

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS DOIS VIZINHOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

LEANDRO DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DE BETAÍNA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE DIFERENTES
FONTES DE METIONINA NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE**

DISSERTAÇÃO

DOIS VIZINHOS

2014

LEANDRO DA SILVA

UTILIZAÇÃO DE BETAÍNA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE DIFERENTES
FONTES DE METIONINA NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia, do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

DOIS VIZINHOS

2014



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação N°636.513

**Utilização de betaina em substituição parcial de diferentes fontes de metionina
na dieta de frangos de corte**

por

Leandro da Silva

Dissertação apresentada às nove horas e trinta minutos do dia vinte e oito de agosto de dois mil e quatorze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, Linha de Pesquisa – Produção e Nutrição Animal, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Área de Concentração: Produção animal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Dr. Ricardo Vianna Nunes
UNIOESTE

Dra. Sabrina Endo Takahashi
UTFPR

Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho
UNIOESTE

Dr. Flavio Alves Longo
Btech Tecnologias Agropecuárias e
Comércio Ltda

Visto da Coordenação:

Dr. Ricardo Yuji Sado
Coordenador do PPGZO

* As assinaturas encontram-se na coordenação.

S586u Silva,Leandro da.
Utilização de betaína em substituição parcial de
diferentes fontes de metionina na dieta de frangos de corte –
Dois Vizinhos: [s.n], 2014.
49 f.;il.

Orientador: Ricardo Vianna Nunes.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em
Zootecnia. Dois Vizinhos, 2014.
Inclui bibliografia

1.Frango de corte 2.Nutrição animal I.Nunes, Ricardo
Vianna, orient. II.Universidade Tecnológica Federal do Paraná
– Dois Vizinhos. III.Título.

CDD: 636.513

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pelas oportunidades que me deu e que sei que continuará dando.

Aos meus pais, João e Ivone, e minha irmã, Leliane, que me incentivaram e apoiaram na realização do mestrado, sonho conquistado por eles também.

À minha namorada, Fernanda Canan, pelo apoio, companheirismo, carinho e atenção, não só no mestrado, mas em todas as coisas que faço.

Ao professor Dr. Ricardo Vianna Nunes, por sempre mostrar o melhor caminho para a realização das atividades.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos pelo apoio na realização deste trabalho.

Aos alunos do Curso de Zootecnia da UTFPR de Dois Vizinhos, estagiários do setor de pequenos animais, pela ajuda nos trabalhos de campo.

Aos alunos integrantes do grupo GEMADA, do Curso de Zootecnia da UNIOESTE de Marechal Cândido Rondon, pelo apoio nos trabalhos.

A todos os meus amigos, pelo companheirismo e apoio.

De forma geral, a todos os que de alguma forma me ajudaram e apoiaram para que este momento se tornasse realidade.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

SILVA, Leandro da. Utilização de betaína em substituição parcial de diferentes fontes de metionina na dieta de frangos de corte. 2014. 51 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

A betaína vem sendo utilizada como uma fonte poupadora de metionina na dieta de frangos de corte, tendo em vista o seu menor custo, o que reduz o custo final da dieta. Outro fator de interesse na utilização da betaína é sua função osmoprotetora, que auxilia na regulação do funcionamento celular, principalmente em períodos de estresse. Foram estudadas neste trabalho duas fontes de metionina (DL-Metionina e MHA-Metionina) em diferentes níveis de metionina+cistina, e dois percentuais de inclusão de betaína na dieta, em diferentes fases de criação. No período de 1 a 7 e de 8 a 21 dias, as aves que receberam dietas com níveis reduzidos de metionina+cistina sem a suplementação com betaína apresentaram um desempenho inferior. Quando as dietas deficientes foram suplementadas, o desempenho equiparou-se aos tratamentos positivos. Não houve diferença quanto às fontes de metionina. No período de 22 a 42 dias, a matéria seca da carcaça e os rendimentos de carcaça, peito, perna, gordura abdominal e asa não diferiram. As fontes de metionina diferiram significativamente para as variáveis consumo de ração, taxa de deposição de proteína e peso relativo do fígado. O ganho de peso apresentou resultado satisfatório quanto à utilização de betaína, sendo que a redução de 7% com suplementação apresentou desempenho igual ao controle. Quando utilizada DL-Metionina, maiores taxas de deposição de proteína foram observadas com 7% de redução da quantidade de metionina+cistina com suplementação de 500 g ton⁻¹ de betaína. Para MHA-Metionina, o mesmo foi observado com 7% de redução de metionina+cistina e suplementação de 1000 g ton⁻¹ de betaína. A taxa de deposição de gordura foi estatisticamente superior nos tratamentos com suplementação de betaína, porém a gordura abdominal não diferiu.

Palavras-chave: Desempenho. Qualidade. Ração.

ABSTRACT

SILVA, Leandro da. Use of betaine in partial substitution of different methionine sources in the diet of broiler chickens. 2014, 51 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

Betaine has been used as a source of sparing methionine in the diet of broilers, once its cheaper than methionine, which reduces the final cost of diet. Another factor of interest in the use of betaine is over its osmo-protector function, that assists in the regulation of cell function, especially in stress phases. In this study two sources of methionine (DL-Methionine and Methionine-MHA) were studied at different levels of methionine + cystine, and two inclusion percentage of betaine in the diet at different raising stages. From 1 to 7 and 8 to 21 days, the birds fed diets with reduced levels of methionine and cystine without betaine supplementation underperformed. When deficient diets were supplemented performance equated to the positive treatments. There was no difference as to sources of methionine. In the 22-42 days period, dry matter of carcass and carcass yield, breast, leg, wing and abdominal fat did not differ. Methionine sources differed significantly for feed intake, protein deposition rate and relative weight of liver. Weight gain showed satisfactory result considering the use of betaine, and the 7% reduction with supplementation showed equal performance to the control. When DL-Methionine was used, higher protein deposition rates were observed with 7% reduction in the amount of methionine + cystine supplementation with 500 g ton⁻¹ Betaine. For Methionine-MHA the same was observed with 7% reduction methionine + cystine and supplementation of 1000 g ton⁻¹. The fat deposition rate was statistically higher in treatments supplemented with betaine, but abdominal fat did not differ.

Keywords: Feed. Performance. Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Moléculas das diferentes formas de metionina.....	13
Figura 2 - Direcionamento da metionina no organismo animal.....	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulação e composição nutricional da dieta experimental no período de 1 a 21 dias.....	32
Tabela 2. Formulação e composição nutricional da dieta experimental no período de 22 a 42 dias.....	33
Tabela 3. Desempenho de frangos de corte no período de 1 a 21 dias, alimentados com diferentes fontes de metionina e dois percentuais de substituição de metionina por betaína.....	39
Tabela 4. Desempenho de frangos de corte no período de 21 a 42 dias, alimentados com diferentes fontes de metionina e dois percentuais de substituição de metionina por betaína.....	40
Tabela 5. Rendimento de cortes e carcaça de frangos de corte no período de 21 a 42 dias, alimentados com diferentes fontes de metionina e dois percentuais de substituição de metionina por betaína.....	41

SUMÁRIO

Introdução	10
Revisão de literatura	12
<i>Utilização de aminoácidos sintéticos para frangos de corte</i>	12
<i>Metionina</i>	12
<i>Funções da metionina no organismo animal</i>	15
<i>Betaína</i>	16
Objetivos	19
<i>Objetivo geral</i>	19
<i>Objetivos específicos</i>	19
<i>1. Objetivos específicos no período de 1 a 21 dias</i>	19
<i>2. Objetivos específicos no período de 21 a 42 dias</i>	19
Referências	20
Introdução	26
Material e Métodos	29
Resultados e Discussão	36
Conclusões	44
Referências	45

Introdução

A avicultura ocupa lugar de destaque no cenário do agronegócio brasileiro. Segundo dados recentes do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), o Brasil é o maior exportador de carne de frango, sendo que em 2012 exportou 3.917,6 mil toneladas, com uma produção de 12.645,1 mil toneladas (AVISITE, 2012). Segundo a UBABEF - União Brasileira de Avicultura (2013), a avicultura é responsável por aproximadamente 1,5% do PIB brasileiro, impactando de forma significativa na economia nacional e, além disto, contribuindo socialmente, já que emprega direta e indiretamente aproximadamente 4,5 milhões de pessoas.

