

AMANDA DIONE SILVA

**RELAÇÃO METIONINA + CISTINA / LISINA DIGESTÍVEIS EM RAÇÕES
PARA FRANGOS DE CORTE EM DIFERENTES AMBIENTES TÉRMICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S586r
2017
Silva, Amanda Dione, 2017-
Relação metionina + cistina / lisina digestíveis em rações
para frangos de corte em diferentes ambientes térmicos /
Amanda Dione Silva. – Viçosa, MG, 2017.
ix, 50f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Frango de Corte - Alimentação e rações.
2. Aminoácidos na nutrição animal. 3. Frango de corte - Efeito da temperatura. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Doutorado em Zootecnia. II. Título.

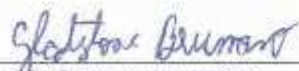
CDD 22. ed. 636.5

AMANDA DIONE SILVA

**RELAÇÃO METIONINA + CISTINA / LISINA DIGESTÍVEIS EM RAÇÕES
PARA FRANGOS DE CORTE EM DIFERENTES AMBIENTES TÉRMICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 10 de agosto de 2017.



Gladstone Brumano



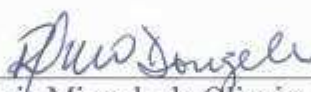
Marcelo Dias da Silva



Juarez Lopes Donzele
(Coorientador)



Luiz Fernando Teixeira Albino
(Coorientador)



Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que tenho, sou, vivi e aprendi.

À Universidade Federal de Viçosa, instituição brilhante que me acolheu e me proporcionou os melhores anos da vida.

Ao Departamento de Zootecnia, todos os seus professores e funcionários, que forneceram todas as condições necessárias para meu crescimento profissional.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa ao longo de todos esses anos de estudo.

À empresa Evonik pelo fornecimento dos aminoácidos para os experimentos.

À professora Rita Flávia M. O. Donzele, minha orientadora de longa data, por seus ensinamentos e paciência.

Ao professor Juarez L. Donzele por repartir seus conhecimentos e experiências e por ser exemplo de dedicação ao ensino.

Ao professor Luiz Fernando T. Albino, meu coorientador e amigo, por me dar suporte em todos os momentos de necessidade e pelas oportunidades concedidas.

Ao professor Marcelo Dias da Silva e ao DSc. Gladstone Brumano, por aceitarem prontamente o convite em participar da defesa e por todas as correções nesta tese.

Aos meus pais José Cesário e Maria das Graças, minha eterna gratidão, por serem minha fortaleza e meu exemplo.

Às minhas irmãs Adélia, Adelaine e Gabriele, por me fornecerem apoio nas alegrias e tristezas.

Aos meus sobrinhos João Pedro, Gustavo e Júlia que são a minha luz.

Ao DSc. Eric Balbino, meu amigo e irmão, por ser o principal mentor desta jornada acadêmica, por todo o seu conhecimento fornecido e toda a colaboração e paciência.

Ao meu parceiro Jorge que me acompanhou em toda esta trajetória desde a graduação e especialmente durante o Doutorado, o qual estará sempre presente em meu coração. Agradeço imensamente sua amizade e carinho!

Aos meus colegas de trabalho que se tornaram irmãos para a vida, Gabriel (Macaé) e Érika, por toda a ajuda e alegria que me proporcionaram e por todos os momentos compartilhados dentro e fora do campo.

Aos meus estagiários e bolsistas Leonardo, Alexandre, Douglas e Lívia, sem os quais os experimentos não teriam sido conduzidos. Todo o meu respeito e admiração.

Aos meus amigos Rodrigo, Cândida, Evandro e Mariane, pelo auxílio e tempo despendido no decorrer dos trabalhos.

Aos DSc. Rodolfo, Valdir e Diego que se dedicaram a me ajudar nos momentos mais oportunos sem exigir qualquer recompensa.

À minha grande amiga Fernanda Vieira por ter me amparado inúmeras vezes na Pós-Graduação.

Aos funcionários do Aviário, em especial o Elísio, por ter sido sempre solícito, responsável e dedicado.

Às minhas manas Bianca, Déborah e Emília pela amizade incondicional e sincera.

E por fim, agradeço a pessoa que deu novo rumo à minha vida, por ter estado diariamente comigo me apoiando e amparando, por ser meu companheiro, amigo, cúmplice, minha metade e, agora, meu noivo. Te amo, Tarciso!

Aqueles que não foram nominalmente citados, mas que me ensinaram muito mais que teorias, me prepararam para a vida, todo o meu carinho e gratidão!

BIOGRAFIA

AMANDA DIONE SILVA, filha de José Cesário da Silva e Maria das Graças Mota Silva, nasceu em Viçosa, Minas Gerais, em 30 de março de 1988.

Em maio de 2006, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, concluindo o mesmo em janeiro de 2011.

Em março de 2011 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa em nível de Mestrado, na área de Bioclimatologia Animal, submetendo-se à defesa de tese no dia 25 de fevereiro de 2013.

Ainda em 2013 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa em nível de Doutorado, na área de Bioclimatologia Animal, submetendo-se à defesa de tese no dia 10 de agosto de 2017.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO	1

ARTIGO 1

Relação metionina + cistina / lisina digestíveis em rações para frangos de corte em ambiente termoneutro

Resumo	4
Abstract	5
Introdução	6
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	14
Conclusão	23
Referências Bibliográficas.....	24

ARTIGO 2

Relação metionina + cistina / lisina digestíveis em rações para frangos de corte em ambiente de estresse por calor

Resumo	28
Abstract	29
Introdução	30
Material e Métodos	31
Resultados e Discussão	37
Conclusão	47
Referências Bibliográficas.....	48

RESUMO

SILVA, Amanda Dione, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2017. **Relação metionina + cistina / lisina digestíveis em rações para frangos de corte em diferentes ambientes térmicos.** Orientadora: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele. Coorientadores: Juarez Lopes Donzele e Luiz Fernando Teixeira Albino.

Dois experimentos foram conduzidos no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa para avaliar diferentes relações Metionina + Cistina/ Lisina digestíveis (Met+Cis/LisD) no desempenho, características de carcaça, concentração de malonaldeído (MDA) no peito e na avaliação da glutathiona reduzida (GSH) no soro de frangos de corte, no período de 8 a 21 e de 8 a 42 dias de idade, criados em dois ambientes térmicos. Setecentos e vinte pintos de corte machos sexados da linhagem COBB 500TM foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado constituído por cinco tratamentos, nove repetições e oito aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de cinco relações Met+Cis/LisD (64, 68, 72, 76 e 80%) para as diferentes fases avaliadas. As aves foram mantidas em câmaras climáticas com temperatura do ar e umidade relativa controladas de forma a caracterizar um ambiente termoneutro de acordo com o manual da Cobb (Artigo 1) e de estresse por calor (Artigo 2). Durante ambos os experimentos, as aves receberam as rações e a água à vontade. No experimento 1, as relações Met+Cis/LisD da dieta influenciaram o peso final (PF) e o ganho de peso (GP) das aves de 8 a 21 dias de idade, que variaram de forma quadrática sendo estimado em 74% a relação que proporcionou os melhores valores. A conversão alimentar (CA) também foi influenciada pelas diferentes relações, melhorando até a relação de 73%. Com relação aos dados de 8 a 42 dias de idade, foi observado que o PF e o GP melhoraram até a relação de 73% A CA foi reduzida de forma linear de acordo com o aumento das relações Met+Cis/LisD. Não foi observada diferença significativa no consumo de ração dos frangos em nenhum dos períodos de avaliação. Observou-se resposta linear crescente das relações no peso absoluto da carcaça, do peito, da coxa e da sobrecoxa e no peso relativo da carcaça e do peito das aves. O peso relativo da coxa e da sobrecoxa dos frangos não foi influenciado pelos tratamentos. Não foi verificado efeito das relações Met+Cis/LisD na concentração de MDA no músculo do peito nem na concentração de GSH no soro das aves no experimento 1. Concluiu-se que, em ambiente termoneutro, as relações Met+Cis/LisD que proporcionaram os

melhores dados de desempenho nos períodos de 8 a 21 e de 8 a 42 dias e dos parâmetros de carcaça são 73 e 80%. No experimento 2, as relações Met+Cis/LisD da dieta influenciaram o peso final (PF) e o ganho de peso (GP) das aves de 8 a 21 dias de idade, que variaram de forma quadrática até a relação estimada de 73% que proporcionou os maiores valores. O consumo de ração dos frangos aumentou de forma quadrática até a relação estimada de 72%. A conversão alimentar (CA) foi influenciada pelas diferentes relações, melhorando até a relação de 74%. Com relação aos dados de 8 a 42 dias de idade das aves, foi observado que o PF e o GP foram melhorados de forma quadrática de acordo com o aumento das relações Met+Cis/LisD até a relação estimada em 73%. O consumo de ração dos frangos de 8 a 42 dias aumentou até a relação de 72%. A conversão alimentar reduziu de forma linear no período total de avaliação. Verificou-se resposta quadrática das diferentes relações no peso absoluto da carcaça e no peso absoluto e relativo do peito, que aumentaram até a relação de 73%. O peso absoluto da coxa melhorou até a relação de 72%. A concentração de GSH no soro das aves aumentou linearmente com o aumento das relações dos aminoácidos sulfurados com a lisina. Pode-se concluir que no ambiente de alta temperatura, a relação Met+Cis/LisD que proporcionou os melhores dados de desempenho no período de 8 a 21 dias foi estimada em 74%, enquanto que no período de 8 a 42 dias, a relação estimada de 80% promoveu a melhor conversão alimentar das aves deste estudo.

ABSTRACT

SILVA, Amanda Dione, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2017. **Digestible methionine + cysteine / digestible lysine ratio in diets for broilers under different thermal environments.** Adviser: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele. Co-advisers: Juarez Lopes Donzele and Luiz Fernando Teixeira Albino.

Two experiments were conducted to evaluate different methionine + cysteine / digestible lysine (Met + Cis/LisD) ratios in performance, carcass characteristics, malonaldehyde concentration (MDA) in the breast and serum reduced glutathione (GSH) of broiler chickens from 8 to 21 and from 8 to 42 days of age, raised in two thermal environments. Seven hundred and twenty male COBB chicks were distributed in a completely randomized design consisting of five treatments, nine replicates and eight birds per experimental unit. The treatments consisted in five Met + Cis/LisD ratios (64, 68, 72, 76 and 80%) for the different phases evaluated. The broilers were kept in climatic chambers with controlled air temperature and relative humidity in order to characterize a thermoneutral environment according to the Cobb management guide (Article 1) and heat stress environment (Article 2). Throughout the both of experiments, the broilers received the diets and water *ad libitum*. In experiment 1, the Met + Cis / LisD ratios of the diet influenced the final weight (FW) and the weight gain (WG) of birds from 8 to 21 days of age, which varied quadratically, estimating in 74% the ratio that provided the highest values. Feed conversion (FC) was also influenced by the different ratios, which improved up to the 73%. Regarding the 8 to 42 day old datas, it was observed that the FW and WG were improved until the ratio of 73% according to the increase of Met+Cis/LisD ratios. FC was linearly improved. There was no significant difference in broiler feed intake in any of the evaluation periods. There was increasing linear response of the different relationships in absolute weights of carcass, breast, thigh and drumstick and in relative weight of carcass and broiler breast. Relative weights of thigh and drumstic were not influenced by treatments. No significant effect of Met + Cys / LisD ratios on MDA concentration in breast muscle or on GSH concentration in poultry serum was observed. It was concluded that in the thermoneutral environment, the Met + Cys/ LisD ratios of 73 e 80% provided the best results of performance and carcass parameters for broilers from 8 to 21 and from 8 to 42 days, respectively. In experiment 2, the Met + Cis / LisD ratios of the diet influenced the final weight (FW)

and the weight gain (WG) of birds from 8 to 21 days of age, which varied quadratically, estimating in 73% the ratio that provided the highest values. Feed intake was greater quadratically until the ratio of 72%. Feed conversion (FC) was also influenced by different ratios, which improved up to a 74% ratio. Regarding the 8 to 42 day old datas, it was observed that the FW and WG were improved quadratically according to the increase of the Met + Cis / LisD ratios up to the estimated ratio of 73%. Feed consumption of broilers from 8 to 42 days increased up to 72%. Feed conversion reduced linearly over the whole evaluation period. There was a quadratic response of the different ratios in the absolute carcass weight and in absolute and relative weight of breast, which increased up to 73%. The absolute weight of the thigh was also influenced by the treatments, improving up to 72%. No significant effect of Met + Cys / LisD ratios on MDA concentration was observed in the breast muscle. The concentration of GSH in the serum of the broilers increased linearly according to the increase of the evaluated ratios. It can be concluded that in heat stress environment the ratio Met+Cis/LisD of 74% meets the requirements for best performance for broiler from 8 to 21 days of age. To the phase from 8 to 42 days of age, the 80% ratio provided the best feed conversion for broilers ins this experiment.

INTRODUÇÃO

Com a utilização de aminoácidos industriais na nutrição animal a elaboração de rações com base no conceito de proteína ideal se tornou uma prática de aplicabilidade acessível, tendo em vista a facilidade em atender o balanceamento correto de aminoácidos para os animais.

Dentre todos os aminoácidos essenciais a lisina é tida como o aminoácido referência, o que se deve à sua importância para a síntese proteica, sendo o principal aminoácido relacionado com a deposição de proteína corporal para aves e suínos (Bauchart-Thevret et al., 2009).

Entretanto, para aves a metionina + cistina é o principal limitante em dietas a base de milho e farelo de soja, em função principalmente da sua necessidade para a formação das penas e demais compostos essenciais ao metabolismo animal (Baker, 2006). Como base nisto, tem-se a demanda por estabelecer a relação ideal entre os aminoácidos sulfurados e a lisina, no intuito de beneficiar o desenvolvimento das aves.

Há ainda que se considerar que o clima brasileiro é caracterizado por altas temperaturas durante a maior parte do ano e os frangos de corte sendo animais susceptíveis ao estresse por calor podem ter a relação entre os nutrientes afetada. Como agravante, sabe-se que boa parte das recomendações de aminoácidos digestíveis contidos nos manuais de criação e nas tabelas de exigências nutricionais são provenientes de experimentos desenvolvidos em condições ambientais controladas (Ahmed & Abbas, 2011). Logo, deve ser avaliada a influência do ambiente térmico na relação metionina + cistina/ lisina digestíveis para frangos de corte.

O metabolismo de metionina e cistina no organismo dos animais leva a produção de metabólitos com ação antioxidante, como a glutatona (Brosnan & Brosnan, 2006; Tesseraud et al., 2008). Dessa forma, aves sob estresse por calor podem apresentar alteração na demanda destes compostos nas rações (Aftab & Ashraf, 2009). Portanto a relação metionina+cistina/ lisina digestível pode interferir no desempenho de frangos de corte submetidos a ambientes térmicos estressantes.

Por fim, os níveis de metionina + cistina digestíveis podem alterar o rendimento de carcaça de frangos de corte, bem como a qualidade de carne das aves. Aliado a condições desfavoráveis de temperatura ambiental, pode ser afetado o

tempo de prateleira dos subprodutos, o que ocasionaria prejuízos para as empresas e produtores.

