sem levar em consideração os fatores tais como: as condições de temperatura, o peso dos animais, além da interrelação com os outros nutrientes, os aminoácidos, por exemplo.

2.3.Relação energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para poedeiras

A relação existente entre os nutrientes totais de uma dieta para as aves e o conteúdo energético que ela possui influencia nas respostas de desempenho e de qualidade dos ovos.

Assim, um comprometimento na quantidade de ração consumida pode, além de elevar o incremento calórico no organismo do animal, desbalancear os nutrientes, trazendo perdas ao metabolismo de uma forma geral.

No entanto, a simples presença do nutriente na dieta não é garantia de sua total utilização pelas células. As interações entre os nutrientes podem ser descritas como a biodisponibilidade que ocorre, principalmente, no momento de absorção dos mesmos, podendo auxiliar ou inibir a ação específica de outro nutriente.

Independente da ingestão excessiva de proteína e aminoácidos ocorre limite de deposição diária, que não pode ser aumentada, pois é pré-estabelecida pelo potencial genético da ave. Por outro lado, a quantidade de gordura depositada na carcaça é diretamente proporcional à quantidade de energia disponível para a síntese (Leeson & Summers, 1997).

Sakomura et al. (2002) ressaltaram que a maioria das recomendações proteicas encontradas na literatura e divulgadas pelos manuais de criação, tem como base estudos realizados em condições diferentes das encontradas pelas aves nos locais em que são criadas. Logo, os ajustes e as interações nutricionais provenientes dessas recomendações, que geralmente são superestimadas, podem afetar diretamente a resposta metabólica e produtiva das mesmas.

De acordo com Faria et al. (2004), além da constante preocupação em adequar as exigências nutricionais ao ganho genético desses animais, há também uma preocupação com a excreção excessiva de poluentes ambientais.

Existe uma relação ideal entre energia e aminoácidos na dieta para atender animais tão exigentes, e também para que haja adequado aproveitamento energético e máxima absorção de aminoácidos no trato gastrintestinal. Pesquisas são realizadas visando determinar a melhor relação entre nutrientes e energia, em cada condição ambiental de criação, de tal maneira que o animal apresente os melhores resultados de produção, o que só é possível aumentando a eficiência de utilização do que está sendo ofertado na alimentação e proporcionando o bem-estar para os animais.

Considerando que as aves, em estresse por calor, tem o consumo de ração reduzido, deve-se aumentar a densidade da ração, para que os animais consigam suprir suas necessidades nutricionais. No entanto, Leeson & Summers (1997) afirmaram que tal mecanismo não é perfeito e, à medida que o nível energético vai sendo aumentado, o esperado declínio no consumo não é observado, resultando em excessivo consumo de energia. Esse mecanismo parece ser menos eficiente conforme a temperatura ambiental aumenta.

Dessa forma, acredita-se que exista uma relação ideal entre os nutrientes e destes com a energia ofertada na dieta para maximizar as respostas fisiológicas no metabolismo da ave.

2.3.1. Fases de criação de poedeiras comerciais

Nos últimos anos, o aumento da produtividade em poedeiras vem sendo atingido através da atualização constante da nutrição, genética, manejo e sanidade dos animais, objetivando a precocidade para o início da postura.

Essa antecipação na postura do primeiro ovo só é possível com um preparo do organismo da ave para chegar à fase produtiva em condições para sustentar a produção de ovos.

Tal processo busca uma diminuição no período de crescimento, ou seja, os animais precisam ter respostas rápidas de ganho de peso e desenvolvimento dos órgãos, especialmente os reprodutivos.

Para isso, os nutricionistas avaliam alimentos e aditivos que possam promover esse rápido desenvolvimento da ave através do acompanhamento semanal de peso e consumo, alcançando assim a máxima eficiência biológica.

As práticas de manejo nutricional e de monitoramento do peso das frangas de reposição influenciam diretamente no desempenho produtivo da futura poedeira.

Adequar o programa nutricional às exigências da ave constitui-se em um dos pontos principais para o alcance de resultados satisfatórios durante as fases de crescimento e, consequentemente, na fase reprodutiva.

A falta de acompanhamento e ajuste nutricional durante as diferentes fases de crescimento das frangas pode acarretar vários problemas tanto durante o início de produção, como ao longo do ciclo produtivo, ocasionando a baixa manutenção do pico de produção e a menor persistência produtiva das poedeiras (Mazzuco, 2011).

O desenvolvimento da capacidade produtiva de uma poedeira é dependente, também, de uma série de situações no manejo de formação da franga como: programa de iluminação, idade e grau de severidade das debicagens, programa alimentar, peso

corporal dentro da faixa permitida para cada semana de vida, além da qualidade dos ingredientes, eficiência na mistura e granulometria das rações.

As curvas de crescimento das aves de reposição têm mostrado que 70% do peso adulto de uma poedeira devem ser atingidos até 12 semanas de vida (Faria, 1998), 82% até 15 semanas, e 92% até 22 semanas, enquanto que os 8% restantes, deverão depositados posteriormente (Kwakkel, 1991).

Assim, o peso abaixo do sugerido pelo manual da linhagem, nas diversas fases de desenvolvimento da ave, retarda não só o início da postura, como também o desenvolvimento geral, reduzindo assim a produção e o peso dos ovos. Em contrapartida, as aves com excesso de peso entram em postura precocemente, mas produzindo ovos pequenos, o que também não é viável. Daí a importância desse acompanhamento semanal dos animais, evitando esse comprometimento nas fases de produção.

O fornecimento adequado não só de energia e de aminoácidos sulfurosos como também dos demais nutrientes para frangas de reposição permite que as aves atinjam a maturidade sexual com peso corporal e reservas corporais suficientes para suportar a fase de produção, sem o desvio desnecessário das reservas corporais, além de ser fundamental a presença desses compostos em quantidade adequada no organismo, para o empenamento e crescimento das mesmas.

Diversos autores têm estudado as exigências nutricionais de metionina + cistina digestíveis para animais em crescimento. No entanto, os resultados dos estudos são inconclusivos, devido à utilização de diferentes métodos experimentais (Sakomura & Rostagno, 2007), além das diferenças existentes nas condições experimentais na qual as aves são submetidas.

D'Agostini et al. (2012) confirmaram que as exigências nutricionais de metionina + cistina digestíveis para frangas de reposição, na fase de recria e pré-postura, são escassas.

Somado a isso, conforme esclarecido por Leeson & Summers (1997), a determinação do nível energético ideal na dieta durante o período de transição de franga para poedeira é fundamental para propiciar condições metabólicas para a ave durante o período de produção. Além do mais, a disponibilidade de aminoácidos industriais, com preços cada dia mais acessíveis no mercado, é possível atender os requerimentos

nutricionais do animal, nas diferentes condições em que são criados, sem onerar os custos da dieta e minimizar o impacto ambiental das excretas.

Dessa forma, se as aves chegam à postura com o aporte nutricional e fisiológico necessário para expressar o máximo potencial genético que a linhagem lhe proporciona, dentro das condições de alojamento que lhe são ofertadas, há um aumento da eficiência produtiva e do retorno econômico para o produtor, além de ser possível oferecer um produto de alta qualidade para o consumidor.

Quando se avalia a fase produtiva, devido ao aumento na demanda e no processo de industrialização dos ovos para atender as exigências do mercado consumidor, os pesquisadores vêm buscando alternativas nutricionais que permitam melhorar não só a quantidade a ser produzida, como a qualidade do produto, principalmente em relação ao tamanho, o peso e o tempo de prateleira dos ovos.

A habilidade das aves em direcionar a energia consumida para manutenção do peso e da quantidade de ovos produzidos está relacionada não só as condições ambientais em que as aves estão alojadas, mas também a fatores que podem interferir na qualidade dos ovos como a idade da ave, a genética e, especialmente, a nutrição, já que os níveis de proteína e de aminoácidos tem influência direta na concentração de proteínas e, consequentemente, nos sólidos totais dos ovos.

Concordando com esta afirmação, Leeson et al. (2001b) afirmaram que tanto a proteína como os aminoácidos, especialmente a metionina, exercem influência sobre o peso dos ovos.

Associado a isso, Leeson & Summers (1997) afirmaram que a produção de ovos aumenta rapidamente quando se eleva o nível de energia metabolizável da dieta, e níveis crescentes de proteína somente influenciam na produção de ovos quando o consumo de energia está abaixo do recomendado.

Sabe-se que a deficiência de metionina no organismo interfere na síntese das proteínas, além de influenciar diretamente o peso dos ovos, já que esse alimento é bastante rico em aminoácidos essenciais, especialmente no albúmen do ovo, que tem em sua composição a ovoalbumina – 54%, a ovotransferrina – 12% e a ovomucóide – 11%, proteínas fundamentais para determinar o valor nutricional dos ovos. Se esta deficiência for elevada ou persistente, tanto a quantidade de ovos produzida como o tamanho destes ovos poderá ser comprometida.

Vários estudos vêm sendo realizados a fim de avaliar diferentes níveis de suplementação de metionina + cistina para poedeiras. Jordão Filho et al. (2006) confirmaram que rações deficientes em metionina + cistina reduzem a produção e o peso dos ovos, além de aumentar a deposição de gordura no fígado de poedeiras. Cupertino et al. (2009) concordaram sobre os efeitos positivos da suplementação de metionina + cistina na dieta para o peso desses ovos.

Pavan et al. (2005) afirmaram que os ajustes nos níveis proteicos e aminoacídicos das dietas podem alterar o tamanho dos ovos, reduzindo os problemas de casca, encontrados no final do primeiro e segundo ciclos de produção. Assim, é possível reduzir a perda dos ovos, classificados como extragrandes, por quebras.

Mack et al. (2013) afirmaram que a redução na produção e qualidade dos ovos também são mediadas pela diminuição da disponibilidade dietética de íons de cálcio e pela regressão das funções reprodutivas, causadas pelo menor consumo de alimentos no estresse por calor.

Nas altas temperaturas ambientais as aves modificam o metabolismo indiretamente devido ao estresse por calor, demonstrado pela alteração no consumo de alimento e água, e diretamente, por alterar a síntese e secreção dos hormônios reprodutivos.

Na fase produtiva há variações de acordo com a fase de produção (de primeiro ou segundo ciclo), até porque a tendência é o animal ficar menos exigente quanto mais tempo de vida produtiva tiver, já que a qualidade e a quantidade de ovos produzidos vão diminuindo em aves mais velhas.

Na Tabela 1 tem-se um compilado de autores e suas recomendações para diferentes fases de criação de poedeiras comerciais.

Tabela 1. Comparação entre autores quanto a recomendação de metionina + cistina digestível (M+C, %), relação metionina + cistina/ lisina digestível (M+C:Lis) e energia metabolizável (EM, kcal/kg) e relação energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos (EM:M+C) em cada fase de criação para aves de postura leves.

		Fases de criação					
Autor	**Recomendação**	**1 - 6 sem**	**7 - 12 sem**	**13 - 18 sem**	**Postura §**	**Postura 2**	
Brumano et al. (2010)	**M+C**				0,772	0,775*	
	M+C: Lis				100	101	
	EM				2900	2900	
	EM: M+C				3756,48	3741,94	
Rostagno et al. (2011)	**M+C**	0,64	0,497	0,396	0,67		
	M+C: Lis	73	80	82	91		
	EM	2900	2900	2900	2850		
	EM: M+C	4531,25	5835,01	7323,23	4253,73		
Polese et al. (2012)	**M+C**					0,588$^{\alpha}$	
	M+C: Lis					67	
	EM					2857	
	EM: M+C					4858,84	
D'agostini et al.(2012a,b)	**M+C**		0,639	0,611			
	EM		2900	2900			
	EM: M+C		4538,34	4746,32			
		1 - 5 sem	**6 - 10 sem**	**11 - 15 sem**	**pré-postura**	**>85% Pr**	**< 85% Pr**
Manual Dekalb White (2009)	**M+C**	0,75	0,65	0,64	0,63	0,66	0,61
	M+C: Lis	75	79	78	85	83	82
	EM	2950	2900	2850	2750	2800	2780
	EM: M+C	3933,33	4461,54	4453,13	4365,08	4242,42	4557,38

§ Considerando peso médio das aves de 1,6 kg.

* 42 a 58 semanas, α 75 a 91 semanas

Percebe-se que nas fases de crescimento a relação EM:M+C tende a aumentar, à medida que os animais formam os tecidos corporais e se preparam para a fase de pré-postura.

Observa-se que os manuais de criação trabalham com níveis de aminoácidos sulfurosos acima do nível que talvez o animal realmente necessite, independente da linhagem, podendo favorecer o desvio metabólico desses nutrientes para formar outros compostos desnecessários ao organismo, e assim, desbalancear o perfil de aminoácidos e comprometer a eficiência de utilização dos demais nutrientes.

O aspecto positivo dessas recomendações acima da exigência do animal nos manuais seria a divisão por fases de criação ser mais estreita, o que facilita o ajuste nutricional, já que mostra o que animal requer para cada semana de desenvolvimento.

Comparativamente, apresentam-se menor nível dos aminoácidos sulfurosos bem como menor relação EM:M+C do que nas fases de crescimento, mas entre as fases de produção, ou seja em pico ou pós-pico de produção essa relação tende a ser aumentada, não pelo maior aporte de energia dietética, e sim pelo menor nível de aminoácidos recomendado para segundo ou terceiro ciclos de produção.

Tal redução na suplementação dos aminoácidos é justificada pelo menor requerimento no organismo do animal, devido a menor produção de ovos.

2.4.Nutrição proteica e o sistema imune

Outro fator primordial que deve ser considerado nos ajustes nutricionais para aves de intensa produção (poedeiras comerciais), que passam um longo período sendo criadas em condições de estresse são os fatores ambientais de criação e a resposta do sistema imune.

O estresse (físico, social ou microbiológico) estimula a síntese e a secreção de determinados compostos no organismo da ave, tais como os corticosteroides, que influenciam negativamente o sistema imune, deixando os animais mais susceptíveis às doenças.

Gandra (2012) afirma que ainda não está evidente que alterações nutricionais estejam associadas a inflamações e ativação do sistema imune.

Contudo, os aminoácidos provenientes da dieta ou do catabolismo da proteína corporal, podem ser utilizados para gliconeogênese e síntese proteica no fígado, servindo de substrato para que as células envolvidas no sistema imune sintetizem as imunoglobulinas. Portanto, alterações no metabolismo aminoacídico, induzidas pelas respostas imunológicas e inflamatórias podem gerar exigências específicas (Le Floc'h et al., 2004).

Assim, o consumo de aminoácidos essenciais e não-essenciais em quantidades excessivas ou de maneira desproporcional aos requeridos pelo organismo, pode ocasionar efeitos adversos no metabolismo envolvendo uma série complexa de atividades metabólicas. Sendo assim, faz-se necessário saber como os aminoácidos sulfurosos e os produtos do seu metabolismo interagem com os processos imunes.

De acordo com Carvalho (2012a), a metionina é importante para produção de imunoglobulinas G, que contribui diretamente para elevar a resistência às doenças, fator importante na criação de galinhas poedeiras, devido ao seu longo ciclo produtivo.

Sabe-se que a deficiência de proteína pode trazer prejuízos para o sistema imunológico, diminuindo a disponibilidade de aminoácidos no plasma, em particular, metionina e cistina. Outros autores afirmam que os aminoácidos sulfurosos participam no controle do estado oxidativo no organismo da ave, uma vez que estão envolvidos na síntese intracelular dos antioxidantes, em particular da glutationa (Tesseraud et al., 2009).

A glutationa é, quantitativamente, o antioxidante intracelular mais abundante e tem vários papéis importantes, sendo de vital relevância na proteção contra o desenvolvimento de radicais livres, que acompanha os estados inflamatórios (Le Floc'h et al., 2004). Sua síntese ocorre no fígado, e a enzima limitante na via metabólica é a γ-glutamil-cisteina-sintetase.

A glutationa pode seguir para o sangue e ser transportada em todo corpo, principalmente na sua forma reduzida de glutationa peroxidase (GSH). Assim, a conversão de cisteína para glutationa é fortemente influenciada pela taxa de utilização e transporte da GSH, no interior e entre as células do corpo (Grimble & Grimble, 1998).

Quando há aumento da atividade do sistema imune ocorre tanto uma maior atividade da via de transsulfuração, como maior produção hepática de taurina, com uma elevação na concentração de glutationa no fígado, baço, rim e músculo (Malmezat et al.,

1998). Contudo, apesar do fluxo melhorado do substrato, através da via de transsulfuração, o fornecimento de cisteína pode não atender as exigências para manutenção das concentrações de glutationa, em condições de elevado estresse oxidativo (Grimble, 2006).

A taurina pode ser considerada, também, um dos produtos finais no metabolismo da cisteína, desempenhando importante papel no sistema imunitário. Tem sido demonstrado que possui atividade similar a glutationa, além de regular a liberação de citocinas pró-inflamatórias nos animais (Kontny et al., 2000).

Poosuwan et al. (2010) verificaram que o fornecimento prolongado de dietas com baixa proteína para as aves, favorece ajustes metabólicos nos níveis de metionina e cistina para sustentar a imunocompetência normal, e alcançar o máximo desempenho produtivo.

Yodseranee & Bunchasak (2012) alertaram que a deficiência de metionina, no organismo da ave, tem um grande impacto no crescimento, além de induzir distúrbios metabólicos e reduzir o potencial do sistema de defesa.

Apesar dos grandes avanços nos estudos que associam a nutrição com a imunologia, há uma escassez de informações sobre os mecanismos moleculares de ação dos aminoácidos relacionados ao sistema imune. Em breve, será viável a utilização de aminoácidos com função nutracêutica para melhorar a saúde e prevenir determinadas doenças nos animais (Li et al., 2007).

De acordo com o mesmo autor, 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 outros nutrientes. Assim, é necessário cautela no desenvolvimento de estratégias nutricionais eficazes para que seja alcançada a máxima eficiência imunológica.

É importante e cada vez mais necessário, o fornecimento de dados de exigências nutricionais o mais próximo possível do requerido pelo potencial genético dos animais, pois frequentemente novas linhagens são lançadas no mercado, com características de produção ainda mais específicas que às anteriores.

Alterações nas exigências de poedeiras foram observadas a partir de mudanças nas temperaturas de alojamento no Brasil (Sakomura et al., 2005a). Normalmente, a produção de calor é mínima na situação de conforto térmico, mas em situações de

estresse por calor ou frio, as aves alteram o comportamento, a atividade física, bem como a taxa metabólica (Warpechowski, 2005).

A habilidade das aves em direcionar a energia consumida para manutenção, peso e número de ovos está diretamente relacionada com as condições ambientais nas quais estão alojadas. Pesquisas com poedeiras alojadas em temperatura termoneutra (21,1°C) indicam que primeiramente as aves utilizam a energia metabolizável para manter a produção de ovos e não para aumentar o peso dos ovos (Garcia, 2006).

Fica evidente a relevância do estudo detalhado e a atualização constante das exigências nutricionais para as aves nos manuais de criação e tabelas de requerimento nutricional, pois o perfil de aminoácidos da dieta, especialmente os aminoácidos sulfurosos, bem como o conteúdo energético da ração são fatores limitantes para a produção e qualidade dos ovos de poedeiras, e caso não estejam na quantidade adequada às condições ambientais da criação, irão interferir negativamente na atividade.

Por fim, o manejo, a sanidade, a nutrição, a genética e a ambiência, consideradas as bases para o sucesso na produção animal, devem ser ajustados, cabendo ao profissional trabalhar todos os fatores simultaneamente, garantindo assim, o retorno financeiro e o bem-estar dos animais, para a máxima eficiência produtiva.

Assim, diante das considerações feitas neste trabalho sobre energia e metionina + cistina, aconselha-se recomendar o consumo diário dos aminoácidos, não somente em porcentagem, pois a influência da energia sobre eles pode alterar o consumo de ração, refletindo no consumo de aminoácidos.

Desta forma, as recomendações nutricionais podem ser feitas com base no teor energético das rações (relação entre energia: nutriente) e em miligramas do aminoácido por kg de ração consumida.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA V.R., DIAS, A.N., BUENO, C.F.D., COUTO, F.A.P., RODRIGUES, P.A., NOGUEIRA, W.C.L., FARIA FILHO, D.E. Crude protein and metabolizable energy levels for layers reared in hot climates. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 14, 3, 159-232. Jul – Sept, 2012.

ARARIPE, M.N.B.A. *Redução da proteína bruta e relações metionina+cistina e treonina digestíveis com a lisina digestível em rações para alevinos de tambatinga.* Tese (doutorado) – Universidade Federal do Piauí. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. 2009.

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.

BORGES, C.A.Q. O Uso de proteína ideal para perus de corte. *In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas*. Anais... Campinas: FACTA, p. 39-47. 2006.

BRUMANO, G., GOMES, P.C., DONZELE, J.L., ROSTAGNO, H.S., ROCHA, T.C., ALMEIDA, R.L. 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, n.6, p.1228-1236, 2010.

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*, 4, 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.* 55f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012a.

CARVALHO, L.S.S.S Nutrição de poedeiras em clima quente. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, ano 9, n.18, 2012b.

CHWALIBOG, A. A factorial estimation of energy requirement for egg production. *Poultry Science*, 77, 509-515, 1992.

COSTA, F.G.P., H.C. SOUZA, C.A.V. GOMES, L.R. BARROS, P.A. BRANDÃO, G.A.J. NASCIMENTO, A.W.R. SANTOS E V.S.A. JUNIOR. Níveis de proteína bruta e energia metabolizável na produção e qualidade dos ovos de poedeiras da linhagem Lohmann Brown. *Ciência Agrotécnica*, 28: 1421-1427. 2004.

CUNNINGHAN, J.G. *Tratado de fisiologia veterinária*. 3ª. Ed. Granabara-Koagan, 579p. 2004.

CUPERTINO, E.S., GOMES, P.C., ROSTAGNO, H.S. Exigência nutricional de metionina+cistina digestíveis para galinhas poedeiras de 54 a 70 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 7, 1238-1246, 2009.

D'AGOSTINI, P. *Exigências de metionina+cistina para frangas de reposição leves e semipesadas nas fases inicial, cria e recria*. 120f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2005.

D'AGOSTINI, P., GOMES, P.C., CALDERANO, A.A., MELLO, H.H.C., SÁ, L.M., ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T. Exigência de metionina + cistina para frangas de reposição na fase cria de sete a 12 semanas de idade. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64, 6, 1699-1706, 2012a.

D'AGOSTINI, P., GOMES, P.C., MELLO, H.H.C., CALDERANO, A.A., SÁ, L.M., ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T. Exigência de metionina + cistina para frangas de reposição na fase recria de 13 a 18 semanas de idade. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64, 6, 1691-1698, 2012 b.

DALE, N.; FULLER, H.L. Correlation of protein content of feedstuffs with the magnitude of nitrogen correction in true metabolizable energy determinations. *Poultry Science*, v.64, p.1008-1012, 1984.

D'MELLO, J.P.F. *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. Wallingford: CABI International, 438p. 2003.

FARIA, D.E. Formação da poedeira moderna com ênfase nas fases de cria e recria. *In: III Simpósio Goiano de Avicultura*, 1998, Goiânia. Anais... Goiânia, 53-71. 1998.

FARIA, D.E., RIZZO, M.F., DEPONTI, B.J., ROMBOLA, L.G., SILVA, F.H.A., ARAÚJO, L.F., JUNQUEIRA, O.M. Effects of different levels of crude protein and lysine on performance and nitrogen excretion of the commercial laying hens. *In: INTERNATIONAL POULTRY SCIENTIFIC FORUM*, Atlanta, Anais…Atlanta, p.44, 2004.

FARIA, D.E. E A.L. SANTOS. Exigências nutricionais de galinhas poedeiras. *In: Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos*. Viçosa. Anais ...Viçosa. MG. p. 229-315. 2005.

GANDRA, E.R.S. *Relação lisina digestível: energia metabolizável em dietas para suínos dos 50 aos 100 kg de peso corporal*. Tese de Doutorado – FMVZ/UNESP-Botucatu- SP. 67f. 2012.

GARCIA, J.R.M.; MAZALLI, M.R. Avanços na nutrição da poedeira moderna. *Avicultura Industrial*, n.8, 2006.

GRIMBLE, R.F.; GRIMBLE, G.K. Immunonutrition: role of sulfur amino acids, realated amino acids, and polyamines. *Nutrition*, 14, 605-610, 1998.

GRIMBLE, R.F. The effects of sulfur amino acid intake on immune function in humans. *Journal of Nutriton*, supplement, 1660 – 1665. 2006.

GUNAWARDANA, P., ROLAND, D.A., BRYANT, M.M. Effect of dietary energy, protein and a versatile enzyme on hen performance, egg solids, egg composition and egg quality of Hy-line W36 hens during second cycle. *Journal Applied Poultry Research*. 18, 43- 53. 2009.

HARMS, R.H. Proteína (aminoácidos) para poedeiras. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES*. Campinas. Anais …Campinas, 111-122, 1999.

HARMS, R.H., RUSSEL, G.B., SLOAN, D.R. Performance of four strains of commercial layers with major changes in dietary energy. *Journal of Applied Poultry Research*, 9, 535-541, 2000.

JORDÃO FILHO, J.; SILVA, J.H.V.; SILVA, E.F. et al. Exigências nutricionais de metionina + cistina para poedeiras semipesadas do início de produção até o pico de postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 1063-1069, 2006.

KONTNY, E.; SZCZEPANSKA, K.; KOWALCZEWSKI, J. The mechanism of taurine chloramine inhibition of cytokine (interleukin-6, interleukin-8) production by rheumatoid arthritis fibroblast-like synoviocytes. *Arthritis & Rheumatism*, 43, 2169-2177, 2000.

KWAKKEL, R.P.; KONING, F.L.S.M.; VERSTEGEN, M.W.A. Effect of method and phase of nutrient restriction during rearing on productive performance of light hybrid pullets and hens. *British Poultry Science*, v.32, p.747-761, 1991.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. *Commercial poultry nutrition*. 2.ed. Ontario: University Books. 350p. 1997.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. *Scott´s Nutrition of the chicken*. 4th. Guelph:University Books, 601p. 2001a.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D.; CASTON, L. J. Response of layeres to low nutrient-density diets. *The Journal of Applied Poultry Research*, 10, 1, 46-52, 2001b.

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*, 87, 37-45, 2004.

LEHNINGER, L.A. NELSON, D.L.; COX, M.M. *Princípios de Bioquímica*. 4 ed. Sarvier, 202p. 2006.

LI, P.; YIN, Y.L.; LI, D. et al. Amino acids and immune function. *British Journal of Nutrition*, 98, 237-252, 2007.

MACK, L.A., FELVER-GANT, J.N., DENNIS, R.L. Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in two strains of laying hens. *Poultry Science*. 92, 285- 294. 2013.

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 DEKALB WHITE. Disponível em: <*http://www.fcav.unesp.br/Home /departamentos/zootecnia/NILVAKAZUESAKOMURA/manual_dekalb_white.pdf*.> Acesso: 09/06/2014.

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, 2013.

MOURA, G.S., BARRETO, S.L.T., DONZELE, J.L., HOSODA, L.R., PENA, G.M., ANGELINI, M.S. Dietas de diferentes densidades energéticas mantendo constante a relação energia metabolizável: nutrientes para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 9, 1628-1633, 2008.

MUIRHEAD, S. Control of heat essential to keep hens laying in hot weather. *Feedstuffs*, april. 5th, 1993.

NASCIMENTO, D.C.N.; SAKOMURA, N.K.; SIQUEIRA, J.C. Exigências de metionina+cistina digestível para aves de corte ISA Label criadas em semiconfinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 869-878, 2009.

OLIVEIRA, R.F.M., ZANUSSO, J.T., DONZELE, J.L. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas controladas e dois níveis de energia metabolizável. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 29 (1), 183 – 190. 2000.

OLIVEIRA NETO, A.R. Metabolismo e exigência de metionina: Proteínas e aminoácidos. In*: Nutrição de Não ruminantes*. p.186-217. 2014.

PAVAN, A.C., MÓRI, C., GARCIA, E.A. Níveis de proteína bruta e de aminoácidos sulfurados totais sobre o desempenho, a qualidade dos ovos e a excreção de nitrogênio de poedeiras de ovos marrons. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 2, 568-574, 2005.

PENZ JR., A. M. Importância do equilíbrio nutricional da ração. *In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA*, 1, Goiânia, GO. *Anais*... Goiânia. p. 23-32. 1995.

PESTI, G.M.; DORFMAN, J.H.; GONZALES, M.J. Comparison of equations for predicting the metabolizable energy intake of laying pullets. *British Poultry Science*, v.33, p.553-9, 1992.

POLESE, C., NUNES, R.V., VILELA, C.G., MURAKAMI, A.E., AGUSTINI, M.A.B., TAKAHASHI, S.E., VILELA, V.O., SOUZA, C., SCHNEIDER, S.E. Quantidade de metionina+cistina digestível para poedeiras semipesadas de 75 a 91 semanas de idade. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.* 64 (6): 1682-1690, 2012.

POND, W.G., CHURCH, D.C., POND, K.R. *Basic animal nutrition and feeding*. 5ed. New York: John Wiley & Sons. 580p. 2005.

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*, 94, 186-195, 2010.

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.

RUTZ, F. Programa nutricional para frangos de corte e poedeiras comerciais em climas quentes. *In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA*, 2., 1996, Goiânia. Anais... Goiânia, p.33-39. 1996.

SAKOMURA, N.K., BASÁGLIA, R., RESENDE, K.T. Modelo para determinar as exigências de proteína bruta para poedeiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31, 6, 2247-2254, 2002.

SAKOMURA, N.K., BENATTI, M.R.B., BASAGLIA, R., NEME, R., LONGO. F.A. Avaliação de Equações de Predição de Exigências Energéticas na Alimentação de Frangas de Postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 3, 575-584, 2004.

SAKOMURA, N.K., BASAGLIA, R., SAFORTES, C.M.L., FERNANDES, J.B.K. Modelos para estimar as exigências de energia metabolizável para poedeiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34(2):575-583, 2005a.

SAKOMURA, N. K., BENATTI, M. R. B., BASAGLIA, R., FERNANDES, J. B. K., NEME, R., LONGO, F. A. *Avaliação de equações de predição de exigências proteicas na alimentação de frangas de postura*. ARS Veterinaria, Jaboticabal- SP, 21, 1, p. 7-14, 2005b.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. *Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos.* Jaboticabal: FUNEP, 283p. 2007.

SILVA, R. *Exigências de energia metabolizável para frangas de postura de 1 e 18 semanas de idade*. Jaboticabal, SP, Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. 76 p. 1995.

TESSERAUD, S.; COUSTARD, S.M.; COLLIN, A. Role of sulfur amino acids in controlling nutrient metabolism and cell functions: implications for nutrition. *British Journal of Nutrition*, 101, 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.

USAYRAN, N., FARRAN, M.T., AWADALLAH, H.H. Effects of added dietary fat and phosphorus on the performance and egg quality of laying hens subjected to a constant high environmental temperature. *Poultry Science*. 80, 12, 1695-1701. 2001.

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*, 44, 1957-1963, 2012.

WANNMACHER, C.M.D., DIAS, R.D. *Bioquímica Fundamental.* 6ªed. UFRGS. 1988.