Os avanços na área de genética, nutrição, ambiência, sanidade e manejo foram notáveis nos últimos anos e impulsionaram a avicultura brasileira ao patamar em que se encontra neste momento (RIBEIRO et al., 2008). Além de melhorar os índices de desempenho dos animais, reduzindo desta forma o período de criação e diminuindo os custos de produção, melhoraram também a qualidade da carne e aumentaram a segurança alimentar, fazendo com que o Brasil alcançasse certos mercados consumidores que antes não conseguia.

Conforme Rizzo et al. (2010), os custos com alimentação representam cerca de 70% dos custos totais de produção de frangos de corte, e a metionina, segundo Costa e Bastiani (1997) e Rodrigues et al. (1996), representa de 3% a 5% do custo total da ração. Considerando isto, e o fato de que a avicultura de corte representou 50% da demanda de rações em 2011 e consumiu mais de 33,2 milhões de toneladas em 2012 (SINDIRAÇÕES, 2012 - Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal), assim qualquer ganho no desempenho das aves que resulte num melhor aproveitamento do alimento consumido significa uma grande economia nos custos finais de produção.

Existem algumas formas de reduzir os custos com a alimentação dos animais, seja melhorando o aproveitamento dos ingredientes já utilizados na dieta, ou substituindo-os por ingredientes alternativos, que apresentem um custo menor. Neste cenário, a utilização da betaína nas dietas de frangos de corte pode ser utilizada para ambas as formas de economia, já que ela pode servir como poupador de metionina, doando o grupo metil para as reações do organismo ou auxiliando na produção endógena (PANIZ et al., 2005 e METZLER-ZEBELI et al., 2009), ou ainda auxiliando na regulação osmótica e direcionando a energia que seria utilizada para a regulação do equilíbrio osmótico para outras funções do organismo (REMUS, 2001).

Frente ao exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a utilização da betaína em substituição parcial a duas fontes de metionina na dieta de frangos de corte.

Revisão de literatura

Utilização de aminoácidos sintéticos para frangos de corte

O objetivo principal da formulação das dietas de frangos de corte é suprir as exigências nutricionais da ave, de modo que os nutrientes ingeridos e absorvidos sejam suficientes para que o animal demonstre todo o seu potencial genético, atingindo o desempenho desejado.

Durante anos, as dietas para frangos de corte foram formuladas baseando-se no conceito de proteína bruta. Porém, isso geralmente resultava em superestimação de alguns aminoácidos ou desequilíbrio dos mesmos em relação às exigências reais dos animais (BREGENDAHL et al., 2002). Bregendahl et al. (2002) relataram que aves que consomem proteína bruta em excesso apresentam depreciação do desempenho, aumento no custo da dieta, incremento calórico e além disso contribui para o aumento da excreção de nitrogênio. Porém, com os avanços das pesquisas na área de nutrição e metabolismo animal, bem como na tecnologia de produção dos aminoácidos industriais com preços acessíveis, tornou-se possível a formulação de rações com menor teor proteico, mas sem provocar diminuição no desempenho, pois os níveis de aminoácidos continuaram de acordo com as exigências dos animais.

Os aminoácidos de maior importância nutricional na avicultura são a metionina, lisina, treonina, triptofano e arginina. A metionina é o primeiro aminoácido limitante para o crescimento de frangos de corte, sendo utilizada para inúmeras funções metabólicas, como constituintes primários dos tecidos estruturais e de proteção no que se refere à produção de anticorpos (LEANDRO et al., 2007). Assim, inúmeros estudos são desenvolvidos com o objetivo de aprimorar os conhecimentos acerca da sua utilização na alimentação das aves, como a real exigência em diferentes linhagens, fases de criação, diferentes fontes de metionina ou ingredientes alternativos a ela.

Metionina

Os aminoácidos são moléculas que se ligam quimicamente para formar as proteínas (MOURA et al., 2010). Estes podem ser classificados de duas formas: essenciais, os quais o organismo animal não consegue sintetizar, ou sintetiza em

quantidade insuficiente e devem ser suplementados na dieta; e os não essenciais, que são produzidos pelo organismo e não precisam de suplementação.

A metionina é um aminoácido sulfurado essencial e aparece como primeiro limitante na nutrição das aves. Isso se deve ao fato das rações de aves serem formuladas à base de milho e farelo de soja, que não atende às exigências desse aminoácido, comprometendo características produtivas e reprodutivas (MOURA et al., 2010).

Butolo (2002) relata que a inclusão do aminoácido metionina, nas dietas de frangos de corte, iniciou-se a partir da década de 1970. O consumo mundial de metionina industrial em 2005 foi de 600.000 toneladas, e no Brasil foi superior a 42.000 toneladas (SUIDA, 2006).

A metionina industrial (Ácido DL-2-amino-4-metiltiobutanóico) é comercializada sob a forma de:

- **DL-Metionina (DLM):** mistura entre as formas L (50%) e D (50%) em pó, apresenta 99% de atividade;
- **DL-Metionina- Na (DLM-Na):** mistura entre as formas L (50%) e D (50%) do sal de sódio na forma líquida, com 40% de atividade;

Os hidróxi-análogos de metionina (MHA) ou o ácido DL-2- hidróxi-4 (metilo) butanóico são comercializados na forma de:

- **Metionina hidróxi-análoga-ácido livre (MHAAL):** apresenta-se sob a forma líquida com 88% de atividade de metionina;
- **Sal de cálcio de metionina hidróxi-análoga (MHA-Ca):** em pó apresenta cerca de 12% de cálcio e 84% de atividade de MHA.

Os análogos diferenciam-se da metionina por possuírem uma molécula de hidroxila, no lugar do grupamento amina (Figura 1).

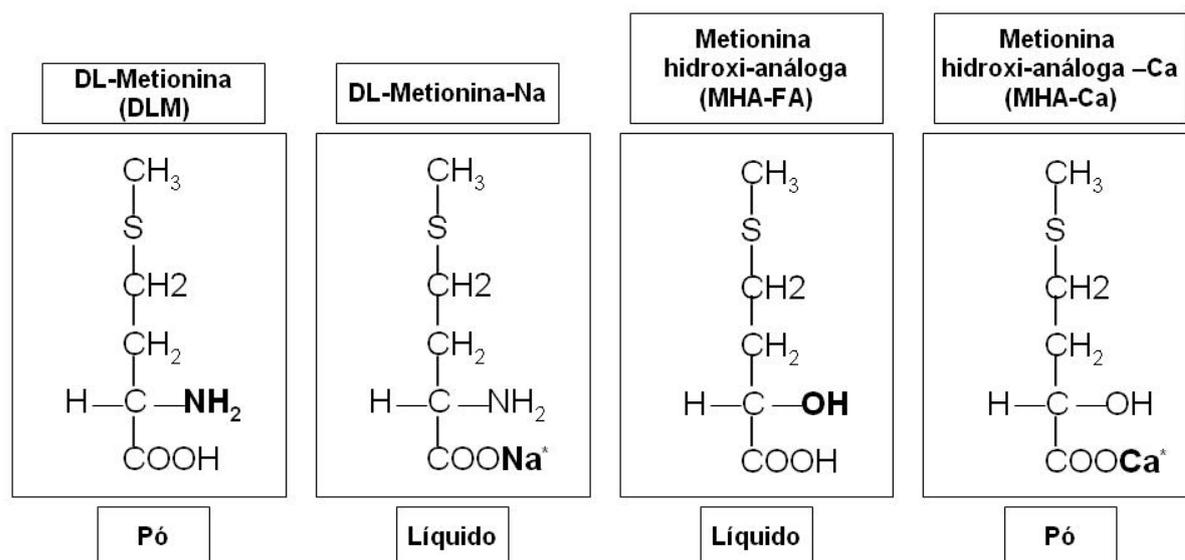


Figura 1. Moléculas das diferentes formas de metionina. Fonte: MOURA et al. (2010).