Dessa forma, objetiva-se com este estudo avaliar a influência de diferentes relações metionina + cistina/lisina digestíveis em rações no desempenho, características de carcaça e parâmetros sanguíneos de frangos de corte em ambiente termoneutro e de estresse por calor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFTAB, U.; ASHRAF, M. 2009. Methionine+cystine requirement of broiler chickens fed low-density diets under tropical conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 41:363-369.
- AHMED, M. E.; ABBAS, T. E. 2011. Effects of dietary levels of methionine on broiler performance and carcass characteristics. ***International Journal of Poultry Science***, 10:147-151.
- BAUCHART-THEVRET, C.; STOLL, B.; BURRIN, D.G. 2009. Intestinal metabolism of sulfur amino acids. *Nutrition Research Reviews*, 22:175-187.
- BROSNAN, J.T.; BROSNAN, M.E. 2006. The sulfur-containing amino acids: an overview. ***The Journal of Nutrition***, 136:1636-1640.
- TESSERAUD, S. et al. 2008. Daily variations in dietary lysine content alter the expression of genes related to proteolysis in chicken pectoralis major muscle. ***Journal of Nutrition***, 139: 38-43.

Artigo 1

Relação metionina + cistina / lisina digestíveis em rações para frangos de corte em ambiente termoneutro

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.

Correspondência ao autor: mail.amandadione@gmail.com

Resumo: O presente experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar diferentes relações Metionina + Cistina/Lisina digestível (Met+Cis/LisD) no desempenho, características de carcaça, concentração de malonaldeído (MDA) no peito e avaliação da glutatona reduzida (GSH) no soro de frangos de corte, no período de 8 a 21 e de 8 a 42 dias de idade criados em ambiente de conforto térmico. Trezentos e sessenta pintos de corte machos sexados da linhagem COBB 500TM com peso médio inicial de 138 g foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado constituído por cinco tratamentos, nove repetições e oito aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de cinco relações Met+Cis/LisD (64, 68, 72, 76 e 80%) para as fases avaliadas. As aves foram mantidas em câmaras climáticas com temperatura do ar e umidade relativa controladas de forma a caracterizar um ambiente termoneutro de acordo com o manual da Cobb. Durante todo o experimento, as aves receberam rações experimentais e água à vontade. As relações Met+Cis/LisD da dieta influenciaram o peso final (PF) e o ganho de peso (GP) das aves de 8 a 21 dias de idade, que variaram de forma quadrática estimando em 74% a relação que proporcionou os maiores valores. A conversão alimentar (CA) também foi influenciada pelas diferentes relações, que melhorou até a relação estimada de 73%. Com relação aos dados de 8 a 42 dias de idade das aves, foi observado que o PF e o GP melhoraram até a relação de 73%. A CA foi melhorada de forma linear de acordo com o aumento das relações Met+Cis/LisD. Não foi observada diferença significativa no consumo de ração dos frangos em nenhum dos períodos de avaliação. Observou-se resposta linear crescente das diferentes relações no peso absoluto da carcaça, do peito, da coxa e da sobrecoxa e no peso relativo da carcaça e do peito das aves. O peso relativo da coxa e da sobrecoxa dos frangos não foi influenciado pelos tratamentos. Não foi verificado efeito significativo das relações Met+Cis/LisD na concentração de MDA no músculo do peito, nem na concentração de GSH no soro das aves. Em ambiente termoneutro, as relações Met+Cis/LisD de 73% e 80% proporcionaram o melhor desempenho e parâmetros de carcaça dos frangos de 8 a 21 e de 8 a 42 dias de idade, respectivamente.

Palavras-chave: aminoácidos sulfurados, carcaça, desempenho, termoneutralidade.

Abstract: The present experiment was conducted with the objective of evaluating different methionine + cystine / digestible lysine (Met + Cis/LisD) ratios in the performance, carcass characteristics, malonaldehyde concentration (MDA) in the breast and serum reduced glutathione (GSH) of broiler chickens from 8 to 21 and from 8 to 42 days of age, raised in a thermal comfort environment. Three hundred and sixty male COBB chicks with initial mean weight of 138 g were distributed in a completely randomized design consisting of five treatments, nine replicates and eight birds per experimental unit. The treatments consisted in five Met + Cis/LisD ratios (64, 68, 72, 76 and 80%) for the phases evaluated. The broilers were kept in climatic chambers with controlled air temperature and relative humidity in order to characterize a thermoneutral environment according to the Cobb management guide. Throughout the experiment, the broilers received experimental feeds and water *ad libitum*. The Met + Cis / LisD ratios of the diet influenced the final weight (FW) and the weight gain (WG) of birds from 8 to 21 days of age, which varied quadratically, estimating in 74% the ratio that provided the highest values. Feed conversion (FC) was also influenced by the different ratios, which improved up to the 73%. Regarding the 8 to 42 day old datas, it was observed that the FW and WG were improved until the ratio of 73% according to the increase of Met+Cis/LisD ratios. FC was linearly improved. There was no significant difference in broiler feed intake in any of the evaluation periods. There was increasing linear response of the different relationships in absolute weights of carcass, breast, thigh and drumstick and in relative weight of carcass and broiler breast. Relative weights os thigh and drumstic were not influenced by treatments. No significant effect of Met + Cys / LisD ratios on MDA concentration in breast muscle or on GSH concentration in poultry serum was observed. Em ambiente termoneutro, as relações Met+Cis/LisD de 73% e 80% proporcionaram o melhor desempenho e parâmetros de carcaça dos frangos de 8 a 21 e de 8 a 42 dias de idade, respectivamente. In thermoneutral environment, the Met + Cys / LisD ratios of 73% and 80% provided the best performance and carcass parameters for broilers from 8 to 21 and from 8 to 42 days of age, respectively.

Keywords: carcass, performance, sulfur amino acids, termal environment.

INTRODUÇÃO

A taxa e a eficiência de crescimento dos frangos de corte têm melhorado significativamente ao longo dos anos devido aos avanços na seleção genética, práticas de manejo e na nutrição, especialmente pelo maior conhecimento das exigências dos aminoácidos para melhor desempenho das linhagens de alto potencial. Além de servirem como blocos para síntese de proteína corporal, os aminoácidos desempenham funções secundárias importantes, que também contribuem para o crescimento adequado dos animais (Reis et al., 2017).

A suplementação das dietas animais com aminoácidos é prática recorrente para melhorar o ganho de peso e a taxa de conversão alimentar dos animais e melhorar a sustentabilidade da produção de proteína animal (Geraert, 2017). A utilização de aminoácidos cristalinos na formulação das dietas com base na proteína ideal é um método eficiente que contribui para melhora na eficiência de retenção de nitrogênio pelos animais e pode reduzir o custo das dietas sem comprometer o desempenho animal.

O conceito de proteína ideal expressa as exigências dos aminoácidos em relação à lisina, o aminoácido referência, calculando a proporção ideal que é exigida pelas aves para seu crescimento (Baker et al., 2002). Diferentemente das exigências absolutas dos aminoácidos, admite-se que a relação entre os aminoácidos e a lisina não deva ser alterada com base nas especificações nutricionais da dieta (Dozier III & Mercier, 2013). Entretanto, existem indicações de que as relações ótimas entre os aminoácidos e a lisina pode variar dependendo da idade, proteína da dieta e eficiência de utilização dos aminoácidos (Khan et al., 2016).

A metionina é um dos aminoácidos essenciais para aves que possui funções fundamentais e diversificadas no organismo animal que vão além do seu papel na síntese proteica. A metionina pode ser considerada o primeiro aminoácido limitante para aves recebendo dietas a base de milho e farelo de soja, tornando, portanto, sua suplementação necessária para que o animal expresse seu potencial ótimo de produção (Baker, 2006). As exigências de metionina são geralmente expressas como metionina+cistina em relação à lisina, uma vez que a metionina pode ser convertida à cistina.

A utilização de aminoácidos sulfurados em níveis adequados na dieta de frangos de corte está associada à melhora do ganho de peso, conversão alimentar e

maior rendimento de carne, em especial do músculo do peito das aves (Zhai et al. 2016). Além disso, os aminoácidos sulfurados estão relacionados ao status oxidativo do animal, por serem precursores da glutathiona, molécula responsável por reduzir espécies reativas do oxigênio, protegendo as células do dano oxidativo (Chen et al., 2013). A estabilidade oxidativa está relacionada à qualidade da carne, a qual pode ser medida através do sistema da glutathiona e dos níveis de malonaldeído (Jiang et al., 2009).

Considerando que as relações recomendadas entre os aminoácidos sulfurados e a lisina necessitam de constante reavaliação, objetivou-se com este estudo avaliar diferentes relações Metionina+Cistina/Lisina digestível no desempenho, características de carcaça, qualidade de carne e atividade antioxidante para frangos de corte de 8 a 21 e de 8 a 42 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi previamente submetido à aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa–CEUAP/UFV, estando devidamente certificado sob o processo de nº 110/2014 e de acordo com os princípios éticos da experimentação animal estabelecidos pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 1991) e com a legislação vigente.

Montagem do experimento, manejo dos animais e do ambiente

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Foram utilizados 360 pintos de corte machos sexados da linhagem Cobb 500™ vacinados contra a doença de Marek. Durante o período pré-inicial (1 a 7 dias), as aves foram criadas em galpão convencional e manejadas conforme o manual da linhagem Cobb® (2014). Durante este período, estes animais receberam uma ração basal para atender as suas exigências nutricionais, de acordo com as recomendações contidas em Rostagno et al. (2011).

Aos 8 dias de idade, as aves com peso inicial médio de 138 g foram transferidas para o Laboratório de Bioclimatologia Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, onde foram alojadas em câmaras climáticas contendo baterias com piso telado e área de 0,72 m²/gaiola, providas de comedouros tubulares e bebedouros do tipo nipple. Aos 15 dias de idade das aves estes comedouros foram substituídos por comedouros do tipo calha.

As câmaras climáticas foram ajustadas para permanecerem com temperatura do ar e umidade relativa do ar caracterizando o ambiente termoneutro para as aves, segundo o manual de criação da linhagem (Cobb-Vantress, 2014) (Tabela 1). As condições ambientais das câmaras - temperatura e umidade relativa do ar - foram monitoradas diariamente, duas vezes ao dia (7h:00min e 18h:00min), por meio de termômetros de bulbo seco, de bulbo úmido e de globo negro, posicionados no centro de cada sala. Posteriormente, esses dados foram convertidos no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington et al. (1981).

Tabela 1. Relação entre temperatura ótima, umidade relativa e idade do frango de corte

Idade (em dias)	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa (%)
0	34	30 a 50
7	31	40 a 60
21	27	40 a 60
28	24	40 a 60
35	21	50 a 70
42	19	50 a 70

Cobb-Vanstress (2014).

Delineamento experimental, tratamentos e rações

Os frangos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos, nove repetições e oito aves por unidade experimental, sendo esta representada pela gaiola. Os tratamentos corresponderam a cinco relações metionina + cistina/ lisina digestíveis (64, 68, 72, 76 e 80%) para as fases de 8 a 21 e de 22 a 42 dias de idade.

As rações experimentais foram formuladas a base de milho e farelo de soja e suplementadas com minerais e vitaminas para atender as exigências nutricionais dos animais conforme recomendações de Rostagno et al. (2011), exceto para os níveis de metionina+cistina digestíveis e de lisina digestível (nível subótimo de 90%). As relações foram obtidas pela inclusão de DL-metionina em substituição ao amido. A fim de assegurar que não houvesse deficiência, as relações dos demais aminoácidos essenciais com a lisina digestível foram calculadas com margem de segurança de 3% acima das preconizadas na proteína ideal conforme recomendações contidas em Rostagno et al. (2011) (Tabelas 2 e 3). O fornecimento das rações experimentais e da água aos animais foi feito à vontade durante todo o período experimental.

Avaliação do desempenho das aves

As variáveis de desempenho avaliadas foram o consumo de ração (CR), o ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA) dos animais em dois períodos distintos – de 8 a 21 dias e de 22 a 42 dias. O consumo de ração foi calculado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida, os desperdícios e as sobras das rações experimentais, pesadas periodicamente ao longo do experimento.

Tabela 2. Composições centesimal e calculada das rações experimentais (8 a 21 dias)

Ingrediente (%)	Relação Met+Cis/LisD (%)				
	64	68	72	76	80
Milho 8.04%	52,047	52,047	52,047	52,047	52,047
Farelo de soja 46.56%	37,100	37,100	37,100	37,100	37,100
Glúten de milho 60%	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
Óleo de soja	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600
Fosfato bicálcico	1,579	1,579	1,579	1,579	1,579
Calcário	0,834	0,834	0,834	0,834	0,834
Sal comum	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Amido	0,400	0,355	0,312	0,268	0,224
DL – Metionina 99%	0,000	0,045	0,088	0,132	0,176
Cloreto de colina 60%	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110
Suplemento mineral ¹	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110
Suplemento vitamínico ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Coccidiostático ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Promotor ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Antioxidante ⁵	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada⁶					
EMA (kcal/kg)	3,051	3,051	3,051	3,051	3,051
Proteína bruta	24,457	24,457	24,457	24,457	24,457
Met + cist digestível	0,701	0,745	0,788	0,832	0,876
Metionina digestível	0,360	0,405	0,447	0,491	0,534
Lisina digestível	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095
Treonina digestível	0,784	0,784	0,784	0,784	0,784
Triptofano digestível	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246
Arginina digestível	1,420	1,420	1,420	1,420	1,420
Gli + Ser digestível	1,805	1,805	1,805	1,805	1,805
Valina digestível	1,022	1,022	1,022	1,022	1,022
Isoleucina digestível	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025
Leucina digestível	2,106	2,106	2,106	2,106	2,106
Histidina digestível	0,599	0,599	0,599	0,599	0,599
Fen + Tir digestível	1,617	1,617	1,617	1,617	1,617
Sódio	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218
Cálcio	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841
Fósforo disponível	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401

¹ Composição por kg de produto: manganês, 150.000 mg; zinco, 140.000 mg; ferro, 100.000 mg; cobre, 16.000 mg; e iodo 1.500 mg.

² Composição por kg de produto: vit. A, 5.600.000 UI; vit. D3, 1.200.000 UI; vit. E, 10.000 UI; vit. B1, 1.550 mg; vit B2, 4.000 mg; vit. B6, 2.080 mg; ácido pantotênico, 10.400 mg; vit K3, 1.200 mg; ácido fólico, 650 mg; niacina, 28.000 mg; vit B12, 8.000 µg; selênio, 300 mg e antioxidante, 0,50 g.

³ Salinomicina sódica – 60 ppm.

⁴ Surmax – 10 ppm.

⁵ Hidroxibutiltolueno – BHT.

⁶ Valores calculados com base na composição nutricional das matérias primas.

Tabela 3. Composições centesimal e calculada das rações experimentais (22 a 42 dias)

Ingrediente (%)	Relação Met+Cis/LisD (%)				
	64	68	72	76	80
Milho 8.04%	57,372	57,372	57,372	57,372	57,372
Farelo de soja 46.56%	33,000	33,000	33,000	33,000	33,000
Glúten de milho 60%	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900
Óleo de soja	3,770	3,770	3,770	3,770	3,770
Fosfato bicálcico	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250
Calcário	0,738	0,738	0,738	0,738	0,738
Sal comum	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
Amido	0,200	0,160	0,120	0,081	0,041
DL – Metionina 99%	0,000	0,040	0,080	0,119	0,159
Cloreto de colina 60%	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento mineral ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento vitamínico ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Coccidiostático ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Promotor ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Antioxidante ⁵	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada⁶					
EMA (kcal/kg)	3,175	3,175	3,175	3,175	3,175
Proteína bruta	21,907	21,907	21,907	21,907	21,907
Met + cist digestível	0,632	0,671	0,711	0,750	0,790
Metionina digestível	0,322	0,362	0,401	0,440	0,479
Lisina digestível	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987
Treonina digestível	0,703	0,703	0,703	0,703	0,703
Triptofano digestível	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221
Arginina digestível	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279
Gli + Ser digestível	1,673	1,673	1,673	1,673	1,673
Valina digestível	0,917	0,917	0,917	0,917	0,917
Isoleucina digestível	0,913	0,913	0,913	0,913	0,913
Leucina digestível	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862
Histidina digestível	0,545	0,545	0,545	0,545	0,545
Fen + Tir digestível	1,504	1,504	1,504	1,504	1,504
Sódio	0,198	0,198	0,198	0,198	0,198
Cálcio	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711
Fósforo disponível	0,340	0,340	0,340	0,340	0,340

¹ Composição por kg de produto: manganês, 150.000 mg; zinco, 140.000 mg; ferro, 100.000 mg; cobre, 16.000 mg; e iodo 1.500 mg.