WARPECHOWSKI, M.B. *Efeito do nível e fonte de fribra sobre a concentração e a utilização da energia metabolizável de dietas para frangos de cortes em crescimento.* Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 202p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

CAPÍTULO 2

Relação entre energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para frangas leves

Relação entre energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para frangas leves

RESUMO:
Objetivou-se determinar a relação ideal entre o nível de recomendação da energia metabolizável (EM) e de metionina + cistina digestível (M+C dig.) a ser recomendado para frangas leves. Os experimentos tiveram duração de 84 dias e foram divididos nas fases de 1 a 6 semanas de idade, e de 7 a 12 semanas de idade. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado distribuído em esquema fatorial 4 níveis de M+C dig. x 3 níveis de EM. As dietas tiveram duas bases de recomendação para M+C dig.; uma atendendo 100% da recomendação, e outra que variou 10% (acima e abaixo) desta recomendação. Para EM foram sugeridos três níveis, sendo um a recomendação da literatura e os demais variando 5% (acima e abaixo) desta recomendação, totalizando 12 tratamentos. Cada tratamento continha 6 repetições, de 15 aves por unidade experimental, para cada experimento proposto. Na fase de 1 a 6 semanas observou-se interação em todas as variáveis testadas ($P<0,05$), mostrando que alterações deste aminoácido e dos níveis de energia das dietas de frangas, na fase inicial pode promover maior atividade celular e de transaminases, aumentando a absorção dos nutrientes, promovendo melhores pesos finais e conversão alimentar. Na fase de 7 a 12 semanas só ocorreu interação dos fatores analisados para peso de bursa, e para as variávéis sorológicas, histomorfométricas de intestino delgado e nas variáveis que compõem o balanço de nitrogênio. Para o grau de esteatose hepática não houve efeito da interação dos fatores em nenhuma das fases avaliadas. Recomenda-se a utilização de 0,667% de M+C dig. associado a um nível de 2755 kcal/kg de EM (relação EM: M+C dig. de 4130,43) na dieta para as aves de reposição leves, entre 1 e 6 semanas de idade, que corresponde a um consumo diário de 184 mg/ave de M+C dig/ave. Para a fase de 7 a 12 semanas, a recomendação estabelecida foi de 0,497% de M+C dig. e de 2.755 kcal/kg de EM (relação EM: M+C digestível de 5543,26), que corresponde a um consumo diário de 136 mg de M+C dig./ave.

Palavras-chave: aves de reposição, desempenho, energético, interação, metionina + cistina.

Metabolizable energy: sulfur amino acids for light pullets

ABSTRACT:
The aim was to determine the ideal relationship between the level of recommendation of metabolizable energy (ME) and methionine + cystine digestible (M + C dig.) for light pullets. The experiment lasted 84 days, divided into two phases created: Initial (1 to 6 weeks old) and growing (7 to 12 weeks of age). The experimental design was completely randomized distributed in factorial: 4 (levels of M+C dig.) x 3 (levels of ME). The diets had two recommendation bases for M+C dig.; one for 100% of the recommendation, and one which can meet the proposed varied ± 10% of this recommendation. For ME were suggested three levels, one being the recommendation of literature and other varying ± 5%, totaling 12 treatments. From 1 to 6 weeks was observed interaction in all tested variables, showing that changes of this amino acid and energy levels diets, early on can promote greater cell activity and transaminase by increasing the absorption of nutrients, promoting best final weights and feed conversion. In the phase of 7 to 12 weeks only was interaction of the factors analyzed for bursa weight, and serological tests, small intestine histomorphometric and the variables that make up the nitrogen balance. Hepatic steatosis degree there was no effect of the interaction of factors in any of the stages of development. It is recommended the use of 0.667% M+C dig. associated to a level of 2755 kcal / kg of ME (ratio ME: M+C dig.: 4130.43) in the diet for light pullets (1 and 6 weeks of age), which corresponds to a daily consumption of 184 mg of M+C dig/pullet. For the period from 7 to 12 weeks, the established recommendation was 0.497% M+C dig. and 2,755 kcal/kg ME (ratio ME:M+C dig.: 5543.26), which corresponds to a daily intake of 136 mg of M+C dig./pullet.

Keywords: energy, interaction, methionine + cystine, pullets, performance.

Introdução

Os aminoácidos sulfurados são essenciais para o crescimento, reações de metilação, síntese de penas, e também são importantes como precursores da glutationa, taurina e coenzima A (Lehninger et al., 2006). Para aves em crescimento, a metionina e a cistina estão relacionadas não só a estes fatores, como contribuem diretamente para o crescimento e desenvolvimento adequado dos órgãos reprodutivos.

A metionina é um dos aminoácidos essenciais que, se estiver deficiente ou ausente na dieta pode comprometer o desempenho, o empenamento e o sistema imune das aves de produção comercial, devendo, portanto, ser suplementada nos níveis adequados, principalmente nessa fase inicial, já que há intensa síntese proteica.

Além disso, fatores como temperatura e umidade relativa têm participação fundamental no ajuste da densidade energética da ração, pois o comportamento alimentar e o consumo de nutrientes só conseguem ser mantidos através do consumo na quantidade adequada de ração.

D'Agostini et al. (2005) afirmaram que a atualização constante das exigências nutricionais para as aves de reposição justifica-se pelo melhoramento genético contínuo das linhagens.

No manual da linhagem Dekalb White (2009), as recomendações para a fase de 1 a 5 semanas é de 0,750% de metionina + cistina digestível (M+C dig.), com uma relação M+C: lisina de 75 e nível de energia metabolizável (EM) de 2950 kcal/kg. Para a fase de 6 a 10 semanas essa recomendação é reduzida para 0,650% M + C dig., com uma relação M+C:lisina de 79 e EM de 2900 kcal/kg. Já na fase de 11 a 15 semanas essa recomendação é menor, de 0,640% M + C dig., relação de 78 e EM de 2850 kcal/kg.

Percebe-se uma redução tanto nos níveis de M+C dig. quanto de energia no decorrer das fases. Esse ajuste busca atender, no limiar do que o animal realmente necessita, sem deficiências ou perdas metabólicas. Assim, a eficiência de utilização dos nutrientes é mais fácil de acontecer.

Para Rostagno et al. (2011), a recomendação na fase de 1 a 6 semanas para frangas de reposição leves é de 0,640% M+C dig., com uma relação de 73 e nível de EM de 2900 kcal/kg. Para a fase de 7 a 12 semanas, os mesmos autores recomendaram um nível de 0,497% M+C dig., com relação de 80 e 2900 kcal/kg de EM.

D'Agostini et al. (2012a) recomendaram para as aves de reposição leves no período de 1 a 6 de idade 0,639% de M+C dig. Já para o período de 7 a 12 semanas de idade, D'Agostini (2012b) recomendaram 0,611% de M+C digestíveis ambas as fases recebendo um nível de 2900 kcal/kg de EM na dieta.

As divergências existentes até o dado momento quanto às exigências de metionina + cistina digestível para cada fase de criação, e os diferentes níveis de energia metabolizável que são recomendados pelos autores, impulsiona a necessidade em adequar esses requerimentos para maximizar a eficiência produtiva da ave na fase de crescimento, nas diferentes condições em que estes animais estão sendo criados.

Essa recomendação nutricional estimando o que o animal realmente necessita para o crescimento adequado, garantindo o sucesso na criação na fase de produção, com maior número de ovos produzidos, melhoria na qualidade dos ovos, além de uma maior uniformidade do lote.

Diante disso, objetivou-se com este trabalho determinar os níveis adequados de energia metabolizável e metionina + cistina digestível para aves de reposição leves nas fases de crescimento, de 1 a 6 semanas e 7 a 12 semanas de idade.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no Laboratório de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Areia - PB. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é tropical semi-úmido do tipo As', isto é, clima quente e úmido que se caracteriza por apresentar estação chuvosa no período outono – inverno, com precipitação pluviométrica média anual girando em torno de 1.500 mm, temperatura anual entre 22 – 30°C e umidade relativa do ar elevada (75 – 87%).

Os experimentos tiveram duração de 84 dias (julho a setembro), divididos em duas fases de crescimento: inicial (1 a 6 semanas de idade) e cria (7 a 12 semanas de idade). As condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar foram registradas diariamente e as temperaturas mínima, máxima e média registradas foram de 25°, 30° e 26°C, respectivamente. A umidade relativa média neste período foi de 87%.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado distribuído em esquema fatorial 4 (níveis de metionina + cistina digestível) x 3 (níveis de energia metabolizável), totalizando doze tratamentos, seis repetições, de quinze aves por unidade experimental, para cada experimento proposto.

Para cada experimento das fases de crescimento foram utilizadas 1080 aves da linhagem Dekalb White, a partir do 1° dia de vida e 7ª semana de vida, com peso vivo inicial médio de 38 g e 557± 1 g, respectivamente, alojadas em boxes experimentais de 1,0 X 1,5 m.

O piso dos boxes foi coberto com cama de bagaço de cana, e cada unidade experimental desta 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 na 10ª semana de vida e o programa de vacinação foi seguido dentro das especificações recomendadas para a região. O programa de luz utilizado foi o sugerido pelo manual da linhagem.

Antes do início do período experimental, as aves foram alimentadas com dietas basais de acordo com a recomendação de Rostagno et al. (2011).

As aves e as rações foram pesadas no início e final de cada experimento para determinação do peso vivo final (g/ave), ganho de peso (g/ave), consumo de ração (g/ave) e conversão alimentar (g/g).

O período experimental foi dividido em seis semanas para cada experimento e, diariamente era conferida a mortalidade de cada unidade experimental. Semanalmente era mensurado o consumo de ração a partir da diferença de peso obtida entre a quantidade de ração fornecida no início da semana a ser avaliada e as sobras existentes no final de cada semana, sendo também corrigido esse consumo de acordo com a mortalidade das aves. O ganho de peso foi obtido através das pesagens semanais das unidades experimentais, e por diferença do peso da semana anterior se calculava o ganho de peso em cada semana. Com esses dados semanais foi possível estimar o ganho de peso dentro de cada período experimental total. A conversão alimentar foi calculada dividindo-se o consumo de ração (g/ave) pelo ganho de peso dos animais (g/ave).

Os tratamentos consistiram em doze dietas, sendo as três primeiras dietas formuladas com base na recomendação de metionina+cistina digestível (M+C dig.)

segundo as recomendações de Figueiredo Jr. (2013), variando somente a energia metabolizável (EM) que tinha 5% abaixo, no nível proposto e 5% acima da recomendação de Rostagno et al. (2011) e as demais dietas com proporções percentuais 10%, acima e abaixo da recomendação de Rostagno et al. (2011), além da mesma variação nos níveis de EM, conforme demostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Desenho dos tratamentos experimentais

Recomendações	**Percentual de metionina+cistina digestíveis**	**Percentual de energia metabolizável**
Figueiredo Jr. (2013)	100 %[1]	95 %[2] 100 %[2] 105 %[2]
Rostagno et al. (2011)	90 %[2]	95 %[2] 100 %[2] 105 %[2]
	100 %[2]	95 %[2] 100 %[2] 105 %
	110 %[2]	95 %[2] 100 %[2] 105 %[2]

[1] Porcentagem descrita de acordo com a recomendação proposta por Figueiredo Jr. (2013), para cada fase de criação.

[2] Porcentagem descrita de acordo com a recomendação proposta por Rostagno et al. (2011), para cada fase de criação

No último dia de cada fase experimental foi realizado um abate de dez aves por tratamento, de acordo com as normas do CEUA (Comissão de Ética para Uso de Animais). O sacrifício foi feito por deslocamento cervical das aves para posterior coleta do sangue, eutanásia e retirada dos orgãos para avaliação das características intestinais e hepáticas. Em seguida foi feita a pesagem das aves sem vísceras (g/ave), do fígado (g/ave), do baço (g/ave) e da gordura celomática (g/ave).

O soro, obtido após a centrifugação do sangue, foi estocado a –20ºC para posterior análise das concentrações de alanina aminotransferase (U/L), aspartato aminotransferase (U/L), gamma-glutamiltransferase (U/L), creatinina (mg/dL), albumina (g/dL), proteína sérica (g/dL), glicose (g/dL) e concentração sérica de ácido úrico (g/dL), através de Kit específico da Biotécnica® para cada variável analisada. A leitura foi feita por espectrofotometria, de acordo com as instruções contidas no equipamento BS120 MINDRAY Chemistry Analyzer®.

Nas análises histológicas, os fragmentos do sistema digestório (intestino delgado e fígado) foram imersos em fixador metacarn (60% metanol, 30% clorofórmio e 10% de

ácido acético) por 12 horas, sendo transferidos para álcool 70%, seguindo processamento histológico padrão com inclusão em parafina. Foram realizados cortes seriados dos fragmentos com 5µm de espessura e as seguintes colorações histológicas foram realizadas: hematoxilina e eosina, periodic acid Schiff (PAS) e tricômio de Masson. As fotomicrografias foram capturadas com o auxílio de câmera digital Motic acoplada ao microscópio Olympus BX-51, e as imagens digitalizadas no software KS 400.3 (Zeiss).

As vilosidades intestinais foram visualizadas em microscópio e digitalizadas pelo menos 1 imagem por animal, sendo cada tratamento composto por 10 animais. Para cada imagem foi realizada pelo menos três medições morfométricas para altura e largura de vilosidade (porção média) com aumento de 50x, perfazendo um "n" de 30 por tratamento para cada uma dessas variáveis.

Para análise do grau de esteatose hepática, atribui-se um escore de avaliação para cada fígado analisado através de fotomicrografias hepáticas de cada animal (10 animais por tratamento), considerando a quantidade e o tamanho dos vacúolos citoplasmáticos lipídicos dos hepatócitos na coloração de hematoxilina-eosina, sendo: 0 (ausência de esteatose), 1 (pouca esteatose), 2 (esteatose moderada) e 3 (esteatose avançada), seguindo de forma modificada o Escore Semi Quantitativo de Ishak (Ishak et al., 1995). Para cada tratamento foi obtido uma média, a qual foi submetida à analise de distribuição multinomial, obtida a partir do PROC GLIMMIX do software SAS (SAS Institute, 2011). Todas as avaliações foram realizadas pelo mesmo histologista para evitar diferenças interpretativas.

Foram realizadas as análises das excretas dos animais quanto aos teores de proteína bruta para avaliação do balanço de nitrogênio nos animais.

As análises estatísticas das variáveis foram realizadas através do software SAS (SAS Institute, 2011), avaliando os contrates da regressão fatorial (níveis de metionina+cistina digestível dentro de cada um dos três níveis de energia metabolizável), aplicando-se o comando ORPOL para calcular os coeficientes dos contrastes dos pontos de M+C digestível que são não-equidistantes. Serão apresentadas somente as equações que tiveram $R^2 > 70$, e as médias da interação (das energias dentro de cada nível de M+C dig.) comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A seguir as dietas formuladas para o estudo experimental na fase de 1 a 6 semanas das aves (Tabela 2).

Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas experimentais.

	Figueiredo Jr. (2013)						Rostagno et al. (2011)					
EM (kcal/kg)	**2.755**	**2.900**	**3.045**	**2.755**	**2.900**	**3.045**	**2.755**	**2.900**	**3.045**	**2.755**	**2.900**	**3.045**
M+C Dig %	**0,732**	**0,732**	**0,732**	**0,576**	**0,576**	**0,576**	**0,640**	**0,640**	**0,640**	**0,704**	**0,704**	**0,704**
Ingredientes												
Milho	61,618	68,676	65,384	61,856	66,405	65,749	61,758	66,307	65,691	61,661	67,624	65,632
Farelo de Soja	29,329	25,552	26,263	29,31	28,943	26,049	29,318	28,951	26,059	29,326	26,676	26,069
Inerte	5,291	1,895	1,895	5,229	1,066	1,895	5,254	1,092	1,895	5,280	1,895	1,895
Fosfato Bicálcico	1,810	1,817	1,824	1,810	1,793	1,824	1,810	1,794	1,825	1,810	1,810	1,825
Calcário	1,061	1,076	1,069	1,062	1,071	1,070	1,062	1,071	1,070	1,062	1,073	1,070
Bicarbonato de Sódio	0,317	0,303	0,305	0,317	0,319	0,305	0,317	0,319	0,305	0,317	0,303	0,305
DL-Metionina	0,207	0,226	0,228	0,05	0,039	0,074	0,114	0,104	0,138	0,178	0,189	0,202
Sal	0,192	0,200	0,200	0,192	0,189	0,200	0,192	0,189	0,200	0,192	0,200	0,200
L-Lisina HCl	0,000	0,082	0,071	0,000	0,000	0,075	0,000	0,000	0,075	0,000	0,055	0,075
Óleo de Soja	0,000	0,000	2,587	0,000	0,000	2,584	0,000	0,000	2,569	0,000	0,000	2,554
Cloreto de Colina	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
Mineral crescimento	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Vitamina crescim.	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Bacitracina de zinco	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
B HT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Coccidiostático	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Total	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
Composição quimica calculada												
Proteína Bruta, %	18,960	17,985	18,000	18,88	18,117	17,949	18,913	18,15	17,886	18,946	18,349	17,924
Energia Metabolizável Aves, kcal/kg	2755	2900	3045	2755	2900	3045	2755	2900	3045	2755	2900	3045
Cálcio, %	0,940	0,940	0,940	0,940	0,940	0,940	0,940	0,940	0,940	0,940	0,940	0,940
Fósforo Disponível, %	0,437	0,437	0,437	0,437	0,437	0,437	0,437	0,437	0,437	0,437	0,437	0,437

Arg Dig. Aves, %	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937	1,159	1,096	1,069
Ile Dig. Aves, %	0,604	0,604	0,604	0,604	0,604	0,604	0,604	0,604	0,604	0,724	0,689	0,672
Lys Dig. Aves, %	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876
Met Dig. Aves, %	0,499	0,499	0,484	0,318	0,313	0,329	0,382	0,377	0,393	0,447	0,451	0,457
M+C Dig. Aves, %	0,732	0,732	0,732	0,576	0,576	0,576	0,640	0,640	0,640	0,704	0,704	0,704
Thr Dig. Aves, %	0,587	0,587	0,587	0,587	0,587	0,587	0,587	0,587	0,587	0,587	0,587	0,587
Trp Dig. Aves, %	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158
Val Dig. Aves, %	0,666	0,666	0,666	0,666	0,666	0,666	0,666	0,666	0,666	0,666	0,666	0,666
Sódio, %	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Cloro, %	0,160	0,166	0,165	0,160	0,160	0,165	0,160	0,160	0,165	0,160	0,166	0,165
Potássio, %	0,791	0,731	0,737	0,792	0,777	0,734	0,792	0,797	0,734	0,791	0,752	0,734

[1]Ração formulada com base em aminoácidos digestíveis.[2] Premix 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 .[3] Premix vitamínico por kg de ração: Vit. A - 15.000.000 Ul, Vit. D_3 - 1.500.000 Ul, Vit. E - 15.000 Ul, Vit.B_1 - 2,0 g, Vit.B_2-4,0 g, Vit B6 - 3,0 g, Vit.B_{12} - 0,015 g, Ácido nicotínico - 25 g, Ácido pantotênico- 10 g, Vit.K_3 - 3,0 g, Ácido fólico- 1,0 g, Bacitracina de zinco - 10 g, Selênio - 250 mg.[4]Antioxidante BHT - 10 g, e veículo. q.s.p. - 1.000 g.

As dietas formuladas para o experimento de 7 a 12 semanas encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Ingredientes e composição química das dietas experimentais.

	Figueiredo Jr. (2013)						**Rostagno et al. (2011)**					
EM (kcal/kg)	**2.755**	**2.900**	**3.045**	**2.755**	**2.900**	**3.045**	**2.755**	**2.900**	**3.045**	**2.755**	**2.900**	**3.045**
M+C Dig %	**0,522**	**0,522**	**0,522**	**0,447**	**0,447**	**0,447**	**0,497**	**0,497**	**0,497**	**0,547**	**0,547**	**0,547**
Ingredientes												
Milho	68,529	68,529	68,529	68,529	68,529	68,529	68,529	68,529	68,529	68,529	68,529	68,529
Soja farelo	14,252	14,252	14,252	14,252	14,252	14,252	14,252	14,252	14,252	14,252	14,252	14,252
Inerte	8,542	4,603	8,746	8,499	4,642	8,785	8,528	4,616	8,759	8,555	4,589	8,732
Trigo farelo	3,573	4,439	3,573	3,573	4,397	3,573	3,573	4,425	3,573	3,573	4,453	3,573
Fosfato bicálcico	1,673	3,573	1,673	1,673	3,573	1,673	1,673	3,573	1,673	1,673	3,573	1,673
Calcário	0,944	1,673	0,944	0,944	1,673	0,944	0,944	1,673	0,944	0,944	1,673	0,944
Carbonato de potássio	0,785	0,944	0,785	0,785	0,944	0,785	0,785	0,944	0,785	0,785	0,944	0,785
Amido	0,460	0,785	0,360	0,500	0,785	0,360	0,473	0,785	0,36	0,447	0,785	0,360
Sal comum	0,360	0,360	0,336	0,360	0,360	0,294	0,360	0,360	0,322	0,360	0,360	0,350
L - acido glutâmico	0,222	0,200	0,200	0,300	0,260	0,220	0,248	0,208	0,200	0,200	0,200	0,200
Óleo de soja	0,200	0,182	0,148	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,168	0,196	0,174	0,174
DL-metionina	0,148	0,148	0,142	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137	0,174	0,156	0,137
L - lisina HCl	0,137	0,137	0,137	0,073	0,073	0,073	0,123	0,123	0,123	0,137	0,137	0,116
Cloreto de Colina	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
Mineral crescimento	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Vitamina crescimento	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Bacitracina de zinco	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
B h t	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Coccidiostático	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Composição quimica calculada												

Proteína Bruta, %	12,91	12,91	12,91	12,91	12,91	12,91	12,91	12,91	12,91	12,91	12,91	12,91
Energia Metabolizável Aves, Kcal/ kg	2755	2900	3045	2755	2900	3045	2755	2900	3045	2755	2900	3045
Cálcio, %	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Fósforo Disponível, %	0,392	0,392	0,392	0,392	0,392	0,392	0,392	0,392	0,392	0,392	0,392	0,392
Arg Dig. Aves, %	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718
Ile Dig. Aves, %	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451
Lys Dig. Aves, %	0,621	0,621	0,621	0,621	0,621	0,621	0,621	0,621	0,621	0,621	0,621	0,621
M+C Dig. Aves, %	0,522	0,522	0,522	0,447	0,447	0,447	0,497	0,497	0,497	0,547	0,547	0,547
Thr Dig. Aves, %	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422
Trp Dig. Aves, %	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124
Val Dig. Aves, %	0,526	0,526	0,526	0,526	0,526	0,526	0,526	0,526	0,526	0,526	0,526	0,526
Sódio, %	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
Cloro, %	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302
Potássio, %	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936
Ac. Linoleico, %	1,574	1,574	1,574	1,574	1,574	1,574	1,574	1,574	1,574	1,574	1,574	1,574
FB, %	2,501	2,501	2,501	2,501	2,501	2,501	2,501	2,501	2,501	2,501	2,501	2,501

[1]Ração formulada com base em aminoácidos digestíveis.[2] Premix 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 .[3] Premix vitamínico por kg de ração: Vit. A - 15.000.000 Ul, Vit. D_3 - 1.500.000 Ul, Vit. E - 15.000 Ul, Vit.B_1 - 2,0 g, Vit.B_2-4,0 g, Vit B6 - 3,0 g, Vit.B_{12} - 0,015 g, Ácido nicotínico - 25 g, Ácido pantotênico- 10 g, Vit.K_3 - 3,0 g, Ácido fólico- 1,0 g, Bacitracina de zinco - 10 g, Selênio - 250 mg.[4]Antioxidante BHT - 10 g, e veículo. q.s.p. - 1.000 g.

Resultados e Discussão

Fase Inicial – 1 a 6 semanas de idade

Tabela 4. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de ração médio diário (kg/ave), peso final (kg/ave),conversão alimentar (kg/kg), peso vivo (kg/ave), peso sem vísceras (kg/ave), peso do fígado (kg/ave) e peso do baço (kg/ave) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

EM, kcal/kg	PVF	CRD	CA	PV	PSV	FIG	BAÇO
2.755	0,588 b	0,0295 b	2,25 c	0,342 a	0,272 a	0,0099 a	0,0009 a
2.900	0,588 b	0,0270 a	2,06 b	0,251 b	0,197 b	0,0074 b	0,0006 b
3.045	0,595 a	0,0264 a	1,99 a	0,237 b	0,186 b	0,0071 b	0,0005 b
M+C dig., %							
0,732	0,591 b	0,0293 c	2,23 ab	0,258	0,205	0,0069 b	0,0006
0,576	0,617 a	0,0266 a	1,93 a	0,281	0,223	0,0081 ab	0,0007
0,64	0,591 b	0,0266 a	2,02 bc	0,279	0,22	0,0089 a	0,0007
0,704	0,603 ab	0,0281 b	2,09 c	0,289	0,226	0,0088 a	0,0007
EFEITO (P)							
EM	0,002	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
M+C	0,02	<.0001	0,0001	0.173	0.303	<.0001	0.344
EM*M+C	0,0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0001
C.V., %	4,7	3,85	7,04	19,53	20,46	20,65	31,87

Houve diferenças significativas de acordo com o teste utilizado (P<.0001) para avaliação dos grupos quanto ao consumo de ração.

Também se observa ajuste à regressão quadrática dos níveis de metionina+cistina digestível, no nível de 2755 kcal/kg de EM, sendo o melhor nível de suplementação de metionina+cistina digestível (M+C dig.) o de 0,622%, de acordo com esta variável (Tabela 5).

Tabela 5. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre consumo médio diário de ração (kg/ave) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,732	0,0337 a	0,0272 b	0,0270 b
0,576	0,0265 a	0,0266 a	0,0267 a
0,640	0,0265 a	0,0277 a	0,0255 b
0,704	0,0314 a	0,0265 b	0,0262 b
Efeito da regressão fatorial	LQ (<.0001)**	L (0,30) Q (0,15)	L (0,51) Q (0,45)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Equação CR (EM95): $y=0,0203x^2-3,8397x+207,19$; $R^2=99,4$; Xmáx: 94,6% ou 0,605% de M+C dig (y=0,0256 g/ave)

Percebe-se que os maiores valores de consumo de ração obtidos estavam nos tratamentos que continham o menor valor de EM testados, provavelmente porque com a densidade energética baixa, o animal não conseguia satisfazer a fome (centro de saciedade).

Quando avaliado o efeito de M+C dig. dentro desse grupo, obteve-se uma resposta quadrática para esta variável, o que era esperado já que os maiores níveis testados de M+C dig. encontravam-se no primeiro e último grupo.

Na Tabela 6 têm-se os resultados da interação significativa pela análise no teste de Tukey (P<0,0001) para peso final das aves leves, e a resposta quadrática (P<0,05) quando aplicada à regressão, tendo o nível máximo de 0,689% de M+C dig. como o melhor nível a ser suplementado, na fase de 1 a 6 semanas de idade.

Tabela 6. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre peso final (kg/ave) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,732	0,640 a	0,569 b	0,564 b
0,576	0,608 a	0,621 a	0,623 a
0,640	0,619 a	0,583 ab	0,570 ab
0,704	0,603 ab	0,579 b	0,626 a
Efeito da regressão fatorial	L (0,89) Q (0,02)	L (0,04) Q (0,03)**	L (0,21) Q (<.0001)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
**Equação PF (EM100): $y=1E-04x^2-0,0218x+1,7951$; $R^2=96,10$; Xmáx: 109% ou 0,698% de M+C dig (y=0,607g/ave)

Em peso vivo final encontra-se os maiores resultados no grupo que recebeu o menor nível de energia (2.755 kcal/kg) associado à suplementação de 0,732% de M+C dig., mostrando que nas condições ambientais em que as aves foram submetidas, a energia metabolizável dietética de 2.755 kcal/kg associada a esse nível de M+C digestível proposto por Figueiredo Jr. (2013) (0,732%), foram suficientes para aumentar o peso destes animais.

Na Tabela 7 se observa que a melhor conversão alimentar foi encontrada no grupo que recebeu o maior nível de EM (3.045 kcal/kg) combinado ao nível de 0,640% de M+C digestível, recomendação das Tabelas Brasileiras proposta por Rostagno et al. (2011). Quanto ao efeito da regressão dentro de cada EM testado se obteve uma resposta linear no nível de 2900 kcal/kg de EM, nível este recomendado por Rostagno et al. (2011).

Tabela 7. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre conversão alimentar (kg/kg) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,732	2,35 b	2,15 a	2,16 a
0,576	1,95	1,92	1,92
0,640	1,92 a	2,13 b	2,01 b
0,704	2,33 c	2,06 b	1,87 a
Efeito da regressão fatorial	L (<.0001)** Q (0,39)	L (0,003) Q (0,22)	L (0,43) Q (0,28)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade.
**Equação CA (EM95): $y=0,0115x^2-2,1546x+119,93$; $R^2=90,3$; xmáx: 0,600% M+Cdig. Ou 93,68% (y: 1,90)

Tal resultado pode ser justificado pelo menor consumo de ração que ocorreu neste tratamento, consequência provável de uma relação não equilibrada entre energia e nutrientes. Mesmo assim, tal redução no consumo não foi suficiente para reduzir o ganho de peso, de forma que comprometesse a conversão alimentar.

Nos tratamentos que combinaram 2.900 kcal/kg de EM associado a 0,732% de M+C dig.), 3.045 kcal/kg de EM associado a 0,732% de M+C dig., e 3.045 kcal/kg de EM associado a 0,704% de M+C dig., também apresentaram boas conversões alimentares, apesar dessa resposta não ter sido diretamente pelo baixo consumo de ração, e sim pelo aumento considerável no ganho de peso.

Concordando com os resultados encontrados por Pinto et al. (2003), a metionina e a cistina são considerados aminoácidos fisiologicamente essenciais para mantença, crescimento dos animais e desenvolvimento de penas, podendo comprometer o ganho de peso das aves, na fase de crescimento, se não tiverem no nível nutricional adequado, e que a exigência de metionina + cistina para melhor resposta do ganho de peso, situa-se acima daquela ideal para conversão alimentar.

Tal afirmação valida o resultado deste experimento para desempenho, onde o nível mais alto que foi avaliado (0,732% de M+C digestível) trouxe o maior peso vivo final, inclusive quando comparado aos tratamentos que tiveram melhor conversão alimentar, mas o melhor ajuste para regressão, considerando as variáveis de desempenho se deu no nível de 0,698% de M+C dig. associado ao nível de 2900 kcal/kg.

Dessa maneira se percebe que quando a dieta está balanceada, o animal consegue ter um maior aproveitamento dos nutrientes e melhores respostas de desempenho.

Leeson & Summers (1997) preconizaram em seus estudos a importância de se maximizar o ganho de peso até a maturidade, pois as aves que atingem a maturidade com menor peso corporal, obtêm maior idade ao primeiro ovo e peso de ovo inferior às aves que chegaram à maturidade sexual estando mais pesadas.

Assim, percebe-se que é mais prioritário atender as necessidades nutricionais para maximizar ganho de peso dos animais do que somente avaliar a conversão alimentar nesta fase. Dessa forma, a ave pode chegar às semanas posteriores com desenvolvimento e empenamento adequado.

O nível mais elevado de M+C digestível mostrado como o mais adequado para maximizar características de desempenho pode ser justificado pelo menor consumo de ração das aves leves, fazendo com que as rações sejam ajustadas para que elas consumam o nível ideal dos nutrientes, mesmo consumindo menos ração.

Atualmente, para determinar a recomendação ideal de aminoácidos e energia para as aves é necessário não só a avaliação das variáveis de desempenho, como também de peso (Barbosa et al., 2010), mas também e as características morfológicas dos órgãos, além da atividade enzimática presente no soro sanguíneo, que evidencia a absorção e eficiência no metabolismo dos aminoácidos.

Assim, é possível validar o nível que for estimado, através de uma maior quantidade de informações obtidas na resposta do lote.

Houve efeito significativo da interação dos níveis testados sobre o peso vivo dos animais (P<.0001). Também houve comportamento quadrático no modelo de regressão nos três níveis de EM testados, estando os níveis de x estimados em 0,687%, 0,702% e 0,575%, dentro dos níveis de 2755, 2900 e 3045 kcal/kg de EM, respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso vivo absoluto (kg/ave) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,732	0,417 a	0,190 b	0,168 b
0,576	0,323 a	0,255 b	0,264 a
0,640	0,292 a	0,301 a	0,244 a
0,704	0,337 a	0,258 b	0,271 b
Efeito da regressão fatorial	L (0,01) Q (0,0005)**	L (0,06) Q (0,01)**	L (0,73) Q (<.0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Equação PV(EM95): $y=0,0005x^2-0,1074x+5,5872$; $R^2=96$; Xmáx: 107,4% ou 0,687% de M+C dig (y=0,180 kg/ave)/ Equação PV(EM100): $y=-0,0005x^2+0,1097x-5,1665$; $R^2=97,92$; Xmín: 109,7% ou 0,702% de M+C dig (y=0,851 kg/ave).