Os análogos de metionina não possuem o radical amina em sua composição química, sendo esta a principal diferença entre estes radicais e a metionina. Quando está na forma líquida, no lugar do grupamento amina os análogos apresentam uma hidroxila. Já quando estão na forma de pó, eles apresentam-se como um sal de cálcio (VIANA et al., 2009). Ambas as formas de metionina têm os isômeros D e L, pois o carbono alfa existente é assimétrico, característica esta que é de suma importância no momento da formulação das rações, já que as aves aproveitam apenas o isômero L (VISENTINI, et al. 2005).

A primeira referência conhecida sobre o emprego de metionina hidroxi-análoga foi descrita no trabalho de Block e Jackson (1932), utilizando ratos alimentados com uma dieta deficiente em cistina, onde observaram que a inclusão de MHA metionina na dieta estimulava o crescimento dos animais.

Com o aparecimento dos hidróxi-análogos de metionina, a partir de 1950, os custos com a suplementação de metionina diminuíram devido ao aumento da demanda de mercado, tanto pela DL-Metionina como pelos seus análogos (MOURA et al., 2010), mesmo assim, segundo Rodrigues et al. (1996), a metionina onera em aproximadamente 5% o custo final da ração.

Existem dois processos fisiológicos que podem limitar o uso das fontes de metionina, a absorção intestinal e a excreção. A DL-Metionina é absorvida pelo organismo de maneira ativa, podendo desta forma ser transportada contra um gradiente de concentração. Por outro lado, a metionina hidroxi-análoga é absorvida

passivamente, por difusão, sem gasto energético, sendo uma pequena parte absorvida através de carreadores (SUIDA, 2006). Por ser um ácido orgânico, maior parte do produto comercial é absorvido em ambiente com baixo pH, como no trato digestivo superior (MOURA et al., 2010).

Estudos mostraram que ambas as formas de metionina são completamente absorvidas pelas aves, porém após a absorção, a MHA-metionina e a forma D da DL-metionina devem ser primeiramente convertidas para a forma L, para serem incorporadas aos tecidos proteicos do organismo animal.

Funções da metionina no organismo animal

A metionina desempenha várias funções no organismo animal, a principal é sua participação na síntese proteica, mas, além disso, a metionina tem efeito no sistema imune, no metabolismo de lipídeos e energético. Outras funções da metionina incluem a doação de radicais metil, precursora da biossíntese da cisteína, que, ligada aos pares por uma ponte dissulfeto, forma a cistina, o que justifica o fato das recomendações nutricionais serem expressas como metionina+cistina (NASCIMENTO et al., 2009).

A metionina serve como fonte doadora de enxofre para a síntese de outros componentes químicos que apresentam o enxofre em sua composição (WU, 2003), participa da síntese da cisteína, utilizada para a produção da proteína corporal, pele e penas, sendo este aminoácido importante frente ao estresse e ao status inflamatório (TESSERAUDET et al., 2008). A taurina é produzida em nosso corpo a partir da metionina. Age com a glicina e o ácido alfa-aminobutírico como um neurotransmissor. A taurina é um dos aminoácidos mais abundantes em nosso organismo, não sendo usado na síntese de proteínas. É sintetizado no fígado e no cérebro, a partir da metionina e cistina, juntamente com a vitamina B6 (RODRIGUEIRO, 2012).

A metionina também é importante para o metabolismo dos fosfolipídeos, sendo que a sua deficiência é conhecida por causar prejuízos renais e hepáticos (BRUMANO, 2008). De acordo com Champee Havey (1996) a S-adenosinametionina, um co-fator responsável por doar grupo metil formado pela metionina, participa na síntese da colina no organismo. A S-adenosilmetionina também participa na formação da creatina, da carnitina, da adrenalina e da melatonina.

A exigência de metionina no organismo animal se apresenta de forma quadrática, aumentando de maneira significativa na fase de crescimento, se estabilizando por volta dos 45 dias de vida, e diminuindo em uma fase mais avançada. Na fase de crescimento a maior parte da metionina do organismo é utilizada para a deposição de proteína corporal, porém, quando a ave está em uma fase mais avançada e a deposição proteica é mais lenta, a metionina utilizada para a manutenção quase se equivale à demanda para deposição proteica (Figura 2) (RODRIGUEIRO, 2012).

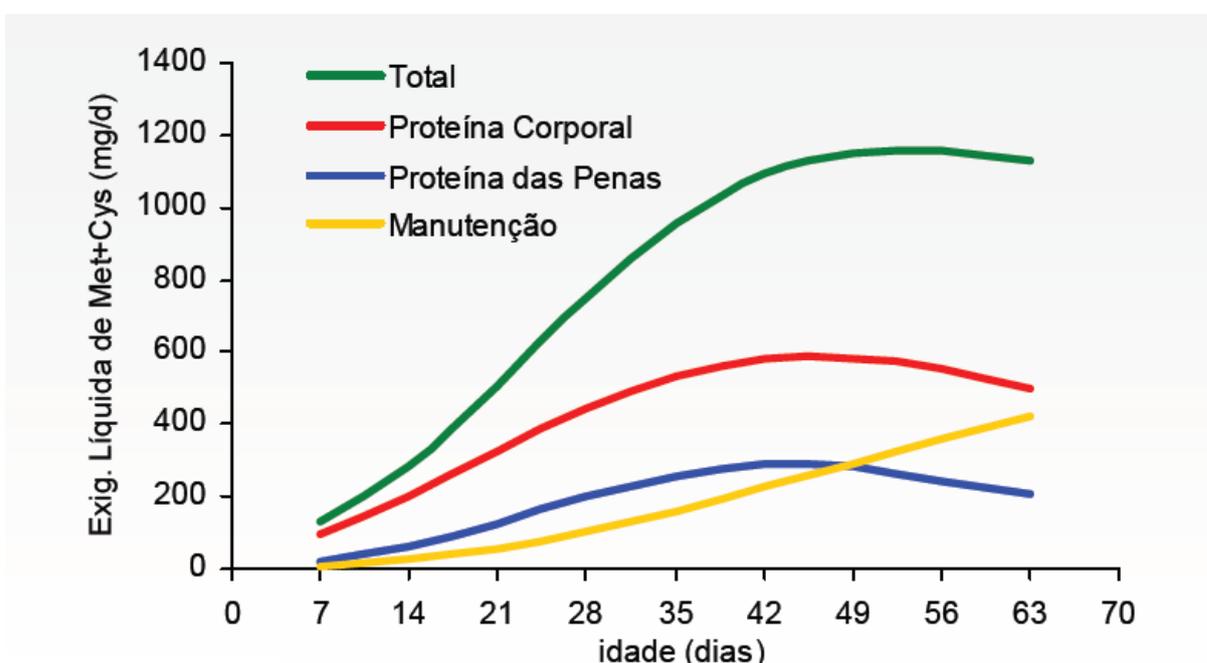


Figura 2. Direcionamento da metionina no organismo animal. Fonte: Pack et al. (2002). Exigência de metionina+cistina conforme Rostagno et al. (2005).

Betaína

A betaína é um derivado do aminoácido glicina, por ela apresentar três grupos metílicos ligados ao átomo de nitrogênio. Também é conhecida como aminoácido metilado, trinitrilglicina, oxineurina ou amina quaternária. Apresenta baixo peso molecular e não é tóxica (PEREIRA et al.,2010).

É um composto aromático encontrado naturalmente nas células, sintetizada por uma grande variedade de microrganismos e plantas (MACNEIL et al.,1999), participando da metabolização dos lipídeos e nitrogênio.

A betaína foi descoberta inicialmente no século XIX, em um extrato do suco de beterraba (*Beta vulgaris*) e posteriormente encontrada em diversas espécies

vivas, principalmente em plantas submetidas a condições de estresse (CRAIG, 2004).

Como produto comercial, a betaína pode ser encontrada na sua forma natural, obtida a partir do melaço de beterraba, através da extração de componentes solúveis formando um caldo, este por sua vez é purificado por carbonação e concentrado para cristalização do açúcar até obtenção do melaço. Após isto, o açúcar e a betaína são separados por cromatografia (VERRESCHI, 2000). Na forma sintética, a betaína é encontrada como anidros de betaína, betaína monofosfatada ou hidrocloreada (PEREIRA, et al. 2010).