² Composição por kg de produto: vit. A, 5.600.000 UI; vit. D3, 1.200.000 UI; vit. E, 10.000 UI; vit. B1, 1.550 mg; vit B2, 4.000 mg; vit. B6, 2.080 mg; ácido pantotênico, 10.400 mg; vit K3, 1.200 mg; ácido fólico, 650 mg; niacina, 28.000 mg; vit B12, 8.000 µg; selênio, 300 mg e antioxidante, 0,50 g.

³ Salinomicina sódica – 60 ppm.

⁴ Surmax – 10 ppm.

⁵ Hidroxibutiltolueno – BHT.

⁶ Valores calculados com base na composição nutricional das matérias primas.

Para a avaliação do ganho de peso, as aves foram também pesadas ao final de cada período. A partir dos dados de consumo de ração e de ganho de peso foi calculada a conversão alimentar dos animais.

Procedimentos de abate e avaliação do rendimento da carcaça e cortes

Ao final do experimento (42 dias de idade), os frangos foram pesados e duas aves de cada unidade experimental com o peso mais próximo da média da gaiola ($\pm 10\%$), foram submetidas a jejum alimentar de 12 horas, totalizando 90 animais. Estes animais foram então encaminhados ao setor de abatedouro da Universidade Federal de Viçosa onde foram insensibilizados por atordoamento elétrico e abatidos por sangria mediante o corte da veia jugular.

Os animais após serem sangrados e depenados foram eviscerados e as carcaças, bem como os cortes (peito, coxa e sobrecoxa), foram pesados para a determinação do peso absoluto (g). Para o cálculo de rendimento (%) da carcaça foi considerado o peso da carcaça limpa e eviscerada, sem pés e cabeça em relação ao peso vivo em jejum. Para os cortes (peito, coxa e sobrecoxa) os cálculos dos rendimentos foram feitos em relação ao peso da carcaça limpa e eviscerada.

Avaliação da qualidade de carne

Ao término do experimento (42 dias), uma ave de cada unidade experimental foi escolhida para a realização da análise de qualidade de carne, totalizando 45 animais (9 amostras/tratamento)

A porção esquerda do músculo *Pectoralis major* de cada carcaça foi embalada individualmente a vácuo em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados a -20°C para posteriores análises de peroxidação lipídica (TBARS). Para esta análise foi realizado o procedimento para determinação de malonaldeído (MDA).

As amostras foram embaladas com papel filme em bandejas de polietileno identificadas e em seguida foram submetidas à condição de armazenamento em refrigerador convencional a aproximadamente 4°C em três diferentes tempos (0, 7 e 14 dias). Ao completarem os tempos de armazenamento pré-determinados, as amostras de peito foram moídas e, do material processado, uma alíquota de 10 gramas foi retirada e adicionada a um tubo contendo 20 ml de ácido tricloroacético

(TCA) preparado no momento da análise. Após homogeneização com Ultra Turrax as amostras foram centrifugadas em rotação de 4000 rpm durante 30 minutos à temperatura de 4°C. Após a centrifugação, as amostras foram filtradas em papel-filtro, descartando-se o precipitado.

Em seguida, foi adicionado 2 ml do filtrado juntamente com 2 ml de ácido tiobarbitúrico (TBA) em tubos de plástico com fundo redondo. Estes tubos foram então submetidos a banho-maria durante 20 minutos. Após esse período, foi feita a leitura da solução contida nos tubos em espectrofotômetro a 532 nm.

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

Parâmetros sanguíneos

Aos 42 dias, dois animais de cada unidade experimental foram sorteados para a coleta de sangue, totalizando 90 animais. Estas aves foram insensibilizadas e as coletas de sangue foram realizadas por meio de punção cardíaca, sendo colhidos 10 mL de sangue de cada ave por meio de seringa e agulha. A alíquota do sangue foi transferida para tubo vacutainer com anticoagulante (EDTA) e centrifugada a 3.500 rpm durante 10 minutos para extração do plasma. O plasma foi então distribuído em quadruplicata em eppendorfs de 1,5 mL devidamente identificados, que foram em seguida armazenados em ultrafreezer a - 80°C, para análises posteriores da concentração da molécula glutatona reduzida (GSH). Esta análise foi realizada de acordo com as recomendações contidas no "Glutathione detection kit" da Enzo Life Sciences Inc.

Análises estatísticas

As análises estatísticas das variáveis estudadas foram realizadas utilizando-se o programa SAS Versão 9.4. As estimativas da relação Met+Cis/LisD para frangos dos 8 aos 21 dias e de 8 aos 42 dias foram estabelecidas por meio de modelos de regressão linear e quadrático e, ou, descontínuo "*Linear Response Plateau*" (LRP), conforme o melhor ajuste obtido para cada variável. Efeito significativo foi considerado quando $P \leq 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de temperatura e umidade relativa do ar observados durante o período experimental (Tabela 4) estão dentro da faixa considerada adequada para a criação de frangos de corte nas diferentes fases de criação de acordo com Cobb-Vantress (2014).

Os valores de ITGU calculados confirmam as condições de termoneutralidade as quais as aves foram submetidas ao longo do período experimental. Esta proposição está fundamentada nos relatos de Valerio et al. (2003) e Medeiros et al. (2005), que caracterizaram o ambiente com ITGU entre 74 e 80 e 69 e 77 como termoneutro para frangos de corte durante as fases de 8 a 21 e de 22 a 42 dias, respectivamente.

Os dados de desempenho dos frangos de corte em ambiente termoneutro encontram-se na Tabela 5.

A relação Met+Cis/LisD influenciou ($P \leq 0,05$) o peso final (PF) das aves aos 21 dias, que aumentou de forma quadrática até a relação estimada de 74% (Figura 1).

O consumo de ração (CR) das aves de 8 a 21 dias não variou ($P > 0,05$) com o aumento das relações Met+Cis/LisD das dietas. Com os resultados obtidos neste estudo, pode-se afirmar que as aves não ajustaram o consumo de ração para atender uma possível deficiência de aminoácidos sulfurados.

Resultados similares foram obtidos por Dozier III & Mercier (2013) que não verificaram variação significativa no CR de frangos de corte de 1 a 15 dias em razão do aumento da relação dos aminoácidos sulfurados com a lisina digestível da ração. Por outro lado, Goulart et al. (2011) avaliando relações Met+Cis/LisD variando de 55 a 83% em frangos de corte de 8 a 21 dias verificaram que o consumo de ração aumentou de forma linear em razão do aumento da relação Met+Cis/LisD da ração.

A divergência dos resultados observados nos diferentes estudos pode estar relacionada às diferenças na composição das rações experimentais. Segundo D'Mello (1993) e Parr & Summers (1991) as aves variam o CR em função do desbalanço de aminoácidos, podendo-se inferir que o perfil dos aminoácidos da dieta, com exceção dos aminoácidos sulfurados, estavam ajustados.

Tabela 4. Valores médios de temperatura, e umidade relativa do ar e do ITGU calculado no período de 8 a 42 dias de idade.

Idade (dias)	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	ITGU
08 - 21	28,4±0,96	58±5,4	79±1,6
22 - 33	24,5±1,45	60±6,2	74±1,9
34 - 42	20,2±0,84	68±4,9	68±1,1

ITGU – Índice de Temperatura de globo e umidade (Buffington et al. 1981)

Tabela 5. Desempenho de frangos de corte, de 8 a 21 e de 8 a 42 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro, em função do tratamento.

Item	Relação Met+Cis/LisD (%)					CV (%)	P-valor
	64	68	72	76	80		
8 a 21 dias							
Peso final (g)	901	928	946	927	928	2,51	0,0039Q
Consumo de ração (g)	1005	1017	1029	1022	1025	2,53	NS
Ganho de peso (g)	763	790	808	789	790	2,96	0,0038Q
Conversão alimentar	1,32	1,29	1,27	1,29	1,30	2,20	0,0096Q
8 a 42 dias							
Peso final (g)	2791	2836	2904	2910	2908	2,81	0,0008L
Consumo de ração (g)	4199	4218	4219	4206	4186	3,23	NS
Ganho de peso (g)	2653	2698	2766	2772	2770	2,96	0,0008L
Conversão alimentar	1,58	1,56	1,52	1,52	1,51	2,13	<0,0001 L

NS: Não significativo ($P>0,05$); L: Efeito linear ($P\leq 0,05$); Q: Efeito quadrático ($P\leq 0,05$); CV(%): Coeficiente de variação

Foi observado efeito ($P\leq 0,05$) da relação Met+Cis/LisD no ganho de peso (GP) dos frangos de corte de 8 a 21 dias, que variaram de forma quadrática aumentando até a relação estimada de 74% (Figura 2).

Bernal (2008) e Tavernari et al. (2014) avaliando relações Met+Cis/LisD variando de 64 a 80% também observaram influência das relações avaliadas no ganho de peso de frangos de corte machos Cobb de 11 a 21 dias de idade, porém, a melhor relação estimada por estes autores foi de 75%, sendo este valores acima dos encontrados neste estudo.

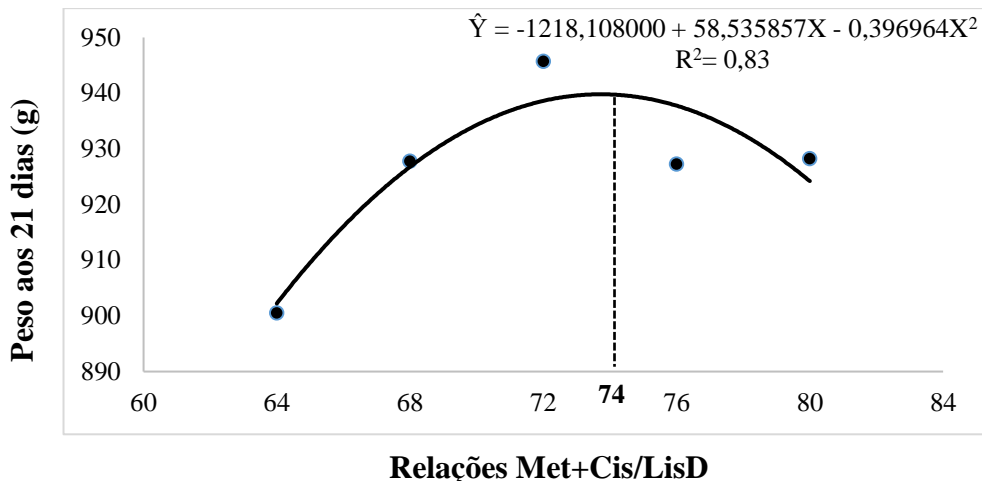


Figura 1. Representação gráfica do peso vivo em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte dos 8 aos 21 dias em ambiente termoneutro.

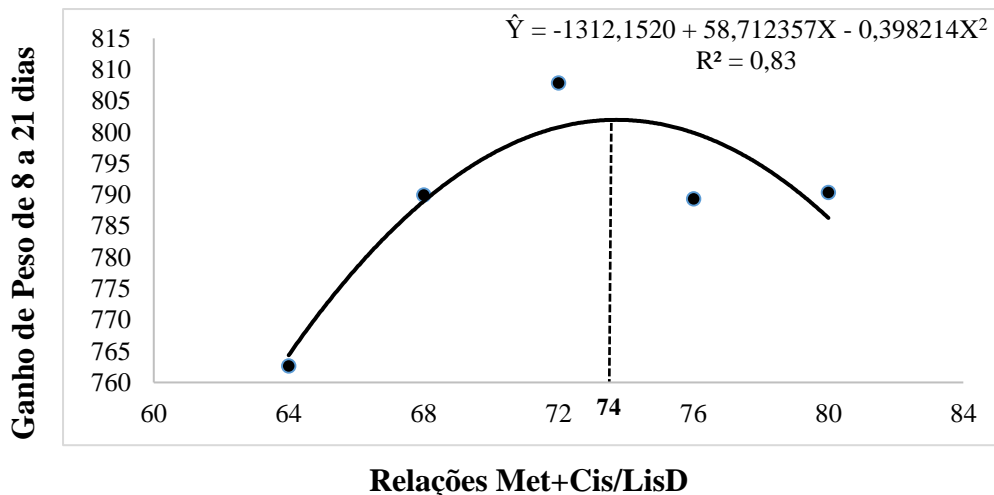


Figura 2. Representação gráfica do ganho de peso em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte dos 8 aos 21 dias em ambiente termoneutro.

A melhora observada no ganho de peso justifica o resultado obtido no peso final das aves. Com os dados de GP observados fica também evidenciado que o excesso de aminoácidos sulfurados na ração pode comprometer a taxa de crescimento dos frangos.

O aumento da relação Met+Cis/LisD influenciou ($P \leq 0,05$) a CA dos frangos de corte no período de 8 a 21 dias, que melhorou de forma quadrática até a relação estimada de 73% (Figura 3).

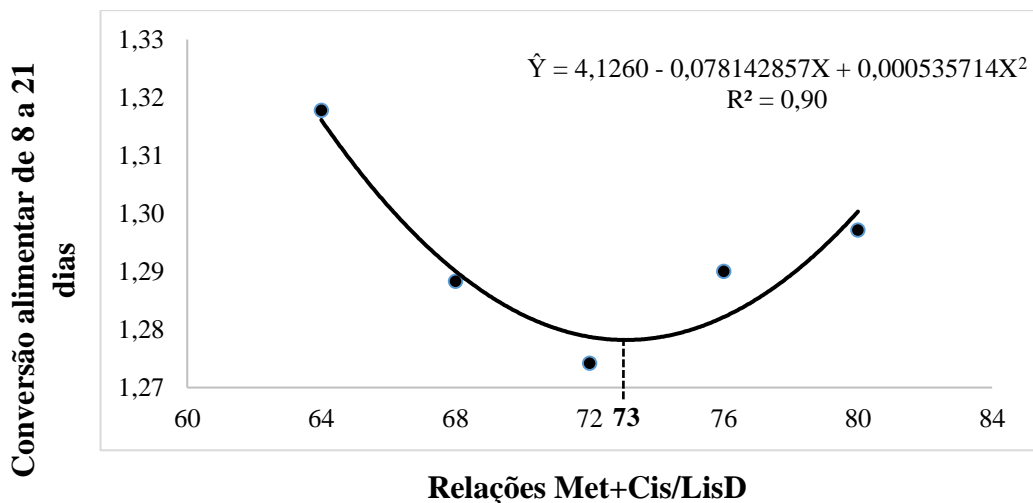


Figura 3. Representação gráfica da conversão alimentar em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte dos 8 aos 21 dias em ambiente termoneutro

Resultados similares quanto a influência das relações Met+Cis/LisD na CA de frangos de corte também foram observados por Goulart et al. (2011), Pessoa (2013) e Tavernari et al. (2014). Entretanto, apesar da similaridade dos resultados, as relações Met+Cis/LisD que proporcionaram melhores respostas de CA foram iguais a 70, 76 e 80%, respectivamente, para frangos de corte na fase inicial de criação.

Considerando os relatos de Fatufe et al. (2004) que a eficiência de utilização dos aminoácidos pelas aves depende do genótipo, pode-se deduzir que a diferença na genética das aves utilizadas nestes trabalhos justificaria, em parte, a divergência entre os resultados apresentados.