Concordando com a afirmação de Acioli (2012) que o desenvolvimento dos órgãos do trato digestório e do sistema imunitário depende do crescimento normal das aves na fase inicial, sendo o fígado considerado o mais relevante, pois centraliza o metabolismo geral, alterando seu peso e as atividades metabólicas quando há alterações na suplementação dietética.

Para peso sem vísceras desses animais também houve efeito significativo da interação dos fatores testados (P<.0001), como também houve comportamento quadrático à regressão nos três níveis de EM testados, os níveis de x estimados em 0,579%, 0,680% e 0,613%, dentro dos níveis de 2755, 2900 e 3045 kcal/kg de EM, respectivamente (Tabela 9).

Tabela 9. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso sem vísceras absoluto (kg/ave) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,732	0,335 a	0,148 b	0,133 b
0,576	0,258 a	0,202 b	0,209 b
0,640	0,231 a	0,237 a	0,192 a
0,704	0,267 a	0,201 b	0,210 b
Efeito da regressão fatorial	L (0,01) Q (0,0004)**	L (0,05) Q (0,01)**	L (0,61) Q (<.0001)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
**Equação PSV (EM95): $y=0,0005x^2-0,0905x+4,6991$; $R^2=95,5$; Xmáx: 90,5% ou 0,579% de M+C dig (y=0,604 kg/ave)/Equação PSV(EM100): $y=-0,0004x^2+0,085x-3,9914$; $R^2=98,2$; Xmín: 106,3% ou 0,680% de M+C dig (y=0,524 kg/ave).

Os maiores pesos vivos finais foram encontrados no grupo que recebeu 2755 kcal/kg associado ao maior nível de M+C digestível avaliado (0,732%). Tal resultado era esperado, assim como os maiores pesos sem vísceras, de fígado e de baço, pois o desenvolvimento dos órgãos acompanha o desenvolvimento geral do animal.

O único grupo que não apresentou interação dos fatores M+C dig. e EM foi no nível de 0,576% de M+C dig. Mas o comportamento quadrático na regressão foi observado dentro dos níveis de 2755 kcal/kg (P<0,05) e 2900 kcal/kg de EM (P>0,001), ou seja, 95 e 100% da recomendação de Rostagno et al. (2011) (Tabela 10).

Tabela 10. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso do fígado absoluto (kg/ave) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,732	0,0111 a	0,0051 b	0,0046 b
0,576	0,0089	0,0076	0,0077
0,640	0,0095 a	0,0094 a	0,0075 b
0,704	0,0103 a	0,0077 b	0,0085 ab
Efeito da regressão fatorial	LQ (0,03)**	L (0,02) Q (0,001)**	L (0,93) Q (<.0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
**Equação FIG(EM95): $y=2E-06x^2-0,0004x+0,0248$; $R^2=98,2$; Xmáx: 100% ou 0,640% de M+C dig (y=0,045 kg/ave)/ Equação FIG(EM100): $y=2E-05x^2+0,0042x-0,198$; $R^2=98$; Xmín: 105% ou 0,672% de M+C dig (y=0,022 kg/ave)

O intervalo para essa resposta à regressão situou-se entre 0,640 e 0,672% de M+C dig.

Na Tabela 11 o grupo que não apresentou interação dos fatores M+C dig. e EM testados foi no nível de 0,640% de M+C dig. Mas houve comportamento quadrático na regressão dentro do nível de 2755, ou seja 5% abaixo da recomendação de Rostagno et al. (2011), sendo o nível máximo de resposta 0,672% de M+C dig.

Tabela 11. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso do baço absoluto (kg/ave) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,732	0,0011 a	0,004 b	0,003 b
0,576	0,008 a	0,006 b	0,006 a
0,640	0,007	0,007	0,005
0,704	0,009 a	0,006 b	0,007 b
Efeito da regressão fatorial	L (0,02) Q (0,03)**	L (0,22) Q (0,15)	L (0,68) Q (0,0008)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
**Equação BAÇO (EM95): $y=1E-06x^2-0,0003x+0,0146$; $R^2=99,8$; Xmáx: 105% ou 0,672% de M+C dig (y=0,008 kg/ave)

Logo, os ajustes decorrentes no metabolismo das alterações de densidade energética para que a ave consuma o nível adequado aumentam a eficiência de utilização dos nutrientes.

O mais provável de ocorrer, no caso da ave ingerir excesso de energia, é o acúmulo de gordura abdominal, pois os aminoácidos não conseguem ser armazenados diretamente, mas a energia excedente no organismo fica acumulada, principalmente no abdômen da ave e ao redor do aparelho reprodutor.

Como nesta fase da vida das aves o acúmulo de gordura é reduzido, pois a formação dos tecidos e o metabolismo proteico estão bastante acelerados, não há consideração de peso de gordura abdominal ou de excessos de energia sendo acumulado sobre os orgãos, principalmente nos hepatócitos, o que poderia gerar esteatose hepática.

Os impactos negativos desse excesso no fornecimento de energia dietética far-se-á nas fases posteriores, que poderá comprometer a eficiência produtiva, além da desuniformização do lote no início da postura.

Os resultados para histomorfometria de intestino delgado, quanto altura e largura de vilos, profundidade de cripta, e relação vilo:cripta encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre altura das vilosidades intestinais(µm), largura das vilosidades intestinais (µm), profundidade de cripta (µm) e relação vilo:cripta das aves de 1 a 6 semanas de idade.

EM, kcal/kg	Altura vilosidade	Largura vilosidade	Profundidade de cripta	Relação vilo:cripta
2.755	9546,2	1299,65 a	1907,1	6,298
2.900	9234,3	1152,59 b	1521,1	6,507
3.045	10106,7	1216,19 ab	1491,2	8,258
M+C dig., %				
0,732	8184,7 b	1157,76 b	1622,7	5,462 b
0,576	9733,7 ab	1271,97 ab	1901,5	6,778 b
0,64	11644,3 a	1323,91 a	1468,2	10,274 a
0,704	9784,2 ab	1194,08 b	1525,1	6,764 b
EFEITO (P)				
EM	0,864	0,007	0,059	0,231
M+C	0,074	0,007	0,161	0,008
EM*M+C	0,333	0,105	0,081	0,353
C.V., %	67,99	19,91	78,25	98,76

Se observa que não houve interação dos níveis testados e nem efeito da regressão nos níveis de M+C digestível, dentro de cada EM avaliada.

Quando o intestino delgado responde a algum agente externo, ocorre um desequilíbrio no *turnover* celular, podendo causar modificações na altura dos vilos (Maiorka et al., 2002). Essa morfologia intestinal pode ser influenciada pelas características da dieta, estresse calórico ou ainda, agentes patogênicos (Alvarenga et al., 2004).

Vilosidades mais largas e com mais ramificações proporcionam uma maior área de contato da superfície de absorção intestinal com o alimento, aumentando dessa forma a captação de nutrientes. O resultado desta pesquisa para estas variáveis estão de acordo com os encontrados por Gomide-Júnior et al. (2004), nos quais demonstraram que a mucosa intestinal responde a agentes exógenos por meio de modificações morfológicas.

Dietas que apresentavam maior aporte de aminoácidos sulfurosos tiveram criptas mais rasas, o que demonstra maior atividade celular nesse órgão. Tal resposta é o ideal, pois correlaciona com os melhores resultados de desempenho, ou seja, o animal não só atende a necessidade nutricional, como apresenta também mlhor eficiência de absorção destes nutrientes. Já a maior relação vilo:cripta se deu no grupo que recebeu dietas contendo 3045 kcal/kg associada a recomendação de M+C digestível de Rostagno et al.

(2011), de 0,640% de M+C dig. Essa maior relação é o ideal, pois favorece o processo de absorção de nutrientes, promovendo uma menor perda energética com renovação celular.

A presença do alimento favorece a taxa de turnover celular no intestino, podendo aumentar a taxa absortiva dos nutrientes. Dessa maneira, a manutenção da mucosa intestinal requer alta demanda energética, que pode advir da produção de tecidos musculares para os processos de manutenção da altura de vilo (Andrade, 2012). Por isso essa relação vilo:cripta tem que ser bem ajustada metabolicamente.

Quanto à análise do soro sanguíneo, apesar de sofrer muitas variações intrínsecas do indivíduo, pode auxiliar no entendimento das possíveis desordens metabólicas decorrentes de alterações severas nos níveis de aminoácidos das dietas (Tabela 13).

Tabela 13. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da alanina aminotransferase (U/L), aspartato aminotransferase (U/L), gamma-glutamiltransferase (U/L), creatinina (mg/dL), albumina (g/dL), proteínas totais sérica (g/dL), glicose (g/dL) e o ácido úrico sérico (mg/dL) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

EM, kcal/kg	**ALT**	**AST**	**GGT**	**ALB**	**PTN**	**CREA**	**GLI**
2.755	22,75 b	214,1	27,33	1,64 b	3,50 ab	0,28	259,98 b
2.900	25,08 a	233,88	28,8	1,74 a	3,62 a	0,28	268,58 ab
3.045	23,50 ab	226,13	27,63	1,64 b	3,45 b	0,27	273,63 a
M+C dig., %							
0,732	20,73 c	229,53 a	30,40 a	1,71	3,72 a	0,28 a	267,43 ab
0,576	24,83 ab	250,20 a	29,53 a	1,62	3,55 a	0,28 a	278,20 a
0,64	23,17 bc	231,77 a	27,10 b	1,63	3,54 a	0,28 a	257,13 b
0,704	26,37 a	187,30 b	24,63 c	1,72	3,27 b	0,25 b	266,80 ab
EFEITO (P)							
EM	0,03	0,111	0,045	0,015	0,041	0,244	0,017
M+C	<.0001	<.0001	<.0001	0,024	<.0001	0,006	0,003
EM*M+C	0,061	0,004	<.0001	0,001	0,0002	0,754	<.0001
C.V., %	16,55	18,71	9,89	10,17	8,34	15,5	7,96

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.

Os resultados para alanina aminotransferase contidas neste estudo são encontrados na Tabela 14.

Tabela 14. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da alanina aminotransferase (U/L) presente no soro das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,732	21,9	20,3	20
0,576	23,7 ab	27,7 a	23,1 b
0,640	21,6	25,0	22,9
0,704	23,8 b	27,3 ab	28 a
Efeito da regressão fatorial	L (0,60) Q (0,18)	L (0,64) Q (<.0001)	L (0,02) Q (0,0004)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados quanto às transaminases foram variados, mas os maiores níveis encontrados de alanina aminotransferase e apartato aminotransferase (Tabela 15) foram nos tratamentos que continham menores níveis de M+C digestível (0,576% de M+C).

Tabela 15. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da aspartato aminotransferase (U/L), presente no soro das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,732	209,1	228,5	251
0,576	229,6	246,9	274,1
0,640	243,7 a	256,2 ab	195,4 b
0,704	174,0	203,9	184,0
Efeito da regressão fatorial	L (0,0002) Q (0,43)	L (0,004) Q (0,66)	L (0,01) Q (0,38)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O resultado mostra uma maior atividade enzimática, provavelmente em decorrência da maior quantidade de transportadores de aminoácidos nos tratamentos que continham menor nível de suplementação de aminoácidos sulfurosos, o que aumenta a eficiência de absorção até um determinado nível.

Esse processo pode ter sido desencadeado pela deficiência dietética dos aminoácidos sulfurosos no organismo das aves que, nesta fase, estão em intensa síntese proteica e desenvolvimento corporal.

Quanto a gama glutamiltransferase (GGT) o nível mais elevado foi encontrado no tratamento que combinou o nível mais alto dos fatores testados, 0,732% de M+C digestível associado a 3.045kcal/kg de EM (Tabela 16).

Tabela 16. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da gamma-glutamiltransferase (U/L), presente no soro das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,732	27 b	30,8 a	33,4 a
0,576	29,1	30,9	28,6
0,640	27,7	28,2	25,4
0,704	25,5	25,3	23,1
Efeito da regressão fatorial	L (0,007) Q (0,81)	L (0,002) Q (0,02)	L (0,08) Q (<.0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve interação dos fatores analisados para GGT no nível de 0,732% de M+C dig. ($P<0,05$), além de resposta linear à regressão para os níveis de M+C dig. dentro do nível mais baixo de EM (2755 kcal/kg) testado, e ajuste quadrático ao modelo de regressão dentro dos níveis 2900 e 3045 kcal/kg de EM testados, sendo o intervalo de resposta máxima entre 0,648 e 0,663% de M+C dig.

O que se pode referenciar a respeito dessa enzima é que ela tem baixa atividade no fígado das aves (Fudge, 2000) e é neste órgão que ocorrem o intenso metabolismo, proteico e energético, que supre todo o organismo, ficando pouco evidente a relação entre os diferentes níveis de energia e aminoácidos sulfurosos testados, com as alterações apresentadas nesta variável.

Rennó et al. (2000) afirmaram que a concentração de creatinina pode-se inferir sobre a excreção dos derivados de purina e de outros compostos nitrogenados.

Como a creatinina foi à única variável sorológica que não deu diferença na interação e ela está ligada a esse metabolismo de excreção de compostos nitrogenados, mostra-se que não houve diferença entre os tratamentos testados. Além disso, não houve resposta significativa também à regressão.

Alguns autores a creatinina sérica, derivada do catabolismo da creatina muscular, não tem valor diagnóstico em aves, por ser excretada pelos rins antes da sua transformação em creatinina (Cubas, Silva & Catão-Dias, 2007).

O que ocorre é que os níveis dos aminoácidos ofertados na dieta podem alterar a distribuição de nutrientes pela corrente sanguínea e, consequentemente, os níveis de proteína, glicose, creatinina e albumina no plasma.

Jardim Filho et al. (2010) afirmaram que a determinação de proteínas totais, albumina, enzimas transaminases e creatinina plasmáticas podem expressar interferências metabólicas relacionadas a compostos nitrogenados.

Para regressão fatorial na atividade de proteínas totais séricas têm-se o efeito quadrático (0,0001) no nível de 3045 kcal/kg de EM, com o ajuste da seguinte equação: $y=0,0029x^2-0,5767x+31,71$; $R^2=88,1$; Xmáx: 99,4% ou 0,636% de M+C dig ($y=3,04$g/dL).

A albumina é uma proteína solúvel que compreende metade das proteínas presentes no soro sanguíneo e de acordo com Yalçin et al. (2011), os níveis de albumina

e proteína só aumentam quando há uma maior suplementação de metionina + cistina nas dietas das aves.

Percebe-se que houve interação dos níveis de energia metabolizável testados nos grupos que continham 0,704% de M+C digestível (P<0,05). E para regressão o comportamento foi linear no nível de 3045 kcal/kg de EM (Tabela 17).

Tabela 17. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da albumina (g/dL), presente no soro das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,732	1,65	1,73	1,76
0,576	1,67	1,66	1,52
0,640	1,68	1,69	1,51
0,704	1,54 b	1,86 a	1,77 a
Efeito da regressão fatorial	L (0,06) Q (0,43)	L (0,008) Q (0,58)	L (<.0001)** Q (0,18)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
**Equação ALB(EM105): y=0,012x+0,3932; R^2=80,4

Observa-se que não houve efeito significativo da interação dos fatores testados sobre os resultados desta variável, mas quando foi comparado os níveis de M+C dig. dentro de cada EM testada houve uma resposta quadrática somente no nível de 3045 kcal/kg de EM, com resposta máxima no nível de 0,636% de M+C dig.

Na Tabela 18 percebe-se que para glicose houve efeito significativo da EM testada nos grupos que continham 0,640% e 0,704% de M+C dig., onde se observa maior nível de glicose circulante no soro sanguíneo no nível de 2755 kcal/kg de EM associado ao 0,640% de M+C dig., e nos níveis de 2900 kcal/kg e 3045 kcal/kg de EM associados a 0,704% de M+C dig. (10% acima da recomendação de Rostagno et al. (2011)(P<0,05).

Tabela 18. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da glicose (g/dL), presente no soro das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,732	261,4	261,5	279,4
0,576	275,0	280,1	279,5
0,640	270,8 a	257,4 ab	243,2 b
0,704	232,7 b	275,3 a	292,4 a
Efeito da regressão fatorial	L (<.0001) Q (0,05)	L (0,03) Q (0,04)	L (0,07) Q (0,0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em aves, os eritrócitos quase não utilizam o metabolismo da glicose para a obtenção de energia, mas as demais células utilizam seus níveis circulantes,

principalmente para a conversão do glicogênio hepático e para a gliconeogênese (Bahiense, 2008).

As proteínas plasmáticas, exceto as hormonais e imunoglobulinas, são produzidas pelo fígado, tendo um valor diagnóstico para as doenças gastrintestinais, renais e hepáticas. Entretanto, também podem ser alteradas em doenças infecciosas que gerem estimulação gênica (Bahiense, 2008).

Não houve efeito da interação somente no nível que associou 0,576% de M+C dig. às energias avaliadas, estando os níveis mais elevados de ácido úrico sérico nos tratamentos que continham 0,704% de M+C associado aos níveis de 2755 kcal/kg e 3045 kcal/kg de EM testados, e 0,732% de M+C dig. associado ao 2755 kcal/kg de EM. Houve resposta quadrática à regressão, dentro das três energias testadas, estando o intervalo para resposta adequada nesta variável entre 0,584 e 0,732% de M+C dig. (Tabela 19).

Tabela 19. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade do ácido úrico sérico (mg/dL) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,732	6,43 a	5,68 b	5,37 b
0,576	3,54	3,23	3,68
0,640	3,55 c	4,62 b	5,77 a
0,704	6,51 a	4,66 b	6,69 a
Efeito da regressão fatorial	LQ (<.0001)**	LQ (<.0001)**	L (<.0001) Q (0,13)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
**Equação AU(EM95): $y=0,0063x^2-1,1503x+55,571$; $R^2=89,4$; Xmáx: 91,3% ou 0,584% de M+C dig (y=3,06mg/dL)/ Equação AU(EM100): $y=-0,0012x+0,3296x-16,715$; $R^2=87$; Xmín: 114,3% ou 0,732% de M+C dig (y=3,93mg/dL)/ Equação AU(EM105): $y=-0,0113x^2+2,3953x-120,26$; $R^2=91,9$; Xmín: 106% ou 0,678% de M+C dig (y=2,47mg/dL)

O ácido úrico é o composto nitrogenado excretado em maior quantidade nas aves e sua síntese, a partir de purinas, ocorre no fígado e parcialmente nos rins (Harr, 2002). Ainda é duvidoso que uma hiperuricemia indique lesão renal tubular, mas é sugestiva que indique falência hepática, principalmente em animais jovens, que tendem a ter valores de ácido úrico menor que em aves mais velhas.

Na Tabela 20 se observa interação dos fatores em todos os grupos testados ($P<0,05$), estando o maior consumo de nitrogênio nos tratamentos que associavam o menor nível de EM (2755 kcal/kg) aos maiores de M+C digestível (0,732%, 0,640% e 0,704%). Para o grupo que continha 0,576% de M+C dig., o que se destacou com o

maior consumo de nitrogênio foi o que estava associado ao nível de 2900 kcal/kg de EM.

Tabela 20. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de nitrogênio (g/ave/dia), a excreção de nitrogênio (g/ave/dia a retenção de nitrogênio (g/ave/dia) e as relações nitrogênio excretado: consumido e retido:consumidodas aves de 1 a 6 semanas de idade.

EM, kcal/kg	Consumo de nitrogênio	Excreção de nitrogênio	Retenção de nitrogênio	Nexc:Ncon	Nret:Ncon	AU
2.755	0,263 a	0,471 a	-0,208 a	0,166 c	0,660 c	5,01 b
2.900	0,210 b	0,379 b	-0,169 b	1,730 b	0,730 b	4,55 c
3.045	0,160 c	0,291 c	-0,131 c	1,764 a	0,764 a	5,38 a
M+C dig., %						
0,732	0,187 c	0,249 c	-0,062 c	1,423 c	0,423 c	5,83 a
0,576	0,168 d	0,189 d	-0,022 d	1,123 d	0,123 d	3,48 c
0,64	0,223 b	0,391 b	-0,168 b	1,778 b	0,778 b	4,65 b
0,704	0,266 a	0,691 a	-0,425 a	2,548 a	1,548 a	5,95 a
EFEITO (P)						
EM	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
M+C	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
EM*M+C	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
C.V., %	0,39	0,22	0,67	0,37	0,89	10,13

Na avaliação da interação dos níveis de aminoácidos sulfurosos testados dentro de cada EM, têm-se efeito quadrático para os níveis de 2755 e 2900 kcal/kg de EM, e o intervalo para resposta da regressão sitou-se entre 0,620 e 0,689% de M+C dig. (Tabela 21).

Tabela 21. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,732	0,308 a	0,121 c	0,133 b
0,576	0,136 c	0,198 a	0,169 b
0,640	0,274 a	0,275 a	0,121 b
0,704	0,333 a	0,246 b	0,220 c
Efeito da regressão fatorial	LQ (<.0001)**	LQ (<.0001)**	LQ (<.0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Equação CON(EM95): $y=-0,0005x^2+0,109x-5,6417$; $R^2=99,4$; Xmín: 109% ou 0,698% de M+C dig (y=0,300 g/ave/dia)/ Equação CON(EM100): $y=-0,0009x^2+0,1743x-8,4831$; $R^2=89,1$; Xmín: 96,8% ou 0,620% de M+C dig (y=0,04 g/ave/dia)

Também houve interação dos fatores analisados para excreção de nitrogênio (P<0,05), e a maior excreção de nitrogênio apareceu no grupo que continha 2755 kcal/kg associada ao nível de 0,704% de M+C digestível, 10% acima da recomendação de Rostagno et al. (2011), dados apresentados na Tabela 22.

Tabela 22. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a excreção de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,732	0,348 a	0,181 c	0,218 b
0,576	0,146 c	0,236 a	0,187 b
0,640	0,404 b	0,544 a	0,227 c
0,704	0,986 a	0,554 b	0,533 c
Efeito da regressão fatorial	LQ (<.0001)	LQ (<.0001)**	LQ (<.0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
**Equação EXC(EM100): $y=-0,0027x^2+0,5456x-27,259$; $R^2=84,7$; Xmín: 101,4% ou 0,647% de M+C dig (y=0,300 g/ave/dia)

A menor excreção de nitrogênio se deu no grupo que consumiu dietas com os menores níveis dos fatores testados: 2755 kcal/kg associado ao nível de 0,576% de M+C digestível.

Para a regressão se apresentou um comportamento quadrático dentro dos níveis de 2755 e 2900 kcal/kg, estimando como melhor resposta para o valor de x, 0,695% e 0,647% M+C dig., respectivamente.

Na retenção de nitrogênio houve interação em todos os grupos ($P<0,05$) e o menor valor se deu no tratamento que combinou 2755 kcal/kg de EM associado ao nível de 0,704% de M+C dig., e o maior no tratamento que combinou o mesmo nível de EM associado ao nível de 0,576% de M+C digestível.

Houve ajuste quadrático à regressão no nível de 2900 kcal/kg de EM, ou seja, a recomendação para este fator sugerida por Rostagno et al. (2011), onde o nível indicado seria de 0,660% de M+C dig, um pouco acima do nível descrito pelos autores citados (Tabela 23).

Tabela 23. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a retenção de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,732	0,040 c	0,060 b	0,085 a
0,576	0,010 c	0,038 a	0,018 b
0,640	0,130 b	0,269 a	0,106 c
0,704	0,654 a	0,308 c	0,313 b
Efeito da regressão fatorial	LQ (<.0001)	LQ (<.0001)**	LQ (<.0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
** Equação RET(EM100): $y=-0,0018x^2+0,3713x-18,776$; $R^2=84,4$; Xmín: 103,1% ou 0,660% de M+C dig (y=0,037 g/ave/dia)

Nos dados das Tabelas 24 e 25 observa-se o mesmo padrão de resposta nas relações nitrogênio excretado: nitrogênio consumido e nitrogênio retido: nitrogênio consumido.

Tabela 24. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação nitrogênio excretado: nitrogênio consumido das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,732	1,13 c	1,50 b	1,64 a
0,576	1,07 c	1,19 a	1,11 b
0,640	1,48 c	1,98 a	1,88 b
0,704	2,97 a	2,25 c	2,43 b
Efeito da regressão fatorial	LQ (<.0001)	LQ (<.0001)**	LQ (<.0001)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
**Equação EXC:CON (EM100): $y=-0,0055x^2+1,1366x-56,836$; $R^2=84,2$; Xmín: 103,3% ou 0,661% de M+C dig (y=1,88)/ Equação EXC:CON (EM105): $y=-0,0049x^2+1,0348x-52,289$; $R^2=79,6$; Xmín: 105,6% ou 0,676% de M+C dig (y=2,34)

Observa-se resposta quadrática à regressão, dentro dos níveis de 2900 e 3045 kcal/kg de EM, onde a faixa de recomendação para M+C dig., de acordo com estas variáveis, estaria entre 0,661 e 0,676%, .

Tabela 25. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação nitrogênio retido: nitrogênio consumido das aves de 1 a 6 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,732	0,128 c	0,498 b	0,642 a
0,576	0,070 c	0,192 a	0,107 a
0,640	0,475 c	0,980 a	0,880 b
0,704	1,965 a	1,252 c	1,426 b
Efeito da regressão fatorial	LQ (<.0001)	LQ (<.0001)**	LQ (<.0001)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
**Equação RET:CON (EM100): $y=-0,0055x^2+1,1366x-57,836$; $R^2=84,2$; Xmín: 103,3% ou 0,661% de M+C dig (y=0,88)/ Equação RET:CON (EM105): $y=-0,0049x^2+1,0348x-53,289$; $R^2=79,6$; Xmín: 105,6% ou 0,676% de M+C dig (y=1,34)

Ainda são escassos os estudos comparativos sobre as técnicas para contabilizar o balanço de nitrogênio em frangas de reposição (Silva et al., 2014).

A avaliação do nível de esteatose hepática é relevante, pois indica o acúmulo de gotículas de gordura no fígado, que tanto podem aumentar o peso do órgão como refletir na produção de hormônios ligados à reprodução.

Foi avaliado o grau de esteatose hepática das aves submetidas a este experimento, mas os animais avaliados não apresentaram nenhum grau de esteatose na fase de 1 a 6 semanas.

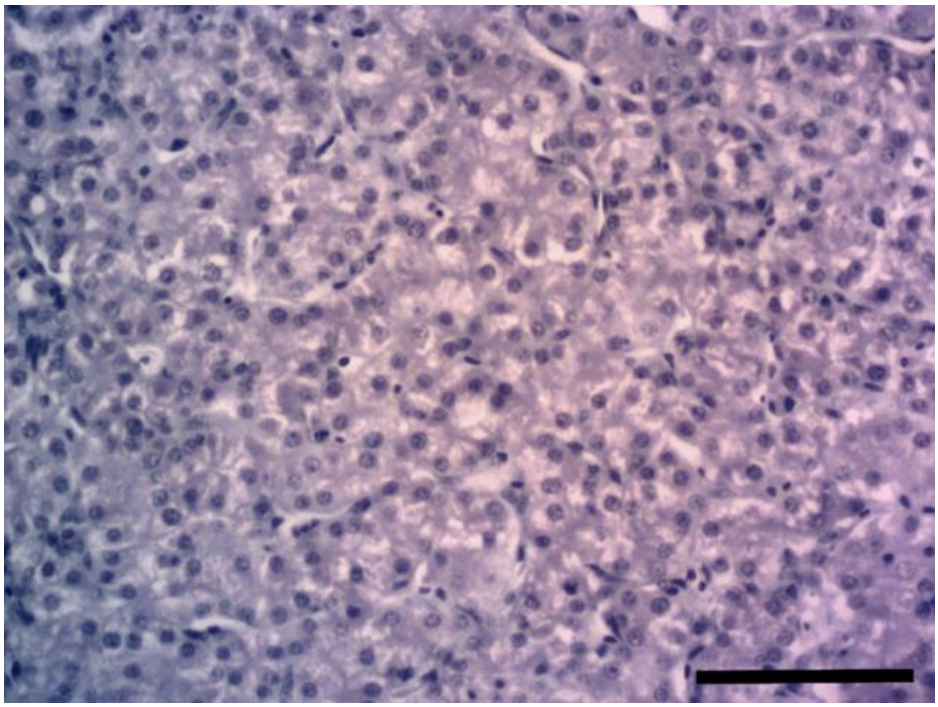

Figura 1. Fotomicrografia hepática do grau de esteatose (grau 0) nas aves com 6 semanas de idade (barra de 100 µm)

Fase Cria – 7 a 12 semanas de idade

Não houve efeito principal significativo e nem na interação dos fatores estudados neste experimento para as variáveis de desempenho, nem nos contrates da regressão fatorial, que comparou os níveis de M+C dig. testados, dentro de cada nível de EM avaliado (Tabela 26).

Tabela 26. Efeitos principais da interação dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso vivo inicial (kg/ave), consumo de ração médio diário (kg/ave), ganho de peso (kg/ave), peso vivo final (kg/ave) e conversão alimentar (kg/kg) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

EM, kcal/kg	PI	PF	CRD	CA
2.755	0,557	0,924	0,0271	3,1
2.900	0,557	0,926	0,0268	3,05
3.045	0,557	0,934	0,0279	3,11
M+C, %				
0,522	0,557	0,931	0,028	3,14
0,447	0,557	0,925	0,0273	3,12
0,497	0,557	0,926	0,0272	3,1
0,547	0,558	0,929	0,0266	3

EFEITO (P)				
EM	0,999	0,18	0,087	0,304
M+C	1,000	0,725	0,166	0,651
EM*M+C	1,000	0,697	0,451	0,764
C.V., %	2,52	1,43	4,56	7,61

Os dados relacionados ao peso dos órgãos dos animais submetidos às diferentes dietas deste experimento encontram-se na Tabela 27, apresentando resposta significativa para regressão fatorial apenas para bursa.

Tabela 27. Efeitos principal da interação dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso vivo (kg/ave), peso sem vísceras absoluto (kg/ave), fígado (kg/ave), baço (kg/ave) e bursa (kg/ave) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

EM, kcal/kg	PV	PSV	FIG	BURSA	BAÇO	GC
2.755	0,959	0,792	0,021 b	0,0019	0,0021	0,014
2.900	1,197	0,798	0,023 a	0,0018	0,0021	0,017
3.045	0,977	0,803	0,023 a	0,0017	0,0022	0,014
M+C, %						
0,522	1,269	0,793	0,022	0,0018 ab	0,0022	0,016
0,447	0,965	0,791	0,022	0,0020 a	0,0022	0,016
0,497	0,968	0,803	0,022	0,0016 b	0,0021	0,015
0,547	0,975	0,805	0,022	0,0019 a	0,0021	0,014
EFEITO (P)						
EM	0,37	0,539	0,003	0,118	0,131	0,212
M+C	0,411	0,515	0,964	0,0004	0,733	0,753
EM*M+C	0,425	0,402	0,579	<.0001	0,166	0,873
C.V., %	80,01	5,66	9,98	21,2	16,53	39,11

Para bursa, a interação que deu efeito significativo (P<.0001) foi no grupo que comparou o nível de 0,447% com os três níveis de EM testados, sendo o maior peso para esta variável encontrado no tratamento que combinou esse nível de M+C dig. a 2755 kcal/kg de EM.

Quanto ao ajuste quadrático ao modelo de regressão fatorial para peso de bursa, mostrou que o nível estimado para recomendação de M+C dig. dentro da EM de 2755 kcal/kg ou 5% abaixo da recomendação de Rostagno et al. (2011) seria de 0,497%, ou a recomendação de M+C dig. proposta pelo mesmo autor (Tabela 28).

Tabela 28. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso absoluto da bursa (kg/ave) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,522	0,0017	0,0020	0,0017
0,447	0,0026 a	0,0019 b	0,0016 b
0,497	0,0016	0,0015	0,0017
0,547	0,0017	0,0020	0,0019
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)**	Q (0,21)	Q (0,27)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade.

**Equação BURSA (EM95): $y=5E-06x^2-0,001x+0,0536$; $R^2=97,8$; Xmáx: 100% ou 0,497% de M+C dig (y=0,004 kg/ave)

O peso proporcional e a morfologia dos órgãos linfoides primários são adotados para avaliar a resposta em casos de estresse (Revidatti et al., 2002).