1. Utilização de betaína na alimentação de frangos de corte

O interesse na inclusão da betaína na dieta de frangos de corte é que ela atua como doadora de grupamentos metil para as reações químicas do organismo (METZLER-ZEBELI et al., 2009), podendo reduzir a inclusão de metionina e colina nas dietas. Desta forma, a betaína vem sendo estudada em substituição parcial da metionina na alimentação de frangos de corte, tendo em vista que o seu custo é inferior ao da metionina, o que reduz o custo final das dietas.

Conforme relatado por Pereira et al. (2010), a betaína melhora o desempenho de frangos de corte, bem como a qualidade da carcaça e a digestibilidade dos alimentos.

A função osmorreguladora da betaína é conhecida no intestino delgado, ceco, cloaca e fibroblastos embriônicos das aves. Esta função é de extrema importância, pois estima-se que entre 30 e 60% da água consumida no interior dos órgãos viscerais é destinada à regulação osmótica. Como a betaína auxilia nesta regulação, a energia antes gasta para manter o equilíbrio osmótico pode ser destinada a outras funções no organismo (REMUS, 2001).

Em frangos de corte em crescimento, a betaína auxilia na diminuição da deposição de gordura na carcaça através da síntese de metionina via transmetilação da homocisteína, produzindo glicina, um aminoácido importante na síntese proteica, promovendo o crescimento muscular (BARBOSA et al, 2013).

Em condições de estresse, há um aumento na exigência de S-adenosilmetionina (SAM), devido ao fato da metilação ser importante no fortalecimento do sistema imunológico. Assim, grande parte da metionina é utilizada para produzir SAM, aumentando a exigência deste aminoácido (RIBEIRO et al, 2008). Uma alternativa para suprir esse aumento na demanda de metionina é a

suplementação de betaína, pois além de suprir a maior exigência de metionina, ela ainda auxilia na osmorregulação celular durante períodos de estresse (VERRESCHI, 2000). Porém, Barbosa et al. (2013) não encontraram interação entre as dietas experimentais e a temperatura ambiente ao estudarem o efeito de dois níveis de suplementação de betaína (0,05% e 0,075%) em dietas frangos submetidos a períodos cíclicos de estresse térmico, observando diferença entre as dietas e entre os ambientes separadamente.

De acordo com Teixeira (2006), a função osmoprotetora é uma grande vantagem da aplicação da betaína em dietas animais, porém sua principal aplicação nas dietas de frangos de corte é por sua atuação como doadora de grupamentos metílicos, com respostas positivas no desempenho das aves, possibilitando ainda poupar metionina e colina, reduzindo a inclusão nas dietas.

Desta forma, a betaína surge como uma alternativa para melhorar a qualidade da carcaça e desempenho dos frangos de corte nas primeiras semanas de vida da ave e em períodos de estresse, bem como para diminuir a quantidade de metionina na dieta e conseqüentemente, em algumas ocasiões de mercado, reduzir o custo final das dietas.

Objetivos

Objetivo geral

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da substituição parcial de metionina por betaína no desempenho, composição e características de carcaça de frangos de corte em duas fases de criação.

Objetivos específicos

1. Objetivos específicos no período de 1 a 21 dias

O trabalho teve como objetivos, no período de 1 a 21 dias, avaliar o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar dos frangos de corte submetidos às diferentes dietas experimentais.

2. Objetivos específicos no período de 21 a 42 dias

O trabalho teve como objetivos, no período de 22 a 42 dias, avaliar o ganho de peso das aves, consumo de ração, conversão alimentar, peso final, deposição de proteína e gordura na carcaça, rendimento dos cortes (peito, perna e asa), fígado e gordura abdominal.

Referências

BARBOSA, N. A. A.; SAKOMURA, N. K.; LONGO, F. A.; SILVA, E. P. da; BONATO, M. A.; FERNANDES, J. B. K. Effect of dietary betaine supplementation on the performance, carcass yield, and intestinal morphometrics of broilers submitted to heat stress. **Brazilian Journal of Poultry Science**. Apr. – Jun. 2013, v.15, n.2, p. 1-6.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: CBNA, 2002. 430p.

CANCHERINI L. C., JUNQUEIRA O. M., OLIVEIRA M. C., ANDREOTTI M. O.; BARBOSA M. J. B. Utilização de Subprodutos de Origem Animal em Dietas Formuladas com Base em Proteína Bruta e Proteína Ideal para Frangos de Corte de 1 a 21 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.529-534, 2005.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. **Bioquímica ilustrada**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 446p.

COSTA, P. T. C.; BASTIANI, M. F. Avaliação de duas fontes de metionina a dois níveis de adição no desempenho de frangos de corte (1-49 dias). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.3, p.485-489, 1997.

CRAIG, S.A.S. Betaine in human nutrition. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.80, n. 3, p. 539-549, 2004.

MACNEIL, S. D.; NUCCIO, M. L; HANSON, A. D. Betaine and related osmoprotectants. Targets for metabolic engineering or stress resistance. **Plant Physiology**, v.120, n.4, p. 945-949, 1999.

METZLER-ZEBELI, B. U.; EKLUND, M.; MOSENTHIN, R. Impact of osmoregulatory and methyl donor functions of betaine on intestinal health and performance in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v.65, p.419-441, 2009.

MITCHELL, H. H. **Comparative nutrition of man and domestic animals**. New York: Academic Press, 1964.

MOURA, A. M. A.; MELO, T. V.; MIRANDA, D. J. A. Utilização da dl-metionina e metionina hidróxi-análoga na alimentação de aves. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.67, n.1, p.97-107, 2010.

NASCIMENTO, D. C. N.; SAKOMURA, N. K.; SIQUEIRA, J. C.; PINHEIRO, S. R. F.; FERNANDES, J. B. K.; FURLAN, R. L. Exigências de metionina+cistina digestível para aves de corte ISA Label criadas em semiconfinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.869-878, 2009.

NEME, R.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; RODRIGUEIRO, R. J. B.;

TOLEDO, R. S. Determinação da biodisponibilidade da lisina sulfato e lisina hcl com frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, vol. 30, n.6, Nov./Dez.2001.

PACK, M.; FICKLER, J.; RADEMACHER, M.; LEMME, A.; MACK, S.; HOHLER, D.; FONTAINE, J.; PETRI, A. **Amino acids of Animal Nutrition**, 2002, 558 p.

PANIZ, C.; GROTO, D.; SCHMITT, G. C.; VALENTINI, J.; SCHOTT, K. L.; POMBLUM, V. J.; GARCIA, S. C. Fisiopatologia da deficiência de vitamina B12 e seu diagnóstico laboratorial. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 41, n. 5, p. 323-34, 2005.

PEREIRA, P. W. Z.; MENTEN, J. F. M.; RACANICCI, A. M. C.; TRALDI, A. B.; SILVA, C. S.; RIZZO, P. V. Avaliação de complexo enzimático e betaína natural em rações para frangos de corte criados em aviário comercial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2230-2236, 2010.

REMUS, J. C. Betaine for increased breast meat yield in turkeys. **International Poultry Production**, Surrey, v.9, n.2, p. 22-23, 2001.

RIBEIRO, A. M. L.; VOGT, L. K.; CANAL, C. W.; LAGANÁ, C.; STRECK, A. F. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.4, p.636-634. 2008.

RIZZO, P. V.; MENTEN, J. F. M.; RACANICCI, A. M. C.; TRALDI, A. B.; SILVA, C. S.; PEREIRA, P. W. Z. Extratos vegetais em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.801-807, 2010.

RODRIGUEIRO, R. 2012. O que esperar da betaína como fonte poupadora da dimetionina suplementar. **Serviços Técnicos**, Evonik Degussa Brasil.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos - Composição de alimentos e exigência nutricionais**, UFV, Viçosa, MG, 2005, 186 p.

SUIDA, D. Aminoácidos: Essencial na alimentação dos animais. **Feed & Food**, v. 1, n.1, p.40-43, 2006.

TEIXEIRA, M.; NIANG, T. M. S.; GOMES, A. V. C. Efeito do uso da betaína na biologia e morfologia dos estádios evolutivos de *Eimeria acervulina* em frangos de corte infectados experimentalmente com oocistos esporulados. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.15, n.4, p.193-198, 2006.