As relações Met+Cis/LisD que proporcionaram melhores resultados de desempenho das aves no período de 8 a 21 dias de idade estão coerentes com as recomendações contidas em Rostagno et al. (2017), que corresponde a 74% para a fase inicial de criação.

Com os dados de CA observados neste estudo, associados ao fato de que o CR não foi alterado, sugere-se que o comprometimento do GP das aves nos maiores níveis de aminoácidos sulfurados pode ter ocorrido em função da demanda energética para excreção de amônia oriunda da desaminação do aminoácido em excesso. Ainda com relação aos resultados deste estudo, constatou-se que a deficiência de aminoácidos sulfurados na ração compromete mais a taxa de crescimento dos frangos do que o seu possível excesso.

No período de 8 a 42 dias de idade foi observado efeito ($P \leq 0,05$) do aumento das relações entre os aminoácidos sulfurados e a lisina digestível no GP e, conseqüentemente, no PF das aves, que variaram de forma linear crescente (Tabela 9). Apesar do efeito linear, foi constatado que o modelo Linear Response Plateau (LRP) foi o que melhor se ajustou a estes dados, estimando em 73% a relação a partir da qual o GP e o PF permaneceram no platô (Figuras 4 e 5).

Não se observou influência ($P > 0,05$) do aumento da relação Met+Cis/LisD no CR das aves. De forma semelhante, Goulart et al. (2011), Tavernari et al. (2014) e Zhai et al (2016) também não observaram variação significativa na ingestão voluntária de alimentos de frangos de corte em razão das relações Met+Cis/LisD nas dietas.

Assim, a melhora observada no GP ocorreu em virtude do aumento linear ($P \leq 0,05$) observado na CA dos frangos de corte. Embora tenha sido observado efeito linear para este parâmetro, foi constatado que a partir da relação de 72% o valor absoluto da CA não foi alterado, indicando que em rações contendo esta relação a exigência de aminoácidos sulfurados das aves para melhor eficiência de utilização do alimento é atendida.

Coerente com estes resultados, Oliveira Neto et al. (2007) avaliando a exigência de metionina + cistina para frangos de corte em ambiente termoneutro observaram que a relação de 72% com a lisina digestível proporcionou os melhores resultados de desempenho na fase de 21 a 42 dias de idade.

Com relação aos dados de carcaça dos frangos de corte (Tabela 6) foi verificado que o aumento da relação Met+Cis/LisD da dieta resultou em variação ($P \leq 0,05$) dos pesos absolutos e dos pesos relativos da carcaça e do peito das aves, que aumentaram de forma linear (Tabela 9). Assim, fica evidenciado que a demanda de aminoácidos sulfurados para melhor rendimento de peito dos frangos (80%) é maior, comparativamente, que a exigência para melhor resposta de desempenho (74%), o que confirma os relatos de Hickling et al. (1990) e Schutte & Pack (1995).

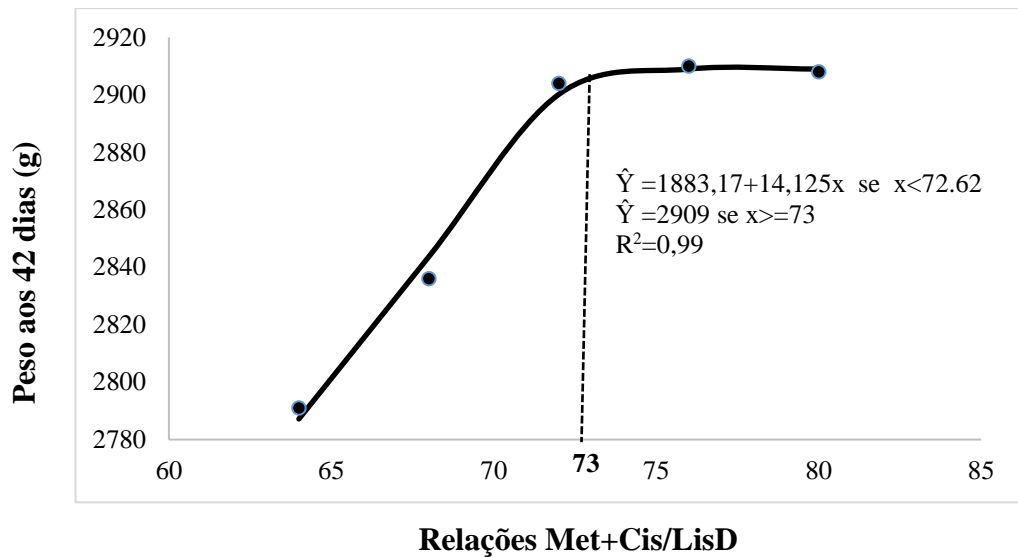


Figura 4. Representação gráfica do peso vivo em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte dos 8 aos 42 dias em ambiente termoneutro

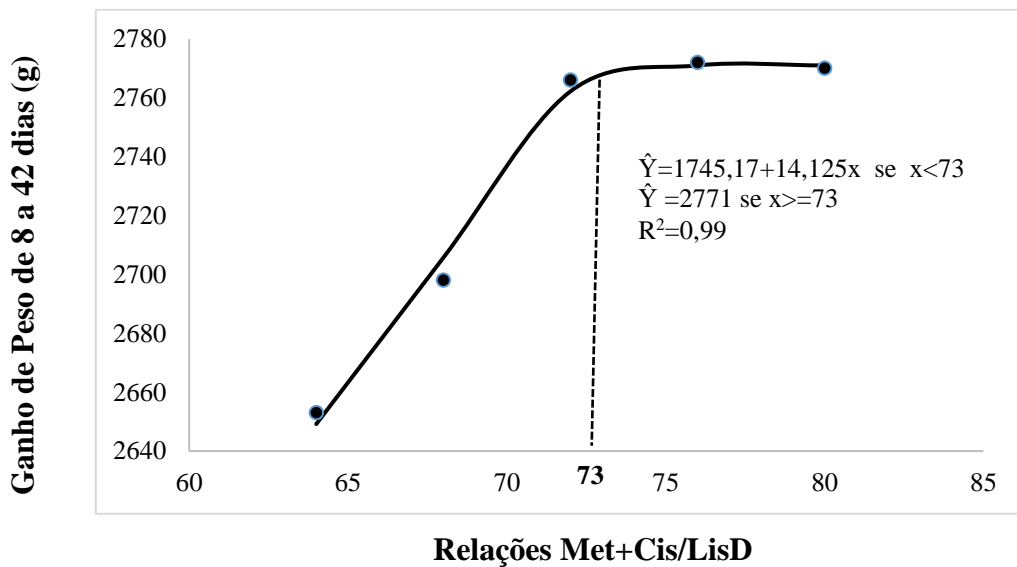


Figura 5. Representação gráfica do ganho de peso em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte dos 8 aos 42 dias em ambiente termoneutro

Tabela 6. Peso absoluto e rendimento de carcaça e dos cortes nobres de frangos de corte, aos 42 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro.

Item	Relação Met+Cis/Lis digestível (%)					CV (%)	P-valor
	64	68	72	76	80		
Peso absoluto (g)							
Carcaça	2234	2258	2351	2357	2391	3,66	<0,0001L
Peito	742	778	811	815	828	6,22	<0,0001L
Coxa	265	269	284	281	285	5,41	<0,0001L
Sobrecoxa	325	314	332	335	337	8,37	0,0337L
Peso relativo (%)							
Carcaça	83,24	83,15	84,06	84,54	84,79	1,98	0,0005L
Peito	33,19	34,45	34,49	34,58	34,63	4,70	0,0140L
Coxa	11,86	11,90	12,06	11,92	11,93	4,76	NS
Sobrecoxa	14,55	13,88	14,14	14,19	14,10	7,10	NS

NS: Não significativo ($P>0,05$); L: Efeito linear ($P\leq 0,05$)

CV(%): Coeficiente de variação

Corroborando com estes resultados, Vieira et al. (2004) também observaram aumento linear no rendimento de peito de frangos de corte com a suplementação de aminoácidos sulfurados da dieta até o nível correspondente a 77% de relação Met+Cis/LisD.

Quanto à coxa e sobrecoxa dos frangos, foi verificado efeito linear crescente ($P\leq 0,05$) do aumento da relação Met+Cis/LisD da ração nos pesos absolutos destes cortes nobres. Já para o peso relativo destes cortes, não foi observado efeito significativo ($P>0,05$) das relações avaliadas. Portanto, a menor relação Met+Cis/LisD utilizada neste experimento (64%) foi suficiente para atender as exigências de frangos de corte para melhor rendimento de coxa e sobrecoxa. De forma semelhante, Lilly et al (2011) observaram que a suplementação de metionina na dieta influenciou apenas o peso absoluto da coxa de frangos de corte Ross.

O crescimento diversificado dos cortes – peito e pernas – dos frangos de corte observados confirmam os relatos de Zhai et al. (2016) de que a deposição de proteína pode ser regulada diferentemente no músculo do peito e das pernas das aves. Ainda, com relação aos resultados deste estudo, foi constatado que o aumento da relação

Met+Cis/LisD favoreceu mais precisamente a musculatura do peito, o que está consistente com os relatos de Zhai et al. (2012).

Esta alteração no padrão de crescimento destes cortes pode estar relacionada ao tipo de fibra muscular, em que no peito são predominantemente brancas enquanto na perna são vermelhas.

Considerando que a melhora na CA pode ser um indicativo de mudança na composição do ganho com aumento da deposição de proteína, constatou-se que no caso deste trabalho, a CA pareceu ser um parâmetro correlacionado à deposição de proteína no peito das aves.

Não se observou efeito ($P>0,05$) da relação Met+Cis/LisD na concentração de malonaldeído (MDA) no músculo do peito dos frangos nos dias 0, 7 e 14 de armazenamento (Tabela 7). Estes resultados divergem dos encontrados por Chen et al. (2013) e Del Vesco et al. (2014) que observaram que o aumento da suplementação de aminoácidos sulfurados reduziu o conteúdo de MDA hepático nas aves em ambiente de conforto térmico.

De acordo com Sumida et al. (1989) o principal produto final da peroxidação lipídica por espécies reativas ao oxigênio (ROS) é o MDA. Ainda segundo Osawa et al. (2005), a rancidez ou oxidação lipídica é um dos principais processos pelo qual ocorre a perda de qualidade da carne, que ocorre devido a desnaturação de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais resultando em características indesejáveis do ponto de vista sensorial.

Considerando estes relatos, o fato deste parâmetro não ter variado com o aumento das relações avaliadas evidenciou que o sistema antioxidante (enzimático e não enzimático) do animal foi eficiente no controle das espécies reativas de oxigênio (ROS) normalmente produzidas no organismo animal. Coerente com esses resultados, estudos conduzidos por Robinson et al. (1997) e Zhang et al. (2008) revelaram que radicais livres produzidos pelo metabolismo, quando não adequadamente controlados pelo organismo, resultam em peroxidação lipídica.

A concentração de glutathiona reduzida (GSH) no soro das aves também não variou ($P>0,05$) em função do aumento da relação Met+Cis/LisD da dieta (Tabela 8).

Tabela 7. Concentrações (nM/ml) de malonaldeído (MDA) na carne de peito de frangos de corte de 8 a 42 dias de idade alimentados com rações com diferentes relações de Met+Cis/LisD, mantidos em ambiente termoneutro.

Tempo	Relação Met+Cis/Lis digestível (%)					CV(%)	P-valor
	64	68	72	76	80		
0 dia	0,5146	0,5231	0,5119	0,6195	0,5304	17,63	NS
7 dias	0,9622	1,0073	1,0726	0,9768	1,0762	23,32	NS
14 dias	1,4764	1,2832	1,2324	1,2251	1,2191	22,70	NS

NS: Não significativo (P>0,05)

CV(%): Coeficiente de variação

Tabela 8. Avaliação da molécula de glutathiona reduzida (GSH) no sangue de frangos de corte de 8 a 42 dias de idade alimentados com rações com diferentes relações de Met+Cis/LisD, mantidos em ambiente termoneutro.

	Relação Met+Cis/Lis digestível (%)					CV(%)	P-valor
	64	68	72	76	80		
GSH (μM)	56,6290	61,2933	59,0354	62,0286	61,3072	15,71	NS

NS: Não significativo (P>0,05)

CV(%): Coeficiente de variação

O sistema antioxidante da glutathiona desempenha função fundamental na defesa celular contra ROS (Ojano-Dirain et al., 2005). Nestes termos, os resultados obtidos de GSH estão coerentes com os de MDA, que não foram alterados, possivelmente, em virtude do equilíbrio entre o sistema antioxidante/oxidante do organismo.

Concordando com estes resultados, Chen et al. (2013) não observaram influência das concentrações de metionina da dieta no conteúdo de glutathiona reduzida e de glutathiona oxidada no fígado de frangos de corte; embora estes autores tenham observado que uma maior concentração de aminoácidos sulfurados significativamente melhorou a relação entre as duas moléculas, concluindo que a elevação desta relação foi devido ao decréscimo da concentração da glutathiona oxidada e não devido ao aumento da glutathiona reduzida.

Tabela 9. Equações de regressão linear para as diferentes variáveis avaliadas para frangos de corte de 8 a 42 dias de idade em ambiente termoneutro.

Variável	Equação	R ²
Desempenho 8 a 42		
PF	$\hat{Y} = 2315,4000 + 7,7000X$	0,82
GP	$\hat{Y} = 2177,4000 + 7,7000X$	0,82
CA	$\hat{Y} = 1,86200 - 0,004500X$	0,88
Carcaça		
P Carcaça	$\hat{Y} = 1574,8000 + 10,3250X$	0,92
R Carcaça	$\hat{Y} = 75,8740 + 0,112250X$	0,91
P Peito	$\hat{Y} = 418,6000 + 5,22500X$	0,90
R Peito	$\hat{Y} = 28,8500 + 0,075250X$	0,62
P Coxa	$\hat{Y} = 183,2000 + 1,3000X$	0,80
P Sobrecoxa	$\hat{Y} = 247,6000 + 1,1250X$	0,58

CONCLUSÃO

Para frangos de corte de 8 a 21 dias de idade a relação Met+Cis/LisD que proporcionou a melhor conversão alimentar foi estimada em 73%. Para a fase de 8 a 42 dias de idade a relação Met+Cis/LisD de 80% avaliada neste experimento proporcionou os melhores resultados de desempenho e parâmetros de carcaça.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, D.H.; BATAL, A.B.; PARR, T.M.; AUGSPURGER, N.; PARSONS, C.M. 2002. Ideal ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine, and valine, for chicks during the second and third weeks posthatch. **Poultry Science**, 81:485-494.
- BAKER, D.H. 2006. Comparative species utilization and toxicity of sulfur amino acids. **The Journal of Nutrition**, 136:1670S-1675S.
- BERNAL, L.E.P. 2008. **Níveis dietéticos de lisina e de metionina + cistina digestíveis para frangos de corte Cobb**. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa – UFV, 173p.
- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, 24:711-714.
- COLÉGIO BRASILEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL (COBEA). **Princípios Éticos na Experimentação Animal**, julho, São Paulo, p. 1. 1991.
- CHEN, Y.P.; CHEN, X.; ZHANG, H.; ZHOU, Y.M. 2013. Effects of dietary concentrations of methionine on growth performance and oxidative status of broiler chickens with different hatching weight. **British Poultry Science**, 54:531-537.
- COBB-VANTRESS. **Manual de manejo de frangos de corte Cobb**. Guapiaçu-SP: Cobb-Vantress Brasil 70p. 2014.
- DELVESCO, A. P.; Gasparino, E. Grieser, D.O; Zancanela, V; Gasparin, F.R.S.; Constantin, J.; Oliveira Neto, A. R. 2015. Effects of methionine supplementation on the redox state of acute heat stress–exposed quails. **British Journal of Nutrition**, 113: 549–559
- D’MELLO, J.P.F. Responses of growing poultry to Amino Acids. In: D’MELLO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. 2.ed., Edimburgh, UK: [s.n.], 2003, p.237-263.
- DOZIER III, W.A.; MERCIER, Y. 2013. Ratio of digestible total sulfur amino acids to lysine of broiler chicks from 1 to 15 days of age. **Journal of Applied Poultry Research**, 22:862–871.
- FATUFE, A.A.; TIMMLER, R.; RODEHUTSCORD, M. 2004. Response to Lysine Intake in Composition of Body Weight Gain and Efficiency of Lysine Utilization of Growing Male Chickens from Two Genotypes. **Poultry Science**, 83:1314–1324.
- GERAERT, P.A. 2017. Amino acids: a tool to improve meat quality. **Anais... IV International symposium on nutritional requirements of poultry and swine**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 291-314p.