Tal resultado para bursa pode ter ocorrido porque em situações extremas de suplementação dietética, deficiência ou excesso de aminoácidos, o organismo começa a aumentar o estresse, devido a um desbalanço nutricional, podendo ocorrer primeiramente, a produção de linfócitos B e, consequentemente aumento na produção de anticorpos. Essa maior atividade do sistema imune é evidenciado neste órgão linfoide, em aves jovens.

Outro parâmetro empregado para investigar a resposta imune das aves é a razão entre o peso da bursa de Fabrícius e do baço, em função do peso corporal, sendo que a diminuição deste índice refere-se a um potencial aumento de imunossupressão (Calnek et al., 1998; Corrier et al., 1991; Morgulis, 1999).

No caso deste experimento, não se pode inferir sobre um padrão de resposta quanto essa relação, pois as respostas variaram entre os tratamentos, evidenciando que não houve efeito imunossupressor causado pelas diferentes dietas.

Na Tabela 29 os resultados de altura e largura de vilos, profundidade de cripta e a relação altura de vilo:profundidade de cripta das aves de 7 a 12 semanas submetidas às dietas.

Tabela 29. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a altura das vilosidades intestinais (µm), largura das vilosidades intestinais (µm), profundidade de cripta (µm) e relação vilo:cripta das aves de 7 a 12 semanas de idade.

EM, kcal/kg	Altura vilosidade	Largura vilosidade	Profundidade de cripta	Relação vilo:cripta
2.755	11942	1574,28	2315,68	5,63
2.900	12179	1642,49	2297,03	5,675
3.045	12034	1593,3	2357,94	5,488
M+C, %				
0,522	11786,8 b	1548,50 b	2166,8 b	5,892
0,447	11537,5 b	1700,97 a	2326,1 ab	5,422
0,497	11559,6 b	1625,23 ab	2330,7 ab	5,431
0,547	13271,9 a	1545,38 b	2455,1 a	5,66
EFEITO (P)				
EM	0,807	0,425	0,695	0,727
M+C	0,0004	0,015	0,055	0,603
EM*M+C	0,002	0,002	0,09	0,025
C.V., %	23,05	19,65	25,06	41,16

De acordo com Rezende & Boletti (2008), independente do segmento intestinal avaliado, as vilosidades tendem a ter sua altura e largura intensamente aumentada até a nona semana de idade, após esse período tende a se estabilizar.

Nesta pesquisa houve interação (P<0,05) dos fatores M+C dig. e EM nos níveis de 0,522% e 0,447% de M+C dig para altura das vilosidades intestinais.

As maiores alturas de vilos se deram nos tratamentos que combinavam 2755 kcal/kg ao nível de 0,522% de M+C digestível, e 0,447% de M+C dig. com 2900 kcal/kg de EM.

Já a menor altura de vilo se apresentou no tratamento que combinou 3045 kcal/kg associado a 0,522% de M+C digestível, e no grupo com 2755 kcal/kg associado a 0,447% de M+C digestível, e 0,447% de M+C dig. a 2755 kcal/kg. Observa-se também que para esta variável a aplicação da regressão apresentou melhor ajuste ao comportamento quadrático dentro do menor nível de EM (2755 kcal/kg), apresentando como máximo nível de M+C dig.a ser utilizado o de 0,436% ou 12,1% abaixo da recomendação de Rostagno et al. (2011) (Tabela 30).

Tabela 30. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a altura das vilosidades intestinais (µm) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,522	12797 a	12061 ab	10452 b
0,447	10484 b	12890 a	11266 ab
0,497	11010	11219	12326
0,547	13433	12609	13909
Efeito da regressão fatorial	Q (0,0007)**	Q (0,52)	Q (0,75)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
**Equação ALT (EM95): $y=6,5271x^2-1146,2x-60709$; $R^2=93,5$; Xmáx: 87,8% ou 0,436% de M+C dig (y=10389 µm)

A presença de uma menor quantidade de energia disponível no organismo da ave associado a uma maior quantidade de aminoácidos disponíveis pode ter aumentado o desgate do vilo, mas sem energia suficiente para acelerar o processo de renovação epitelial, resultando em menor altura de vilo nos grupos submetidos a menor EM e M+C digestível.

Boleli et al. (2002) afirmaram que aumentando a altura das vilosidades intestinais, deve haver melhora na digestão e absorção intestinal, e consequentemente, no desempenho.

Para a largura de vilosidade intestinal, o tratamento que combinou a recomendação de EM e de M+C digestível sugerida por Rostagno et al. (2011) foi o que apresentou a melhor resposta na interação dos fatores avaliados.

Quando se compara os níveis de M+C dig. dentro de cada energia testada, têm-se o efeito significativo no nível de 3045 kcal/kg de EM, mostrando um melhor ajuste na resposta quadrática dos níveis de aminoácidos sulfurosos estudados, com melhor nível de M+c dig. estimado em 0,520% ou 4,7% acima da recomendação de Rostagno et al. (2011) (Tabela 31).

Tabela 31. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a largura das vilosidades intestinais (µm) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,522	1647,48	1462,16	1530,89
0,447	1733,22	1632,30	1734,07
0,497	1429,47 b	1808,30 a	1606,08 ab
0,547	1483,28	1636,00	1494,73
Efeito da regressão fatorial	Q (0,19)	Q (0,11)	Q (0,01)**

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade.
**Equação LARG (EM105): $y=0,1466x^2-41,532x+4286,10$; $R^2=99,5$; Xmáx: 104,7% ou 0,520% de M+C dig (y=1344,6 µm)

Para profundidade de cripta se observa maior valor da interação significativa ($P<0,05$) no grupo submetido a 0,522% de M+C dig. associado a 3045 kcal/kg de EM (Tabela 32).

Tabela 32. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a profundidade de cripta (µm) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,522	2157,25 ab	1938,20 b	2405,54 a
0,447	2447,47	2426,66	2124,28
0,497	2302,11	2320,96	2363,00
0,547	2363,81	2451,25	2542,59
Efeito da regressão fatorial	Q (0,17)	Q (0,04)	Q (0,04)**

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade.
** Equação CRIP (EM105): $y=-0,0969x^2+39,499x - 641,83$; $R^2=98,1$; Xmín: 103,8% ou 0,516% de M+C dig (y=3383,38 µm)

Na resposta significativa à regressão fatorial apresentou-se melhor ajuste quadrático para os níveis de metionina + cistina testados, dentro do nível de 3045 kcal/kg de EM, com resposta mínima de x ou do nível de M+C dig. a ser recomendado de acordo com esta variável para 0,516% ou 1,9% abaixo da recomendação de Rostagno et al. (2011).

Quanto maior a profundidade de cripta, maior a atividade proliferativa celular, para garantir adequada taxa de renovação epitelial, compensando as perdas nas extremidades das vilosidades (Cavalieri, 2013).

Observa-se que as criptas mais rasas se apresentam nos tratamentos com níveis mais altos de suplementação aminoacídica e nível intermediário de energia, plicando que provavelmente, nesse tratamento, o animal apresenta maior eficiência de absorção de nutrientes.

O ideal são criptas rasas e vilos mais altos, isso aumenta a eficiência de absorção, ou seja, uma maior relação vilo:cripta.

Nesse caso, a pior relação vilo:cripta foi influenciada pelo nível de 0,522% de M+C dig. combinado ao nível de 3045 kcal/kg de EM, onde apresentou menor resultado da interação (P<0,05).

Para o melhor ajuste da regressão fatorial variável percebe-se uma resposta quadrática dos níveis de aminoácidos sulfurosos testados, dentro do nível de 2755 kcal/kg de EM (5% abaixo da recomendação de Rostagno et al. (2011)), estando o nível estimado em 0592% de M+c dig., ou 19% acima da recomendação de Rostagno et al. (2001).

Tabela 33. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação vilo:cripta das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,522	6,33 a	6,74 a	4,58 b
0,447	4,74	5,75	5,74
0,497	5,36	5,04	5,86
0,547	6,06	5,38	5,63
Efeito da regressão fatorial	Q (0,02)**	Q (0,30)	Q (0,16)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade.
**Equação VIL:CRIP(EM95): $y=-0,0019x^2+0,4523x-20,735$; $R^2=84,9$; Xmín: 119% ou 0,592% de M+C dig (y=6,18)

Minafra et al. (2010) também afirmaram que os constituintes bioquímicos do sangue refletem as condições de saúde dos animais, assim como diversos fatores, como tipo de nutrição, clima e manejo, que podem refletir nos resultados das análises sorológicas. Por essa razão os parâmetros sanguíneos das aves devem ser traçados nas condições em que o animal foi submetido.

Na Tabela 34 observam-se os resultados encontrados neste experimento para as variáveis sorológicas.

Tabela 34. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da alanina aminotransferase (U/L), aspartato aminotransferase (U/L), gamma-glutamiltransferase (U/L), creatinina (mg/dL), albumina (g/dL), proteínas totais sérica (g/dL), glicose (g/dL) e o ácido úrico sérico (mg/dL) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

EM, kcal/kg	ALT	AST	GGT	ALB	PTN	CREA	GLI
2.755	12,05 a	151,15 c	25,98 a	2,21 a	4,25 b	0,263	272,15 a
2.900	11,50 b	155,55 a	22,35 c	2,06 b	4,14 c	0,288	238,60 c
3.045	11,03 c	152,48 b	25,03 b	2,18 a	4,63 a	0,278	268,75 b
M+C, %							
0,522	18,07 a	162,20 a	22,83 c	2,43 a	4,57 a	0,290 b	252,83 d
0,447	9,73 b	151,93 c	26,90 a	2,02 c	4,20 c	0,327 a	267,13 a
0,497	8,50 c	155,07 b	25,47 b	2,10 b	4,35 b	0,300 ab	264,50 b
0,547	9,80 b	143,03 d	22,60 c	2,05 bc	4,22 c	0,187 c	254,87 c
EFEITO (P)							
EM	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0,07	<.0001
M+C	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
EM*M+C	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0,001	<.0001
C.V., %	4,64	0,68	3,78	3,71	2,6	17,48	0,7

No que se refere aos resultados encontrados para as transaminases temos os maiores valores de alanina aminotrasfersase (ALT) nos grupos submetidos ao nível de 0,522% de M+C digestível, mas quando comparados na interação de cada nível de aminoácidos sulfurosos testado percebe-se que as respostas foram variáveis (Tabela 35).

Tabela 35. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da alanina aminotransferase (U/L) presente no soro das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,522	16,30 b	19,10 a	18,80 a
0,447	14,80 a	7,80 b	6,60 c
0,497	7,00 c	8,30 b	10,20 a
0,547	10,10 b	10,80 a	8,50 c
Efeito da regressão fatorial	Q (0,13)	Q (<.0001)	Q (<.0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade.

As elevações da AST são, geralmente, indicação de desordens hepáticas ou musculares, e a creatinina quinase é dosada para realizar uma interpretação conjunta, já que o aumento desta só ocorre em lesões musculares. Atividades anormais destas enzimas são encontradas em deficiência de vitamina E, selênio e metionina, desordens hepáticas ou doenças musculares (Bahiense, 2008).

Para aspartato aminotransferase (AST) houve interação significativa em todos os grupos, mas o efeito significativo da regressão fatorial que comparou os níveis de M+C dig. dentro de cada EM só apresentou resposta quadrática nos níveis de 2900 kcal/kg e

3045 kcal/kg de EM, apresentando a faixa ideal de M+C dig. entre 0,487% e 0,494%, para maximizar a resposta desta variável (Tabela 36).

Tabela 36. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da aspartato aminotransferase (U/L) presente no soro das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,522	160,40 a	167,20 a	159,00 c
0,447	150,70 b	157,20 a	147,90 c
0,497	148,10 c	156,60 b	160,50 a
0,547	145,40 a	141,20 c	142,50 b
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)	Q (0,0003)**	Q (<.0001)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação AST(EM105): $y=-0,1664x^2+33,056x-1479,9$; $R^2=96,5$; Xmín: 99,3% ou 0,494% de M+C dig (y=161,78U/L)

De acordo com Barbosa et al. (2010), a alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST) são as transaminases mais importantes no diagnóstico clínico de diversas alterações metabólicas, pois possuem ampla distribuição em tecidos, especialmente cérebro, rim, coração e fígado. Assim, fica difícil associar estas enzimas simplesmente ao metabolismo hepático de aminoácidos.

A atividade da GGT no fígado é muito baixa (Fudge, 2000) e sua mensuração não é um teste sensível para as aves, por não se encontrar elevada em doenças hepáticas ou renais (Cubas, Silva & Catão-Dias, 2007). Na Tabela 37 se apresenta a interação e efeito significativo para regressão fatorial em todos os grupos avaliados (a faixa de recomendação para M+C dig. de acordo com essa variável fica entre 0,482 e 0,531% de M+C dig.).

Tabela 37. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da gamma-glutamiltransferase (U/L) presente no soro das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,522	23,30 a	24,10 a	21,10 b
0,447	31,00 a	24,70 b	25,00 b
0,497	25,40 b	27,30 a	23,70 c
0,547	24,20 b	13,30 c	30,30 a
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)**	Q (<.0001)**	Q (0,05)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação GGT(EM95): $y=0,0255x^2-5,4447x+314,91$; $R^2=98,5$; Xmáx: 106,8% ou 0,531% de M+C dig (y=24,28U/L)/ Equação GGT (EM100): $y=-0,0893x^2+17,31x-810,18$; $R^2=98,5$; Xmín: 96,9% ou 0,482% de M+C dig (y=28,67U/L

Para albumina e proteínas totais também houve interação (P<0,05) em todos os níveis testados. Contudo, os resultados da regressão só apresentou ajuste quadrático no nível de 2900 kcal/kg de EM (Tabela 38).

Tabela 38. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da albumina (g/dL) presente no soro das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,522	2,57 a	2,24 c	2,48 b
0,447	2,20 a	1,78 c	2,07 b
0,497	2,05 b	2,10 ab	2,15 a
0,547	2,02 b	2,13 a	2,00 b
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)	Q (<.0001)**	Q (<.0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação ALB (EM100): $y=-0,0018x^2+0,3733x-17,468$; $R^2=96,1$; Xmín: 103,7% ou 0,515% de M+C dig (y=1,89g/dL)

De acordo com a albumina o valor de recomendação para M+C dig. seria de 0,515% de M+C dig. ou 3,7% acima da recomendação de Rostagno et al. (2011). Já em proteínas totais esse valor seria de 0,510% de M+C dig. ou 2,6% de M+C dig (Tabela 39).

Tabela 39. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade das proteínas totais sérica (g/dL) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,522	4,18 b	4,25 b	5,29 a
0,447	4,08 b	3,70 c	4,28 a
0,497	4,48 a	4,36 b	4,21 c
0,547	4,24 a	4,24 a	4,18 a
Efeito da regressão fatorial	Q (0,07)	Q (<.0001)**	Q (0,0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação PTN (EM100): $y=-0,0034x^2+0,6976x-31,826$; $R^2=95,2$; Xmín: 102,6% ou 0,510% de M+C dig (y=4,50g/dL)

Para glicose têm-se interação dos fatores para todos os grupos avaliados, bem como um ajuste quadrático dos níveis testados de metionina+cistina digestível, dentro de cada nível de EM. A faixa de recomendação ideal de acordo com esta variável estaria entre 0,434 e 0,510% de M+C dig (Tabela 40).

Tabela 40. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da glicose (g/dL) presente no soro das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,522	263,20 a	239,9 c	255,40 b
0,447	289,8 a	222,30 b	289,30 a
0,497	281,9 a	251,00 c	260,60 b
0,547	253,70 b	241,20 c	269,70 a
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)**	Q (<.0001)**	Q (<.0001)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação GLI(EM95): $y=-0,0755x^2+13,2x-285,79$; $R^2=96,4$; Xmín: 87,4% ou 0,434% de M+C dig (y=291,26g/dL)/ Equação GLI (EM100): $y=-0,1525x^2+31,276x-1356,8$; $R^2=83,5$; Xmín: 102,5% ou 0,510% de M+C dig (y=246,80g/dL)/ Equação GLI(EM105): $y=0,2073x^2-42,508x+2436,4$; $R^2=97,8$; Xmáx: 102,5% ou 0,510% de M+C dig (y=257,30g/dL)

A creatinina sérica se for avaliada de maneira isolada não infere nada específico sobre a excreção de nitrogênio, devendo ser analisada juntamente com o ácido úrico sérico e as varáveis que compõem o balanço de nitrogênio para trazer respostas mais concretas sobre assunto.

Para esta variável também houve interação dos fatores estudados nos grupos submetidos aos níveis de 0,447% e 0,547% de M+C dig.

E a regressão fatorial apresentou ajuste quadrático nos níveis de M+C dig., dentro de 2755 kcal/kg e 2900 kcal/kg (5% abaixo da recomendação ou no valor de recomendação proposto por Rostagno et al. (2011) para EM nesta fase). O valor a ser recomendado de acordo com esta variável estaria entre 0,447 e 0,458% de M+C dig. (Tabela 41).

Tabela 41. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da creatinina (mg/dL) presente no soro das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,522	0,30	0,27	0,30
0,447	0,30 b	0,38 a	0,30 b
0,497	0,30	0,30	0,30
0,547	0,15 b	0,20 ab	0,21 a
Efeito da regressão fatorial	Q (0,006)**	Q (<.0001)**	Q (0,09)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade. (P<0,001)
**Equação CREAT (EM95): $y=-0,001x^2+0,1842x-8,5527$; $R^2=89,1$; Xmín: 92,1% ou 0,458% de M+C dig (y=0,07mg/dL)/ Equação CREAT (EM100): $y=-0,0002x^2+0,024x-0,4542$; $R^2=98,9$; Xmín: 90% ou 0,447% de M+C dig (y=0,27mg/dL)

Dietas com baixo teor de proteína têm sido associadas à redução de perdas energéticas. Ao reduzir os teores de proteína bruta, reduz-se também a desaminação dos aminoácidos excedentes, e com isso, a síntese e a excreção de ácido úrico nas excretas das aves. Além disso, ocorrem menor taxa de *turnover* das proteínas corporais e diminuição da produção de calor dos animais. Consequentemente, a redução do teor de PB da dieta aumenta a disponibilidade de energia para deposição e formação de tecidos (Vasconcellos et al., 2011).

No ácido úrico sérico houve interação para todos os grupos avaliados, estando o maior valor no tratamento que associou 2755 kcal/kg a 0,547% de M+C digestível. Ressaltando que o maior valor desta variável foi apresentado no tratamento que combinou 10% acima da recomendação de Rostagno et al. (2011) para M+C dig associado ao nível de 5% abaixo da recomendação de EM.

Também houve ajuste da regressão ao comportamento quadrático dos níveis dos aminoácidos sulfurosos testados dentro de cada um dos níveis de EM avaliados, e a faixa ideal para recomendação de M+C dig. estaria entre 0,484 e 0,509% de M+C dig (Tabela 42).

Tabela 42. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade do ácido úrico sérico (mg/dL) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,522	3,30 c	4,60 a	3,94 b
0,447	4,14 b	3,09 c	4,33 a
0,497	3,04 c	4,15 b	5,46 a
0,547	6,01 a	3,88 b	3,52 c
Efeito da regressão fatorial	Q (0,002)**	Q (<.0001)**	Q (<.0001)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação AU(EM95): $y=0,023x^2-4,5078x+223,96$; $R^2=94,5$; Xmáx: 98% ou 0,487% de M+C dig (y=3,09mg/dL)/ Equação AU (EM100): $y=-0,0082x^2+1,6801x-81,954$; $R^2=91,5$; Xmín: 102,5% ou 0,509% de M+C dig (y=4,11mg/dL)/ Equação AU (EM105): $y=-0,012x^2+2,3368x-109,08$; $R^2=75,7$; Xmín: 97,4% ou 0,484% de M+C dig (y=4,68mg/dL)

Não podemos simplesmente diferir os tratamentos pelas enzimas testadas, pois são variáveis que auxiliam a estimar o nível de recomendação, mas se forem avaliadas de maneira isolada podem trazer informações incorretas, já que sofrem alterações metabólicas por diversos fatores, intrínsecos do animal, ou até mesmo do meio o qual eles são submetidos.

Na Tabela 43 estão dispostos os resultados dos efeitos principais dos fatores analisados nas dietas deste experimento para as variáveis do balanço de nitrogênio das aves, onde se observa interação em todas as variáveis.

Tabela 43. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de nitrogênio (g/ave/dia), a excreção de nitrogênio (g/ave/dia a retenção de nitrogênio (g/ave/dia) e as relações nitrogênio excretado: consumido e retido:consumidodas aves de 7 a 12 semanas de idade.

EM, kcal/kg	**Consumo de nitrogênio**	**Excreção de nitrogênio**	**Retenção de nitrogênio**	**Nexc:Ncon**	**Nret:Ncon**	**AU**
2.755	0,182 b	0,115 a	0,067 a	0,672 a	0,328 a	4,12 b
2.900	0,196 a	0,098 b	0,098 c	0,509 c	0,491 c	3,93 c
3.045	0,180 b	0,100 b	0,080 b	0,555 b	0,445 b	4,31 a
M+C, %						
0,522	0,190 b	0,112 a	0,078 b	0,592 b	0,408 b	3,95 c
0,447	0,204 a	0,100 c	0,104 d	0,498 d	0,502 d	3,85 c
0,497	0,162 c	0,106 b	0,055 a	0,696 a	0,304 a	4,22 b
0,547	0,188 b	0,100 c	0,089 c	0,529 c	0,471 c	4,47 a
EFEITO (P)						
EM	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
M+C	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

EM*M+C	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
C.V., %	0,77	1,62	2,24	1,77	2,43	3,87

O consumo de nitrogênio apresentou ajuste quadrático na regressão para todos os níveis de M+C dig. testados quando avaliados dentro de cada nível de EM, e a faixa de recomendação está entre 0,466 e 0,492% de M+C dig. (Tabela 44).

Tabela 44. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,522	0,188 b	0,205 a	0,177 c
0,447	0,225 a	0,208 b	0,178 c
0,497	0,124 c	0,158 b	0,204 a
0,547	0,191 b	0,212 a	0,162 c
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)**	Q (0,002)	Q (<.0001)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação CON (EM95): $y=0,0007x^2-0,1314x+6,7645$; $R^2=70,6$; Xmáx: 93,9% ou 0,466% de M+C dig (y=0,598g/ave/dia)/ Equação CON (EM105): $y=-0,0003x^2+0,0567x-2,5896$; $R^2=86,9$; Xmín: 94,5% ou 0,470% de M+C dig (y=0,089g/ave/dia)

Para excreção de nitrogênio também houve o mesmo padrão de resposta da variável anterior e os limites para recomendação de M+C dig. estaria entre 0,503 e 0,569% de M+C dig. (Tabela 45).

Tabela 45. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a excreção de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,522	0,121 a	0,103 c	0,112 b
0,447	0,094 b	0,094 b	0,111 a
0,497	0,121 a	0,098 b	0,101 b
0,547	0,125 a	0,097 b	0,077 c
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)**	Q (0,0007)	Q (<.0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação EXC(EM95): $y=-1E-04x^2+0,0207x-0,9868$; $R^2=98,1$; Xmín: 103,5% ou 0,514% de M+C dig (y=0,084g/ave/dia)/

Na Tabela 46 observam-se os resultados para retenção de nitrogênio, onde a resposta quadrática só aparece no nível de 2755 kcal/kg de EM (valor estimado para recomendação de M+C dig. de 0,540% ou 8,6% acima da recomendação proposta por Rostagno et al. (2011), havendo também interação entre todos os grupos testados.

Tabela 46. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a retenção de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,522	- 0,067 a	- 0,102 b	- 0,065 a
0,447	- 0,131 c	- 0,114 b	- 0,067 a

0,497	- 0,003 a	- 0,060 b	- 0,103 c
0,547	- 0,066 a	- 0,115 c	- 0,085 b
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)**	Q (0,26)	Q (0,53)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação RET(EM95): $y=-0,0007x^2+0,152x-7,7513$; $R^2=77,3$; Xmín: 108,6% ou 0,540% de M+C dig (y=0,05g/ave/dia)

Nas relações nitrogênio excretado: consumido e retido:consumido também se observa a resposta quadrática no nível de 2755 kcal/kg de EM, e interação em todos os grupos avaliados.

O valor estimado de M+C dig. de acordo com a relação ideal para nitrogênio excretado:consumido na regressão seria o de 0,497% (Tabela 47).

Tabela 47. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação nitrogênio excretado: consumido das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,522	0,643 a	0,503 b	0,631 a
0,447	0,418 c	0,453 b	0,623 a
0,497	0,975 a	0,619 b	0,494 c
0,547	0,654 a	0,459 b	0,473 b
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)**	Q (0,07)	Q (0,004)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey à 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação EXC:CON(EM95): $y=-0,0034x^2+0,6801x-33,54$; $R^2=70,7$; Xmín: 100% ou 0,497% de M+C dig (y=0,470)

De acordo com D'Agostini (2005), durante a fase de crescimento é fundamental que se forneçam os nutrientes na quantidade ideal para atender as necessidades de mantença, garantindo o desenvolvimento adequado do sistema imunológico, reprodutivo e estrutura corporal, o que proporcionaria uma maior produtividade na fase subsequente, com a formação de um lote mais uniforme, tornando a atividade mais eficiente.

Para a relação nitrogênio retido:consumido, o valor estimado de M+C dig. de acordo com esta variável, na regressão, também seria o de 0,497%, ou seja, a recomendação proposta por Rostagno et al. (2011) (Tabela 48).

Tabela 48. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação nitrogênio retido: consumido das aves de 7 a 12 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,522	- 0,357 a	- 0,497 b	- 0,369 a
0,447	- 0,582 c	- 0,547 b	- 0,377 a
0,497	- 0,023 a	- 0,381 b	- 0,506 c
0,547	- 0,346 a	- 0,541 b	- 0,527 b
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)**	Q (0,07)	Q (0,004)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. (P<.0001)

**Equação RET:CON(EM95): $y=-0,0034x^2+0,6801x-34,54$; $R^2=70,7$; Xmín: 100% ou 0,497% de M+C dig ($y=-0,530$)

Braz et al. (2011) afirmaram que aves sofrendo restrição nutricional na fase de crescimento apresentam recuperação metabólica a partir do momento em que recebem dietas com níveis nutricionais adequados nas fases de produção subsequentes. No entanto, os atrasos na idade ao primeiro ovo e o tamanho desses ovos podem ocorrer quando há essa deficiência nutricional.

Em contrapartida, deve-se trabalhar no nível ideal dos nutrientes e de energia, não havendo desbalanço nutricional em nenhuma etapa da fase de crescimento, pois aves com excesso de peso entram em postura precocemente e produzem ovos pequenos, o que também não é viável.

De acordo com D'Agostini et al. (2012b), as exigências de metionina + cistina digestível associado ao nível de energia metabolizável da dieta para aves de reposição ainda são escassas. Com isso, se faz necessário estudo que avalie não só o nível adequado dos nutrientes da dieta, para cada fase de criação, mas adequar à densidade energética da ração, nos diferentes climas em que estas aves são criadas.

Assim, os impactos negativos (metabólicos e ambientais) que podem ocorrer em uma situação de desbalanço nutricional ou quando o consumo de ração não está adequado, são reduzidos.

Acioli (2012) afirma que os déficits de peso e de uniformidade do lote não são recuperados na fase de produção, portanto, os índices zootécnicos como persistência de produção, massa de ovos e viabilidade ficam penalizados. Dessa forma, os critérios de desenvolvimento alcançados entre 0 e 16 semanas são fundamentais para expressão potencial genético máximo das aves.

Na avaliação quanto à influência das dietas para o surgimento de esteatose hepática, onde 0 seria a ausência de esteatose, 1 seria um grau baixo de estatose, 2 considerado nível intermediário e 3 para alto nível de esteatose hepática.

Os níveis de esteatose em maior evidência encontrados nesse estudo são representados na Figura 2 pelos graus 0 e 1.

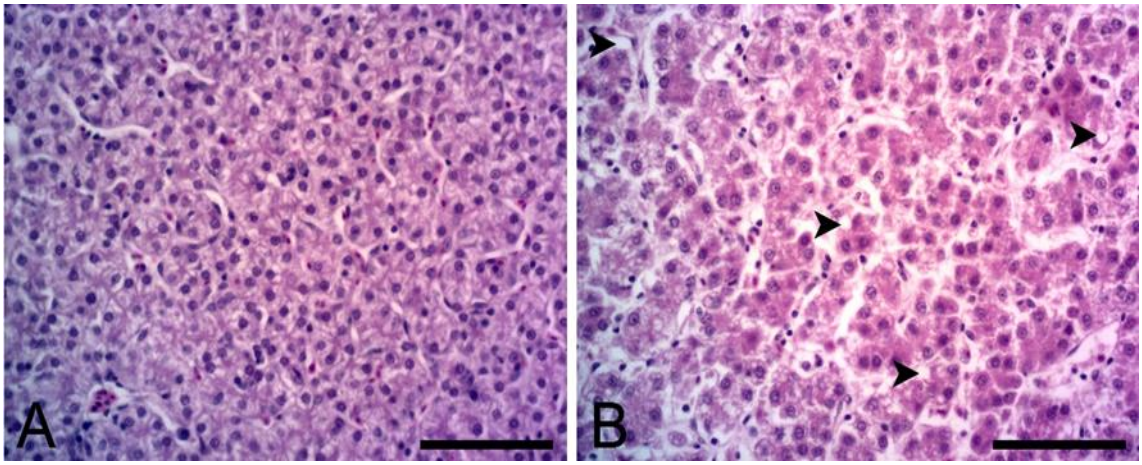

Figura 2. Fotomicrografia hepática do grau de esteatose (A - grau 0 e B- grau 1) nas aves com 12 semanas de idade (barra de 100 µm)

A seguir são representados na Figura 3 os níveis de esteatose encontrados nesse estudo.

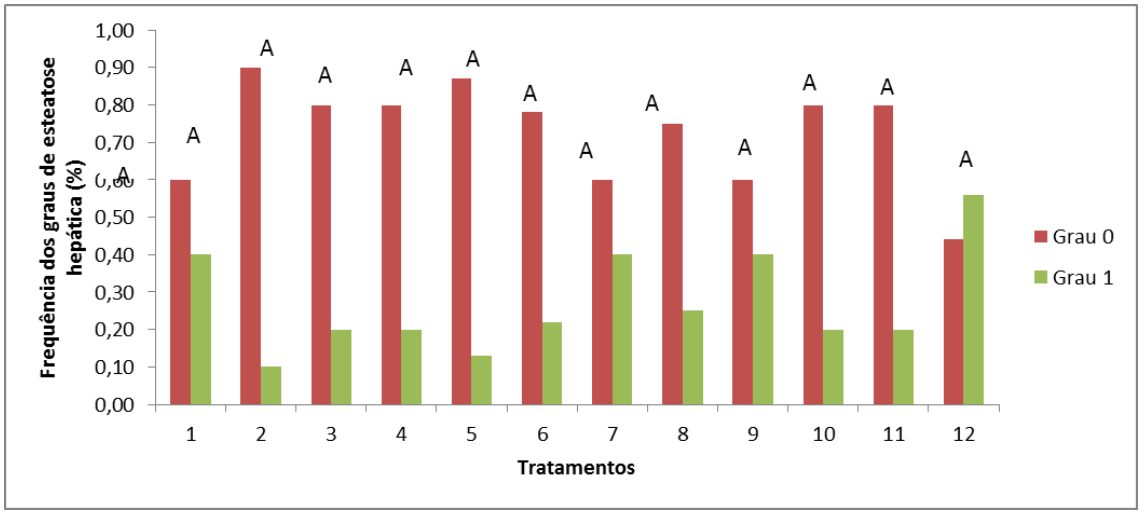

Figura 3. Frequência (%) das notas de 0 a 3 para grau de esteatose hepática das aves de 7 a 12 semanas submetidas às dietas com contendo diferentes níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM).

Observa-se que neste experimento os animais apresentaram somente graus 0 (cor vermelha) e 1 (cor verde) de esteatose hepática, valores considerados baixos.

Tal resultado era esperado, pois frangas de reposição tendem a não apresentar esteatose hepática, pois estão em intenso desenvolvimento de tecidos corporais e utilizam com eficiência os nutrientes fornecidos nas dietas, principalmente dentro dos hepatócitos, que estão em intensa atividade celular, ficando o excesso de energia acumulado como gordura celomática, quando for o caso.