TESSERAUD, S.; COUSTARD, S.M.; COLLIN, A.; SEILIEZ, I. Role of sulfur amino acids in controlling nutrients metabolism and cell functions: implications of nutrition. **British Journal of Nutrition**, p. 1-8, 2008.

VERRESCHI, D.C. **Efeito do uso da betaína na alimentação do Pacu, *Piaractus mesopotamicus***. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, 2000.

VIANA, M. T. S.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; BARRETO, S. L. T.; CARVALHO, D. C. O.; GOMES, P. C. Fontes e níveis de metionina em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1751-1756, 2009.

VISENTINI, P.; LOPES, L.; TOLEDO, G. S.; COSTA, P. T. Níveis de substituição de DL-Meionina pela metionina hidróxi-análoga em base equimolar, em dietas para frangos de corte. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, Santa Maria, novembro/dezembro, 2005.

WU, G. **Interrelationship among methionine, choline and betaine in channel catfish – *Ictalurus punctatus***, 2003, p. 45. Master of Science – Auburn University, Alabama, USA, 2003.

Capítulo I - Desempenho, rendimento e composição de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas contendo betaína em substituição parcial à metionina

O Capítulo foi elaborado conforme as normas para publicação na Revista *Semina*

Desempenho, rendimento e composição de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas contendo betaína em substituição parcial à metionina

Performance, carcass yield and composition of broilers fed diets containing betaine partially replacing methionine

Resumo - Foram realizados dois experimentos distintos, sendo que no primeiro foram alojados 800 pintos de corte, machos, Cobb, com peso médio inicial de $45,38 \pm 0,57$ g, e no segundo foram utilizados 640 frangos de corte, machos, de 21 dias de idade, da linhagem Cobb, com peso médio inicial de $729,96 \pm 11,5$ g, sendo que estes foram criados até esta idade no aviário experimental. Ambos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4, constituído da combinação de duas fontes de metionina (DL-metionina e MHA-metionina) com três níveis de metionina+cistina, sendo que dois destes com duas quantidades diferentes de adição de betaína. Os tratamentos utilizados foram constituídos por: 100 MC - exigência nutricional recomendada de metionina+cistina; 93 MC - redução de 7% no nível de metionina+cistina em relação à exigência recomendada; 93 BT - redução de 7% no nível de metionina+cistina em relação à exigência recomendada e suplementação com betaína HCL (500 g ton^{-1}); 86 BT - redução de 14% no nível de metionina+cistina em relação à exigência recomendada e suplementação com betaína HCL (1000 g ton^{-1}). Foram repetidos os mesmos tratamentos utilizando DL-Metionina e MHA-Metionina. A betaína mostrou-se eficiente como substituta parcial em até 7% da metionina+cistina digestível na dieta de frangos de corte, sendo que o ganho de peso e a conversão alimentar dos tratamentos com adição de betaína foram iguais ao tratamento controle. Não foi observada diferença significativa para o rendimento dos cortes.

Palavras-chave: cistina, osmorregulação, qualidade, suplementação.

Abstract - Two separate experiments were performed and in the first 800 Cobb male broilers were housed, with an average initial weight of 45.38 ± 0.57 g, and in the second experiment 640 Cobb male broilers with 21 days of age were used, with average weight of 729.96 ± 11.5 g, and these were created by this age in the experimental aviary. Both were distributed in a completely randomized design in a 2x4 factorial design, consisting of a combination of two sources of methionine (DL-methionine and MHA-methionine) with three levels of methionine + cystine, and two of them with two different amounts of added betaine. The treatments consisted of: 100 MC - recommended nutritional requirement of methionine + cystine; 93 MC - 7% reduction in the level of methionine + cystine in relation to the recommended requirement; 93 BT - 7% reduction in the level of methionine + cystine in relation to the recommended requirement and supplementation with betaine HCL (500 g ton⁻¹); BT 86 - 14% reduction in the level of methionine + cystine in relation to the recommended requirement and supplementation with betaine HCL (1000 g ton⁻¹). The same treatments using DL-Methionine Methionine MHA and were repeated. Betaine proved efficient as a partial substitute up to 7% of methionine + cystine in the diet of broiler chickens, and the weight gain and feed conversion of the treatments with added betaine were equal to the control treatment. There was no significant difference for the cut yields.

Keywords: cystine, osmoregulation, quality, supplementation.

Introdução

Altas densidades de alojamento, práticas de manejo quase impecáveis e tecnologias avançadas aplicadas aos sistemas de ambiência são alguns dos princípios da avicultura moderna. Isto levou a avicultura brasileira a ser considerada uma das mais eficientes do mundo, com altos índices de aproveitamento de alimentos, elevadas taxas de ganho de peso e baixa mortalidade.

Na nutrição, um dos principais focos de pesquisa é o de buscar formas de diminuir os custos com a alimentação sem prejudicar o desempenho das aves, já que esta chega a representar 70% dos custos totais de produção (RIZZO et al., 2010). Para a diminuição destes custos existem basicamente duas formas: maximizar o aproveitamento dos ingredientes comumente utilizados, ou buscar alimentos que tenham um custo menor, porém que não comprometam o desempenho das aves. As dietas para frangos de corte são formuladas principalmente à base de milho e farelo de soja e suprem as necessidades de proteína, porém não atendem às exigências de metionina e aminoácidos sulfurados. Assim, há necessidade de suplementação com aminoácidos sintéticos, dos quais um dos principais é a metionina.

Atualmente, no mercado, existe disponibilidade de diferentes fontes industriais de metionina. A principal delas é a DL-Metionina, porém com o aparecimento dos hidróxi-análogos de metionina a partir de 1950, os custos com a suplementação diminuíram, parte pelo aumento na demanda de mercado pelo produto e conseqüentemente na escala de produção, mas também pela concorrência entre as duas fontes de metionina (MOURA et al., 2010). Os análogos diferenciam-se da metionina basicamente por apresentarem um grupamento hidroxila no lugar do grupamento amina (BUTOLO, 2002). Entretanto, a MHA-Metionina não pode ser considerada um aminoácido, e, portanto, antes de ser aproveitada pelo organismo animal precisa passar por transformações e ser convertida em metionina (VIANA, 2006).

A betaína surgiu como uma forma alternativa à utilização de metionina na dieta das aves de corte, podendo ser utilizada como substituta parcial em relação a este aminoácido. É um composto derivado do aminoácido glicina, classificada como metilamônia, e permite a doação do seu grupo metil para a síntese de vários outros compostos essenciais para a fisiologia do organismo animal, tais como a metionina, carnitina, creatina, fosfolípidos, hormônios adrenais, DNA e RNA (FRONTIERA et al., 1994), e encontrada nas células de uma grande variedade de micro-organismos

e plantas (MACNEIL et al., 1999). É um composto oriundo da oxidação da colina que é obtida através da perda do grupamento metil, a partir da colina, no ciclo da síntese de cisteína a partir da denosil-metionina, podendo substituir parcialmente metionina e/ou colina nas funções metabólicas do organismo animal (PANIZ et al., 2005), com isso direciona mais metionina para síntese de proteínas (METZLER-ZEBELI et al., 2009), podendo, desta forma, reduzir a necessidade de adição de metionina nas dietas de frangos de corte.

A betaína auxilia na proteção das células contra desafios osmóticos, permitindo a manutenção de atividades celulares mesmo sob condições não favoráveis (BARBOSA et al., 2009), podendo ser uma estratégia para minimizar o impacto causado com desafios como estresse térmico, coccídeos, ou mesmo o estresse causado desde o nascimento até a chegada ao local de criação, tais como vacinação e manejo de transporte. De acordo com Niang (2005), a betaína atua como um osmólito, afetando o movimento da água e fazendo com que ela se acumule rapidamente dentro das células, sem alterar o metabolismo celular mitocondrial.

Segundo Barbosa et al. (2013), a betaína, através de seu potencial osmoprotetor, auxilia na prevenção de alterações no metabolismo durante a exposição de estresse provocado por calor, isto porque a betaína está envolvida na redução da permeabilidade vascular, e conseqüentemente, perda de água do plasma sanguíneo em casos de hipertermia. Como isso, aumenta a retenção de água e a tolerância de aves em altas temperaturas, podendo ser estrategicamente utilizada como forma de minimizar os efeitos negativos provocados pelo estresse calórico, mantendo o desempenho da ave (CRONJE, 2005).