GOULART, C.C.; COSTA, F.G.P.; SILVA, J.H.V.; SOUZA, J.G.; RODRIGUES, V.P.; OLIVEIRA, C.F.S. 2011. Requirements of digestible methionine + cystine for broiler chickens at 1 to 42 days of age. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40:797-803.

HICKLING, D.; GUENTER, W.; JACKSON, M.E. 1990. The effects of dietary methionine and lysine on broiler chicken performance and breast meat yield. **Canadian Journal of Animal Science**, 70:673-678.

JIANG, Z., Y. LIN, G. ZHOU, L. LUO, S. JIANG, AND F. CHEN. 2009. Effects of dietary selenomethionine supplementation on growth performance, meat quality and antioxidant property in yellow broilers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 57:9769–9772.

KHAN, D.R.; WECKE, C.; LIEBERT, F. 2015. An Elevated Dietary Cysteine to Methionine Ratio Does Not Impact on Dietary Methionine Efficiency and the Derived Optimal Methionine to Lysine Ratio in Diets for Meat Type Chicken. **Open Journal of Animal Sciences**, 5:457-466.

LILLY, R.A.; SILVA, J.L.; MARTIN, J.M.; CORZO, A. 2011. The effect of dietary aminoacid density in broiler feed on carcass characteristics and meat quality. **Journal of Applied Poultry Research**, 20:56-67.

MEDEIROS, C.M.; BAÊTA, F.C.; OLIVEIRA, R.F.M., TINÔCO, I.F.F.; ALBINO, L.F.T.; CECON, P.R. 2005. Efeito da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, 13:277-286.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1994. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.

OJANO-DIRAIN,C.; IQBAL,T.; WING, T.; COOPER, M.; BOTTJE, W. 2005. Glutathione and Respiratory Chain Complex Activity in Duodenal Mitochondria of Broilers with Low and High Feed Efficiency. **Poultry Science**, 84:782-788.

OLIVEIRA NETO, A.R.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; BARRETO, S.L.T.; VAZ, R.G.M.V.; GASPARINO, E. 2007. Níveis de metionina + cistina total para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 36: 1359-1364.

OSAWA, C.C.; FELÍCIO, P.E.; GONÇALVES, L.A.G. 2005. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Revista Química Nova**, 28:655-663.

PARR, J.F.; SUMMERS, J.D. 1991. The effect of minimizing amino acid excesses in broiler diets. **Poultry Science**, 70:1540- 1549.

PESSÔA, G.P.S. **Relações metionina + cistina/lisina digestíveis em dietas para frangos de corte**. 2013. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa – UFV, 39p.

REIS, R.S.I.; VIANA, G.S.; BARRETO, S.L.T.; MUNIZ, J.C.L.; MENDONÇA, M.O.; MENCALHA, R.I.V.; RIBEIRO, C.L.N.; BARBOSA, L.M.R. 2017. Digestible Methionine + Cysteine-To-Lysine Ideal Ratio for Meat-Type Quails at Initial Phase. **Brazilian Journal of Poultry Science**, 19:51-54.

ROBINSON, M. K., RUSTUM, R. R., CHAMBERS, E. A., ROUNDS, J. D., WILMORE, D. W. & JACOBS, D. O. (1997) Starvation enhances hepatic free radical release following endotoxemia. *Journal of Surgical Research* 69: 325-330.

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: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011, 252 p.

SCHUTTE, J.B.; PACK, M. 1995. Sulfur amino acid requirement of broiler chicks from fourteen to thirty-eight days of age. 1. Performance and carcass yield. **Poultry Science**, 74:480-487.

SUMIDA, S.; TANAKA, K.; KITAO, H.; NAKADOMO, F. 1989. Exercise induced lipid peroxidation and leakage of enzyme before and after vitamin E supplementation. **International Journal of Biochemistry**, 21:835-838.

TAVERNARI, F.C.; BERNAL, L.E.P.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; VIEIRA, R.A. 2014. Relação metionina + cistina/lisina digestível para frangos de corte Cobb. **Revista Ceres**, 61:193-201.

VALÉRIO, S.R.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; Albino, L.F.T.; ORLANDO, U.A.D.; VAZ, R.G.M.V. 2003. Níveis de Lisina Digestível em Rações, em que se Manteve ou Não a Relação Aminoacídica, para Frangos de Corte de 1 a 21 Dias de Idade, Mantidos em Estresse por Calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32:361-371.

VIEIRA, S. L.; LEMME, A.; GOLDENBERG, D. B.; BRUGALLI, I. 2004. Responses of Growing Broilers to Diets with Increased Sulfur Amino Acids to Lysine Ratios at Two Dietary Protein Levels. **Poultry Science**, 83:1307-1313

ZHAI, W.; ARAUJO, L.; BURGESS, S.C.; CORZO, A. 2012. Protein expression in pectoral skeletal muscle of chicken as influenced by dietary methionine. **Poultry Science**, 91:2548-2555.

ZHAI, W.; PEEBLES, E. D.; SCHILLING, M. W.; MERCIER, Y. 2016. Effects of dietary lysine and methionine supplementation on Ross 708 male broilers from 21 to 42 d of age (I): growth performance, meat yield, and cost effectiveness. **Journal of Applied Poultry Research**, 0:1-15.

ZHANG, X. D.; ZHU, Y. F.; CAI, L. S.; WU, T. X. 2008. Effects of fasting on the meat quality and antioxidant defenses of market-size farmed large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). **Aquaculture** 280: 136-139.

**Relação metionina + cistina / lisina digestíveis em rações para frangos de corte
em ambiente de alta temperatura**

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.

Correspondência ao autor: mail.amandadione@gmail.com

Resumo: O presente experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar diferentes relações Metionina + Cistina/Lisina digestível (Met+Cis/LisD) no desempenho, características de carcaça, concentração de malonaldeído (MDA) no peito e avaliação da glutatona reduzida (GSH) no soro de frangos de corte, no período de 8 a 21 e de 8 a 42 dias de idade criados em ambiente de alta temperatura. Trezentos e sessenta pintos de corte machos sexados da linhagem COBB 500TM com peso médio inicial de 138 g foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado constituído por cinco tratamentos, nove repetições e oito aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de cinco relações Met+Cis/LisD (64, 68, 72, 76 e 80%) paras as fases de 8 a 21 e de 22 a 42 dias de idade. As aves foram mantidas em câmaras climáticas com temperatura do ar e umidade relativa controladas de forma a caracterizar um ambiente de estresse por calor para as aves. Durante o experimento, as aves receberam rações experimentais e água à vontade. As relações Met+Cis/LisD da dieta influenciaram o peso final (PF) e o ganho de peso (GP) das aves de 8 a 21 dias de idade, que variaram de forma quadrática estimando em 73% a relação que proporcionou os maiores valores. O consumo de ração dos frangos aumentou de forma quadrática até a relação estimada de 72%. A conversão alimentar (CA) foi influenciada pelas diferentes relações, que melhorou até a relação de 74%. Com relação aos dados de 8 a 42 dias de idade das aves, foi observado que o PF e o GP foram melhorados quadraticamente de acordo com o aumento das relações Met+Cis/LisD até a relação estimada em 73%. O consumo de ração dos frangos de 8 a 42 dias aumentou até a relação de 72%. A conversão alimentar reduziu de forma linear no período total de avaliação. Verificou-se resposta quadrática das diferentes relações no peso absoluto da carcaça e no peso absoluto e relativo do peito, que aumentaram até a relação de 73%. O peso absoluto da coxa melhorou até a relação de 72%. A relação de 64% não atende as demandas das aves para atividade antioxidante. Conclui-se que no ambiente de alta temperatura, a relação Met+Cis/LisD que proporcionou os melhores dados de desempenho no período de 8 a 21 dias foi estimada em 74%, enquanto na fase de 8 a 42 dias, a relação estimada de 80% promoveu a melhor conversão alimentar das aves deste estudo.

Palavras-chave: aminoácidos sulfurados, carcaça, desempenho, estresse por calor.

Abstract: The present experiment was conducted with the objective of evaluating different methionine + cystine / digestible lysine (Met + Cis/LisD) ratios in the performance, carcass characteristics, malonaldehyde concentration (MDA) in the breast and serum reduced glutathione (GSH) of broiler chickens from 8 to 21 and from 8 to 42 days of age, raised in a high temperature environment. Three hundred and sixty male COBB chicks with initial mean weight of 138 g were distributed in a completely randomized design consisting of five treatments, nine replicates and eight birds per experimental unit. The treatments consisted in five Met + Cis/LisD ratios (64, 68, 72, 76 and 80%) for the phases from 8 to 21 and from 22 to 42 days of age. The broilers were kept in climatic chambers with controlled air temperature and relative humidity in order to characterize heat stress for broilers. Throughout the experiment, the broilers received experimental feeds and water *ad libitum*. The Met + Cis / LisD ratios of the diet influenced the final weight (FW) and the weight gain (WG) of birds from 8 to 21 days of age, which varied quadratically, estimating in 73% the ratio that provided the highest values. Feed intake was greater quadratically until the ratio of 72%. Feed conversion (FC) was also influenced by different ratios, which improved up to a 74% ratio. Regarding the 8 to 42 day old datas, it was observed that the FW and WG were improved quadratically according to the increase of the Met + Cis / LisD ratios up to the estimated ratio of 73%. Feed consumption of broilers from 8 to 42 days increased up to 72%. Feed conversion reduced linearly over the whole evaluation period. There was a quadratic response of the different ratios in the absolute carcass weight and in absolute and relative weight of breast, which increased up to 73%. The absolute weight of the thigh was also influenced by the treatments, improving up to 72%. No significant effect of Met + Cys / LisD ratios on MDA concentration was observed in the breast muscle. The concentration of GSH in the serum of the broilers increased linearly according to the increase of the evaluated ratios. In heat stress environment, the ratio Met+Cis/LisD of 74% provided the best results os performance for broilers from 8 to 21 days of age. In the phase of 8 to 42 days of age, the estimated ratio of 80% provided the lowest feed conversion of broilers in this experiment.

Keywords: carcass, heat stress performance, sulfur amino acids, termal environment.

INTRODUÇÃO

A indústria de produção de carne de frango é uma das atividades agropecuárias que mais cresceu nos últimos anos. As linhagens de frangos de corte passaram por intensas modificações que levaram à produção de um animal geneticamente melhorado para apresentar rápido crescimento e alta deposição muscular em um menor espaço de tempo. Entretanto, apesar de seu potencial produtivo, estes animais são susceptível a uma variedade de desafios, dentre eles, o ambiental.

Em ambientes com temperaturas elevadas, as aves reduzem o consumo de alimentos, levando a piora no desempenho destes animais, com a redução no ganho de peso e piora na conversão alimentar (Daguir & Lebanon, 2009). Além disso, o estresse por calor altera o rendimento e a qualidade das diferentes partes dos frangos, o que pode ser explicado pelas alterações fisiológicas que ocorrem no corpo destes animais, como o estresse oxidativo (DelVesco et al., 2015).

A metionina é considerada o primeiro aminoácido limitante para aves recebendo dietas a base de milho e farelo de soja, tornando, portanto, sua suplementação necessária para que o animal expresse seu potencial ótimo de produção (Baker, 2006). A metionina e a cistina estão envolvidas em diversas funções que vão além do seu papel na síntese de proteínas, como a neutralização de espécies reativas de oxigênio (ROS) através da síntese de glutathione, que protege as células do estresse oxidativo (Le Floch et al., 2004).

A exigência de aminoácidos sulfurados bem como as relações Met+Cis /Lis digestível tem sido amplamente estudadas. Porém, observa-se que estes estudos são conduzidos, em sua maioria, com frangos de corte criados em ambiente de termoneutralidade. Sabe-se, entretanto, que as exigências de aminoácidos determinadas para aves mantidas em ambiente termoneutro podem não representar as necessidades das aves em outros ambientes, uma vez que o estresse por calor interfere no desempenho dos animais e altera a deposição de proteína na carcaça e a qualidade da carne dos frangos.

Neste sentido, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de diferentes relações Metionina+Cistina/Lisina digestíveis no desempenho, características de carcaça, qualidade da carne e atividade antioxidante para frangos de corte de 8 a 21 e de 8 a 42 dias de idade mantidos em ambiente de alta temperatura.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi previamente submetido à aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa–CEUAP/UFV, estando devidamente certificado sob o processo de nº 110/2014 e de acordo com os princípios éticos da experimentação animal estabelecidos pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 1991) e com a legislação vigente.

Montagem do experimento, manejo dos animais e do ambiente

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Foram utilizados 360 pintos de corte machos sexados da linhagem Cobb 500™ vacinados contra a doença de Marek. Durante o período pré-inicial (1 a 7 dias), as aves foram criadas em galpão convencional e manejadas conforme o manual da linhagem Cobb® (2014). Durante este período, estes animais receberam uma ração basal para atender as suas exigências nutricionais, de acordo com as recomendações contidas em Rostagno et al. (2011).

Aos 8 dias de idade, as aves com peso inicial médio de 150 g foram pesadas e transferidas para o Laboratório de Bioclimatologia Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, onde foram alojadas em câmaras climáticas contendo baterias com piso telado e área de 0,72 m²/gaiola, providas de comedouros tubulares e bebedouros do tipo nipple. Aos 15 dias de idade das aves estes comedouros foram substituídos por comedouros do tipo calha.

As câmaras climáticas foram ajustadas para permanecerem com temperatura do ar e umidade relativa do ar caracterizando o ambiente de estresse por calor para as aves durante todo o experimento. As condições ambientais das câmaras - temperatura e umidade relativa do ar - foram monitoradas diariamente, duas vezes ao dia (7h:00min e 18h:00min), por meio de termômetros de bulbo seco, de bulbo úmido e de globo negro, posicionados no centro de cada sala. Posteriormente, esses dados foram convertidos no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington et al. (1981).

Delineamento experimental, tratamentos e rações

Os frangos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos, nove repetições e oito aves por unidade experimental, sendo esta representada pela gaiola. Os tratamentos corresponderam a cinco relações metionina + cistina/ lisina digestíveis (64, 68, 72, 76 e 80%) para as fases de 8 a 21 e de 22 a 42 dias de idade.

As rações experimentais foram formuladas a base de milho e farelo de soja e suplementadas com minerais e vitaminas para atender as exigências nutricionais dos animais conforme recomendações de Rostagno et al. (2011), exceto para os níveis de metionina+cistina digestíveis e de lisina digestível (nível subótimo +/- 90%). As relações foram obtidas pela inclusão de DL-metionina em substituição ao amido. A fim de assegurar que não houvesse deficiência, as relações dos demais aminoácidos essenciais com a lisina digestível foram calculadas com margem de segurança de 3% acima das preconizadas na proteína ideal conforme recomendações contidas em Rostagno et al. (2011) (Tabelas 2 e 3). O fornecimento das rações experimentais e da água aos animais foi feito à vontade durante todo o período experimental.