Percebe-se que houve diferenças entre os grupos avaliados quanto a frequência das notas 0 e 1 de esteatose, mas que os grupos não diferiram estatisticamente entre si, considerando a média das notas.

Conclusões

Com base na média das variáveis de desempenho encontrados nas equações de regressão fatorial, recomenda-se a utilização de 0,667% de metionina + cistina digestível associado a um nível de 2755 kcal/kg de energia metabolizável (relação EM: M+C digestível de 4130,43) na dieta para as aves de reposição leves, entre 1 e 6 semanas de idade, que corresponde a um consumo diário de 184 mg de M+C dig/ave.

Com base na média das variáveis de desempenho encontrados nas equações de regressão fatorial, a recomendação para as aves de reposição leves, entre 7 e 12 semanas de idade, é de 0,497% de metionina + cistina digestível e de 2.755 kcal/kg de energia metabolizável (relação EM: M+C digestível de 5543,26), que corresponde a um consumo diário de 136 mg de M+C dig./ave.

Referências Bibliográficas

ACIOLI, M.I.L. 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.

ALVARENGA, B. O., BELETTI, . E., FERNANDES, E. A., SILVA, M. M., CAMPOS, L. F. B., RAMOS, S. P. Efeitos de fontes alternativas de fósforo nas rações de engorda e abate sobre a morfologia intestinal de frangos de corte. *Bioscience Journal.* Uberlândia, v. 20, n. 3, p. 55-59, 2004.

ANDRADE, M.F.S. *Influência da treonina sobre o desempenho e a morfometria intestinal de frangos de corte submetidos a estresse por calor de 1 a 15 dias de idade.* 44f. Trabalho de conclusão de curso de zootecnia. Universidade Federal da Paraíba. Areai-PB. 2012.

BAHIENSE, C.R., VENANCIO, R., JÚNIOR, T.M.F. *Bioquímica em aves e répteis.* Trabalho de conclusão de curso de Mestrado. Pós-graduação de medicina e cirurgia de animais selvagens. Universidade Castelo Branco. Rio de Janeiro - RJ. 2008

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.

BEZERRA, R.M. *Dietas com redução proteica suplementadas com ácido glutâmico para frangos de corte e poedeiras comerciais*. 166f. Tese (doutorado em zootecnia). Universidade Federal da Paraíba. Areia-PB. 2012.

BOLELI, I.C., MAIORKA, A., MACARI, M. Estrutura funcional do trato digestório. In: *Fisiologia aplicada à frangos de corte*. Jaboticabal: FUNEP/UNESP. 2002.

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.

CALNEK, B. W.; HARRIS, R. W.; BUSCAGLIA, C.; SCHAT, K. A.; LUCIO, B. Relationship between the immunosuppressive potential and pathotipe of Marek´s diseases virus isolates. *Avian Diseases*, v. 42, p: 124-132, 1998.

CAVALIERI, G.A. *Parâmetros histomorfométricos do intestino delgado em frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes fontes de sorgo e concentrações de tanino.* 41f. Dissertação (mestrado em biotecnologia). Universidade Federal de São Carlos. 2013.

CORRIER, D. E.; ELISSALDE, M. H.; ZIPRIN, R. L.; DELOACH, J. R. Effect of Immunosuppression with Cyclophosphamide, Cyclosporin, or Dexamethasone on *Salmonella* Colonozation of Broiler Chicks. *Avian Diseases*, v. 35, p. 40-45, 1991.

CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. *Tratado de Animais Selvagens*. São Paulo: Roca, 2007.

D'AGOSTINI, P. *Exigências de metionina+cistina para frangas de reposição leves e semipesadas nas fases inicial, cria e recria*. 120f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2005.

D'AGOSTINI, P., GOMES, P.C., CALDERANO, A.A., MELLO, H.H.C., SÁ, L.M.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. Exigência de metionina + cistina para frangas de reposição na fase cria de 7 a 12 semanas de idade. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.* v.64, n.6, p.1699-1706, 2012a.

D'AGOSTINI, P., GOMES, P.C., MELLO, H.H.C., CALDERANO, A.A., SÁ, L.M., ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T. Exigência de metionina + cistina para frangas de reposição na fase recria de 13 a 18 semanas de idade. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.* v.64, n.6, p.1691-1698, 2012b.

FARIA, D.E. E A.L. SANTOS. Exigências nutricionais de galinhas poedeiras. *In: Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos.* Viçosa. ***Anais...***Viçosa. MG. p. 229-315. 2005.

FIGUEIREDO JÚNIOR, J.P. *Níveis de metionina+cistina digestíveis para aves de reposição leves nas fases inicial e cria.* 132f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB. 2013.

FUDGE. *Laboratory Medicine: Avian and Exotic Pets*. W.B. Saunders: Philadelphia, 2000.

HARR, K.E. Clinical chemistry of companion avian species: a review. *Veterinary Clinical Pathology*, v.31, p.140-151, 2002.

ISHAK, K.; BAPTISTA, A.; BIANCHI, L. et al. Histological grading and staging of chronic hepatitis. *Journal of Hepatology*, v.22, p.696-699, 1995.

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.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. *Clinical biochesmestry of domestics animals.* 6 ed. New York: Academic Press, 896p. 2008.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. *Commercial poultry nutrition*. 2 ed. Canada: University Books, 350 p. 1997.

MAIORKA, A.; BOLELI, I. C.; MACARI, M. Desenvolvimento e Reparo da Mucosa Intestinal In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Ed.) *Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte.* 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, p.113-123, 2002.

MANUAL DE MANEJO DAS POEDEIRAS DEKALB WHITE. *Granja Planalto*. 5 ed. Minas Gerais: Uberlândia, 2009. 42p.

MINAFRA, C.S., MARQUES, S.F.F., STRINGHINI, J.H., ULHOA, C.J.,MINAFRA E RESENDE, C.S., SANTOS, J.S., MORAES, G.H.K. Perfil bioquímico do soro de frangos de corte alimentados com dieta suplementada com alfa-amilase de *Cryptococcus flavus e Aspergillus niger* HM2003. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.12, p.2691-2696, 2010.

MORGULIS, M. S. F. A. *Efeitos do diazepam sobre a resposta imune em frangos de corte.* Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 158 p. 1999.

NELSON, D.L.; COX, M.M. LEHNINGER, L.A. *Princípios de Bioquímica*. 4 ed. Sarvier, 202p. 2006.

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.

PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J; WILLIAMS, I.M. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livestock Production Science,* v. 51, p. 215-236, 1997.

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.

REVIDATTI, F.A.; FERNANDEZ, R.J.; TERRAES, J.C. et al. Modificaciones del peso corporal y indicadores de estrés em pollos parrilleros sometidos a inmovilización y volteo. *Revista Veterinaria Argentina*, v.12, n.1, p.11-14, 2002.

REZENDE, B.J.; BOLETTI, M.E. Análise histomorfométrica do desenvolvimento do intestino delgado de galinhas poedeiras. *In: XII Seminário de Iniciação Científica, 2008, Uberlândia-MG.* Anais... Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

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, 186p. 2005.

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, 252p. 2011.

SAS. *SAS/STAT 9.3 User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc. 261p. 2011

VASCONCELLOS, C.H.F.; FONTES, D.O.; LARA, L.J.C. et al. Determinação da energia metabolizável e balanço de nitrogênio de dietas com diferentes teores de proteína bruta para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia,* v.63, n.3, p.659-669, 2011.

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

Relação entre energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para poedeiras leves

Relação entre energia metabolizável e aminoácidos sulfurosos para poedeiras leves

RESUMO:
Objetivou-se determinar a relação ideal entre energia metabolizável (EM) e metionina + cistina digestível (M+C dig.) para poedeiras leves. Os experimentos tiveram duração de 570 dias, divididos em duas fases de produção: 24 a 44 semanas de idade e 45 a 65 semanas de idade. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado distribuído em esquema fatorial 4 (níveis de M+C digestível) x 3 (níveis de EM). As dietas tiveram duas bases de recomendação para M+C dig.; uma atendendo 100% da recomendação, e outra que além de atender o proposto, variou 10% (acima e abaixo) desta recomendação. Para EM foram um a recomendação da literatura e os outros variando 5% (acima e abaixo) da recomendação, totalizando 12 tratamentos. Na fase entre 24 e 44 semanas observou-se interação ($P<0,05$) dos fatores estudados para as variáveis de desempenho, qualidade dos ovos, gordura e fígado, exceto para peso de ovo, massa de ovo, gravidade específica, espessura de casca, peso de gema, porcentagem de albúmen e gema e não apresentou esteatose hepática grave. Nas variáveis sorológicas e histomorfométricas de intestino delgado e útero houve interação ($P<0,05$), mostrando que diferentes níveis de M+C dig. associado a diferentes níveis energéticos alteraram a atividade sorológica e proliferação celular, aumentando a absorção de nutrientes o que promove uma maior atividade da glândula da casca. Na fase entre 45 e 65 semanas houve interação ($P<0,05$) dos fatores avaliados para as variáveis de desempenho e qualidade dos ovos, exceto para peso de ovo, casca e gema e para porcentagem de gema. Nas variáveis de abate não houve interação para peso vivo e fígado. Para histomorfometria de intestino delgado, útero não houve efeitos significativos nas respostas encontradas. Recomenda-se a utilização de 0,704% de M+C dig. (que corresponde a um consumo diário de 638 mg/ave de M+C dig.) associado a um nível de 2900 kcal/kg de EM (relação EM: M+C digestível de 4119,32) na dieta de poedeiras entre 24 e 44 semanas de idade. E para aves entre 45 e 65 semanas de idade a recomendação é de 0,685% de M+C dig., correspondendo a um consumo de 781 mg de M+C dig. /ave, associado a um nível de 2940 kcal/kg de EM (relação EM: M+C digestível de 4291,97).

Palavras-chave: balanço nutricional, desempenho, interação, metionina + cistina, poedeiras.

Metabolizable energy: sulfur amino acids for light laying hens

ABSTRACT:
The aim was to determine the ideal relationship between the level of recommendation of metabolizable energy (ME) and methionine + cystine (M + C) for light laying hens. The experiment lasted 570 days divided in two production phases: 24 to 44 weeks of age and 45 to 65 weeks of age. The experimental design was completely randomized distributed in factorial: 4 (levels of digestible M + C) x 3 (levels ME). The diets had two recommendation bases for M+C dig.; one for 100% of the recommendation, and one which can meet the proposed varied ± 10% of this recommendation. For ME were suggested three levels, one being the recommendation of literature and other varying ± 5%, totaling 12 treatments. In the laying phase (24 to 44 weeks) was observed interaction factors studied for performance variables, egg quality, fat and liver, except for egg weight, egg mass, specific gravity, thickness shell, yolk weight, percentage of albumen and yolk and showed no severe hepatic steatosis degree. All serologic and variables of the small intestine and uterus histomorphometric was no interaction, showing that different levels of M+C dig. associated energy levels altered activity serologic and cellular proliferation, by increasing the absorption of nutrients which promotes a higher shell gland activity. In phase between 45 to 65 weeks was no interaction in factors evaluated for the performance variables and quality of eggs, except for egg weight, yolk and shell and yolk percentage. In the slaughter of variables there was no interaction on body weight and liver. For small intestine and uterus histomorphometry had no significant effect. It is recommended to use 0.704% M+C dig. (which corresponds to a daily intake of 638 mg M+C dig./layer) associated with a level of 2900 kcal/kg of ME (ratio ME:M+C of 4119.32) in the diet of laying hens between 24 and 44 weeks old. And laying hens (45 to 65 weeks) the recommendation its 0.685% M+C dig., corresponding a consumption to 781 mg M + C dig. / layer, associated with a level of 2940 kcal/kg ME (ME:M+C digestible of 4291.97).

Keywords: interaction, sulphur amino acid, nutritional balance, performance, laying hens.

Introdução

A maior eficiência de utilização da proteína e de aminoácidos dietéticos pelas aves pode proporcionar o suprimento adequado de suas exigências nutricionais, regular o tamanho e peso dos ovos reduzir os custos de produção, além de minimizar os efeitos da poluição ambiental decorrentes da excreção de nitrogênio (Schimidt et al., 2011).

Pensando nesse maior aproveitamento dos nutrientes pelas aves se faz necessário ajuste na quantidade de energia fornecida, pois a densidade energética da dieta é um dos principais fatores limitantes no consumo de ração.

Entretanto, o conhecimento da relação existente entre a energia metabolizável e os nutrientes é essencial para o sucesso na produção comercial das aves, principalmente porque a oferta de ração para as aves geralmente é à vontade e assim as recomendações nutricionais devem ser equilibradas de acordo com o conteúdo energético das dietas que elas realmente estão consumindo (Lima et al., 2013). As necessidades energéticas também podem variar de acordo com as condições climáticas de criação.

O excesso de energia na dieta na forma de carboidratos, lipídeos e proteínas (devido um desequilíbrio no perfil de aminoácidos) provoca uma redução no consumo voluntário das aves (Baião & Lara, 2005) e aumento na deposição de gordura na carcaça e até mesmo no fígado de aves na fase produtiva, podendo alterar os níveis de estrógeno no organismo e consequentemente a produção de ovos.

De acordo com Bertechini (2006), o excesso de gordura no fígado e ovários pode ocorrer devido ao desequilíbrio de energia nas dietas de poedeiras comerciais promovendo uma redução na produção de ovos.

A massa de ovos e as conversões alimentares são, talvez, as variáveis de desempenho mais importantes na fase de postura (Jerez, 2012). O mesmo autor ainda afirma que as galinhas não apresentam uma exigência específica para proteína, uma vez que com o avanço da idade, o perfil de proteína ideal é modificado apresentando níveis variados para um adequado equilíbrio de aminoácidos.

Entretanto, para fase produtiva entre 24 e 40 semanas de idade, Rostagno et al. (2011) recomendaram um nível de M+C de 0,670%, com relação M+C: lisina de 91 EM de 2850 kcal/kg de EM. O manual da linhagem Dekalb White (2009) recomenda um nível de M+C de 0,660 %, com relação M+C: lisina de 83 e nível de EM de 2800 kcal/kg para aves leves acima de 85% de produção. Brumano et al. (2010a)

recomendaram para as aves, nesta mesma idade de produção, um nível de M+C de 0,772 %, com relação M+C: lisina de 100 e nível de EM de 2900 kcal/kg.

Na fase produtiva entre 45 e 65 semanas de idade, ou abaixo de 85% de produção, o manual da linhagem Dekalb White (2009) recomenda um nível de M+C de 0,610 %, com relação M+C: lisina de 82 e nível de EM de 2780 kcal/kg. Brumano et al. (2010b) recomendaram para aves, entre 42 e 58 semanas de idade, um nível de M+C de 0,775 %, com relação M+C: lisina de 101 e nível de EM de 2900 kcal/kg.

Sabe-se que variações percentuais na recomendação, tanto dos níveis de aminoácidos sulfurosos quanto no valor de energia metabolizável, podem ocorrer devido ao clima, que diferem tanto por região como por períodos do ano. Por isso, a atualização da recomedação desses níveis a serem suplementados na dieta deve ocorrer constantemente, e se possível, dentro das especficações regionais e ambientais de criação.

Diante disso, objetivou-se com este trabalho determinar os níveis de energia metabolizável (kcal/kg) e metionina + cistina digestível (%) que devem ser ofertados na dieta para aves leves nas fases produtivas, de 24 a 44 semanas e de 45 a 65 semanas de idade.

Material e Métodos

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) pertencente ao Centro de Biotecnologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é tropical semi-úmido do tipo As’, isto é, clima quente e úmido que se caracteriza por apresentar estação chuvosa no período outono – inverno, com precipitação pluviométrica média anual girando em torno de 1.500 mm, temperatura anual entre 22 – 30°C e umidade relativa do ar elevada (75 – 87%).

Os experimentos tiveram duração de 570 dias e foram divididos em duas fases de produção: 24 a 44 semanas de idade e 45 a 65 semanas de idade. As condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar foram registradas diariamente e as

temperaturas mínima, máxima e média registradas foram de 21°, 35° e 27°C, respectivamente. A umidade relativa média neste período foi de 81%.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso distribuído em esquema fatorial 4 x 3, sendo 4 níveis de metionina + cistina digestível (M+C dig.) e 3 níveis de energia metabolizável (EM), totalizando doze tratamentos. Cada tratamento tinha sete repetições, com oito aves em cada unidade experimental, em cada experimento proposto.

Nos 15 dias que antecederam cada experimento, a produção de ovos das aves foi anotada e a taxa de postura neste período foi utilizada para a uniformização das unidades experimentais. Na distribuição das aves, foi realizada a pesagem por parcela, para cálculo do peso inicial médio, de forma que o fator peso não interferisse na distribuição das parcelas.

Para a avaliação das dietas tanto no período de 24 a 44 semanas, como na fase de 45 a 65 semanas, foram utilizadas 672 aves da linhagem Dekalb White, para cada experimento. As aves foram alojadas em galpão convencional de postura, coberto com telhas de barro, com comedouros tipo calha e bebedouros tipo *nipple*, sendo agrupadas em gaiolas de arame galvanizado com dimensões de 45 cm X 45 cm X 30 cm, recebendo água e ração à vontade.

O programa de luz adotado foi de 17 horas de luz (natural + artificial), de acordo com o sugerido pelo manual da linhagem.

O período experimental de cada estudo foi dividido em 4 subperíodos de 28 dias e a coleta dos ovos era realizada diariamente às 15:00 h, sendo anotadas a frequência de postura e a mortalidade de cada unidade experimental.

As variáveis de desempenho e qualidade dos ovos estudados foram: consumo de ração (g/ave/dia), produção (%), peso dos ovos (g), massa de ovo (g/ave/dia), conversão por massa (g/g) e por dúzia de ovos (kg/dz), peso (g) e porcentagens (%) de gema, albúmen e casca, espessura da casca (mm) e gravidade específica (g/cm^3).

Antes do início do período experimental, as aves foram alimentadas com dietas basais de acordo com a recomendação de Rostagno et al. (2011).

Os tratamentos consistiram em doze dietas, sendo as três primeiras dietas formuladas com base na recomendação de metionina+cistina digestível (M+C dig.) segundo as recomendações de Figueiredo Jr. (2013), variando somente a energia

metabolizável (EM) que tinha 5% abaixo, no nível proposto e 5% acima da recomendação de Rostagno et al. (2011) e as demais dietas com proporções percentuais, 10% acima e abaixo da recomendação de Rostagno et al. (2011), além da mesma variação nos níveis de EM, conforme demostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Desenho dos tratamentos experimentais

Recomendações	Percentual de metionina+cistina digestível	Percentual de energia metabolizável
Figueiredo Jr. (2013)	100 %[1]	95 %[2] 100 %[2] 105 %[2]
Rostagno et al. (2011)	90 %[2]	95 %[2] 100 %[2] 105 %[2]
	100 %[2]	95 %[2] 100 %[2] 105 %
	110 %[2]	95 %[2] 100 %[2] 105 %[2]

[1] Porcentagem descrita de acordo com a recomendação proposta por Figueiredo Jr. (2013), para cada fase de criação.

[2] Porcentagem descrita de acordo com a recomendação proposta por Rostagno et al. (2011), para cada fase de criação.

A produção dos ovos em porcentagem foi calculada dividindo-se a quantidade de ovos por parcela pelo número de aves, corrigindo pela mortalidade no subperíodo experimental.

O consumo de ração foi determinado a partir da diferença de peso obtida entre a quantidade de ração fornecida no início do subperíodo experimental e as sobras existentes no final de cada ciclo, sendo também corrigido de acordo com a mortalidade das aves. A produção de ovos foi calculada pela relação entre o número de ovos produzidos e o número de aves alojadas, por subperíodo, multiplicando-se o valor por cem.

A conversão alimentar foi calculada de duas formas: dividindo-se o consumo de ração (g/ave) pelo número de dúzias de ovos produzidos (dz/ave), e dividindo-se o consumo de ração (g/ave) pela massa de ovos produzidos (g/ave). A massa de ovos (g/ave/dia) foi calculada multiplicando-se a produção pelo peso dos ovos.

Nos últimos três dias de cada subperíodo foram selecionados quatro ovos por unidade experimental, para determinação do peso de gema, albúmen e casca, para cálculo do peso relativo (%) dos mesmos, após separação manual destes componentes.

As cascas dos ovos foram identificadas, secas em estufa a 55-60°C por 24 horas e pesadas em balança digital, com precisão de 0,001g, para obtenção do peso médio das cascas. A percentagem da casca foi obtida por meio da relação entre o peso médio da casca e 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. Os ovos foram imersos em soluções de cloreto de sódio (NaCl) com densidades variando de 1,0700 a 1,0925 g/mL, com gradiente de 0,0025 entre elas, totalizando dez soluções. A densidade das soluções foi rotineiramente aferida utilizando-se um densímetro de petróleo.

Para avaliação da qualidade do albúmen, os ovos foram pesados individualmente em balança de precisão, sendo posteriormente quebrados sobre uma mesa especial de vidro.

No último dia de cada fase experimental foi realizado um abate de dez aves por tratamento, a partir do deslocamento cervical das aves para posterior eutanásia, coleta de sangue e retirada dos orgãos. Em seguida foi feita a pesagem das aves sem vísceras (g/ave), fígado (g/ave), baço (g/ave) e gordura celomática (g/ave).

O soro obtido após a centrifugação do sangue foi estocado a –20ºC para posterior análise das concentrações de alanina aminotransferase (U/L), aspartato aminotransferase (U/L), gamma-glutamiltransferase (U/L), creatinina (mg/dL), albumina (g/dL), proteína sérica (g/dL), glicose (g/dL) e concentração sérica de ácido úrico (g/dL), utilizando Kit específico da Biotécnica® para cada variável analisada e leitura em espectrofotômetro, de acordo com as instruções contidas no equipamento BS120 MINDRAY Chemistry Analyzer®.

Nas análises histológicas, os fragmentos do sistema digestório (intestino delgado e fígado) e reprodutor (útero) foram imersos em fixador metacarn (60% metanol, 30% clorofórmio e 10% de ácido acético) por 12 horas, sendo transferidos para álcool 70%, seguindo processamento histológico padrão com inclusão em parafina. Foram também realizados cortes seriados dos fragmentos com 5µm de espessura e as seguintes colorações histológicas foram realizadas: hematoxilina e eosina, periodic acid Schiff (PAS) e tricômio de Masson. As fotomicrografias foram capturadas com o auxílio de

câmera digital Motic acoplada ao microscópio Olympus BX-51, e as imagens digitalizadas no software KS 400.3 (Zeiss).

As vilosidades intestinais foram visualizadas em microscópio e digitalizadas pelo menos 1 imagem por animal, sendo cada tratamento composto por 10 animais. Para cada imagem foi realizada pelo menos três medições morfométricas para altura e largura na porção média da vilosidade (com aumento de 50x), perfazendo um “n” de 30 por tratamento para cada uma dessas variáveis.

Para a avaliação morfométrica das dobras uterínicas foram feitas digitalizações em microscópio de pelo menos 5 imagens por tratamento, aleatoriamente, dentre os animais, sendo que para cada imagem realizada houveram 3 mensurações para as seguintes variáveis: perímetro de dobra uterínica, largura (porção média da dobra) de dobra uterínica e altura da dobra uterínica; perfazendo um “n” de 15 por tratamento, para cada uma dessas variáveis.

As imagens histológicas de magno também foram avaliadas de forma qualitativa, comparando-se as glândulas das dobras uterínicas dos animais em cada tratamento.

Para avaliação do grau de esteatose hepática, atribui-se um escore de avaliação para cada fígado analisado através de fotomicrografias hepáticas de cada animal (10 animais por tratamento), considerando a quantidade e o tamanho dos vacúolos citoplasmáticos lipídicos dos hepatócitos na coloração de hematoxilina-eosina, sendo: 0 (ausência de esteatose), 1 (pouca esteatose), 2 (esteatose moderada) e 3 (esteatose avançada), seguindo de forma modificada o Escore Semi Quantitativo de Ishak (Ishak et al., 1995). Para cada tratamento foi obtido uma média, a qual foi submetida à analise de distribuição multinomial, obtida a partir do PROC GLIMMIX do software SAS(SAS Institute, 2011). Todas as avaliações foram realizadas pelo mesmo histologista para evitar diferenças interpretativas.

Foram realizadas também as análises das rações e das excretas dos animais quanto aos teores de proteína bruta para avaliação do balanço de nitrogênio nos animais.

As análises estatísticas das variáveis foram realizadas através do software SAS (SAS Institute, 2011), avaliando os contrates da regressão fatorial (níveis de metionina+cistina digestível dentro de cada um dos três níveis de energia metabolizável), aplicando-se o comando ORPOL para calcular os coeficientes dos

contrastes dos pontos de M+C digestível que são não-equidistantes. Serão apresentadas somente as equações que tiveram $R^2 > 70$, e as médias da interação (das energias dentro de cada nível de M+C dig.) comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2 encontram-se os níveis nutricionais avaliados no período de 24 a 44 semanas de idade das aves, de acordo com os tratamentos especificados.

Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas experimentais.

	Figueiredo Jr. (2013)			**Rostagno et al. (2011)**								
EM (kcal/kg)	**2.755**	**2.900**	**3.045**	**2.755**	**2.900**	**3.045**	**2.755**	**2.900**	**3.045**	**2.755**	**2.900**	**3.045**
M+C Dig %	**0,689**	**0,689**	**0,689**	**0,603**	**0,603**	**0,603**	**0,670**	**0,670**	**0,670**	**0,737**	**0,737**	**0,737**
Ingredientes												
Milho	68,226	65,039	61,853	68,361	65,175	61,988	68,303	65,116	61,93	68,244	65,058	61,872
Farelo de Soja	19,800	20,237	20,674	19,782	20,219	20,656	19,790	20,227	20,664	19,798	20,235	20,672
Calcário	9,568	9,562	9,556	9,569	9,562	9,556	9,568	9,562	9,556	9,568	9,562	9,556
Fosfato Bicálcico	1,134	1,144	1,153	1,134	1,143	1,153	1,134	1,143	1,153	1,134	1,143	1,153
Óleo de Soja	0,004	2,744	5,483	0,044	2,784	5,523	0,027	2,766	5,506	0,009	2,749	5,489
Sal	0,522	0,524	0,525	0,522	0,524	0,525	0,522	0,524	0,525	0,522	0,524	0,525
DL-Metionina	0,320	0,326	0,331	0,163	0,169	0,174	0,231	0,237	0,242	0,299	0,305	0,310
L - lisina HCl	0,090	0,085	0,081	0,090	0,085	0,089	0,090	0,085	0,081	0,090	0,085	0,081
L-Valina	0,077	0,080	0,083	0,077	0,080	0,083	0,077	0,080	0,083	0,077	0,080	0,083
Cloreto de Colina	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
L-Treonina	0,064	0,066	0,067	0,064	0,066	0,067	0,064	0,066	0,067	0,064	0,066	0,067
Vitamina Postura	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Mineral Postura	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Triptofano	0,015	0,014	0,014	0,015	0,014	0,014	0,015	0,014	0,014	0,015	0,014	0,014
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Bacitracina de Zn	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Anticoccidiano (Poulcox)	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Total	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
Teores Esperados												
EM, kcal/kg	2755	2900	3045	2755	2900	3045	2755	2900	3045	2755	2900	3045
Proteína Bruta, %	14,54	14,50	14,46	14,44	14,40	14,37	14,48	14,44	14,41	14,52	14,48	14,45
Met+Cys, %	0,689	0,689	0,689	0,603	0,603	0,603	0,670	0,670	0,670	0,737	0,737	0,737
Cálcio, %	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020	4,020

Fósforo Disponível, %	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Ile Dig. Aves, %	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559
Lys Dig. Aves, %	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736	0,736
Met Dig. Aves, %	0,540	0,543	0,546	0,385	0,388	0,391	0,452	0,455	0,458	0,519	0,522	0,525
Thr Dig. Aves, %	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559
Trp Dig. Aves, %	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169
Val Dig. Aves, %	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699
Sódio, %	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225
Cloro, %	0,355	0,355	0,354	0,355	0,355	0,354	0,355	0,355	0,354	0,355	0,355	0,354
Potássio, %	0,609	0,609	0,609	0,609	0,609	0,609	0,609	0,609	0,609	0,609	0,609	0,609

[1]Ração formulada com base em aminoácidos digestíveis.[2] Premix 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 .[3] Premix vitamínico por kg de ração: Vit. A - 15.000.000 Ul, Vit. D_3 - 1.500.000 Ul, Vit. E - 15.000 Ul, Vit.B_1 - 2,0 g, Vit.B_2-4,0 g, Vit B6 - 3,0 g, Vit.B_{12} - 0,015 g, Ácido nicotínico - 25 g, Ácido pantotênico- 10 g, Vit.K_3 - 3,0 g, Ácido fólico- 1,0 g, Bacitracina de zinco - 10 g, Selênio - 250 mg.[4]Antioxidante BHT - 10 g, e veículo. q.s.p. - 1.000 g.

Na Tabela 3 encontram-se os níveis nutricionais avaliados no período de 45 a 65 semanas de idade das aves, de acordo com os tratamentos propostos.

Tabela 3. Ingredientes e composição química das dietas experimentais.

	Figueiredo Jr. (2013)			**Rostagno et al. (2011)**								
EM (kcal/kg)	**2.660**	**2.800**	**2.940**	**2.660**	**2.800**	**2.940**	**2.660**	**2.800**	**2.940**	**2.660**	**2.800**	**2.940**
M+C Dig %	**0,610**	**0,610**	**0,610**	**0,555**	**0,555**	**0,555**	**0,617**	**0,617**	**0,617**	**0,679**	**0,679**	**0,679**
Ingredientes												
Farelo de soja, 45%	20,650	20,740	20,540	20,820	20,660	20,770	20,960	20,500	20,760	20,830	20,520	20,430
Calcário	9,520	8,780	8,780	8,780	8,790	8,780	8,780	8,790	8,780	9,300	8,790	8,770
Fosfato Bicálcico	1,780	1,770	1,780	1,780	1,780	1,780	1,780	1,770	1,780	1,780	1,770	1,780
Sal	0,465	0,433	0,45	0,269	0,48	0,446	0,405	0,389	0,452	0,269	0,388	0,404
Óleo de soja	0,500	0,509	3,110	0,245	1,180	3,233	0,238	0,503	3,120	0,200	0,526	3,030
DL-Metionina	0,178	0,163	0,173	0,117	0,113	0,116	0,179	0,172	0,178	0,244	0,236	0,243
L - lisina HCl	0,114	0,113	0,125	0,039	0,04	0,039	0,034	0,04	0,039	0,039	0,04	0,047
Cloreto de colina	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
Mineral	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Vitamina	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
L-Treonina	0,072	0,058	0,069	0,015	0,012	0,014	0,013	0,009	0,014	0,015	0,01	0,018
L-Valina	0,093	0,018	0,045	0,027	0,024	0,026	0,025	0,021	0,026	0,028	0,021	0,03
Bicarbonato de sódio	0,000	0,066	0,043	0,311	0,000	0,050	0,110	0,133	0,042	0,311	0,134	0,111
Anticoccidiano	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Antioxidante	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Bacitracina de zinco	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Carbonato de potássio	0,120	0,150	0,150	0,051	0,160	0,150	0,150	0,100	0,150	0,060	0,110	0,130
Inerte	4,294	0,074	0,132	3,573	0,989	0,084	3,501	0,007	0,000	3,039	0,059	0,121
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Composição Química Calculada												
Energia Metabolizável aves, kcal/kg	2660	2800	2940	2660	2800	2940	2660	2800	2940	2660	2800	2940

PB, %	15,12	14,88	14,61	14,55	14,62	14,57	14,60	14,68	14,58	14,55	14,68	14,49
Met+cys dig, %	0,610	0,610	0,610	0,555	0,555	0,555	0,617	0,617	0,617	0,679	0,679	0,679
Lys dig, %	0,740	0,740	0,740	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678	0,678
Thr dig, %	0,562	0,562	0,562	0,515	0,515	0,515	0,515	0,515	0,515	0,515	0,515	0,515
Tripto dig, %	0,155	0,157	0,155	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156
Valina dig, %	0,703	0,645	0,615	0,644	0,644	0,644	0,644	0,644	0,644	0,644	0,644	0,644
sodio, %	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218
P disp, %	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420
cálcio, %	4,200	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900

[1]Ração formulada com base em aminoácidos digestíveis.[2] Premix 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 .[3] Premix vitamínico por kg de ração: Vit. A - 15.000.000 Ul, Vit. D_3 - 1.500.000 Ul, Vit. E - 15.000 Ul, Vit.B_1 - 2,0 g, Vit.B_2-4,0 g, Vit B6 - 3,0 g, Vit.B_{12} - 0,015 g, Ácido nicotínico - 25 g, Ácido pantotênico- 10 g, Vit.K_3 - 3,0 g, Ácido fólico- 1,0 g, Bacitracina de zinco - 10 g, Selênio - 250 mg.[4]Antioxidante BHT - 10 g, e veículo. q.s.p. - 1.000 g.