Outro fator importante para a utilização de betaína em dietas de frangos de corte é que se pressupõe que ela também poupa colina, não gastando essa vitamina em reações de metilação, já que a betaína serviria como doadora de grupamentos metil (PEREIRA et al., 2010).

A qualidade de carcaça de frangos de corte está diretamente ligada à quantidade de gordura existente na carcaça. Assim, carcaças com uma menor relação gordura/proteína são consideradas de melhor qualidade, e tem uma melhor apreciação por parte dos consumidores (ROLL et al., 2011). A quantidade de gordura da carcaça pode ser influenciada por uma série de fatores, porém, destacam-se a genética e a nutrição. Assim, vem-se buscando alternativas para

melhorar a qualidade da dieta das aves e conseqüentemente a da carcaça. Uma das formas mais eficientes é aperfeiçoar a relação proteína/energia das dietas, bem como melhorar a qualidade da proteína que é fornecida aos animais, fazendo um balanço de aminoácidos adequado às exigências nutricionais das aves (SILVA et al., 2001).

A betaína também atua na diminuição da deposição de gordura na carcaça através da síntese de metionina via transmetilação da homocisteína (PARTRIDGE, 2002), produzindo um metabolito, a glicina, que também é um aminoácido importante na síntese proteica (HRUBY, 2002), promovendo assim o crescimento muscular (NIANG, 2005).

Outro fator importante da betaína é que ela auxilia na regulação osmótica das células epiteliais, desta forma, o organismo diminui a quantidade de energia gasta para fazer esta regulação e permite seu direcionamento para outras funções do organismo, dentre elas a deposição de proteína (PARTRIDGE, 2002, 2003).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho e características de carcaça de frangos de corte, submetidos a diferentes níveis de substituição parcial de metionina por betaína.

Material e Métodos

Foram realizados dois experimentos no Aviário Experimental da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) Câmpus Dois Vizinhos. O galpão tem área de 224 m², com cobertura de telha de barro e forração de lona de ráfia. As aves foram distribuídas em 40 boxes móveis, construídos em estrutura tubular metálica, com as laterais fechadas por tela. A distribuição dos boxes foi realizada em duas fileiras com 20 boxes no sentido longitudinal do galpão. Cada boxe possuía área de 1,20 X 1,30 m e 0,70 m de altura, e foi equipado com bebedouro do tipo nipple (quatro bicos por unidade experimental) e um comedouro tubular com capacidade para 20 kg. A regulagem da altura dos bebedouros e comedouros foi realizada de acordo com o desenvolvimento das aves.

O controle da temperatura do aviário foi realizado através da abertura das cortinas laterais, e para o aquecimento foi utilizado um aquecedor à lenha, que estava localizado na parte externa do galpão, e o calor era conduzido ao interior do aviário por canos metálicos acoplados a um motor elétrico. A temperatura e umidade do aviário foram monitoradas através de um termohigrômetro, que mensurava os picos de máxima e mínima umidade e temperatura, e as aferições eram realizadas três vezes ao dia, às 07h00, 12h00 e 18h00.

A temperatura dentro do galpão durante o experimento apresentou valores médios de mínima de 24°C e de máxima de 33°C, no primeiro experimento, e mínima de 21°C e máxima de 31°C no segundo. A umidade relativa do ar registrada apresentou valores médios para mínima de 43% e para máxima de 65%, no primeiro experimento, e valores médios para mínima de 54% e para máxima de 72%, no segundo.

O programa de luz foi de 24 horas de luz, sendo luz natural e luz artificial durante todo o período experimental, utilizando-se lâmpadas incandescentes de 100 watts.

Ração e água foram fornecidas *ad libitum*, sendo as rações à base de milho e farelo de soja, formuladas de modo a atender as exigências nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2011), para cada período experimental.

No primeiro experimento (1 a 21 dias) foram utilizados 800 pintos de corte machos, Cobb, com peso médio inicial de 45,38±0,57g, no segundo (22 a 42 dias) foram utilizados 640 frangos de corte machos de 21 dias de idade, da linhagem Cobb, com peso médio inicial de 729,96±11,5 g, sendo que estes foram criados até

esta idade no aviário experimental. Para ambos os trabalhos, as aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x4, constituído da combinação de duas fontes de metionina (DL-Metionina e MHA-Metionina) com três níveis de metionina+cistina (0,85%; 0,79% e 0,73%), sendo que dois destes com duas quantidades diferentes de adição de betaína, com cinco repetições por tratamento. As aves foram pesadas individualmente e distribuídas de acordo com o peso inicial, de forma que todas as unidades experimentais apresentassem pesos semelhantes (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

A substituição de metionina (DL-Metionina ou MHA-Metionina) por betaína (Betaine HCl 95%) tiveram como base os níveis de 7% e 14% da redução de metionina+cistina digestível da dieta, e suplementação de 500 g ton⁻¹ e 1000 g ton⁻¹ de Betaine HCl 95%, tendo como objetivo criar uma ferramenta prática e simples para ser utilizada em programas de formulação de rações. As referências práticas disponíveis hoje no mercado baseiam-se no limite de contribuição de fontes de betaína para metionina total e metionina digestível em valores máximos de 25 a 20%, respectivamente, considerando que esses são os valores de metionina que seriam destinados a doação de grupamentos metil, e que podem ser substituídos pelos grupamentos metílicos fornecidos pela betaína no ciclo de transmetilação (Eklund et al., 2005).

Os tratamentos utilizados foram constituídos por: 100 MC - exigência nutricional recomendada de metionina+cistina; 93 MC - redução de 7% no nível de metionina+cistina em relação à exigência recomendada; 93 BT - redução de 7% no nível de metionina+cistina em relação à exigência recomendada e suplementação com betaína HCL (500 g ton⁻¹); 86 BT - redução de 14% no nível de metionina+cistina em relação à exigência recomendada e suplementação com betaína HCL (1000 g ton⁻¹). As dietas foram formuladas conforme Rostagno et al. (2011), assim a redução de 7% e 14% em relação a exigência resultou em 0,79% e 0,73% de metionina+cistina digestível respectivamente para o período de 1 a 21 dias, e 0,71% e 0,65% para o período de 22 a 42 dias.

Foram repetidos os mesmos tratamentos com DL-Metionina e MHA-Metionina, resultando em um total de oito tratamentos. A substituição de metionina por betaína foi realizada em base equimolar, onde uma unidade de DL-Metionina foi substituída por 1, 125 unidades de MHA-Metionina conforme Visentini et al. (2005).

Os níveis de redução de metionina+cistina digestível em 7% e 14% em relação à exigência refletiram na redução de suplementação de 600 e 1200 g ton⁻¹ de DL-Metionina para os tratamentos 93 MC e 86 BT, respectivamente, tanto na fase de 1 a 21 quanto de 22 a 42 dias de idade. Estes mesmos percentuais de redução dos níveis de metionina+cistina da fase de 1 a 21 dias de idade refletiram na redução de suplementação de MHA-Metionina em 680 e 1360 g ton⁻¹ nos tratamentos 93 MC e 86 BT, enquanto que na fase de 22 a 42 dias essa redução na suplementação foi ainda maior, sendo de 740 e 1490 g ton⁻¹, respectivamente para os mesmos tratamentos. Considerando que a Betaine HCl 95% apresenta na sua composição 72% de betaína, independente dos níveis de redução das fontes de metionina nas diferentes fases, foram incluídos nas dietas 360 g kg⁻¹ para os tratamentos 93 MC e 720 g kg⁻¹ para os tratamentos 86 BT, os quais receberam 500 e 1000g ton⁻¹ do produto.

Desta forma, observa-se uma relação de ingredientes de 1,20 para a DL-Metionina 99% em relação a 1 de Betaine HCl 95% (1200g / 1000g), e de 1,49 para a MHA-Metionina 80% em relação a 1 de Betaine HCl 95% (1490g / 1000g). Esses níveis estão acima das recomendações práticas do fornecedor da fonte de betaína, que indica uma relação de 1,03 para a DL-Metionina 99% e de 1,27 para a MHA-Metionina 80%, sendo que para a adequação conforme a indicação do fornecedor, os níveis de inclusão da fonte de betaína deveriam ser corrigidos para 583 e 1165 g ton⁻¹ para as reduções de 7 e 14% das exigências de metionina+cistina digestível.