Avaliação do desempenho das aves

As variáveis de desempenho avaliadas foram o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar dos animais em dois períodos distintos – de 8 a 21 dias e de 22 a 42 dias. O consumo de ração foi calculado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida, os desperdícios e as sobras das rações experimentais, pesadas periodicamente ao longo do experimento. Para a avaliação do ganho de peso, as aves foram também pesadas ao final de cada período. A partir dos dados de consumo de ração e de ganho de peso foi calculada a conversão alimentar dos animais.

Tabela 1. Composições centesimal e calculada das rações experimentais (8 a 21 dias)

Ingrediente (%)	Relação Met+Cis/LisD (%)				
	64	68	72	76	80
Milho 8.04%	52,047	52,047	52,047	52,047	52,047
Farelo de soja 46.56%	37,100	37,100	37,100	37,100	37,100
Glúten de milho 60%	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
Óleo de soja	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600
Fosfato bicálcico	1,579	1,579	1,579	1,579	1,579
Calcário	0,834	0,834	0,834	0,834	0,834
Sal comum	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Amido	0,400	0,355	0,312	0,268	0,224
DL – Metionina 99%	0,000	0,045	0,088	0,132	0,176
Cloreto de colina 60%	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110
Suplemento mineral ¹	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110
Suplemento vitamínico ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Coccidiostático ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Promotor ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Antioxidante ⁵	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada⁶					
EMA (kcal/kg)	3,051	3,051	3,051	3,051	3,051
Proteína bruta	24,457	24,457	24,457	24,457	24,457
Met + cist digestível	0,701	0,745	0,788	0,832	0,876
Metionina digestível	0,360	0,405	0,447	0,491	0,534
Lisina digestível	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095
Treonina digestível	0,784	0,784	0,784	0,784	0,784
Triptofano digestível	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246
Arginina digestível	1,420	1,420	1,420	1,420	1,420
Gli + Ser digestível	1,805	1,805	1,805	1,805	1,805
Valina digestível	1,022	1,022	1,022	1,022	1,022
Isoleucina digestível	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025
Leucina digestível	2,106	2,106	2,106	2,106	2,106
Histidina digestível	0,599	0,599	0,599	0,599	0,599
Fen + Tir digestível	1,617	1,617	1,617	1,617	1,617
Sódio	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218
Cálcio	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841
Fósforo disponível	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401

¹ Composição por kg de produto: manganês, 150.000 mg; zinco, 140.000 mg; ferro, 100.000 mg; cobre, 16.000 mg; e iodo 1.500 mg.

² Composição por kg de produto: vit. A, 5.600.000 UI; vit. D3, 1.200.000 UI; vit. E, 10.000 UI; vit. B1, 1.550 mg; vit B2, 4.000 mg; vit. B6, 2.080 mg; ácido pantotênico, 10.400 mg; vit K3, 1.200 mg; ácido fólico, 650 mg; niacina, 28.000 mg; vit B12, 8.000 µg; selênio, 300 mg e antioxidante, 0,50 g.

³ Salinomicina sódica – 60 ppm.

⁴ Surmax – 10 ppm.

⁵ Hidroxibutiltolueno – BHT.

⁶ Valores calculados com base na composição nutricional das matérias primas.

Tabela 2. Composições centesimal e calculada das rações experimentais (22 a 42 dias)

Ingrediente (%)	Relação Met+Cis/LisD (%)				
	64	68	72	76	80
Milho 8.04%	57,372	57,372	57,372	57,372	57,372
Farelo de soja 46.56%	33,000	33,000	33,000	33,000	33,000
Glúten de milho 60%	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900
Óleo de soja	3,770	3,770	3,770	3,770	3,770
Fosfato bicálcico	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250
Calcário	0,738	0,738	0,738	0,738	0,738
Sal comum	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
Amido	0,200	0,160	0,120	0,081	0,041
DL – Metionina 99%	0,000	0,040	0,080	0,119	0,159
Cloreto de colina 60%	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento mineral ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento vitamínico ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Coccidiostático ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Promotor ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Antioxidante ⁵	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada⁶					
EMA (kcal/kg)	3,175	3,175	3,175	3,175	3,175
Proteína bruta	21,907	21,907	21,907	21,907	21,907
Met + cist digestível	0,632	0,671	0,711	0,750	0,790
Metionina digestível	0,322	0,362	0,401	0,440	0,479
Lisina digestível	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987
Treonina digestível	0,703	0,703	0,703	0,703	0,703
Triptofano digestível	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221
Arginina digestível	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279
Gli + Ser digestível	1,673	1,673	1,673	1,673	1,673
Valina digestível	0,917	0,917	0,917	0,917	0,917
Isoleucina digestível	0,913	0,913	0,913	0,913	0,913
Leucina digestível	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862
Histidina digestível	0,545	0,545	0,545	0,545	0,545
Fen + Tir digestível	1,504	1,504	1,504	1,504	1,504
Sódio	0,198	0,198	0,198	0,198	0,198
Cálcio	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711
Fósforo disponível	0,340	0,340	0,340	0,340	0,340

¹ Composição por kg de produto: manganês, 150.000 mg; zinco, 140.000 mg; ferro, 100.000 mg; cobre, 16.000 mg; e iodo 1.500 mg.

² Composição por kg de produto: vit. A, 5.600.000 UI; vit. D3, 1.200.000 UI; vit. E, 10.000 UI; vit. B1, 1.550 mg; vit B2, 4.000 mg; vit. B6, 2.080 mg; ácido pantotênico, 10.400 mg; vit K3, 1.200 mg; ácido fólico, 650 mg; niacina, 28.000 mg; vit B12, 8.000 µg; selênio, 300 mg e antioxidante, 0,50 g.

³ Salinomicina sódica – 60 ppm.

⁴ Surmax – 10 ppm.

⁵ Hidroxibutiltolueno – BHT.

⁶ Valores calculados com base na composição nutricional das matérias primas.

Procedimentos de abate e avaliação do rendimento da carcaça e cortes

Ao final do experimento (42 dias de idade), os frangos foram pesados e duas aves de cada unidade experimental com o peso mais próximo da média da gaiola ($\pm 10\%$), foram submetidas a jejum alimentar de 12 horas, totalizando 90 animais. Estes animais foram então encaminhados ao setor de abatedouro da Universidade Federal de Viçosa onde foram insensibilizados por atordoamento elétrico e abatidos por sangria mediante o corte da veia jugular.

Os animais após serem sangrados e depenados foram eviscerados e as carcaças, bem como os cortes (peito, coxa e sobrecoxa), foram pesados para a determinação do peso absoluto (g). Para o cálculo de rendimento (%) da carcaça foi considerado o peso da carcaça limpa e eviscerada, sem pés e cabeça em relação ao peso vivo em jejum. Para os cortes (peito, coxa e sobrecoxa) os cálculos dos rendimentos foram feitos em relação ao peso da carcaça limpa e eviscerada.

Avaliação da qualidade de carne

Ao término do experimento (42 dias), uma ave de cada unidade experimental foi escolhida para a realização da análise de qualidade de carne, totalizando 45 animais (9 amostras/tratamento)

A porção esquerda do músculo *Pectoralis major* de cada carcaça foi embalada individualmente a vácuo em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados a -20°C para posteriores análises de peroxidação lipídica (TBARS). Para esta análise foi realizado o procedimento para determinação de malonaldeído (MDA).

As amostras foram embaladas com papel filme em bandejas de polietileno identificadas e em seguida foram submetidas à condição de armazenamento em refrigerador convencional a aproximadamente 4°C em três diferentes tempos (0, 7 e 14 dias). Ao completarem os tempos de armazenamento pré-determinados, as amostras de peito foram moídas e, do material processado, uma alíquota de 10 gramas foi retirada e adicionada a um tubo contendo 20 ml de ácido tricloroacético (TCA) preparado no momento da análise. Após homogeneização com Ultra Turrax as amostras foram centrifugadas em rotação de 4000 rpm durante 30 minutos à

temperatura de 4°C. Após a centrifugação, as amostras foram filtradas em papel-filtro, descartando-se o precipitado.

Em seguida, foi adicionado 2ml do filtrado juntamente com 2ml de ácido tiobarbitúrico (TBA) em tubos de plástico com fundo redondo. Estes tubos foram então submetidos a banho-maria durante 20 minutos. Após esse período, foi feita a leitura da solução contida nos tubos em espectrofotômetro a 532 nm.

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

Parâmetros sanguíneos

Aos 42 dias, dois animais de cada unidade experimental foram sorteados para a coleta de sangue, totalizando 90 animais. Estas aves foram insensibilizadas e as coletas de sangue foram realizadas por meio de punção cardíaca, sendo colhidos 10 mL de sangue de cada ave por meio de seringa e agulha. A alíquota do sangue foi transferida para tubo vacutainer com anticoagulante (EDTA) e centrifugada a 3.500 rpm durante 10 minutos para extração do plasma. O plasma foi então distribuído em quadruplicata em eppendorfs de 1,5 mL devidamente identificados, que foram em seguida armazenados em ultrafreezer a -80°C para análises posteriores da concentração da molécula glutathiona reduzida (GSH). Esta análise foi realizada de acordo com as recomendações contidas no "Glutathione detection kit" da Enzo Life Sciences Inc.

Análises estatísticas

As análises estatísticas das variáveis estudadas foram realizadas utilizando-se o programa SAS Versão 9.4. As estimativas da relação Met+Cis/LisD para frangos dos 8 aos 21 dias e de 8 aos 42 dias foram estabelecidas por meio de modelos de regressão linear e quadrático e, ou, descontínuo "*Linear Response Plateau*" (LRP), conforme o melhor ajuste obtido para cada variável. Efeito significativo foi considerado quando $P \leq 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de temperatura e umidade relativa do ar observados durante o período experimental (Tabela 3) indicam um ambiente de alta temperatura para frangos de corte nas diferentes fases de criação, conforme preconizado por Cony & Zocche (2004) e Cobb-Vantress (2014).

Com base nos correspondentes valores de ITGU obtidos pode-se inferir que as aves foram mantidas em ambiente de estresse por calor, pois Oliveira et al. (2006) definiram o ambiente com ITGU acima de 81,4 como de estresse por calor para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade e Medeiros et al. (2005) caracterizaram o ambiente cujos valores de ITGU correspondem a valores entre 78 e 88 como de estresse por calor para frangos na fase de 22 a 42 dias.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados de desempenho para frangos de corte nos períodos de 8 a 21 e de 8 a 42 dias de idade.

As relações Met+Cis/LisD influenciaram ($P \leq 0,05$) o peso final (PF) e o ganho de peso (GP) das aves de 8 a 21 dias de idade, que variaram de forma quadrática, aumentando até a relação estimada de 73% (Figura 1 e 2).

Estes resultados estão coerentes com os encontrados por Junior et al. (2006) que avaliando relações entre os aminoácidos sulfurados e a lisina digestível para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade sob estresse por calor, encontraram a relação de 73% para melhor ganho de peso das aves. Por sua vez, Aftab & Ashraf (2009) encontraram uma relação Met+Cis/LisD estimada em 79% para ganho de peso de frangos Hubbard de 4 a 21 dias criados em ambiente de alta temperatura.

Essa divergência entre os resultados dos diferentes trabalhos pode estar relacionada aos níveis dos aminoácidos sulfurados nas diferentes relações estudadas.

O consumo de ração (CR) das aves de 8 a 21 dias de idade aumentou de forma quadrática ($P \leq 0,05$) até a relação Met+Cis/LisD estimada em 72% (Figura 3). Resposta quadrática no consumo de ração com o aumento da relação dos aminoácidos sulfurados com a lisina também foi observada por Castro (2014). Porém este autor estimou em 70% a relação para maior CR das aves na fase inicial de criação.

Tabela 3. Valores médios de temperatura, umidade relativa do ar e do ITGU calculado no período de 8 a 42 dias de idade.

Idade (dias)	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	ITGU
08 - 21	31,5±0,49	61±0,50	82±0,40
22 - 33	29,6±0,60	62±1,01	80±0,36
34 - 42	28,2±0,43	63±0,42	78±0,62

ITGU – Índice de Temperatura de globo e umidade (Buffington et al. 1981)

Tabela 4. Desempenho de frangos de corte, de 8 a 21 e de 8 a 42 dias de idade mantidos em ambiente de estresse por calor, em função do tratamento.

Variáveis	Relação Met+Cis/Lis digestível (%)					CV (%)	P-valor
	64	68	72	76	80		
8 a 21 dias							
Peso final (g)	792	844	860	852	831	4,27	0,0005 Q
Consumo de ração (g)	885	911	922	906	891	3,63	0,0112 Q
Ganho de peso (g)	642	694	709	702	681	5,20	0,0005 Q
Conversão alimentar	1,38	1,31	1,30	1,29	1,31	2,79	0,0004 Q
8 a 42 dias							
Peso final (g)	1922	2106	2063	2157	1997	6,69	0,0025 Q
Consumo de ração (g)	2914	3132	3065	3109	2912	5,52	0,0013 Q
Ganho de peso (g)	1772	1956	1913	2007	1847	7,22	0,0025 Q
Conversão alimentar	1,65	1,60	1,61	1,55	1,56	4,09	0,0087L

NS: Não significativo (P>0,05); L: Efeito linear (P<0,05); Q: Efeito quadrático (P<0,05)
CV(%): Coeficiente de variação

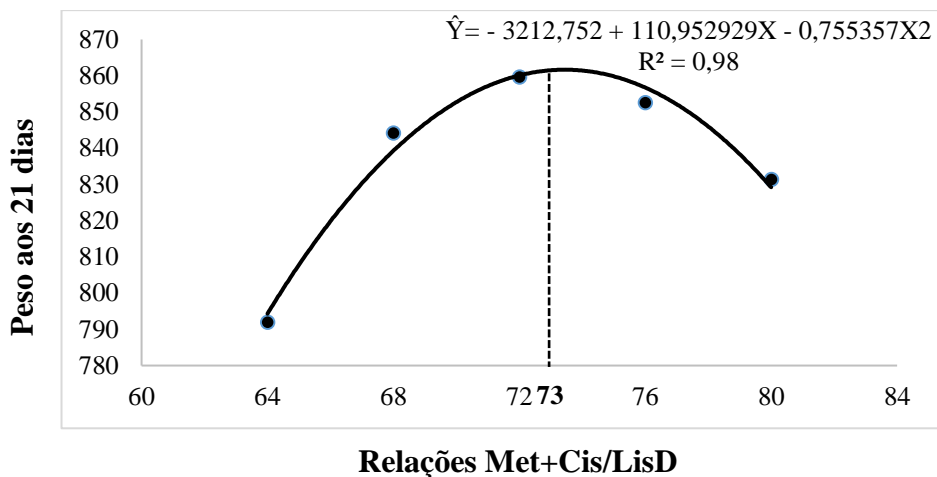


Figura 1. Representação gráfica do peso vivo em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte aos 21 dias em ambiente de alta temperatura