Resultados e Discussão

Fase Postura – 24 a 44 semanas de idade

A seguir estão os resultados de desempenho do experimento realizado na fase de produção entre 24 e 44 semanas (Tabela 4).

Tabela 4. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de ração (g/ave), a produção de ovos (%),o peso dos ovos (g), a massa de ovo, a conversão por massa de ovos (g/g) e a conversão por dúzia de ovos (kg/dz) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

EM, kcal/kg	CR (g)	PR (%)	PO (g)	MO	CMO (g/g)	CDZ (kg/dz)
2.755	98,32b	84,09b	57,35	48,24	2,045b	1,405b
2.900	93,32a	85,36ab	56,76	48,45	1,935a	1,313 a
3.045	94,22a	85,86 a	57,71	49,6	1,913a	1,319 a
M+C dig., %						
0,689	92,96a	84,72	56,34	47,75	1,955	1,318 a
0,603	97,87b	84,98	57,42	48,78	2,015	1,385b
0,67	95,41ab	85,61	57,18	48,99	1,961	1,339ab
0,737	94,91ab	85,12	58,16	49,53	1,926	1,340ab
EFEITO (P)						
EM	<.0001	0,033	0,484	0,233	0,003	<.0001
M+C	0,003	0,723	0,272	0,336	0,282	0,014
EM*M+C	0,003	0,009	0,312	0,092	0,006	<.0001
C.V., %	4,58	3,23	5,57	7,01	8,16	5,38

Na Tabela 5 estão os resultados encontrados para o consumo de ração das aves submetidas a este experimento, onde se observa que houve interação (P<0,05) somente nos grupos que continham 0,603% e 0,689% de M+C dig.

Tabela 5. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de ração (g/ave) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	98,93 a	90,86 b	89,09 b
0,603	102,74 a	92,52 b	98,35 a
0,670	95,46	95,36	95,41
0,737	96,17	94,55	94,00
Efeito da regressão fatorial	L (0,15) Q (0,39)	L (0,96) Q (0,27)	L (0,05) Q (0,0003)**

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<0,0025)
**Equação CR (EM105): $y=-0,0119x^2+2,0877x+6,9354$; $R^2=86,4$; Xmín: 98,8% ou 0,662% de M+C dig (y=96,09g)

A regressão fatorial teve um ajuste quadrático no nível de 3045 kcal/kg de EM, apresentando como ponto de inflexão o nível de 0,662% de M+C dig para o máximo consumo estimado.

Quanto menor o aporte energético na ração, mais o animal consome apara tentar saciar e atender os níveis nutricionais que o organismo requer. Quando isso não é alcançado, pode haver desvios de rotas metabólicas para que não haja comprometimento severo de tecidos corporais.

Um outro fator que pode ter um impacto negativo, no caso de aves de postura em deficiência nutricional severa seria a queda na produção como tentativa do organismo animal tentar não reduzir peso.

Para produção de ovos houve interação (P<0,05) nos níveis 0,603% de M+C dig. (maior produção quando associado ao nível de 2900 kcal/kg de EM) e 0,670% (maior produção de ovos no nível de 3045 kcal/kg de EM) avaliados (Tabela 6).

Tabela 6. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a produção de ovos (%) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,689	83,46	85,03	85,65
0,603	83,48 b	87,77 a	83,69 b
0,670	84,31 ab	84,10 b	87,90 a
0,737	84,60	84,54	86,22
Efeito da regressão fatorial	L (0,79) Q (0,78)	L (0,23) Q (0,17)	L (0,77) Q (0,29)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<0,0086)

Houve uma melhor porcentagem de produção nos grupos que foram submetidos às dietas com níveis intermediários de M+C dig. associados a valores não muito baixos de energia.

Na variável que correlaciona peso e produção dos ovos (massa de ovos) se percebe que houve interação também no nível de 0,737% M+C dig., apresentando maior produção quando associado ao nível de 3045 kcal/kg de EM (Tabela 7).

Tabela 7. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a massa de ovo das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,689	47,5	48,42	47,33
0,603	47,9	50,32	48,12
0,670	48,37	47,53	51,08
0,737	49,18 ab	47,53 b	51,89 a
Efeito da regressão fatorial	LQ (0,55)	L (0,36) Q (0,53)	L (0,23) Q (0,17)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Já se sabe que o aporte energético tem efeito direto no consumo de ração e indireto na persistência de produção de ovos.

Tal resultado comprova que quanto maior o nível de metionina, maior o peso dos ovos, principalmente quando associado a uma alta energia.

Na conversão por massa de ovos (CMO) houve interação (P<0,05) nos níveis de 0,689 e 0,603% de M+C dig., onde as melhores conversões encontraram-se nos grupos submetidos as energias de 2900 e 3045 kcal/kg (Tabela 8).

Tabela 8. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a conversão por massa de ovos (g/g) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	2,09 b	1,88 a	1,89 a
0,603	2,15 b	1,84 a	2,05 b
0,670	1,98	2,02	1,89
0,737	1,96	2,00	1,82
Efeito da regressão fatorial	L (0,17) Q (0,92)	L (0,43) Q (0,87)	L (0,04)** Q (0,32)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<0,0055)
**Equação CMO (EM105): $y=0,0008x^2-0,1697+10,867$; $R^2=95,2$; Xmáx: 106,1% ou 0,711% de M+C dig (y=1,868g/g)

Houve uma resposta com ajuste quadrático à regressão fatorial para essa variável, dentro do nível mais alto de EM testado, onde o nível estimado para recomendação de M+C dig. seria de 0,678% ou 1,2% acima da recomendação de Rostagno et al. (2011).

Para a conversão por dúzia de ovos houve interação (P<0,05) nos mesmos níveis da conversão por massa de ovo, e as melhores conversões também nos mesmos grupos. O ajuste quadrático para os níveis de M+C dig. se deu nos grupos que continham 3045 kcal/kg de EM, e o nível estimado para recomendação de M+C dig. seria de 0,767% ou 14,5% acima da recomendação proposta por Rostagno et al. (2011)As melhores conversões por massa e por dúzia de ovos encontraram-se nos tratamentos que tinham a recomendação proposta por Figueiredo Jr. (2013) e 10% abaixo da recomendação de Rostagno et al (2011) para metinina associado a 2900 kcal/kg, nível esse proposto por Rostagno et al. (2011) (Tabela 9).

Tabela 9. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a conversão por dúzia de ovos (kg/dz) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	1,42 b	1,28 a	1,25 a
0,603	1,48 b	1,27 a	1,41 b
0,670	1,35	1,36	1,30
0,737	1,37	1,34	1,31
Efeito da regressão fatorial	L (0,16) Q (0,55)	L (0,50) Q (0,83)	L (0,06) Q (0,0002)**

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Equação CDZ (EM105): $y=0,0002x^2-0,0498x+4,1375$; $R^2=85,8$; Xmáx: 114,5% ou 0,767% de M+C dig (y=1,04kg/dz)

O resultado de consumo de ração influenciou diretamente na conversão por dúzia de ovos, que se se apresentou melhor no grupo que combinou 0,689% de M+C digestível à EM de 2.900kcal/kg - recomendação sugerida por Figueiredo Jr. (2013). O tratamento que continha 0,603% de M+C digestível associado a 2.900 kcal/kg de EM, também apresentou conversão por dúzia de ovos satisfatória, não pela redução no consumo, mas pelo aumento significativo na produção de ovos.

Confirmando estes resultados, Bertechini et al. (2010) ao avaliar cinco níveis de M+C (entre 0,578 e 0,810%) observou aumento linear no consumo de ração, no ganho de peso, na porcentagem de gema e no extrato etéreo da gema, demonstrando a influência de M+C digestível para aumento no peso e no conteúdo dos ovos.

Em relação à EM, Ribeiro et al. (2013) ao avaliarem cinco níveis de EMAn (energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio) entre 2700kcal/kg e 3000kcal/kg, observou que o aumento da EMAn não exerceu efeito sobre a produção, a massa e o peso dos ovos, mas a conversão alimentar melhorou com o aumento nos níveis de EMAn. Tal resultado diferiu dos resultados encontrados no presente trabalho, que mostrou a influência dos níveis de EM para persistência na produção dos ovos.

O reflexo das piores conversões devido tanto ao menor consumo, como pela queda na produção nos níveis mais baixos de EM, demonstram que as aves provavelmente tiveram o nível de ingestão de nutrientes limitado pela densidade energética da ração, afetando negativamente a produção de ovos.

Lima et al. (2013) afirmaram que o baixo consumo de ração associado ao aumento nos níveis de energia metabolizável pode ser insuficiente para ingestão adequada de nutrientes, e consequentemente para a manutenção do peso dos ovos, demonstrando o ajuste que ocorre no metabolismo da ave, entre o consumo de ração e a energia ingerida, em detrimento dos processos reprodutivos, como o colesterol presente na gema dos ovos, essencial para o desenvolvimento do embrião.

Pesquisas recentes mostram que o nível energético da dieta não é o único fator determinante do consumo. O nível proteico e o perfil de aminoácidos da dieta influenciam as exigências dos aminoácidos não só pelo seu efeito no consumo de ração mas, principalmente, pela eficiência de deposição e a necessidade de excreção dos aminoácidos (Costa et al., 2014).

Dessa forma, cabe ao nutricionista avaliar a melhor recomendação de nutrientes na dieta, em especial, no perfil de aminoácidos e combinar esta recomendação ao nível adequado de EM que será fornecido, de acordo com a fase de produção da ave e nas condições ambientais as quais elas serão submetidas.

Reflexos positivos no desempenho do animal, no tamanho, peso e conteúdo dos ovos de poedeiras é possível com ajustes nutricionais simples como o fornecimento do nível ideal de suplementação dos aminoácidos sulfurosos e adequação no perfil de aminoácidos digestíveis, evitando desbalanços que comprometam a síntese proteica.

Como Leeson & Summers (2001) afirmaram, os aminoácidos são componentes essenciais nos ovos e constituem as moléculas proteicas presentes no albúmen e na gema, além de serem importantes para o desenvolvimento e manutenção corporal das aves.

Nas tabelas a seguir estão apresentados os resultados das variáveis de qualidade dos ovos, que correlacionou diferentes níveis de recomendação, tanto de M+C digestível como de EM (Tabela 10).

Tabela 10. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a gravidade específica (g/cm^3), a espessura da casca dos ovos (µm), a casca dos ovos (g), a gema dos ovos (g) e as porcentagens de albúmen, casca e gema (%) dos ovos das aves de 24 a 44 semanas de idade.

EM, kcal/kg	GE	ECASCA	CASCA	GEMA	%ALB	%CASCA	%GEMA
2.755	1,088	0,386	5,76	15,08	63,7	9,83	26,47
2.900	1,089	0,385	5,85	14,97	63,7	10,01	26,28
3.045	1,088	0,385	5,89	15,28	64,02	9,81	26,17
M+C dig., %							
0,689	1,088	0,388	5,75b	15,02	63,38	9,89a	26,73 a
0,603	1,087	0,377	5,68b	15,2	64,15	9,54b	26,31ab
0,67	1,088	0,384	5,96 a	15,17	63,7	9,99a	26,31ab
0,737	1,088	0,382	5,95 a	15,04	64	10,11a	25,88b
EFEITO (P)							
EM	0,439	0,996	0,07	0,304	0,396	0,062	0,416
M+C	0,493	0,495	<.0001	0,828	0,078	<.0001	0,022
EM*M+C	0,347	0,430	0,053	0,0004	0,239	0,012	0,043
C.V., %	0,32	10,69	3,72	5,36	1,7	3,81	3,47

Para espessura de casca não houve interação dos fatores testados, mas houve ajuste quadrático na regressão fatorial aplicada dentro do nível de 2755 kcal/kg de EM, onde o nível mínimo de x a ser estimado estaria em 6,2% acima da recomendação de Rostagno et al. (2011) para esta fase, ou seja, 0,712% de M+C dig. (Equação (EM95):

$y=-0,1745x^2+37,077x- 1568,4$; $R^2=85,8$; Xmín: 106,2% ou 0,712% de M+C dig (y=401,01 mm)).

Diante desse resultado propõe-se que quanto maior o consumo de nutrientes, maior o aporte para o organismo, reduzindo a eficiência de retirada de cálcio dos ossos para formação da casca. Como nesses tratamentos (2755 kcal/kg associado a 0,689% e 0,670% de M+C dig.) também se apresentaram piores conversões alimentares, pode ter ocorrido uma maior ineficiência metabólica do organismo, já que não era necessário maior reserva ou utilização de minerais, já que o organismo estava equilibrado quanto ao fornecimento dietético.

Para peso de casca, o menor resultado da interação significativa (P<0,05) se deu no grupo submetido à dieta contendo 0,603% de M+C digestível associado a 2.755 kcal/kg (Tabela 11).

Tabela 11. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a casca dos ovos (g) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,689	5,73	5,75	5,78
0,603	5,46 b	5,86 a	5,73a
0,670	5,97	5,93	5,98
0,737	5,90	5,87	6,07
Efeito da regressão fatorial	L (0,06) Q (0,19)	L (0,60) Q (0,31)	L (0,05) Q (0,47)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<0,0528)

Para peso de gema, os maiores resultados onde se teve interação (P<0,05) apareceram nos grupos submetidos às dietas contendo 0,737% de M+C digestível associado aos níveis de 2755 e 3045 kcal/kg de EM (Tabela 12).

Tabela 12. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a gema dos ovos (g) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,689	15,05	15,40	14,61
0,603	15,39	15,19	15,03
0,670	14,82	15,22	15,46
0,737	15,07 a	14,05 b	16,01 a
Efeito da regressão fatorial	L (0,93) Q (0,48)	L (0,003) Q (0,05)	L (0,08) Q (0,03)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<0,0004)

Para porcentagem de casca houve interação dos fatores avaliados somente no nível de 0,603% de M+C dig., e a maior porcentagem encontra-se no grupo que associa esse nível de aminoácido sulfuroso a 2900 kcal/kg de EM (Tabela 13).

Tabela 13. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a porcentagem de casca dos ovos (%) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	9,84	9,92	9,92
0,603	9,13 b	9,91 a	9,58 ab
0,670	10,10	10,08	9,78
0,737	10,25	10,14	9,95
Efeito da regressão fatorial	L (0,0003)** Q (0,07)	L (0,45) Q (0,70)	L (0,08) Q (0,27)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<0,0122)
**Equação %CASCA(EM95): $y=-0,0053x^2+1,1124x-47,991$; $R^2=96,8\%$; xmín: 104,9% ou 0,730% /M+Cdig. (y:10,38)

Houve também ajuste linear à regressão aplicada nos níveis de metionina + cistina testados, no nível de 2755 kcal/kg de EM.

Quando a resposta à regressão é linear, a representação é que os níveis estudados não tenha sido suficientes para encontrar a máxima resposta para propor uma recomendação.

Em contrapartida Schimidt et al. (2011) avaliando diferentes níveis de metionina + cistina na ração perceberam que os mesmos não afetaram significativamente as porcentagens de casca, gema e albúmen.

Sabe-se que os valores de casca e porcentagem de casca podem variar de acordo com o tamanho e peso dos ovos, que por sua vez variam com a idade e o desenvolvimento corporal em que as aves atingiram a maturidade sexual.

Silva et al. (2010) ao avaliarem diferentes níveis de suplementação de metionina + cistina e lisina encontraram que estes aminoácidos não influenciam as características que expressam a qualidade interna e externa dos ovos de poedeiras leves.

Os níveis energéticos e de suplementação de M+C digestível na ração refletem no peso e conteúdo dos ovos, pois a exigência de mantença nesta fase não é alterada significativamente, sendo desviado o excesso dos compostos no organismo tanto para produção como para a excreção no meio ambiente. Contudo, a genética e as condições ambientais de criação da ave pode limitar a resposta fisiológica.

A qualidade do ovo depende da qualidade da casca, pois esta funciona como uma embalagem especial do conteúdo do ovo, com funções essenciais como proteção do embrião, devendo ser suficientemente resistente para suportar os impactos da postura, coleta, classificação e transporte até alcançar o consumidor final (Pelícia et al., 2007).

Como os resultados para interação apresentaram-se satisfatórios em vários tratamentos, pode-se sugerir que o menor nível de recomendação avaliado de M+C (0,603%) associado ao nível de EM sugerido por Rostagno et al. (2011) de 2.900kcal/kg como sendo o mais próximo do valor adequado para aumentar o peso e porcentagem de casca e consequentemente melhorar a qualidade externa do ovo.

De acordo com os autores supracitados pode-se inferir que a resposta no peso de gema é influenciada pelos níveis de metionina + cistina testados. E de acordo com Lima et al. (2013), o consumo diário de energia tem influencia direta na regulação do consumo de aminoácidos e não diretamente na formação da gema.

Costa et al. (2004) não encontraram diferenças significativas no peso e percentagem de gema quando avaliaram dietas com níveis de 2700, 2800 e 2900 kcal / EM e proteína bruta de 17,5% em galinhas poedeiras. Concordando com esta afirmação, Moura et al. (2010) citaram que a densidade energética da dieta parece exercer pouca influência sobre a formação da gema.

Tabela 14. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a porcentagem de gema dos ovos (%) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2755**	**2900**	**3045**
0,689	26,53	27,07	26,57
0,603	26,93	26,02	25,98
0,670	26,24	26,74	25,95
0,737	26,17	25,30	26,18
CV		3,47	
Efeito da regressão fatorial	L (0,33) Q (0,74)	L (0,02) Q (0,0006)	L (0,45) Q (0,24)

*EM*M+C dig.: (P<0,0434)

Silva et al. (2010) ao avaliarem diferentes níveis de suplementação de metionina + cistina e lisina encontraram que estes aminoácidos não influenciam as características que expressam a qualidade interna e externa dos ovos de poedeiras leves.

Barreto et al. (2007) afirmaram que o aumento dietético no nível de energia metabolizável não resulta em um aumento da concentração de colesterol na gema.

Os níveis energéticos e de suplementação de M+C digestível na ração refletem no peso e conteúdo dos ovos, pois a exigência de mantença nesta fase não é alterada significativamente, sendo desviado o excesso dos compostos no organismo tanto para produção como para a excreção no meio ambiente. Contudo, a genética e as condições ambientais de criação da ave pode limitar a resposta fisiológica.

Nas tabelas a seguir têm-se os resultados para o peso dos órgãos das aves submetidas às dietas deste experimento, onde se observa que não houve interação dos fatores testados para as variáveis analisadas, exceto para gordura celomática.

Na Tabela 15 se observa que não houve efeito significativo da regressão fatorial e nem interação para peso vivo das aves.

Tabela 15. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso vivo absoluto (kg/ave), peso sem vísceras absoluto (kg/ave), fígado (kg/ave), baço (kg/ave), gordura celomática (kg/ave) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

EM, kcal/kg	PV	PSV	FIG	BAÇO	GC
2.755	1,615 ab	1,375	0,0434	0.00017	0.0475 b
2.900	1,545 b	1,142	0,0391	0.00017	0.0512 b
3.045	1,693 a	1,187	0,0422	0.00017	0.0759 a
M+C dig., %					
0,689	1,643	1,173	0,0418	0,00018	0,0586
0,603	1,636	1.476	0,0403	0,00017	0,0662
0,67	1,562	1,117	0,0453	0,00016	0,0459
0,737	1,611	1,152	0,0399	0,00016	0,0568
EFEITO (P)					
EM	0,013	0,438	0,097	0,846	0,0003
M+C	0,488	0,328	0,226	0,331	0,119
EM*M+C	0,748	0,597	0,594	0,677	0,619
C.V., %	12,47	66,67	21,98	25,57	51,69

Dentre os aminoácidos, a metionina é um dos que possui menor taxa de excreção, sendo eficientemente reabsorvida (95-99%) por diversos tecidos do organismo (Oliveira Neto, 2014).

O mesmo autor afirma que estudos recentes mostram intenso metabolismo esplâncnico (estômago, intestinos, pâncreas e baço) deste aminoácido, além de intensa atividade hepática.

Percebe-se que os níveis de gordura abdominal na fase de postura foram baixos, pois parte do excesso de energia que foi consumido proporcionou o aumento na produção de ovos e pode auxiliar no aumento do peso de ovo, além de alterar o perfil histomorfométrico hepático e uterínico.

Tais respostas evidenciam que, como não houve alterações significativas no peso dos orgãos avaliados (fígado e baço), as diferenças no peso dos animais podem estar ligadas ao acúmulo de gordura abdominal, pelo excesso de energia no organismo da ave. Essa afirmação é confirmada pela resposta encontrada para gordura celomática, que

tem os seus maiores valores nos tratamentos que também tiveram maior nível de energia dietética (3045 kcal/kg).

Na Tabela 16 estão dispostos os resultados dos efeitos principais da interação dos fatores analisados nas dietas para histomorfometria intestinal das aves, entre 24 e 44 semanas.

Tabela 16. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a altura das vilosidades intestinais (µm), a largura das vilosidades intestinais (µm), a profundidade de cripta (µm) e a relação vilo:cripta das aves de 24 a 44 semanas de idade.

EM, kcal/kg	Altura vilo	Largura vilo	Profundidade de cripta	Relação vilo:cripta
2.755	16151,1 ab	2078,67 b	3078,46 a	5,557
2.900	15415,9 b	2048,34 b	2881,48 b	5,727
3.045	16810,8 a	2281,39 a	3082,03 a	5,802
M+C dig., %				
0,689	16008,2 ab	2026,79	3127,63 a	5,424 b
0,603	16900,4 a	2216,24	2817,05 b	6,303 a
0,67	15437,4 b	2167,07	3348,03 a	4,880 b
0,737	16084,6 ab	2127,12	2761,11 b	6,156 a
EFEITO (P)				
EM	0,0002	0,005	0,012	0,77
M+C	0,005	0,113	<.0001	<.0001
EM*M+C	<.0001	0,033	<.0001	<.0001
C.V., %	17,55	3,5	21,72	30,04

Quando se compara dentro de cada nível de M+C dig. os níveis de EM percebe-se que houve interação (P<0,05) em todos os grupos testados, exceto no nível de 0,603% de M+C dig., ficando os maiores resultados de altura de vilo no grupo que recebeu 0,689% de M+C dig. associado a 3045 kcal/kg (Tabela 17).

Tabela 17. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a altura das vilosidades intestinais (µm) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	15127,0 b	14187,0 b	18489,0 a
0,603	17893,0	16419,0	16524,0
0,670	15561,0 b	13397,0 c	17747,0 a
0,737	16094,0 a	17542,0 a	14436,0 b
Efeito da regressão fatorial	L (0,17) Q (0,0009)**	LQ (<.0001)	LQ (<.0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação ALT (EM95): $y=7,4253x^2-1604,2x+102041$; $R^2=82,9$; Xmáx: 108% ou 0,724% de M+C dig ($y=15396,10$ µm)

Observa-se ajuste quadrática dos níveis de M+C dig. dentro do nível de 2755 kcal/kg de EM para a altura das vilosidades intestinais, ficando o nível estimado para

recomendação de M+C dig. em 0,724% ou 8% acima da recomendação de Rostagno et al. (2011).

Ocorreu resposta quadrática dos níveis de M+C dig. dentro do nível de 2900 kcal/kg de EM para largura de vilosidades intestinais, e o nível estimado para recomendação seria de 0,652% de M+C dig.

Quando se comparou dentro de cada nível de M+C dig. os níveis de EM percebeu-se que, mais uma vez, no nível mais baixo de M+C dig., ou seja, 0,603% não houve interação, ficando os maiores resultados de largura de vilosidades no grupo que recebeu 0,689% e 0,670% de M+C dig. associados a 3045 kcal/kg (Tabela 18).

Tabela 18. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a largura das vilosidades intestinais (µm) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	1884,66 b	1817,85 b	2344,43 a
0,603	2283,88	2151,74	2220,58
0,670	1958,88 b	2183,06 ab	2430,21 a
0,737	2194,32	2044,68	2150,55
Efeito da regressão fatorial	L (0,79) Q (0,008)	L (0,20) Q (0,04)**	L (0,24) Q (0,18)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<0,0330)
**Equação Equação LARG (EM100): $y=-1,4718x^2+286,36x-11707$; $R^2=92,5$; Xmín: 97,3% ou 0,652% de M+C dig (y=2221,87 µm)

Criptas rasas indicam uma absorção intestinal eficiente, necessitando de poucos nutrientes para a renovação celular. Dessa forma, as células intestinais se tornam mais maduras e consequentemente a produção enzimática e a absorção de nutrientes se tornam mais eficazes.

Quando se compara dentro de cada nível de M+C dig. os níveis de EM percebe-se que também não houve interação nos níveis de 0,603% e 0,689% de M+C dig., ficando os menores resultados de profundidade de cripta no grupo que recebeu 0,670% e 0,737% de M+C dig. associado a 2900 kcal/kg (Tabela 19).

Tabela 19. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a profundidade de cripta (µm) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	3080,17	3269,63	3027,81
0,603	2752,69	2940,76	2753,94
0,670	3495,99 a	2956,31 b	3622,88 a
0,737	2902,19 a	2375,79 b	3049,12 a
Efeito da regressão fatorial	L (0,11) Q (0,02)**	L (0,0003) Q (<.0001)	L (0,26) Q (0,08)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Equação CRIP(EM95): $y=-4,16x^2+850,16x-40034$; $R^2=67,2$; Xmín: 102,2% ou 0,685% de M+C dig (y=3401,82 µm)

Para profundidade de cripta têm-se uma resposta quadrática dos níveis de M+C dig. dentro do nível de 2755 kcal/kg de EM, e o nível estimado para x foi de 0,685% de M+C dig.

Quanto mais alta a relação vilo:cripta, melhor é a absorção de nutrientes e menor as perdas energéticas com renovação celular (Arruda et al., 2008).

Nesse estudo, a relação vilo:cripta encontrou ajuste quadrático em todos os níveis de M+C dig, estando a faixa de recomendação de M+C dig. entre 0,679 e 0,700%.

Quando se comparou dentro de cada nível de M+C dig. os níveis de EM só não houve interação no nível de 0,670% de M+C dig., nível esse recomendado por Rostagno et al. (2011) (Tabela 20).

Tabela 20. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação vilo:cripta das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	5,07 b	4,52 b	6,59 a
0,603	6,96 a	5,81 b	6,22 ab
0,670	4,66	4,79	5,29
0,737	5,70 b	7,70 a	4,89 b
Efeito da regressão fatorial	L (0,59) Q (<.0001)**	LQ (<.0001)	L (0,07) Q (0,02)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação VIL:CRIP(EM95): $y=0,0102x^2-2,1299x+115,98$; $R^2=77,5$; Xmáx: 104,4% ou 0,700% de M+C dig (y=4,79).

Borsa et al. (2006) afirmaram que os valores de referência do perfil bioquímico em aves comerciais são escassos na literatura mundial e a falta de padronização quanto a atividade produtiva, linhagem, período, região, nutrição, dentre outros fatores, dificultam a interpretação dos resultados de pesquisa sorológica.

Dessa maneira, na Tabela 21 encontram-se os resultados desse estudo para as variáveis sorológicas.

Tabela 21. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da alanina aminotransferase (U/L), aspartato aminotransferase (U/L), gamma-glutamiltransferase (U/L), creatinina (mg/dL), albumina (g/dL), proteínas totais sérica (g/dL), glicose (g/dL) e o ácido úrico sérico (mg/dL) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

EM, kcal/kg	ALT	AST	GGT	ALBUM	PTN	CREA	GLI	AU
2.755	45,53 a	180,83 a	14,88	2,52 b	5,25 b	0,193 b	226,58	4,50 b
2.900	31,38 b	167,38 b	15,23	2,55 b	5,44 b	0,218 a	241,9	4,39 b
3.045	28,08 c	148,35 c	15,2	2,81 a	5,84 a	0,165 c	304,58	4,83 a

M+C dig., %								
0,689	40,37 b	185,30 a	16,07 a	2,53 b	5,30 b	0,223 a	309,87	4,19 c
0,603	27,97 c	141,97 c	14,60 b	2,72 a	5,47 b	0,203 a	243,17	4,55 b
0,67	42,70 a	184,77 a	15,80 a	2,76 a	5,83 a	0,143 b	247,57	5,54 a
0,737	27,60 c	150,03 b	13,93 b	2,48 b	5,44 b	0,197 a	230,13	4,01 c
EFEITO (P)								
EM	<.0001	<.0001	0,446	<.0001	<.0001	<.0001	0,173	0,0005
M+C	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0,401	<.0001
EM*M+C	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0,01	0,603	<.0001
C.V., %	9,25	7,26	9,06	4,97	7,13	23,33	76	10,97

De acordo com Jardim Filho et al. (2010), a determinação de proteínas totais, albumina, enzimas transaminases e creatinina plasmáticas podem expressar interferências metabólicas relacionadas aos compostos nitrogenados.

Para alanina aminotransferase (ALT), o ajuste foi quadrático nos níveis de M+C dig. dentro do nível de 2900 e 3045 kcal/kg de EM, e os níveis estimados para x encontram-se entre 0,682 e 0,735% de M+C dig (Tabela 22).

Tabela 22. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da alanina aminotransferase (U/L) presente no soro das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	58,90 a	35,50 b	26,70 c
0,603	27,70 b	23,00 c	33,20 a
0,670	79,30 a	32,70 b	16,10 c
0,737	16,20 b	34,30 a	32,30 a
Efeito da regressão fatorial	LQ (<.0001)	LQ (<.0001)**	LQ (<.0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
**Equação ALT(EM100): $y=-0,0311x^2+6,8219x-339,06$; $R^2=98,6$; Xmín: 109,7% ou 0,735% de M+C dig (y=35,04 U/L).

No que se refere aos parâmetros de atividade enzimática nos diferentes tecidos, nem sempre há relação com os níveis plasmáticos.

Segundo Cândido (2008), apesar da ALT ser altamente ativa no tecido hepático, elevações plasmáticas são incomuns em doença hepatocelular bem documentada, e os produtos da lesão celular renal geralmente são eliminados pela urina (Lumeij, 1997).

Os maiores resultados de alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST) estão no tratamento que continham 0,670% de M+C digestível, ou seja, a recomendação sugerida por Rostagno et al. (2011) para M+C dig. e o nível mais baixo de EM (5% abaixo da recomendação de Rostagno et al. (2011) - 2.755kcal/kg) (Tabela 23).

Tabela 23. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da aspartato aminotransferase (U/L) presente no soro das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	185,60 b	204,60 a	165,70 c
0,603	149,70 a	131,60 b	144,60 a
0,670	252,30 a	166,20 b	135,80 c
0,737	135,70 b	167,10 a	147,30 b
Efeito da regressão fatorial	LQ (<.0001)	LQ (<.0001)**	L (0,03) Q (0,0002)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação AST(EM100): $y=0,0108x^2+0,3674x+13,047$; $R^2=80,8$; Xmín: 117% ou 0,784% de M+C dig (y=209,92U/L)/ Equação AST(EM105): $y=0,1465x^2-28,975x+1566,2$; $R^2=93,2$; Xmáx: 98,9% ou 0,663% de M+C dig (y=133,52U/L)

Houve ajuste quadrático ao modelo de regressão fatorial aplicada nos níveis de 2900 e 3045 kcal/kg de EM, e a recomendação de M+C dig. está entre 0,663 e 0,784%, respectivamente.