O desempenho das aves foi avaliado por meio do consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar aos 21 e 42 dias de idade.

Para o período de 22 a 42 dias, foram analisadas também as variáveis de rendimento e composição de carcaça. Para a avaliação de rendimento de carcaça, foram retiradas duas aves por unidade experimental, com o peso dentro de um desvio-padrão estimado em relação ao peso médio da repetição. As aves foram identificadas e pesadas individualmente e após jejum de 8 horas foram abatidas por deslocamento cervical, sangradas e depenadas. Foi quantificado o peso da carcaça sem sangue e sem penas, e também do fígado e gordura abdominal, que foi constituída pelo tecido adiposo presente ao redor da cloaca, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes, sendo calculada em relação ao peso da carcaça eviscerada.

Retirou-se os pés e a cabeça e foi realizada a pesagem da carcaça sem pés e

sem cabeça. Por fim, foram retirados o peito, as pernas e coxas e pesados separadamente. Na determinação do rendimento, foi considerado o peso da carcaça limpa e eviscerada, em relação ao peso vivo do animal em jejum. Para os cortes nobres, os cálculos dos rendimentos foram feitos em relação ao peso da carcaça eviscerada.

Para a avaliação de composição química da carcaça, foi retirada uma ave com o peso de acordo com o desvio-padrão em relação ao peso médio da repetição, identificada, pesada individualmente e após jejum de 8 horas abatida por deslocamento cervical, depenada, pesada novamente e resfriada para facilitar a moagem.

Depois de resfriada, a ave foi cortada em partes menores e moída até se chegar a um estado pastoso, homogeneizada e retirada uma amostra de aproximadamente 100g para a avaliação bromatológica, onde foi determinada a matéria seca, percentual de proteína e de gordura da carcaça. Desta mesma forma, foi feito com as aves que foram retiradas no início do experimento e assim obteve-se, pela diferença, o resultado da deposição de proteína e gordura no período experimental.

$TDP = (QP_{cf} - QP_{ci}) / PE$, em que:

QP_{cf} = quantidade, em gramas, de proteína na carcaça final; QP_{ci} = quantidade de proteínas, em gramas, na carcaça inicial; e PE = período experimental em dias. A QP_{cf} foi obtida multiplicando-se o peso médio da carcaça das aves de cada unidade experimental, ao final do experimento, pelo respectivo teor de proteína bruta da carcaça, enquanto a QP_{ci} foi obtida pelo peso médio da carcaça do grupo de cinco pintos abatidos inicialmente, multiplicando-se por seu teor médio de proteína bruta.

A taxa de deposição de gordura (TDG) foi calculada segundo a equação:

$TDG = (QG_{cf} - QG_{ci}) / PE$, em que:

QG_{cf} = quantidade, em gramas, de gordura na carcaça final; QG_{ci} = quantidade de gordura na carcaça inicial; e PE = período experimental, em dias. QG_{cf} e QP_{ci} foram obtidas de modo similar às QP_{cf} e QP_{ci} , utilizando-se os valores de extrato etéreo da carcaça.

Os dados foram analisados por meio do programa de análise estatística ASSISTAT Versão 7.6 beta (2012). Aplicou-se o teste de Kuiper para verificação da normalidade dos dados, análise de variância, e, em caso de diferença significativa,

posterior comparação de médias pelo teste de scott-knott com 5% de probabilidade de erro.

A aplicação do teste de Scott-Knott (1974) visa à separação de médias de tratamentos em grupos distintos, através da minimização da variação dentro e maximização da variação entre grupos. Os resultados são facilmente interpretados, devido à ausência de ambiguidade. Desta forma, este procedimento resulta em maior objetividade e clareza (BORGES; FERREIRA, 2003).

Tabela 1. Formulação e composição nutricional das dietas experimentais no período de 1 a 21 dias.

Ingredientes	Tratamentos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Milho	57,425	57,485	57,435	57,345	57,360	57,428	57,378	57,296
Óleo de soja	1,800	1,800	1,800	1,900	1,800	1,800	1,800	1,900
Farelo de soja	36,90	36,90	36,90	36,90	36,90	36,90	36,90	36,90
Sal comum	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525
Calcário calcítico	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
Fosfato monocálcico	1,470	1,470	1,470	1,470	1,470	1,470	1,470	1,470
MHA-Metionina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,325	0,257	0,257	0,189
DL-Metionina	0,260	0,200	0,200	0,140	0,000	0,000	0,000	0,000
L-Treonina	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
L-Lisina	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165
Betaína	0,000	0,000	0,050	0,100	0,000	0,000	0,050	0,100
Rovimix Aves ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto de Colina	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Virginiamicina	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Salinomicina	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total (Kg)	100	100	100	100	100	100	100	100
Níveis Nutricionais								
Em. Metab. (kcal/kg)	2.952	2.951	2.949	2.952	2.950	2.950	2.948	2.951
Proteína Bruta %	21,77	21,75	21,74	21,67	21,62	21,62	21,62	21,61
Lisina Digestível %	1,201	1,201	1,201	1,201	1,201	1,201	1,201	1,201
Metionina Dig. %	0,550	0,491	0,491	0,432	0,550	0,496	0,496	0,443
Met+ Cist Digestível %	0,845	0,785	0,785	0,726	0,847	0,793	0,793	0,738
Treonina Digestível %	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780
Valina Digestível %	0,924	0,924	0,924	0,924	0,924	0,924	0,924	0,924
Isoleucina Digestível %	0,854	0,854	0,854	0,854	0,864	0,854	0,854	0,854
Arginina Digestível %	1,380	1,380	1,380	1,380	1,380	1,380	1,380	1,380
Triptofano Digestível %	0,243	0,243	0,243	0,243	0,243	0,243	0,243	0,243
Met/Lis Dig	0,458	0,409	0,409	0,360	0,458	0,413	0,413	0,369
M+C/Lis Dig	0,703	0,654	0,654	0,604	0,705	0,660	0,660	0,615
Colina mg/kg	1647	1647	1647	1647	1647	1647	1647	1646
Betaina %	0,000	0,000	0,036	0,072	0,000	0,000	0,036	0,072
Cálcio %	0,858	0,858	0,858	0,858	0,858	0,858	0,858	0,858
Fósforo Disponível %	0,440	0,440	0,440	0,440	0,440	0,440	0,440	0,440
Sódio %	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220

¹Vitamina A 10.000.000 ui, vitamina D3 2.500.000 ui, vitamina E 20.000 ui, vitamina K3 2.500 mg, vitamina B1 1.800 mg, vitamina B2 6000 mg, vitamina B12 16.000 mcg, vitamina B6 2.600 mg, ácido nicotínico 40.000 mg, ácido pantotênico 12.000 mg, biotina 65 mg, ácido fólico 1.000 mg, ferro 50.000 mg, cobre 9.000 mg, zinco 60.000 mg, manganês 70.000 mg, iodo 1.000 mg, selênio 300 mg, Veículo 1.000 G.

Tabela 2. Formulação e composição nutricional das dietas experimentais no período de 22 a 42 dias.