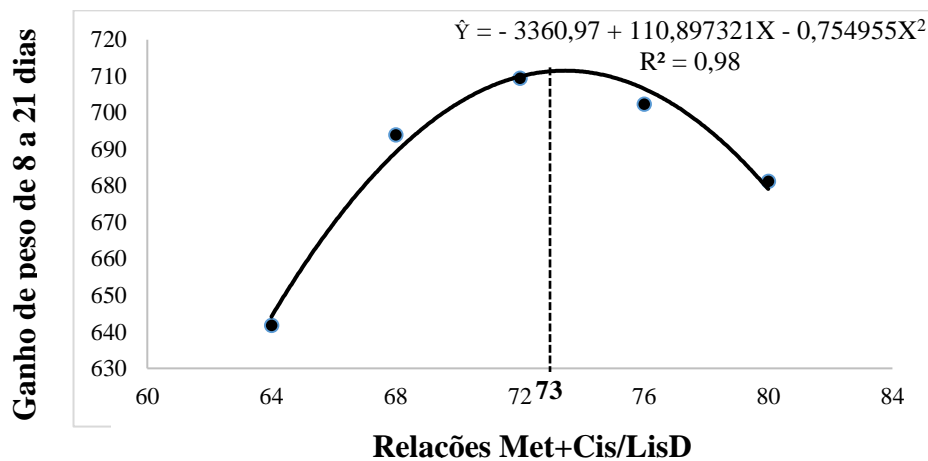


Figura 2. Representação gráfica do ganho de peso em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte dos 8 aos 21 dias em ambiente de alta temperatura

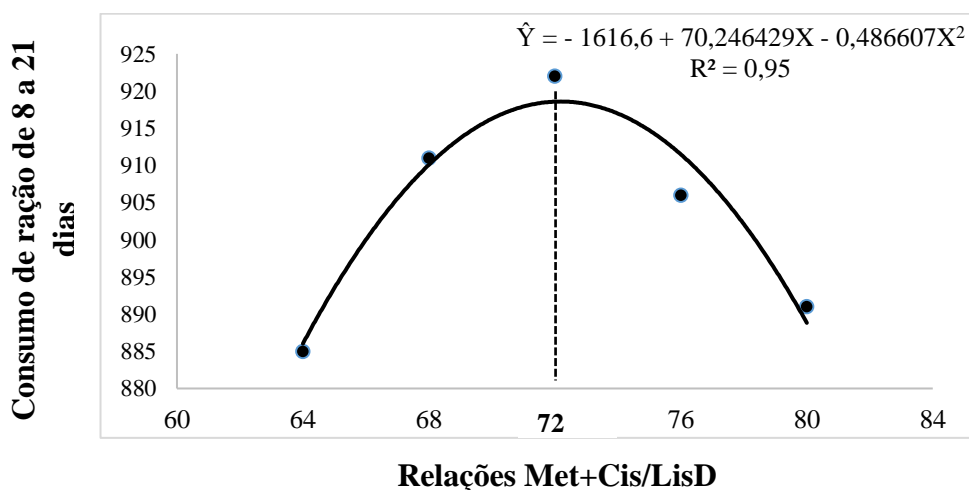


Figura 3. Representação gráfica do consumo de ração em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte dos 8 aos 21 dias em ambiente de alta temperatura

De maneira contrária a estes resultados, Del Vesco et al. (2014) não observaram efeito do aumento da suplementação de aminoácidos sulfurados no CR das aves criadas sob estresse por calor, possivelmente devido à intensidade de estresse provocado nas aves.

Houve efeito ($P \leq 0,05$) das diferentes relações Met+Cis/LisD na conversão alimentar (CA) dos frangos no período de 8 a 21 dias, que foi reduzida de forma quadrática até a relação estimada em 74% (Figura 4). Os resultados encontrados neste estudo estão coerentes com as recomendações contidas em Rostagno et al. (2017) para frangos na fase inicial de criação.

Para o período de 8 a 42 dias, foi observado variação significativa ($P \leq 0,05$) das relações estudadas no GP e, por consequência, do PF dos frangos, que aumentaram de forma quadrática até a relação Met+Cis/LisD de 73% (Figuras 5 e 6).

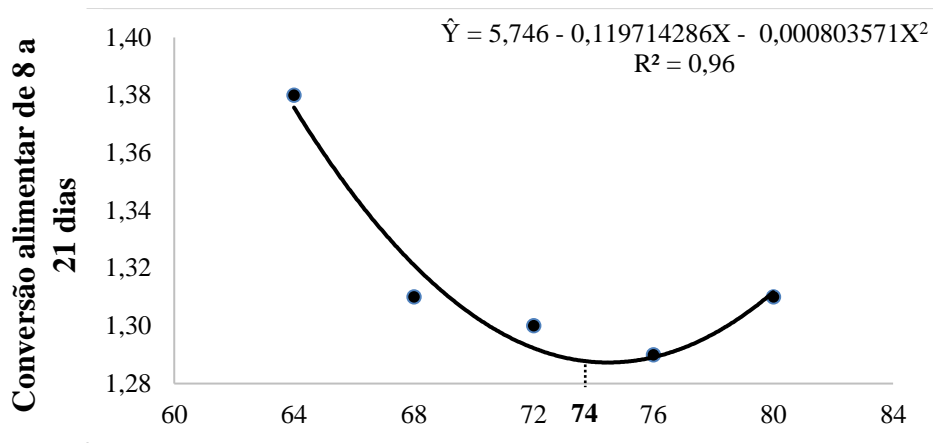
O consumo de ração das aves no período de 8 a 42 dias aumentou de maneira quadrática ($P \leq 0,05$) até a relação de 72% entre os aminoácidos sulfurados e a lisina (Figura 7).

De forma semelhante, Aftab & Ashraf (2009) e Del Vesco et al. (2015) constataram efeito quadrático do aumento da suplementação de aminoácidos sulfurados no consumo de alimentos de frangos de corte sob estresse por calor.

Os resultados deste estudo confirmam os relatos de Hickling et al. (1990) e de Schutte & Pack (1995) de que as aves aumentam o consumo de ração em dietas deficientes em Met+Cis para compensar uma possível deficiência de aminoácidos sulfurados. Além disso, Castro (2014) sugeriu que dietas contendo relações Met+Cis/LisD acima de 74% podem apresentar excesso de aminoácidos sulfurados, assim, para manter o equilíbrio da quantidade ingerida de metionina + cistina, as aves reduzem o consumo de ração.

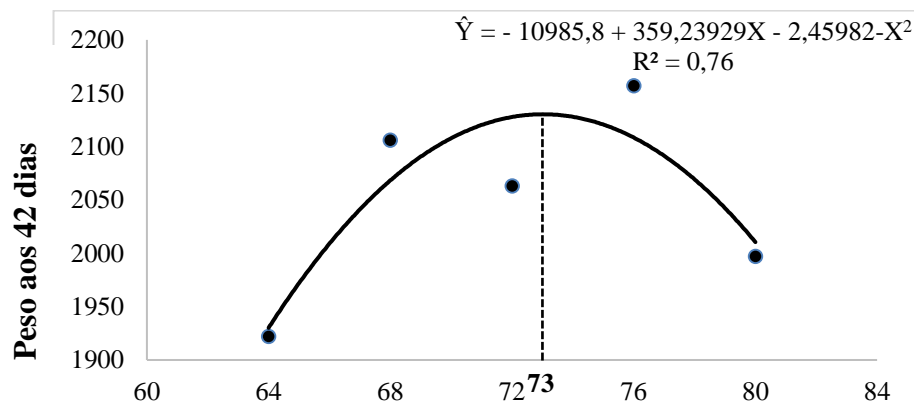
A conversão alimentar no período de 8 a 42 dias melhorou de forma linear ($P \leq 0,05$) com o aumento da relação entre os aminoácidos sulfurados e a lisina. Contudo, apesar do efeito linear observado, em termos de valores absolutos foi constatado que não houve melhora da CA a partir da relação Met+Cis/LisD de 76%.

Os resultados encontrados neste estudo estão coerentes com as afirmações de Schutte & Pack (1995), de que a exigência de Met+Cis para melhor conversão alimentar é maior do que aquela para o melhor ganho de peso dos frangos de corte.



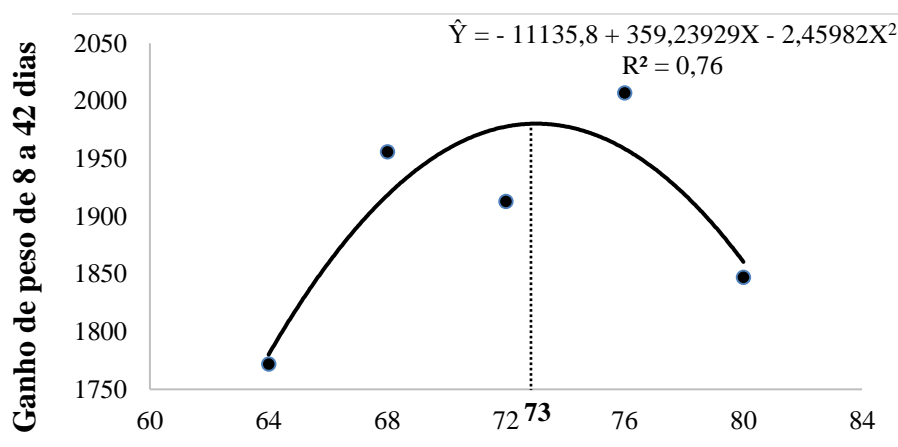
Relações Met+Cis/LisD

Figura 4. Representação gráfica da conversão alimentar em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte dos 8 aos 21 dias em ambiente de alta temperatura



Relações Met+Cis/LisD

Figura 5. Representação gráfica do peso vivo em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte aos 42 dias em ambiente de alta temperatura



Relações Met+Cis/LisD

Figura 6. Representação gráfica do ganho de peso em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte dos 8 aos 42 dias em ambiente de alta temperatura

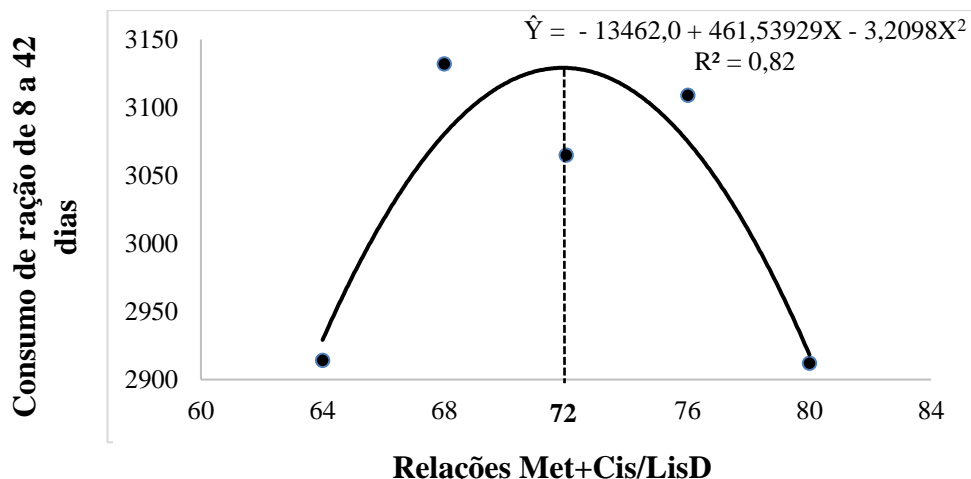


Figura 7. Representação gráfica do consumo de ração em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte dos 8 aos 42 dias em ambiente de alta temperatura

Com relação aos dados de carcaça (Tabela 5) foi verificado que o peso absoluto da carcaça dos frangos de corte variou de forma significativa ($P \leq 0,05$) aumentando de forma quadrática até a relação Met+Cis/LisD de 73% (Figura 8). Porém, o peso relativo da carcaça não foi influenciado ($P > 0,05$) pelo aumento das relações entre os aminoácidos sulfurados e a lisina.

Tabela 5. Peso absoluto e rendimento de carcaça e dos cortes nobres de frangos de corte, aos 42 dias de idade, mantidos em ambiente de alta temperatura.

Variáveis	Relação Met+Cis/Lis digestível (%)					CV (%)	P-valor
	64	68	72	76	80		
Peso absoluto (g)							
Carcaça	1599	1773	1736	1831	1666	7,92	<0,0001Q
Peito	475	542	552	580	508	9,95	<0,0001Q
Coxa	198	219	215	218	203	11,05	0,0016Q
Sobrecoxa	238	255	245	266	248	11,21	NS
Peso relativo (%)							
Carcaça	86,32	86,47	86,73	86,55	86,35	1,98	NS
Peito	29,76	30,61	31,71	31,62	30,50	5,07	0,0004Q
Coxa	12,37	12,31	12,35	12,02	12,17	5,95	NS
Sobrecoxa	14,36	14,39	14,46	14,38	14,57	8,13	NS

NS: Não significativo ($P > 0,05$); Q Efeito quadrático ($P \leq 0,05$)
 CV(%): Coeficiente de variação

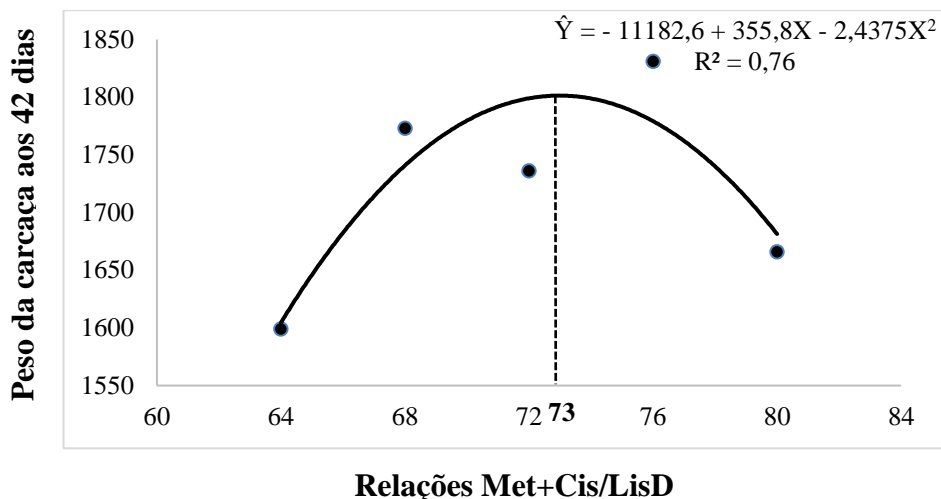


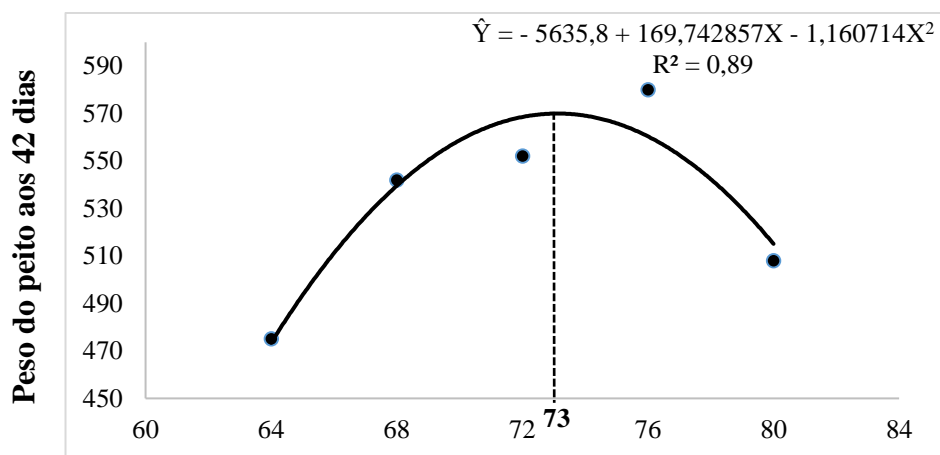
Figura 8. Representação gráfica do peso da carcaça em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte aos 42 dias em ambiente de alta temperatura

O peso absoluto e o peso relativo do peito aumentaram ($P \leq 0,05$) de forma quadrática com o aumento das relações Met+Cis/LisD até a relação estimada em 73% (Figura 9 e 10). Estes dados corroboram os encontrados por Rodrigueiro et al (2000), que também observaram efeito quadrático para rendimento de peito de frangos de corte de acordo com o aumento da suplementação de aminoácidos sulfurados na dieta.