Para gama glutamiltransferase (GGT) também houve interação (P<0,05) para os grupos testados, exceto no nível recomendado por Rostagno et al. (2011) o maior resultado foi encontrado no tratamento que continha 0,689% associado também ao menor nível de EM (2755 kcal/kg).

Tabela 24. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da gamma-glutamiltransferase (U/L) presente no soro das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	18,40 a	14,40 b	15,40 b
0,603	15,40 a	15,30 a	13,10 b
0,670	15,50	15,30	16,60
0,737	10,20 b	15,90 a	15,70 a
Efeito da regressão fatorial	LQ (<.0001)	L (0,42) Q (0,04)	L (0,11) Q (0,007)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação GGT(EM105): $y=-0,0186x^2+3,8663x-184,09$; $R^2=97,3$; Xmín: 103,9% ou 0,696% de M+C dig (y=16,83 U/L)

O ajuste foi quadrático dos níveis de M+C dig., dentro do nível de 3045 kcal/kg de EM, e o valor estimado para recomendação foi de 0,696% de M+C dig. ou 3,9% acima da recomendação sugerida por Rostagno et al. (2011) (Tabela 24).

Para creatinina, que está ligada a excreção de metabólitos nitrogenados, a interação apresentou o maior valor no tratamento que continha 0,689% associado à EM de 2755 kcal/kg.

Houve ajuste quadrático para todos os níveis de M+C dig., dentro de cada nível de EM testado, e a faixa de recomendação de acordo com a regressão aplicada encontra-se entre 0,687 e 0,724% de M+C dig. (Tabela 25).

Tabela 25. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da creatinina (mg/dL) presente no soro das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	0,24 a	0,26 a	0,17 b
0,603	0,18 b	0,23 a	0,20 ab
0,670	0,15 a	0,18 a	0,10 b
0,737	0,20	0,20	0,19
Efeito da regressão fatorial	LQ (0,012)**	L (0,83) Q (0,04)**	L (0,02) Q (0,04)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<0,0103)
**Equação CREAT (EM95): $y=0,0004x^2-0,0865x+4,4168$; $R^2=99,5$; Xmáx: 108,1% ou 0,724% de M+C dig (y=0,26 mg/dL)/ Equação CREAT (EM100): $y=-0,0005x^2-0,1038x+5,4047$; $R^2=88,2$; Xmáx: 103,8% ou 0,695% de M+C dig (y=0,17mg/dL).

O rim das aves elimina produtos nitrogenados e auxilia na homeostase eletrolítica do plasma, sendo o ácido úrico o principal produto sintetizado no fígado e em menor grau no rim a partir do metabolismo das purinas (geradas pelo metabolismo do aspartato, glutamina e glicina) (Sturkie, 1986).

Para albumina e proteínas totais, que estão ligadas ao transporte de compostos proteicos e manutenção da pressão osmótica, tem-se os maiores valores da interação (P<0,05) dos níveis testados os grupos que receberam o nível mais alto de energia na dieta (3045 kcal/kg), associado ao nível de 0,670% e 0,737% de M+C digestível, que seria a recomendação e 10% acima da recomendação sugerida por Rostagno et al. (2011). Houve resposta quadrática da regressão fatorial para os níveis de 2900 e 3045 kcal/ kg de EM, e a recomendação é de 0,681% de M+C dig. (Tabela 26).

Tabela 26. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da albumina (g/dL) presente no soro das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	2,63 a	2,43 b	2,53 ab
0,603	2,79	2,71	2,67
0,670	2,66 b	2,55 b	3,08 a
0,737	1,98 c	2,51 b	2,94 a
Efeito da regressão fatorial	L (<.0001) Q (0,0004)	L (0,006) Q (0,0002)**	L (0,88) Q (0,0001)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação ALB(EM100): $y=0,0002x^2-0,0567x+5,9831$; $R^2=94,6$; Xmáx: 141,8% ou 0,950% de M+C dig (y=1,96 g/dL)/ Equação ALB(EM105): $y=-0,0038x^2-0,7725x-35,946$; $R^2=90,3$; Xmáx: 101,6% ou 0,681% de M+C dig (y=3,31 g/dL)

Houve também ajuste quadrático da regressão fatorial para proteínas totais, nos níveis de 2900 e 3045 kcal/ kg de EM, e a recomendação seria de 0,681% de M+C dig. (Tabela 27).

Tabela 27. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade das proteínas totais sérica (g/dL) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	5,46	5,26	5,17
0,603	5,17 b	5,75 a	5,48 ab
0,670	5,91 a	5,47 b	6,12 a
0,737	4,44 c	5,28 b	6,60 a
Efeito da regressão fatorial	LQ (<.0001)	L (0,02) Q (0,06)**	LQ (<.0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação PTN(EM100): $y=0,0005x^2-0,1291x+13,079$; $R^2=99,9$ (y=4,75g/dL)

Os principais fatores que afetam as concentrações das proteínas totais nas aves são a idade, a sazonalidade, as condições de manejo e doenças (Lumeij, 1997). Logo as respostas encontradas nesse estudo nutricional não evidenciam resposta direta nessas variáveis.

Schimidt et al. (2007) afirmaram que a produção de ovos pode alterar a concentração de proteínas totais, inclusive de albumina.

Para as proteínas corporais responsáveis pelo transporte de hormônios e outros compostos, além da manutenção da osmolaridade deve-se ter associado ao nível dietético adequado de aminoácidos, uma quantidade favorável de energia para que sejam formados esses produtos do metabolismo proteico e energético.

Na Tabela 28 têm-se os resultados da atividade do ácido úrico sérico, que mostra uma resposta quadrática à regressão nos níveis de aminoácidos sulfurosos dentro de cada nível de EM somente para o nível de 3045 kcal/kg,e o nível estimado para x seria o de 0,678% de M+C dig. Além disso, houve interação de todos os níveis de M+C dig. testados com os valores das energias avaliadas.

Tabela 28. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade do ácido úrico sérico (mg/dL) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	4,86 a	4,38 a	3,32 b
0,603	4,50 b	5,11 a	4,04 b
0,670	5,16 b	5,17 b	6,29 a
0,737	3,47 b	2,90 c	5,65 a
Efeito da regressão fatorial	LQ (<.0001)	L (<.0001) Q (0,15)	L (0,38)Q (<.0001)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação AU(EM105): $y=-0,0209x^2+4,2324x-207,7$; $R^2=88,4$; Xmín: 101,3% ou 0,678% de M+C dig (y=6,57 mg/dL)

Como as alterações, tanto enzimáticas como de proteínas totais, não seguiram um padrão de resposta de acordo com as variações dietéticas decorrentes das diferentes

combinações dos níveis de metionina+cistina digestível e energia metabolizável fornecidos na dieta, pode-se inferir que não houve correlação direta da quantidade de aminoácidos ou energia fornecidos que interferisse no perfil enzimático sérico das aves estudadas.

Como a influência da M+C sobre os parâmetros de produção de ovos, bem como a densidade energética da ração influenciam diretamente a persistência desses ovos, foram avaliados também as características do aparelho reprodutor dessas aves submetidas às diferentes combinações dietéticas de M+C digestível e EM (Tabela 29).

Tabela 29. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o perímetro de dobra uterina (µm), a largura de dobra uterina (µm) e a altura de dobra uterina (µm) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

EFEITO (P)	Perímetro de DU	Altura DU	Largura DU
EM	<.0001	<.0001	<.0001
M+C	<.0001	<.0001	<.0001
EM*M+C	<.0001	<.0001	0,012
C.V., %	20,09	23,74	17,34

No magno não foram encontrados diferenças significativas quanto às imagens (parâmetro qualitativo) dessas aves, portanto não foram realizadas as análises quantitativas para as fases de produção (de 24 a 44 semanas e de 45 a 65 semanas).

Para as variáveis histomorfométricas de útero podemos observar que no comprimento de dobra uterina só não houve interação nos tratamentos que continham 0,603% de M+C dig., e que houve resposta quadrática dentro dos níveis de 2755 e 2900 kcal/kg de EM, estimando a faixa de recomendação para metionina+cistina digestível entre 0,650 e 0,670% para esta variável (Tabela 30).

Tabela 30. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o perímetro de dobra uterina (µm) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	79216 a	56555 b	51722 b
0,603	57212	65253	65658
0,670	51440 b	59963 b	82100 a
0,737	63546 b	60832 b	108208 a
CV		20,09	
Efeito da regressão fatorial	L (0,04) Q (0,002)**	L (0,07) Q (<.0001)**	L (0,0007) Q (<.0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação COMP (EM95): $y=124,45x^2-24438x+1E+06$; $R^2=95,5$; Xmáx: 98,2% ou 0,650% de M+C dig (y=1199,23 µm)/ Equação COMP(EM100): $y=7,2992x^2-1780,4x+166066$; $R^2=77,2$; Xmáx: 121,96% ou 0,617% de M+C dig (y=57498,48 µm)

Para a largura de dobras uterinas se observa que houve interação (P<0,05) dos fatores testados na dieta sobre esta variável nos níveis de 0,689% e 0,670% de M+C

dig., e que houve resposta quadrática dentro dos níveis de 2900 e 3045 kcal/kg de EM, estimando assim 0,638 e 0,660% de M+C dig. para o valor mínimo de x (Tabela 31).

Tabela 31. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a largura de dobra uterina (µm) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	770,51 a	468,55 b	326,53 b
0,603	7231,5	6757,03	6456,49
0,670	6744,90 ab	5295,90 b	7373,96 a
0,737	6045,57	6193,16	6516,40
CV		23,74	
Efeito da regressão fatorial	L (0,17) Q (0,97)	L (0,32) Q (<.0001)	L (0,05) Q (<.0001)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
** Equação LARG (EM105): $y=-31,748x^2+6255,7x-299688$; $R^2=73,8$; Xmín: 98,5% ou 0,660% de M+C dig (y=18471 µm)

Não necessariamente uma dobra uterínica que tenha menor perímetro é mais baixa, pois elas não seguem um padrão de forma geométrica. Ela pode ter uma maior quantidade de invaginações e ser mais baixa, como pode ser mais alta com uma menor quantidade de invaginações.

Para a altura da dobra uterina houve interação (P<0,05) dos fatores testados na dieta para todos os grupos, além de resposta quadrática à regressão fatorial aplicada nos níveis de aminoácidos sulfurosos testados, dentro de cada um dos níveis de EM que foram avaliados, estimando para x os valores entre 0,611 e 0,671% de M+C dig. para mínima resposta da variável analisada (Tabela 32).

Tabela 32. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a altura de dobra uterina (µm) das aves de 24 a 44 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2755	2900	3045
0,689	27892 b	38754 a	37734 a
0,603	18111 b	27722 a	24029 ab
0,670	17222 b	22869 ab	27974 a
0,737	17576 b	21477 b	28651 a
CV		17,34	
Efeito da regressão fatorial	L (0,57) Q (0,0002)	L (0,53) Q (<.0001)	L (0,11) Q (<.0001)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<0,1212)
**Equação ALT(EM105): $y=22,623x^2-4128,4x+212839$; $R^2=76$; Xmáx: 91,2% ou 0,611% de M+C dig (y=24494 µm)

Os resultados quantitativos de dobra uterínica mostram os melhores resultados nos maiores níveis de M+C digestível e de EM o que já era esperado nesta fase de intensa produção de ovos, onde a glândula da casca, presente no útero, precisa secretar

uma maior quantidade de carbonato de cálcio, necessitando assim de uma maior quantidade de nutrientes disponível para atender sua demanda.

Lima et al. (2012) também encontraram maior quantidade e maior desenvolvimento de dobras uterínicas secundárias quando suplementaram triptofano na dieta de poedeiras, além de hiperplasia do órgão.

O grau de esteatose hepática tende a aumentar quanto maior for o nível de EM na dieta, principalmente quando combinado a um menor nível de M+C digestível, pois ocorre um desbalanço no perfil nutricional, acarretando alterações no metabolismo hepático.

Foram encontrados os quatros valores (de 0 a 3) para grau de esteatose, sendo o grau 0, sem a presença de gotículas de gordura no fígado, e o grau 2, o que contém maior quantidade dessas gotículas (Figura 1).

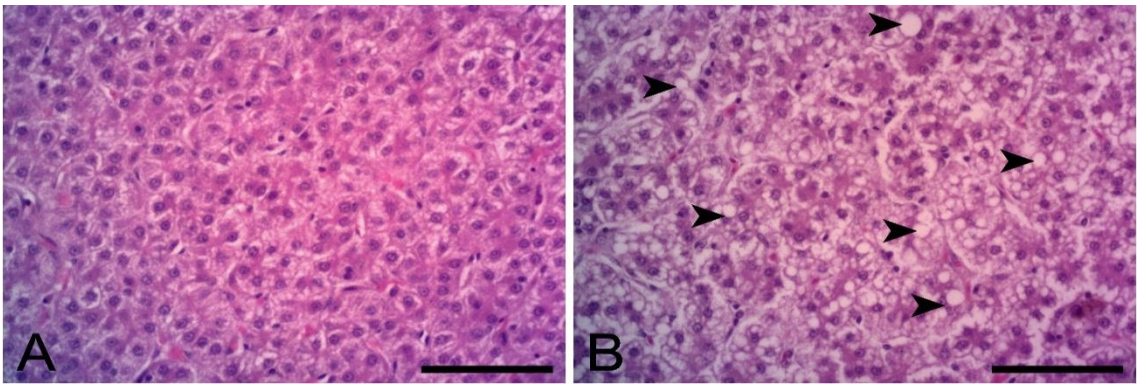

Figura 3. Fotomicrografia hepática do grau de esteatose (A - grau 0 e B- grau 2) nas aves com 44 semanas de idade (barra de 100 µm).

Bunchasak & Silaspasorn (2005) afirmaram que o aumento de gordura no fígado pode ocorrer também pela maior síntese de estrogênio no ovário, em detrimento das altas taxas de produção de ovos nesta fase.

O grau 2 (cor roxa) foi maior no tratamento controle, ou seja, no tratamento 8 (combinou 0,670% M+C dig. associado à 2900 kcal/kg de EM, recomendação de Rostagno et al. (2011) tanto paea M+C dig. quanto para EM). E para a ausência de esteatose hepática (grau 0 – cor vermelha) têm-se os tratamentos 1 e 2 se destacando (0,689% de M+C dig. (nível recomendado por Figueiredo Jr. (2013) associado a 2755 e 2900 kcal/kg de EM) (Figura 2).

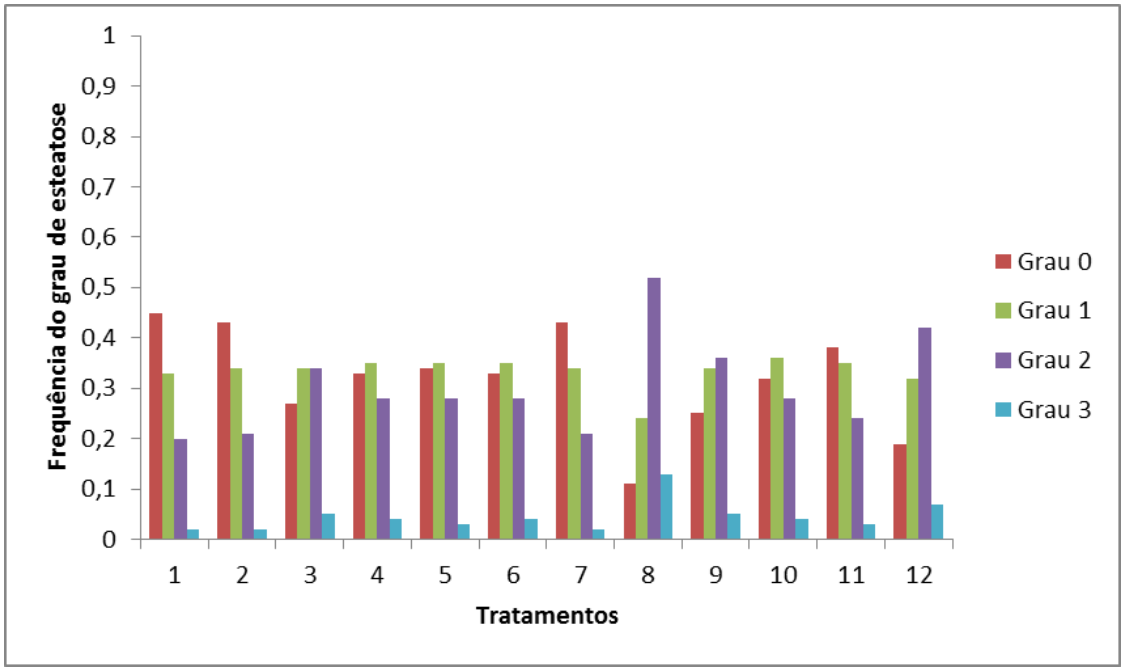

Figura 2. Frequência (%) das notas de 0 a 3 para grau de esteatose hepática das aves de 24 a 44 semanas submetidas às dietas com contendo diferentes níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM).

Como na postura todos os orgãos e sistemas estão desenvolvidos, o excedente de glicogênio hepático, que nas fases de crescimento podem ser usado como substrato energético, começa a se acumular no fígado e ser destinada a maior produção de estrogênio, que aumentaria assim, a produção de ovos. Tal acúmulo pode elevar o grau de esteatose hepática.

Fase Postura – 45 a 65 semanas de idade

Na Tabela 33 encontram-se os dados das variáveis de desempenho.

Tabela 33. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de ração (g/ave), a produção de ovos (%),o peso dos ovos (g), a massa de ovo, a conversão por massa de ovos (g/g) e a conversão por dúzia de ovos (kg/dz) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

EM, kcal/kg	CR (g)	PR (%)	PO (g)	MO	CMO (g/g)	CDZ (kg/dz)
2.660	119,06c	83,03	61,93	51,42	2,321b	1,724b
2.800	112,98b	83,34	61,63	51,36	2,211 a	1,630a
2.940	110,16a	83,53	61,51	51,41	2,152 a	1,586a
M+C dig., %						
0,61	113,88	83,78 ab	61,08	51,19 ab	2,230ab	1,633 ab
0,555	114,46	85,04 a	62,19	52,9 a	2,173 a	1,620 a
0,617	114,34	81,5 b	61,29	49,95 b	2,292b	1,685 b
0,679	113,58	82,88 ab	62,2	51,55 ab	2,209ab	1,648 ab

EM	<.0001	0,885	0,619	0,997	<.0001	<.0001
M+C	0,843	0,029	0,046	0,015	0,016	0,047
EM*M+C	0,003	0,006	0,091	0,015	0,047	0,058
C.V. (%)	3,13	4,6	2,63	5,58	5,38	4,74

Para a fase produção entre 45 e 65 semanas, na variável consumo de ração se observou que houve interação dos fatores energia metabolizável (EM) e metionina + cistina digestível (M + C dig.), estando os menores valores nos grupos que tiveram maior nível de energia na dieta, independente do nível de M+C dig. testado. Mesmo assim não houve resposta significativa à regressão fatorial nos níveis de M+C dig. dentro dos níveis de energia testados (Tabela 34).

Tabela 34. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de ração (g/ave/dia) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2660**	**2800**	**2940**
0,610	119,42 a	115,18 a	107,03 b
0,555	118,42 a	114,61 ab	110,36 b
0,617	117,70 a	112,22 b	113,09 b
0,679	120,69 a	109,89 b	110,16 b
Efeito da regressão fatorial	Q (0,69)	Q (0,27)	Q (0,19)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. (P<.0,0034)

É provável que esse menor consumo de alimento tenha ocorrido pela combinação da maior densidade energética da ração, associada ao nível mais baixo de metionina+cistina suplementado, que desbalanceou o perfil de aminoácidos.

Esse resultado refletiu na pior produção de ovos, comprovando que o consumo de alimento não foi suficiente para manter a ótima produção, mas não chegou a prejudicar significativamente o peso dos ovos (Tabela 35).

Tabela 35. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a produção de ovos (%) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2660**	**2800**	**2940**
0,610	84,75 a	86,74 a	79,84 b
0,555	84,87	83,60	86,65
0,617	80,53	81,94	82,02
0,679	81,96	81,08	85,60
Efeito da regressão fatorial	Q (0,04)	Q (0,51)	Q (0,02)**

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. (P<0,0057)
**Equação PR(EM105): $y=0,0523x^2-10,515x+608,94$; $R^2=91,3$; Xmáx: 100,5% ou 0,683% de M+C dig (y=80,43%)

Houve interação do nível de 0,610% de M+C dig. associado com a EM, estando a produção mais baixa no grupo que recebeu a dieta que combinava esse nível de aminoácido sulfuroso na dieta com 2940 kcal/kg de EM.

Também houve ajuste à regressão de forma quadrática apenas para os grupos que continham 2940 kcal/kg, nível mais alto de EM avaliado, e o valor estimado para recomendação de M+C dig. foi de 0,683%.

Albino et al. (1994) verificaram que os níveis de aminoácidos acima da exigência estabelecida para fase de postura promovem 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).

Cupertino et al. (2009) verificaram que o aumento nos níveis de metionina+cistina digestível (0,492 – 0,700%) é benéfico para produção de ovos de poedeiras leves a partir de 54 semanas de idade.

Como se sabe a metionina é um aminoácido que influencia diretamente no peso dos ovos. Então, é provável que esse desbalanço no perfil aminoacídico associado a essa alta energia ofertada na ração, tenha comprometido primeiramente a produção, ou seja, a persistência dos ovos, mas não tenha alterado a composição do ovo.

Para peso dos ovos não houve interação dos fatores testados, mas houve uma resposta quadrática da regressão aplicada nos níveis de M+C dig., dentro do nível de 2940 kcal/kg de EM (equação no nível de EM de 2940 kcal/kg: $y=0{,}0139x^2-2{,}8812x+209{,}72$; $R^2=98$; Xmáx: 103,6% ou 0,704% de M+C dig (y=60,42 g)).

Para a massa dos ovos a interação ($P<0{,}05$) ocorreu somente nos grupos submetidos ao nível de 0,610% de M+C dig., mas a regressão aplicada demonstrou resposta quadrática para os níveis de aminoácidos sulfurosos dentro do nível de 2940 kcal/kg de EM, com valor de x máximo estimado de 0,688% de M+C dig. ou 1,4% acima da recomendação de Rostagno et al. (2011 para essa fase (Tabela 36).

Tabela 36. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a massa de ovos das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2660**	**2800**	**2940**
0,610	51,55 ab	53,53 a	48,51 b
0,555	52,66	51,30	54,72
0,617	49,97	49,88	50,01
0,679	51,49	50,74	52,42
Efeito da regressão fatorial	Q (0,08)	Q (0,41)	Q (0,002)**

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. (P<0,0151)
**Equação MO(EM105): $y=0,0438x^2-8,8783x+498,65$; $R^2=93,8$; Xmáx: 101,4% ou 0,688% de M+C dig (y=48,74)

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

Tais resultados influenciaram diretamente nas conversões por massa e por dúzia de ovos, que tiveram resposta quadrática para os mesmos grupos, estimando x em 0,617% de M+C dig., ou seja, a recomendação proposta por Rostagno et al. (2011).

Além disso, ocorreu interação entre os fatores que não se apresentou nos grupos que continham 0,617% de M+C dig. na dieta (Tabela 37).

Tabela 37. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a conversão por massa de ovos das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2660**	**2800**	**2940**
0,610	2,323 a	2,154 b	2,212 ab
0,555	2,253 a	2,245 a	2,021 b
0,617	2,358	2,255	2,264
0,679	2,351 a	2,169 b	2,107 b
Efeito da regressão fatorial	Q (0,11)	Q (0,89)	Q (0,0002)**

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. (P<0,0471)
**Equação CMO(EM105): $y=-0,0018x^2+0,36x-15,982$; $R^2=97,1$; Xmín: 100% ou 0,617% de M+C dig (y=1,596g/g)

Para conversão por dúzia de ovos, o x estimado encontra-se em 0,650% de M+C dig. na regressão. E a interação entre os fatores (P<0,05), só não se apresentou nos grupos que continham 0,610% de M+C dig. na dieta (Tabela 38).

Tabela 38. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a conversão por dúzia de ovos (kg/dz) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2660**	**2800**	**2940**
0,610	1,694	1,595	1,609
0,555	1,676 a	1,653 a	1,531 b
0,617	1,755 a	1,645 b	1,656 ab
0,679	1,771 a	1,627 b	1,546 b
Efeito da regressão fatorial	Q (0,07)	Q 0,82)	Q (0,003)**

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. (P<0,0581)
**Equação CDZ(EM105): $y=-0,001x^2+0,1915x-7,9833$; $R^2=90,1$; Xmín: 95,8% ou 0,650% de M+C dig (y=1,185kg/dz)

Sabe-se que aves após o pico de postura, tendem a reduzir o requerimento de aminoácidos quando comparados ao início da produção de ovos ou até mesmo na fase

de crescimento. Isso porque a formação da maioria dos tecidos corporais já ocorreu e boa parte desses compostos é desviada para atuação do sistema imune, além da produção e peso dos ovos.

De acordo com Barros et al. (2006) para uma melhor qualidade dos ovos é necessário determinados cuidado no manejo da 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, 2010a).

Aves pós-pico de produção tem uma necessidade aminoacídica reduzida, pois a produção tende a cair naturalmente. No entanto, a necessidade energética tende a aumentar para tentar produzir o máximo possível, mesmo que o ovo não tenha a composição nutricional igual à fase de pico de postura.

Os ovos geralmente são maiores, mas com a qualidade de albúmen líquido maior, ou seja, menor qualidade e tempo de prateleira reduzido.

Na Tabela 39 apresentam-se os dados de qualidade, interna e externa, dos ovos. Observa-se que só houve resposta significativa à regressão para peso e porcentagem de gema.

Tabela 39. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a gravidade específica (g/cm^3), a espessura da casca dos ovos (µm), a casca dos ovos (g), a gema dos ovos (g) e as porcentagens de albúmen, casca e gema (%) dos ovos das aves de 45 a 65 semanas de idade.

EM, kcal/kg	GE	ECASCA	CASCA	GEMA	%ALB	%CASCA	%GEMA
2.660	1,08	0,404a	6,27	18,46	63,93	9,61	27,98
2.800	1,08	0,396b	6,25	18,54	64,12	9,55	28,08
2.940	1,081	0,403ab	6,25	18,52	63,7	9,68	28,19
M+C dig., %							
0,61	1,08	0,402	6,10b	18,44ab	63,54	9,68	28,20ab
0,555	1,081	0,401	6,29a	18,76a	63,55	9,39	28,69a
0,617	1,08	0,4	6,25ab	18,33b	64,14	9,63	27,76b
0,679	1,081	0,401	6,39a	18,49ab	64,43	9,75	27,69b
EM	0,101	0,015	0,947	0,826	0,348	0,686	0,738
M+C	0,239	0,97	0,0005	0,073	0,021	0,212	0,007
EM*M+C	0,301	0,614	0,108	0,081	0,043	0,048	0,560

C.V. (%)	0,13	2,97	3,34	2,91	1,7	6,04	3,59

Não há inferências na literatura que evidencie o efeito da EM sobre a espessura da casca. Colvara et al. (2002) afirmaram não ter encontrado diferenças entre espessura e resistência de casca quando testou diferentes níveis de EM em poedeiras de 90 semanas de idade.

Quando comparados os resultados de espessura de casca com o experimento em pico de postura se percebe valores menores de espessura, o que já era esperado em aves mais velhas.

O que pode ocorrer é que a energia pode limitar ou favorecer o consumo da ração e dependendo da situação metabólica em que o animal se encontre ocasionar um desbalanço de nutrientes, e provocar não só alterações no organismo do animal como também em respostas de desempenho e qualidade do ovo.

Confirmando dados encontrados na literatura, os resultados mostram que a influência do aminoácido metionina bem como dos níveis de EM na dieta sobre a casca dos ovos ainda não é conhecida.

Entretanto, para peso de gema houve não houve interação, porém ocorreu ajuste quadrático ao modelo de regressão dos níveis de aminoácidos testados, dentro do nível de 2800 kcal/kg de EM (nível de recomendação de Rostagno et al. (2011)), e o nível estimado de x seria o de 0,703% de M+C dig. ou 3,5% acima da recomendação proposta por Rostagno et al. (2011) : $y=0,0039x^2-0,8076x+60,045$; $R^2=88,4$; Xmáx: 103,5% ou 0,703% de M+C dig (y=18,24 g).

Para porcentagem de albúmem, a interação se deu no grupo que recebeu 0,617% de M+C dig., e as maiores porcentagens apareceram nos grupos que tinham a EM mais baixa nas dietas (Tabela 40).

Tabela 40. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a porcentagem de albúmem (%) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	**2660**	**2800**	**2940**
0,610	63,56	63,97	63,09
0,555	63,60	63,78	63,28
0,617	64,94 a	64,06 ab	63,41 b
0,679	63,63	64,66	65,00
Efeito da regressão fatorial	Q (0,03)	Q (0,67)	Q (0,94)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<0,0428)

Para porcentagem de casca também houve interação para os grupos que receberam dietas com 0,617% de M+C dig. No entanto, as maiores porcentagens de

casca se deram no tratamento que associou esse nível de aminoácido com 2940 kcal/kg na dieta (Tabela 41).

Tabela 41. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a porcentagem de casca (%) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2660	2800	2940
0,610	9,97	9,45	9,63
0,555	9,29	9,28	9,59
0,617	9,32 b	9,49 ab	10,08 a
0,679	9,86	9,96	9,42
Efeito da regressão fatorial	Q (0,90)	Q (0,56)	Q (0,12)

*Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<0,0481)

E para porcentagem de gema houve ajuste quadrático da regressão fatorial somente dentro do menor nível de EM avaliado, estimando o valor de x em 0,691% de M+C dig. (Equação (EM de 2940 kcal/kg): $y=0,0072x^2-1,4651x+102,45$; $R^2=74,9$; Xmáx: 101,7% ou 0,691% de M+C dig (y=27,92%)).

Brumano et al. (2010a) observou 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 e casca dos ovos não comerciais. A maior percentagem de gema foi verificada com o aumento dos níveis de metionina+cistina, podendo estar relacionada à formação dos fosfolipídeos para gerar as lipoproteínas da gema.

Segundo Generoso (2006), aves mais jovens possuem menor capacidade de digestão e absorção de nutrientes, por não estar com o sistema digestivo completamente desenvolvido. Com isso, a redução no nível de recomendação dos aminoácidos para aves mais velhas é esclarecida não só pelo maior aproveitamento dos nutrientes, como também pela menor necessidade nutricional do animal.

Deficiências de M+C podem acarretar prejuízos hepáticos e renais devido à escassez de reações de metilação, o que prejudica o metabolismo de gordura no fígado, podendo ocasionar a síndrome do fígado gorduroso, principalmente em aves mais velhas, que possuem o metabolismo mais lento.

Os efeitos das dietas testadas sobre o peso dos órgãos das aves são destacados na Tabela 42.

Tabela 42. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o peso vivo absoluto (kg/ave), peso sem vísceras absoluto (kg/ave), fígado (kg/ave), baço (kg/ave), gordura celomática (kg/ave) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

EM, kcal/kg	PV	PSV	FIG	BAÇO	GC
2.660	1,635	1,048	0,0402	0,00146	0,0464
2.800	1,632	1,036	0,0396	0,00169	0,0486
2.940	1,606	1,019	0,0398	0,00182	0,0435
M+C dig., %					
0,61	1,626	1,032	0,0401	0,00147 b	0,0485 a
0,555	1,636	1,039	0,0385	0,00147 b	0,0495 a
0,617	1,667	1,062	0,0422	0,00158 b	0,0516 a
0,679	1,568	1,004	0,0386	0,00211 a	0,0350 b
EM	0,703	0,574	0,94	0,068	0,484
M+C	0,169	0,329	0,258	0,0008	0,004
EM*M+C	0,264	0,066	0,124	0,104	0,013
C.V. (%)	10,6	11,7	20,14	41,79	41,07

O baço é considerado um órgão linfoide que, em aves adultas, podem apresentar alterações morfométricas não só devido à dieta nutricional que os animais são submetidos, mas também por alterações no sistema imunitário.

No presente estudo, o baço teve seu peso aumentado principalmente nos tratamentos que continham os níveis mais altos de aminoácidos sulfurosos testados, podendo evidenciar maior substrato para a atividade do sistema imunitário nestes tratamentos.