Divergindo destes resultados, Tavernari et al (2014) avaliando relações Met+Cis/LisD variando de 64 a 80% observaram efeito linear crescente no peso absoluto da carcaça e do peito de frangos de corte machos.

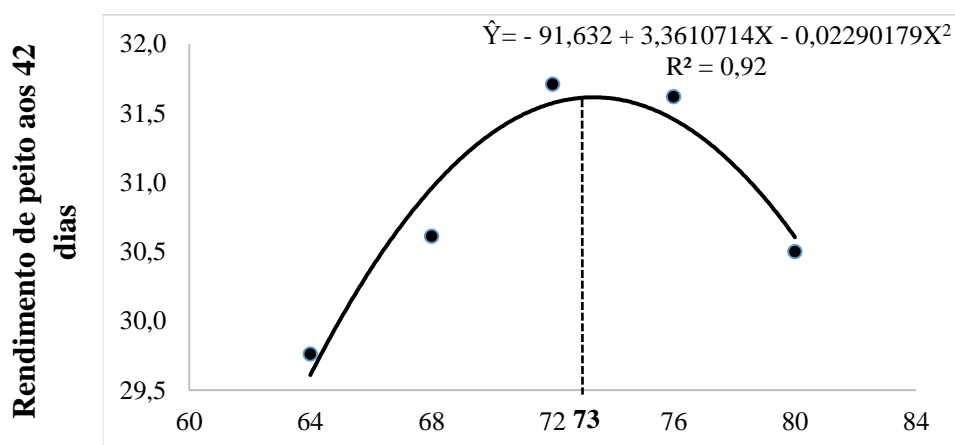
Os resultados obtidos neste estudo confirmam os relatos de Ahmed & Abbas (2011) de que os níveis de aminoácidos sulfurados na dieta interferem no desempenho de frangos de corte e nos parâmetros da carcaça. Além disso, segundo Wen et al. (2016), as linhagens de alto potencial genético respondem melhor à suplementação de metionina na dieta, aumentando o ganho de peso e o rendimento de peito através do aumento da deposição de proteína muscular.

Os resultados obtidos neste estudo estão coerentes com as proposições de Silva et al. (2003), de que existe uma correlação positiva entre o peso vivo do animal aos 42 dias e o peso absoluto da carcaça e entre o peso da carcaça e o peso do peito de frangos de corte.



Relações Met+Cis/LisD

Figura 9. Representação gráfica do peso absoluto do peito em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte aos 42 dias em ambiente de alta temperatura



Relações Met+Cis/LisD

Figura 10. Representação gráfica do rendimento de peito em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte aos 42 dias em ambiente de alta temperatura

A relação Met+Cis/LisD influenciou de forma quadrática ($P \leq 0,05$) o peso absoluto da coxa das aves, que melhorou até o nível correspondente à relação de 72% (Figura 11).

Não foi observado efeito significativo ($P > 0,05$) para peso relativo da coxa e para os pesos absoluto e relativo da sobrecoxa dos frangos de corte criados em ambiente de estresse por calor. De forma semelhante, Junior et al. (2006) não observaram efeito no rendimento dos músculos da perna de frangos de corte criados em ambiente alta temperatura aos 42 dias.

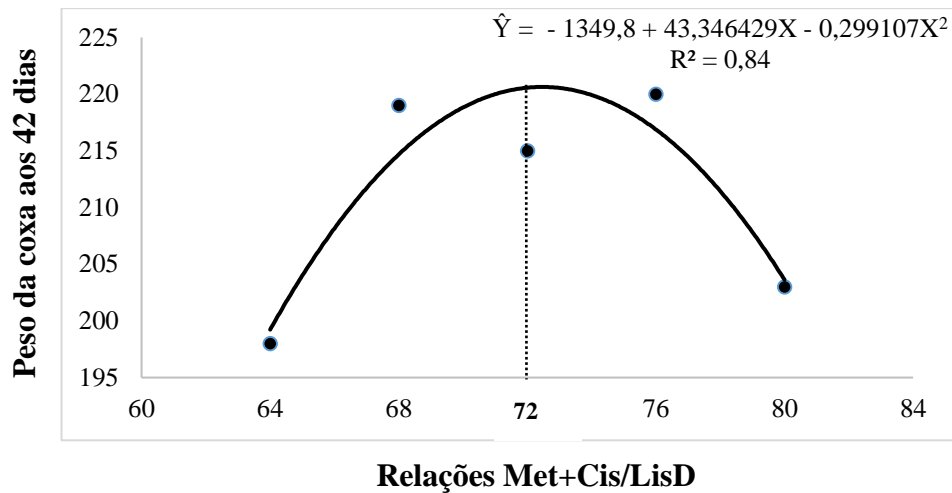


Figura 11. Representação gráfica do peso absoluto da coxa em função das relações Met+Cis/LisD nas rações de frangos de corte aos 42 dias em ambiente de alta temperatura

Com estes resultados, pode-se inferir que o efeito dos aminoácidos sulfurados pode variar entre os diferentes músculos das aves, o que pode estar relacionado ao tipo de fibra muscular. Tesseraud et al. (1996) verificaram que os músculos de frangos de corte de diferentes características quanto ao tipo de fibra muscular (branca ou vermelha) apresentaram variação significativa na taxa de síntese proteica diária.

Ainda, de acordo com Oliveira et al. (2006), a alta temperatura pode influenciar de forma diferenciada os músculos do corpo das aves. Estas proposições justificariam os resultados deste estudo em que a relação encontrada para melhor rendimento de peito (73%) diferiu da relação encontrada para melhor rendimento das pernas dos frangos (64%).

Não se observou efeito ($P > 0,05$) da relação Met+Cis/LisD na concentração de malonaldeído (MDA) no músculo do peito dos frangos nos dias 0, 7 e 14 de armazenamento (Tabela 6).

Embora não tenha sido verificada variação significativa, foi constatado que a diferença entre os valores absolutos de MDA da menor relação Met+Cis/Lis digestível e da maior relação avaliadas neste estudo foi de 35% no tempo zero de armazenamento, sugerindo que, no estresse por calor, a relação de 64% não atende a demanda das aves para atividade antioxidante do organismo. Além disso, comparado ao experimento realizado no termoneutro, a concentração de MDA no peito das aves no tempo zero foi 46% maior no ambiente de alta temperatura.

Tabela 6. Concentrações (nM/ml) de malonaldeído (MDA) na carne de peito de frangos de corte de 8 a 42 dias de idade alimentados com rações com diferentes relações de Met+Cis/LisD, mantidos em ambiente de alta temperatura.

Tempo	Relação Met+Cis/Lis digestível (%)					CV(%)	P-valor
	64	68	72	76	80		
0 dia	0,7519	0,5013	0,5231	0,5328	0,4936	37,37	NS
7 dias	1,6333	1,5580	1,4478	1,5069	1,4890	27,64	NS
14 dias	2,2157	1,9187	1,7032	1,9725	1,8947	26,20	NS

NS: Não significativo ($P > 0,05$)

CV(%): Coeficiente de variação

De acordo com Yang et al (2010), o estresse por calor crônico está relacionado a mudanças metabólicas relacionadas ao estresse oxidativo, que levam ao aumento da produção de ROS e reduzida atividade da cadeia respiratória da mitocôndria.

Foi constatado efeito ($P \leq 0,05$) das relações Met+Cis/LisD na concentração da glutathiona reduzida (GSH) avaliada no plasma dos frangos de corte (Tabela 7), que aumentou de forma linear (Tabela 8). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por DeVesco et al. (2015) que afirmaram que as aves expostas a temperaturas ambientais elevadas tentam evitar o aumento da produção de ROS, aumentando assim a expressão dos genes que fazem parte ou que contribuem para o sistema antioxidante da GSH. Dessa forma, níveis adequados de metionina são necessários para maior eficiência do sistema antioxidante no intuito de mitigar os efeitos do estresse por calor nestes animais.

Pode-se concluir que os resultados de MDA estão relacionados aos de GSH no ambiente de alta temperatura, em que na maior concentração de MDA observada nos diferentes períodos de armazenamento, correspondente à relação de 64%, foi observado também a menor concentração de GSH no soro das aves. Isto demonstra que, possivelmente, utilizando esta relação entre os aminoácidos sulfurados e a lisina, o equilíbrio entre os sistemas antioxidante/oxidante do organismo animal estaria prejudicado.

Tabela 7. Avaliação da molécula de glutathiona reduzida (GSH) no sangue de frangos de corte de 8 a 42 dias de idade alimentados com rações com diferentes relações de Met+Cis/LisD, mantidos em ambiente de alta temperatura.

	Relação Met+Cis/Lis digestível (%)					CV(%)	P-valor
	64	68	72	76	80		
GSH (µm/ml)	56,2552	59,0960	58,3394	60,5554	66,1825	12,99	0,0233L

NS: Não significativo (P>0,05); L: Efeito linear (P≤0,05)

CV(%): Coeficiente de variação

Tabela 8. Equações de regressão linear para as diferentes variáveis avaliadas para frangos de corte nos períodos de 8 a 21 e de 8 a 42 dias de idade em ambiente de alta temperatura.

Variável	Equação	R ²
CA	$\hat{Y} = 1,940000 - 0,004750X$	0,6588
Soro GSH	$\hat{Y} = 21,722 + 0,5328X$	0,8099

CONCLUSÃO

Para frangos de corte de 8 a 21 dias mantidos em ambiente de alta temperatura, a relação Met+Cis/LisD de 74% proporcionou o melhor desempenho das aves. Já no período de 8 a 42 dias, a conversão foi melhorada até a relação Met+Cis/ LisD de 80% avaliada neste experimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFTAB, U.; ASHRAF, M. 2009. Methionine+cystine requirement of broiler chickens fed low-density diets under tropical conditions. **Tropical Animal Health and Production**, 41:363-369.
- AHMED, M. E.; ABBAS, T. E. 2011. Effects of dietary levels of methionine on broiler performance and carcass characteristics. **International Journal of Poultry Science**, 10:147-151.
- BAKER, D.H.; BATAL, A.B.; PARR, T.M.; AUGSPURGER, N.; PARSONS, C.M. 2002. Ideal ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine, and valine, for chicks during the second and third weeks posthatch. **Poultry Science**, 81:485-494.
- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, 24:711-714.
- CASTRO, M.R. 2014. **Relações metionina + cistina: lisina digestíveis para codornas de corte**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina – MG, 2014, 54p.
- COBB-VANTRESS. **Manual de manejo de frangos de corte Cobb**. Guapiaçu-SP: Cobb-Vantress Brasil 70p. 2014.
- COLÉGIO BRASILEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL (COBEA). **Princípios Éticos na Experimentação Animal**, julho, São Paulo, p. 1. 1991.
- CONY, A.V.; ZOCHE, A.T. Manejo de Frangos de Corte. In: MENDES, A.A.; NAAS, I.A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004, p.117-136.
- DAGHIR, N.J. 2009. Nutritional Strategies to Reduce Heat Stress in Broilers and Broiler Breeders. **Lohmann information**, 44:6-15.
- DELVESCO, A. P.; GASPARINO, E. GRIESER, D.O; ZANCANELA, V; GASPARIN, F.R.S.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA NETO, A. R. 2015. Effects of methionine supplementation on the redox state of acute heat stress–exposed quails. **British Journal of Nutrition**, 113:549–559.
- HICKLING, D.; GUENTER, W.; JACKSON, M.E. 1990. The effects of dietary methionine and lysine on broiler chicken performance and breast meat yield. **Canadian Journal of Animal Science**, 70:673-678.
- JUNIOR, R.G.C.S.; LANA, G.R.Q.; RABELLO, C.B.V.; LANA, S.R.V.; BARBOZA, W.A. 2006. Exigências de metionina + cistina para frangos de corte fêmeas de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade criados em região de clima tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35:497-503.

LE FLOC'H, N.; MELCHIOR, D.; OBLED, C. 2004. Modification of protein and amino acid metabolism during inflammation and immune system activation. **Livestock Production Science**, 2004; 87:37-45.

MEDEIROS, C.M.; BAÊTA, F.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; TINÔCO, I.F.F.; ALBINO, L.F.T.; CECON, P.R. 2005. Efeito da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, 13:277-286.

OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; ABREU, M.L.T.; FERREIRA, R.A.; VAZ, R.G.M.V.; CELLA, P.S. 2006. Efeito da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35:797-803.

RODRIGUEIRO, R.J.B.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.; POZZA, P.C.; NEME, R. 2000. Exigência de metionina + cistina para frangos de corte na fase de crescimento e acabamento. **Revista Brasileira Zootecnia**, 29:507-517.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. 2011. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2nd edn Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SCHUTTE, J.B.; PACK, M. 1995. Sulfur amino acid requirement of broiler chicks from fourteen to thirty-eight days of age. 1. Performance and carcass yield. **Poultry Science**, 74:480-487.

SILVA, J.H.V.; ALBINO, L.F.T.; NASCIMENTO, A.H. 2003. Estimativas da composição da carcaça de frangos de corte com base no nível de proteína da ração e peso da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32:344-352.

SHINI, S.; LI, X.; BRYDEN, W.L. 2005. Methionine requirement and cell-mediated immunity in chicks. **British Journal of Nutrition**, 94:746-52.

TAVERNARI, F.C.; BERNAL, L.E.P.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; VIEIRA, R.A. 2014. Relação metionina + cistina/lisina digestível para frangos de corte cobb. **Revista Ceres**, 61:193-201.

TESSERAUD, S.; PERESSON, R.; CHAGNEAU, A.M. 1996. Age related changes of protein turnover in specific tissues of the chick. **Poultry Science**, 75:627-631.

WEN, C.; JIANG, X. Y.; DING, L. R.; WANG, T.; ZHOU, Y. M. 2017. Effects of dietary methionine on growth performance, meat quality and oxidative status of breast muscle in fast- and slow-growing broilers. **Poultry Science**, 96:1707-1714.

YANF, L.G.Y.; TAN, Q.F.U.; FENG, J.H.; ZHANG, M.H. 2010. Effects of acute stress and subsequent stress removal on function of hepatic mitochondrial respiration, ROS production and lipid peroxidation in broiler chickens. **Comparative Biochemistry and Physiology C**, 151:204-208.

ANEXO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO
CEUAP/UFV

Campus Universitário – Viçosa, MG – 36370-900 – Telefone: (31) 3899.3275 – e-mail: ceuap@ufv.br – site: www.ceuap.ufv.br

Viçosa, 03/12/2014

CERTIFICADO

A comissão de ética no uso de animais de produção da universidade federal de viçosa certifica que o **processo nº 110/2014**, intitulado **“Relação metionina + cistina digestível / lisina digestível em rações para frangos de corte mantidos em diferentes ambientes térmicos”**, coordenado pelo **prof(a). Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele**, está de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA e com a legislação vigente, tendo sido aprovado por esta Comissão em **28/Nov/2014**.

CERTIFICATE

The ethic commission in use of production animals of universidade federal de viçosa certifies that the **process number 110/2014**, named **“Digestible methionine + cystine /digestible lysine relationship in diets for broilers under different thermal environments”**, coordinated by **prof(a). Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele**, is in agreement with the Ethical Principles for Animal Research established by the National Council of Animal Experimentation Control (CONCEA) and with actual Brazilian legislation, and was approved by this commission on **Nov, 28th, 2014**.

Mário Luiz Chizzotti
Coordenador da CEUAP/UFV