Esses resultados encontrados como resposta da interação EM e M+C dig. comprova que o acúmulo de gordura abdominal pode ocorrer nas aves quando há um desbalanço energia: nutrientes na dieta fornecida.

Não houve nem interação e nem resposta significativa à regressão fatorial nos níveis de metinona+cistina digestível avaliados, dentro de cada nível de EM testado para histomorfometria intestinal das aves entre 45 e 65 semanas (Tabela 43).

Tabela 43. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a altura das vilosidades intestinais (µm), a largura das vilosidades intestinais (µm), a profundidade de cripta (µm) e a relação vilo:cripta das aves de 45 a 65 semanas de idade.

EM, kcal/kg	Altura vilosidade	Largura vilosidade	Profundidade de cripta	Relação vilo:cripta
2.660	12766	7720,8 b	1668,8 b	7,65
2.800	11407	10381,6 a	1917,7 a	6,805
2.940	11377	9206,8 ab	1750,2 b	6,969
M+C dig., %				
0,61	10354	6653,1 c	2176,0 a	5,080 b
0,555	10733	11534,1 a	1849,3 b	6,285 ab
0,617	11961	9306,6 b	1830,3 b	7,029 ab
0,679	13262	7573,9 bc	1567,9 b	9,225 a
EM	0,881	<.0001	0,009	0,276
M+C	0,293	<.0001	<.0001	0,011
EM*M+C	-	-	-	-

C.V. (%)	59,02	43,84	25,3	81,91

Devido algumas perdas laboratoriais, a baixa quantidade de amostras de intestino delgado analisadas comprometeu a análise estatística que comparou os grupos submetidos às diferentes dietas.

Mesmo assim, essas respostas refletiram na relação vilo:cripta, onde a maior relação de altura de vilo: profundidade de cripta apareceu nos tratamentos com 0,679% de M+C digestível.

Vale ressaltar que quanto maior a relação vilo:cripta, melhor a absorção dos nutrientes no organismo do animal, principalmente em aves mais velhas, que já possuem o epitélio intestinal bastante desgastado.

Dessa maneira, no grupo submetido às dietas que combinavam 2800 kcal/kg de EM associado a 0,679% de M+C digestível se teve a maior relação apresentada entre os grupos.

Os efeitos dos níveis de M+C digestível e EM testados sobre a atividade das transaminases, além da albumina, proteínas totais, glicose e ácido úrico encontram-se dispostos na Tabela 44.

Tabela 44. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da alanina aminotransferase (U/L), aspartato aminotransferase (U/L), gamma-glutamiltransferase (U/L), creatinina (mg/dL), albumina (g/dL), proteínas totais sérica (g/dL), glicose (g/dL) e o ácido úrico sérico (mg/dL) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

EM, kcal/kg	**ALT**	**AST**	**GGT**	**ALBUM**	**PTN**	**CREA**	**GLI**
2.660	22,5 a	165,15 ab	23,55 b	2,43 b	5,15 c	0,225 a	237,2 c
2.800	17,30 b	174,10 a	31,45 a	2,56 a	5,48 b	0,195 b	254,70 a
2.940	24,9 a	157,25 b	23,85 b	2,54 a	5,77 a	0,245 a	246,95 b
M+C							
0,61	12,13 c	167,27	22,13 b	2,49	5,00 c	0,247 b	247,87 ab
0,555	21,87 b	164,6	22,73 b	2,49	5,42 b	0,167 c	239,27 b
0,617	28,67 a	166,33	24,53 b	2,49	5,63 ab	0,173 c	245,60 ab
0,679	23,27 b	163,8	35,73 a	2,55	5,81 a	0,300 a	252,40 a
EM	<.0001	0,051	<.0001	0.0006	<.0001	<.0001	<.0001
M+C	<.0001	0,969	<.0001	0,245	<.0001	<.0001	0,0014
EM*M+C	<.0001	0,027	<.0001	0,05	0,0004	<.0001	<.0001
C.V. (%)	19,62	12,82	12,46	4,04	6,26	13,66	3,49

Foi observado que houve efeito da interação dos níveis de EM e M+C digestível testado para a alanina aminotransferase (ALT). Na regressão o ajuste foi quadrático dentro do nível de 2660 kcal/kg de EM, estimando o máximo valor de x em 0,495% de M+C dig. (Tabela 45).

Tabela 45. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da alanina aminotransferase (U/L) presente no soro das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2660	2800	2940
0,610	15,20 a	7,00 b	14,20 a
0,555	8,40 b	29,40 a	27,80 a
0,617	25,40 b	25,80 b	34,80 a
0,679	40,00 a	7,00 c	22,80 b
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)**	Q (0,16)	Q (0,02)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação ALT(EM95): $y=0,0296x^2-4,3131x+156,67$; $R^2=93,7$; Xmáx: 72,9% ou 0,495% de M+C dig (y=45 U/L)

Essa aminotransferase geralmente apresenta-se com valores 1,6 vezes menor no plasma sanguíneo que nos eritrócitos, além de não ser hepatoespecífica em aves (Bahiense, 2008).

Para aspartato aminotransferase (AST) se observa nos resultados que só houve interação dos fatores nos níveis de 0,610 e 0,679% de M+C dig., e que não houve ajuste na regressão fatorial (Tabela 46).

Tabela 46. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da aspartato aminotransferase (U/L) presente no soro das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2660	2800	2940
0,610	151,4 b	190 a	160,4 ab
0,555	164,2	178,0	151,6
0,617	162,2	163,6	173,2
0,679	182,8 a	164,8 ab	143,8 b
Efeito da regressão fatorial	Q (0,79)	Q (0,34)	Q (0,10)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para gamma glutamiltransferase (GGT) os resultados mostram que houve interação (P<0,05) dos fatores em todos os níveis testados, e que a regressão fatorial se apresentou com ajuste quadrático para os níveis de aminoácidos sulfurosos dentro dos níveis de 2660 e 2800 kcal/kg, estimando a faixa de recomendação de M+C dig. (x) entre 0,664 e 0,792% (Tabela 47).

Tabela 47. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da gamma-glutamiltransferase (U/L) presente no soro das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2660	2800	2940
0,610	18,0 b	31,2 a	17,2 b
0,555	15,8 b	31,8 a	20,6 b
0,617	28,8 a	24,0 ab	20,8 b
0,679	31,6 b	38,8 a	36,8 a
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)**	Q (0,0003)**	Q (0,73)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)

**Equação GGT(EM95): $y=-0,0023x^2+1,2723x-80,621$; $R^2=73,3$; Xmín: 116,6% ou 0,792% de M+C dig (y=25,33U/L)/ Equação GGT(EM100): $y=0,0761x^2-14,893x+755,93$; $R^2=74,5$; Xmáx: 97,9% ou 0,664% de M+C dig (y=27,28U/L)

Para a albumina não houve resposta significativa à regressão, porém houve interação (P<0,05) dos fatores nos níveis de 0,610 e 0,679% de M+C dig. (Tabela 48).

Tabela 48. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da albumina sérica (g/dL) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2660	2800	2940
0,610	2,34 b	2,52 a	2,60 a
0,555	2,50	2,52	2,46
0,617	2,44	2,56	2,48
0,679	2,44 b	2,62 a	2,60 a
Efeito da regressão fatorial	Q (0,31)	Q (0,58)	Q (0,74)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<0,0502)

Os dados laboratoriais para concentrações séricas de proteínas, transaminases e outros metabolitos em aves de produção comercial ainda são escassos na literatura, não permitindo maiores inferências quanto às alterações dietéticas e possíveis ajustes nessas concentrações.

Talvez a correlação com os transportadores sugerisse uma melhor interpretação dos resultados nas aves de interesse comercial.

Na variável proteína total só não houve interação no nível de 0,617%, além de resposta quadrática à regressão no nível de 2940 kcal/kg de EM, estimando o valor de x em 0,461% de M+C dig. (Tabela 49).

Tabela 49. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade das proteínas totais sérica (g/dL) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2660	2800	2940
0,610	4,52 b	4,84 b	5,64 a
0,555	5,16 b	5,80 a	5,30 ab
0,617	5,32	5,78	5,78
0,679	5,60 b	5,48 b	6,34 a
Efeito da regressão fatorial	Q (0,63)	Q (0,79)	Q (0,04)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Cândido (2008) acredita que a creatinina é válida para avaliar a função renal em mamíferos, mas possui concentrações plasmáticas bastante baixas em aves.

Para as variáveis ligadas a excreção de compostos nitrogenados, como creatinina (Tabela 50), não houve interação no nível de 0,679% de M+C dig. e a regressão apresentou resposta quadrática somente no nível mais alto de EM testado (2940 kcal/kg).

Tabela 50. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da creatinina sérica (mg/dL) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2660	2800	2940
0,610	0,20 b	0,26 a	0,28 a
0,555	0,20 a	0,12 b	0,18 a
0,617	0,20 a	0,10 b	0,22 a
0,679	0,30	0,30	0,30
Efeito da regressão fatorial	Q (0,81)	Q (0,30)	Q (0,04)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação CREAT (EM105): $y=-0,0001x^2+0,0317x - 1,6215$; $R^2=75,5$;

Na glicose percebe-se que não houve efeito da interação dos fatores nos grupos que receberam dietas contendo 0,555% de M+C dig.

Houve resposta quadrática à regressão fatorial no nível de EM recomendado por Rostagno et al. (2011) - de 2800 kcal/kg, com x estimado em 0,699% de M+C dig. (Tabela 51).

Tabela 51. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade da glicose (g/dL) presente no soro das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2660	2800	2940
0,610	234 b	268,6 a	241 b
0,555	241,8	234	242
0,617	242,8 b	259,2 a	234,8 b
0,679	230,2 b	257 a	270 a
Efeito da regressão fatorial	Q (0,84)	Q (<.0001)**	Q (0,13)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação GLI(EM100): $y=-0,1908x^2+39,287x-1755,7$; $R^2=90,8$; Xmín: 103% ou 0,699% de M+C dig (y=266,66g/dL)

Para o ácido úrico sérico, que também está ligado a excreção de nitrogênio nas aves, o nível mais alto se deu no tratamento que combinou a recomendação de Rostagno et al. (2011) de EM (2.800 kcal/kg) com o nível mais baixo de M+C digestível avaliado (0,555%) (Tabela 52).

Tabela 52. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a atividade do ácido úrico sérico (mg/dL)das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2660	2800	2940
0,610	2,92 a	2,98 a	2,22 b
0,555	2,06 c	4,18 a	3,04 b
0,617	3,44	3,36	3,46
0,679	2,54 a	2,98 a	2,36 b
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)**	Q (<.0001)**	Q (0,02)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação AU(EM95): $y=-0,009x^2+1,8317x-89,653$; $R^2=88,7$; Xmín: 101,8% ou 0,691% de M+C dig (y=3,55 mg/dL)/ Equação AU(EM100): $y=0,0044x^2-0,9449x+53,317$; $R^2=89,3$; Xmáx: 107,4% ou 0,729% de M+C dig (y=2,59mg/dL)

O ajuste a resposta quadrática na regressão ocorreu dentro dos níveis de 2660 e 2800 kcal/kg de EM testados, estimando os valores de x em 0,691% e 0,729% de M+C dig.

Os resultados destas variáveis nesse trabalho concordam com a afirmação de Chaiyapoom et al. (2005) que mostraram que as frações proteicas do soro e das proteínas séricas totais tendem a aumentar à medida que os níveis da aminoácidos aumentam.

Na Tabela 53 encontram-se os dados de balanço de nitrogênio das aves submetidas a diferentes combinações entre os níveis de metionina+cistina digestível e de energia metabolizável das dietas, entre 45 e 65 semanas.

Tabela 53. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de nitrogênio (g/ave/dia), a excreção de nitrogênio (g/ave/dia a retenção de nitrogênio (g/ave/dia) e as relações nitrogênio excretado: consumido e retido:consumidodas aves de 45 a 65 semanas de idade.

EM, kcal/kg	Consumo de nitrogênio	Excreção de nitrogênio	Retenção de nitrogênio	Nexc:Ncon	Nret:Ncon	AU
2.660	0,237 a	0,214 b	-0,023 c	0,911 c	-0,089 a	2,74 b
2.800	0,195 c	0,187 c	-0,008 b	1,04 b	0,043 b	3,38 a
2.940	0,214 b	0,228 a	0,014 a	1,07 a	0,072 a	2,77 b
M+C (%)						
0,61	0,203 c	0,159 d	-0,044 d	0,795 d	-0,205 d	2,71 c
0,555	0,263 a	0,227 b	-0,036 c	0,874 c	-0,126 c	3,09 b
0,617	0,224 b	0,235 a	0,010 b	1,064 b	0,064 b	3,42 a
0,679	0,172 d	0,220 c	0,047 a	1,302 a	0,302 a	2,63 c
EM	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
M+C	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
EM*M+C	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
C.V. (%)	0,62	0,62	33,1	0,72	83,11	8,67

Houve interação (P<0,05) dos fatores avaliados para todas as variáveis ligadas ao balanço de nitrogênio que foram analisados.

O consumo de nitrogênio apresentou ajuste quadrático à regressão fatorial nos grupos submetidos a 2660 e 2800 kcal/kg de EM, com x estimado em 0,390% e 0,648% de M+C dig. (Tabela 54).

Tabela 54. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o consumo de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2660	2800	2940
0,610	0,202 b	0,233 a	0,173 c
0,555	0,296 a	0,260 b	0,231 c
0,617	0,238 b	0,178 c	0,258 a
0,679	0,212 a	0,110 c	0,195 b
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)**	Q (<.0001)**	Q (<.0001)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação CON(EM95): $y=0,0004x^2-0,0763x+4,236$; $R^2=84,2$; Xmáx: 95,4% ou 0,648% de M+C dig (y=0,597 g/ave/dia)/ Equação CON(EM100): $y=-0,0002x^2+0,023x-0,5678$; $R^2=91,7$; Xmín: 57,5% ou 0,390% de M+C dig (y=0,093 g/ave/dia)

Para excreção de nitrogênio, a regressão apresentou resposta quadrática dos níveis de aminoácidos sulfurosos dentro do nível de 2940 kcal/kg de EM, com x sendo estimado em 0,703% de M+C dig. (Tabela 55).

Tabela 55. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a excreção de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2660	2800	2940
0,610	0,153 b	0,163 a	0,161 a
0,555	0,231 b	0,208 c	0,241 a
0,617	0,243 a	0,219 b	0,242 a
0,679	0,231 b	0,159 c	0,269 a
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)	Q (<.0001)	Q (0,003)

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)

Vale ressaltar que quando há desbalanço nutriente: energia no organismo do animal ocorre mais excreção de compostos poluentes, que além de reduzir a eficiência produtiva dos animais, aumenta a poluição ambiental.

Já para retenção de nitrogênio e as relações nitrogênio excretado:consumido e retido: consumido, as regressões apresentaram resposta quadrática para todos os níveis de M+C dig., dentro de cada EM avaliada.

No caso da retenção de nitrogênio o x foi estimado entre 0,487% e 0,714% de M+C dig., dependendo do nível de EM (Tabela 56).

Tabela 56. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a retenção de nitrogênio (g/ave/dia) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2660	2800	2940
0,610	- 0,049 b	- 0,070 c	- 0,012 a
0,555	- 0,065 c	- 0,052 b	0,010 a
0,617	0,005 b	0,041 a	- 0,016 c
0,679	0,019 c	0,049 b	0,073 a
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)**	Q (<.0001)**	Q (<.0001)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
**Equação RET(EM95): $y=-4E-05x^2+0,0118x-0,8241$; $R^2=75,5$; Xmín: 147,5% ou 1,002% de M+C dig (y=0,046 g/ave/dia)/ Equação RET(EM105): $y=0,0005x^2-0,1051x+5,0834$; $R^2=99,6$; Xmáx: 105,1% ou 0,714% de M+C dig (y=-0,044 g/ave/dia)

A relação excretado:consumido tende a ser maior nos grupos que receberam maior quantidade de M+C digestível, principalmente quando o nível de EM é mais baixo. Dessa forma, os valores estimados de x de acordo com o ajuste quadrático ao

modelo de regressão aplicado se encontram em torno de 0,470% e 0,613% de M+C dig. (Tabela 57).

Tabela 57. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação nitrogênio excretado: consumido das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2660	2800	2940
0,610	0,756 b	0,699 c	0,929 a
0,555	0,780 c	0,800 b	1,042 a
0,617	1,021 b	1,233 a	0,939 c
0,679	1,089 c	1,442 a	1,376 b
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)	Q (<.0001)	Q (<.0001)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
** Equação EXC:CON(EM105): $y=0,0027x^2-0,5177x+25,994$; $R^2=99,9$; Xmáx: 95,9% ou 0,651% de M+C dig (y=1,178)

Da mesma maneira que a maior eficiência na relação nitrogênio retida: consumido ocorre para os grupos que receberam dietas com menor nível de M+C associado à EM, dentro da recomendação de Rostagno et al. (2011) ou maior.

Os valores estimados para x no modelo de regressão com ajuste quadrático foram entre 0,613% e 0,670% de M+C dig. (Tabela 58).

Tabela 58. Efeitos da interação e da regressão fatorial dos níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre a relação nitrogênio retido: consumido das aves de 45 a 65 semanas de idade.

M+C dig. (%)/ EM (kcal/kg)	2660	2800	2940
0,610	- 0,245 b	- 0,301 c	- 0,071 a
0,555	- 0,220 c	- 0,200 b	0,042 a
0,617	0,021 b	0,233 a	- 0,061 c
0,679	0,089 c	0,442 a	0,376 b
Efeito da regressão fatorial	Q (<.0001)	Q (<.0001)	Q (<.0001)**

* Letras minúsculas diferem entre as linhas, Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (P<.0001)
** Equação RET:CON(EM105): $y=0,0027x^2-0,5177x+24,994$; $R^2=99,9$; Xmáx: 95,9% ou 0,651% de M+C dig (y=0,178)

Para avaliação histomorfométrica de útero das aves submetidas a esse estudo têm-se os resultados na Tabela 59.

Tabela 59. Efeitos principais da interação entre os níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM) sobre o perímetro de dobra uterina (µm), a largura de dobra uterina (µm) e a altura de dobra uterina (µm) das aves de 45 a 65 semanas de idade.

EFEITO (P)	Perímetro de DU	Altura DU	Largura DU
EM	0,014	0,265	0,354
M+C	<.0001	0,0005	<.0001
EM*M+C	-	-	-
C.V., %	27,42	43,1	33,03

Na análise quantitativa de dobra uterínica na fase de 45 a 65 semanas houve o comprometimento da comparação entre os grupos, por não haver quantidade de amostra suficiente para a avaliação estatística.

A seguir, a figura mostra os graus de maior frequência de esteatose hepática das aves entre 45 e 65 semanas, submetidas a este experimento.

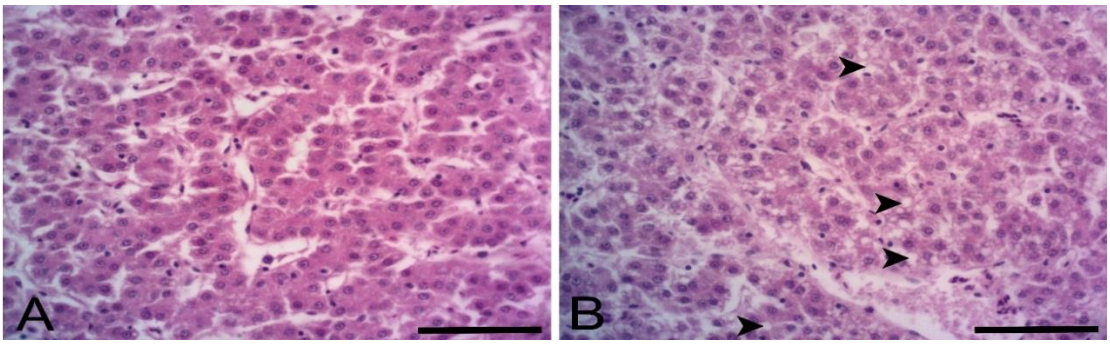

Figura 4. Fotomicrografia hepática do grau de esteatose (A - grau 0 e B- grau 1) nas aves com 65 semanas de idade (barra de 100 µm)

Alguns tratamentos não continham amostras suficientes para avaliar o grau de esteatose (Figura 4).

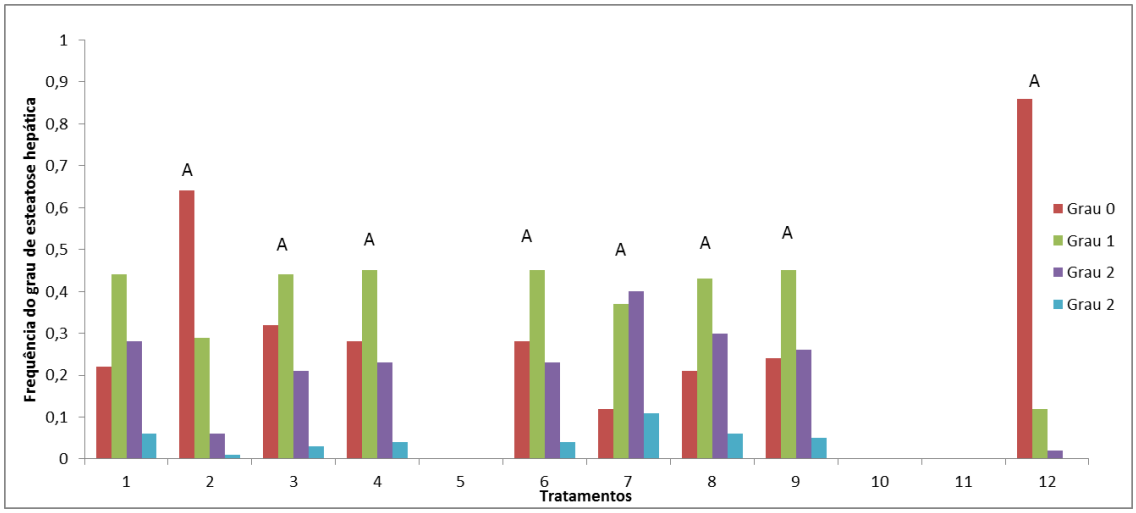

Figura 4. Frequência (%) das notas de 0 a 3 para grau de esteatose hepática das aves de 45 a 65 semanas submetidas às dietas com contendo diferentes níveis de metionina+cistina digestível (M+C dig.) e energia metabolizável (EM).

A ausência de esteatose (grau 0 – cor vermelha) em animais mais velhos se destacou no tratamento 12, que continha os níveis mais altos de M+C dig. (0,679% deM+C dig.) associado ao mais alto de EM testados (2940 kcal/kg).

Conclusões

Com base na média das variáveis de desempenho encontrados nas equações de regressão fatorial, recomenda-se a utilização de 0,704% de metionina+cistina digestível

(que corresponde a um consumo diário de 676 mg/ave de M+C dig. associado a um nível de 2900 kcal/kg de energia metabolizável (relação EM: M+C digestível de 4119,32) na dieta de poedeiras leves entre 24 e 44 semanas de idade.

Para aves de postura entre 45 e 65 semanas de idade, recomenda-se a utilização de 0,685% de metionina + cistina digestível, correspondendo a um consumo de 781 mg de M+C dig./ave/dia, associado a um nível de 2940 kcal/kg de energia metabolizável (relação EM: M+C digestível de 4291,97), com base na média dos valores encontrados das equações de regressão.

Referências Bibliográficas

ALBINO, L.F.T., BELLAVER, C., FIALHO, F.B., et al. Estimativas das exigências de energia e proteína para frangas de postura em recria. *Pesquisa Agropecuária Brasileira,* 29(10):1625-1629. 1994.

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. *Nutrição Animal.* 2 ed. São Paulo: Editora Nobel, 425p. 2003.

ARRUDA, A.M.V., FERNANDES, R.T.V., SILVA, J.M., LOPES, D.C. Avaliação morfohistológica da mucosa intestinal de coelhos alimentados com diferentes níveis e fontes de fibra. *Revista Caatinga.* Mossoró, v.21, n.02, p 1-11. 2008.

BAHIENSE, C.R., VENANCIO, R., JÚNIOR, T.M.F. *Bioquímica em aves e répteis.* Trabalho de conclusão de curso de Mestrado. Pós-graduação de medicina e cirurgia de animais selvagens. Universidade Castelo Branco. Rio de Janeiro - RJ. 2008

BAIÃO, N.C., LARA, L.J.C. Oil and fat in broiler nutrition. *Revista Brasileira de Ciência Avícola,*7, n.3,129-141. 2005.

BERTECHINI, A.G. Nutrição de monogástricos. Lavras: Editora UFLA, 301p. 2006.

BERTECHINI, A. G; FASSANI, E. J; RODRIGUES, P. B. Níveis de metionina + cistina digestíveis em rações para poedeiras no pico de produção. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia,* 62(5):1216-1224, out. 2010.

BORSA, A.; KOHAYAGAWA, A.; BORETTI, L.P. et al. Níveis séricos de enzimas de função hepática em frangos de corte de criação industrial clinicamente saudáveis. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.58, p.675-677, 2006.

BRUMANO, G., GOMES, P.C., DONZELE, J.L., ROSTAGNO, H.S., ROCHA, T.C., ALMEIDA, R.L. 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, n.6, p.1228-1236, 2010a.

BRUMANO, G., GOMES, P.C., DONZELE, J.L., ROSTAGNO, H.S., ROCHA, T.C., MELLO, H.H.C. Níveis de metionina + cistina digestível para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.9, 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.

CÂNDIDO, M.V. *Hematologia, bioquímica sérica e nutrição de aves: cracidae.* Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 49p. 2008.

CEUA. *Comissão de Ética no Uso de Animais.* Disponível em: http://ceua.ufsc.br/. Acesso: 28/06/2014.

CHAIYAPOOM B. K., POOSUWAN, R., NUKRAEW, K. M., APASSARA, C. Effect of Dietary Protein on Egg Production and Immunity Responses of Laying Hens During Peak Production Period. *International Journal of Poultry Science*. 4 (9): 701-708.2005.

COLVARA, I.G., MAIER, J.C., RUTZ, F., BRUM, P.A.R., PAN, E.A. Níveis de energia metabolizável em rações para poedeiras semi-pesadas durante o segundo ciclo de produção no verão. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.8 n. 1, p. 47-49, 2002.

COSTA, F.G.P.; SOUZA, H.C.; GOMES, C.A.V. Níveis de proteína bruta e energia metabolizável na produção e qualidade dos ovos de poedeiras da linhagem Lohmann Brown. *Ciência Agrotécnica*, 28, 6, 1421-1427. 2004.

COSTA, F.G.P., VILAR DA SILVA, J.H., GOULART, C.C., NOGUEIRA, E.T., SÁ, L.M. Exigências de aminoácidos para aves: Proteínas e aminoácidos. In: *Nutrição de Não ruminantes.* p.240-261. 2014

CUPERTINO, E.S., GOMES, P.C., ROSTAGNO, H.S. Exigência nutricional de metionina+cistina digestíveis para galinhas poedeiras de 54 a 70 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 7, 1238-1246, 2009.

FIGUEIREDO JÚNIOR, J.P. *Níveis de metionina+cistina digestíveis para aves de reposição leves nas fases inicial e cria.* Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB. 132f. 2013.

GENEROSO, R.A.R. *Valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis de alimentos para aves.* Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 60p. 2006.

GONZALES, E. Interferência do calor na nutrição de poedeiras. *In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM AVICULTURA PARA POSTURA COMERCIAL*, 2, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP, 2005, p. 119-140. 2005.

ISHAK, K.; BAPTISTA, A.; BIANCHI, L. et al. Histological grading and staging of chronic hepatitis. *Journal of Hepatology*, v.22, p.696-699, 1995.

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.

JEREZ, E.A.Z. *Energia metabolizável para galinhas poedeiras.* Dissertação (mestrado em zooteia). 43f. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 2012.

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.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D.; CASTON, L.J. Response of layers to low nutrient density diets. *Journal applied Poultry Research*, v.10, p.46-52. 2001.

LIMA, M.R. *Exigências nutricionais de treonina e triptofano para codornas japonesas e galinhas poedeiras leves em postura.* 133f. Tese (doutorado em zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba. Areia – PB. 2012.

LIMA, M. R., COSTA, F.G.P., BATISTA, J.D.O., OLIVEIRA, S.S.M. SANTOS, S.C.F. Impact of the feed metabolizable energy on protein and amino acids demand of Japanese quails. *Global Journal of Animal Scientific Research*, 1(1): 7-17, 2013.

LUMEIJ, J.T. Avian Clinical Biochemistry. IN: KANEKO, J.J., HARVEY, J.W., BRUSS, M.L. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 5th. Ed. San Diego: Academic Press: 1997.

MANUAL DEKALB WHITE. Disponível em: <*http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/NILVAKAZUESAKOMURA/manual_dekalb_white.pdf.*> Acesso:09/06/2014.

MOURA, G.S., BARRETO, S.L.T., LANNA, E.A.T. Efeito da redução da densidade energética de dietas sobre as características do ovo de codorna japonesa. *Revista Brasileira de Zootecnia,* 39, 6, 1266-1271. 2010.

OLIVEIRA NETO, A.R. Metabolismo e exigência de metionina: Proteínas e aminoácidos. In*: Nutrição de Não ruminantes*. p.186-217. 2014.

PELÍCIA, K.; GARCIA, E. A.; SCHERER, M. R. S. ; MÓRI, C.; DALANEZI., J. A.; FAITARONE, A. B. G.; MOLINO, A. B.; BERTO, D. A. Alternative calcium source effects on commercial egg production and quality. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 9 (2): 105-109. 2007.

RIBEIRO, P.A.P.; MATOS JÚNIOR, J.B.; QUEIROZ, A.C.A.; LARA, L.J.C.; BAIÃO, N.C. Efeito dos níveis de energia para poedeiras comerciais no período final de produção sobre o desempenho, a conversão alimentar e energética e a qualidade de ovos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia,* 65(5):1491-1499, out. 2013.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.* 3ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 252p. 2011.

SAS. *SAS/STAT 9.3 User's Guide.* Cary, NC: SAS Institute Inc. 261p. 2011.

SCHMIDT, E.M.S.; LOCATELLI-DITTRICH, R.; SANTIN, E. et al. Patologia clínica em aves de produção – uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola – Revisão. *Archives of Veterinary Science*, v 12, p.9-20, 2007.

SCHMIDT, M., GOMES, P.C., ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., NUNES, R.V., MELLO, H.H.C. Níveis nutricionais de metionina + cistina digestível para poedeiras leves no segundo ciclo de produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.1, p.142-147, 2011.

SILVA, M.F.R., FARIA, D.E., RIZZOLI, P.W., SANTOS, A.L., SAKAMOTO, M.I., SOUZA, H.R.B. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo diferentes níveis de metionina e lisina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.10, p.2246-2252, 2010.

STURKIE, P.D. **Avian Physiology**. New York: Spring-Verlag, p.303-325. 1986.

ZOLLITSCH, W.; ZHIQIANG, C.; PEGURI, A. et al. Nutrient requirements of laying hens. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONALSOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS*, 1996, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG, p.109-159. 1996.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

De acordo com o presente estudo pode-se inferir que as respostas biológicas nas aves de postura, em qualquer fase de criação, são alterados quer seja no desempenho, peso de orgãos e de carcaça ao abate, ou até mesmo na histomorfometria dos orgãos, quando as mesmas são submetidas às dietas com diferentes níveis de energia metabolizável ou de metionina+cistina digestível.

Vale ressaltar que as rações devem ser ajustadas nutricionalmente para maximizar a eficiência metabólica da ave de postura comercial. Além disso, dependendo das condições nas quais essas aves estejam sendo criadas (temperatura ambiental, estresse social, tipo de galpão, dentre outros), as mesmas terão o consumo de alimento e água alterados, devendo haver ajustes na densidade energética dessas rações para que se consiga o máximo desempenho esperado.

Essa pesquisa contribui com informações relevantes sobre o estudo da nutrição de poedeiras com informações pertinentes sobre o consumo adequado de metionina+cistina digestível e energia metabolizável nas fases de crescimento e produção das aves leves, e infere que mais estudos sejam realizados no intuito de gerar maior volume de dados sobre a suplementação dos demais aminoácidos essenciais e possíveis ajustes quanto à energia metabolizável nas dietas.