Ingredientes	Tratamentos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Milho	58,299	58,351	58,251	58,203	58,205	58,289	58,183	58,162
Óleo de soja	5,285	5,302	5,336	5,387	5,313	5,322	5,356	5,399
Farelo de soja	33,255	33,247	33,262	33,269	33,269	33,25	33,272	33,276
Sal comum	0,423	0,423	0,423	0,423	0,423	0,423	0,423	0,423
Calcáreo calcítico	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,020
Fosfato monocálcico	1,164	1,163	1,164	1,164	1,164	1,164	1,164	1,164
MHA-Metionina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,269	0,195	0,195	0,120
DL-Metionina	0,217	0,157	0,157	0,097	0,000	0,000	0,000	0,000
L-Treonina	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
L-Lisina	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087
Betaína	0,000	0,000	0,050	0,100	0,000	0,000	0,050	0,100
Rovimix Aves ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto de Colina	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Virginiamicina	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Salinomicina	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Níveis Nutricionais								
Energia Met. (kcal/kg)	3.200,0	3.200,0	3.200,0	3.200,0	3.200,0	3.200,0	3.200,0	3.200,0
Proteína Bruta %	20,07	20,04	20,04	19,99	19,94	19,94	19,94	19,94
Lisina Digestível %	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050
Met + Cist Digestível %	0,767	0,707	0,707	0,647	0,766	0,707	0,707	0,647
Met Digestível %	0,489	0,430	0,430	0,371	0,487	0,429	0,429	0,370
Treonina Digestível %	0,704	0,703	0,704	0,704	0,704	0,704	0,704	0,704
Valina Digestível %	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840
Isoleucina Digestível %	0,777	0,777	0,777	0,777	0,777	0,777	0,777	0,777
Triptofano Digestível %	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225
Arginina Digestível %	1,257	1,257	1,257	1,257	1,257	1,257	1,257	1,257
Relação M+C:Lisdig	0,730	0,673	0,673	0,617	0,730	0,674	0,674	0,617
Relação Met:Lisdig	0,466	0,410	0,410	0,353	0,464	0,409	0,409	0,352
Betaína mg/kg	0,000	0,000	0,036	0,072	0,000	0,000	0,036	0,072
Colina mg/kg	1551	1551	1551	1551	1551	1551	1550	1550
Cálcio%	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Fósforo Disponível%	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Sódio%	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18

¹Vitamina A 10.000.000 ui, vitamina D3 2.500.000 ui, vitamina E 20.000 ui, vitamina K3 2.500 mg, vitamina B1 1.800 mg, vitamina B2 6000 mg, vitamina B12 16.000 mcg, vitamina B6 2.600 mg, ácido nicotínico 40.000 mg, ácido pantotênico 12.000 mg, biotina 65 mg, ácido fólico 1.000 mg, ferro 50.000 mg, cobre 9.000 mg, zinco 60.000 mg, manganês 70.000 mg, iodo 1.000 mg, selênio 300 mg, Veículo 1.000 G.

Resultados e Discussão

Os resultados do período de um a 21 dias para as variáveis ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e consumo de ração (CR) dos animais submetidos aos diferentes tratamentos estão apresentados na Tabela 3.

Os tratamentos diferiram para as variáveis ganho de peso e conversão alimentar ($P < 0,05$), sendo que a redução da quantidade de metionina em relação às exigências reduziu significativamente o desempenho dos animais, porém a suplementação de betaína mostrou-se eficiente, equiparando o desempenho das aves em relação ao tratamento com adição da exigência total de metionina+cistina.

O ganho de peso foi afetado significativamente pelo efeito dos tratamentos ($P < 0,05$). As aves que receberam a dieta 93 MC apresentaram um menor ganho de peso em relação aos demais tratamentos. Os tratamentos 93 BT e 86 BT não apresentaram diferença significativa quando comparados com o 100 MC.

A redução do percentual de metionina+cistina da dieta em relação à exigência resultou em um aumento significativo da conversão alimentar ($P < 0,05$). Já as dietas 100 MC e 93 BT não diferiram entre si. As aves que receberam a dieta 86 BT apresentaram um desempenho intermediário para a conversão alimentar, sendo superior ao tratamento negativo (93 MC) e significativamente inferior ao 100 MC e 93 BT.

Resultados semelhantes aos do tratamento 93 MC deste trabalho foram encontrados por Albino et al. (1999), que observaram que aves que recebiam dietas com níveis baixos de metionina+cistina apresentaram desempenho inferior, atribuindo este efeito ao desequilíbrio de aminoácidos provocado pela redução da quantidade de metionina da dieta.

Porém, Sakomura et al. (2013) estudando o efeito da suplementação com 0,092 e 0,1% de betaína natural em dietas com redução dos níveis de metionina e colina não encontraram diferença significativa. Mesmo com uma redução de 11,8% em relação às exigências de metionina+cistina, não encontraram diferença significativa para o resultado da variável ganho de peso no controle negativo e em nenhum nível de suplementação com betaína, atribuindo esta falta de reprodutibilidade dos dados às diferenças nutricionais dos ingredientes utilizados nas dietas (milho e soja), propondo que a dieta negativa atendia às exigências de ácido fólico, mantendo a normalidade das reações de transmetilação do organismo animal.

Da mesma forma, Pereira et al. (2010), que estudaram a inclusão de betaína em 1 kg ton^{-1} de ração, também não encontraram diferença significativa para o ganho de peso. Teixeira et al. (2006) observaram que mesmo com um menor consumo de ração frangos de corte inoculados com *Eimeria acervulina*, as aves que receberam 0,10% de betaína apresentaram ganho de peso igual aos demais tratamentos.

Barbosa et al. (2013) observaram que a dieta com redução da quantidade de metionina+cistina apresentou uma conversão alimentar igual estatisticamente ao controle positivo e com adição de betaína, porém numericamente os melhores resultados foram obtidos nas dietas com exigência total de metionina+cistina e com adição de betaína.

O consumo de ração não apresentou diferença significativa ($P \geq 0,05$) em nenhum dos níveis de substituição de metionina por betaína e também comparando as duas fontes de metionina (DL-metionina e MHA-metionina). Este resultado está de acordo com os de Silva (1996), Silva Jr. et al. (2005) e Atencio et al. (2004), demonstrando desta forma que os níveis de metionina+cistina na dieta ou a suplementação com betaína não interferem no consumo de ração.

Os resultados do período de 22 a 42 dias (desempenho, composição e rendimento da carcaça) estão representados nas tabelas 5 e 6, respectivamente. As variáveis consumo de ração (CR), taxa de deposição de proteína (TDP) e peso de fígado (PF) apresentaram interação entre as fontes de metionina e os tratamentos ($P \geq 0,05$). O ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e taxa de deposição de gordura (TDG) diferiram quanto aos tratamentos ($P < 0,05$) e para as demais variáveis não foi observada diferença significativa.

Quando as aves receberam uma dieta deficiente em metionina (93 MC), ocorreu uma depreciação significativa no ganho de peso ($P < 0,05$), porém com a suplementação de 500 g ton^{-1} de betaína (93 BT) esta diferença não foi observada e o desempenho das aves equiparou-se com as do 100 MC. Quando a redução da quantidade de metionina foi de 14% em relação à exigência (86 BT), a suplementação em 1000 g ton^{-1} de betaína não foi suficiente para suprir a deficiência de metionina e as aves apresentaram um desempenho igual estatisticamente ao das aves que receberam a dieta com redução dos níveis de metionina+cistina (93 MC).

Barbosa et al. (2013) não observaram diferença significativa para o ganho de peso ($P \geq 0,05$), utilizando 0,05 e 0,075% de betaína em substituição parcial de

metionina, mesmo no controle negativo, em que o nível de metionina foi de 0,751% de metionina+cistina digestível. O mesmo foi observado por Sakomura et al. (2013) e Pereira et al. (2010).

Houve interação entre os fatores estudados para a variável consumo de ração ($P \geq 0,05$). Esperavam-se respostas mais evidentes em relação aos níveis de metionina e suplementação com betaína, já que Stringhini et al. (2006) relataram que aves que recebem dietas deficientes em algum nutriente tendem a aumentar a ingestão de alimentos para tentar suprir esta deficiência, porém, neste trabalho, para ambas as fontes de metionina o menor consumo de ração foi observado nas aves do 93 MC, não demonstrando o real efeito dos tratamentos.

Quando comparadas as fontes de metionina, em relação ao consumo de ração, aos tratamentos 93 MC e 86 BT, as aves apresentaram um consumo estatisticamente superior quando receberam a dieta que tinha como fonte de metionina a MHA-Metionina ($P < 0,05$).

O uso da MHA-Metionina na forma líquida tem mostrado resultados mais eficientes durante períodos de estresse calórico, quando comparados com DL-Metionina. O fornecimento do produto para frangos de corte estressados pelo calor resulta em maior consumo de ração (MOURA et al, 2010). Este fato está relacionado com a dinâmica de absorção da MHA-Metionina, pois durante períodos de estresse, há uma maior descamação das células do epitélio intestinal, o que facilita a absorção por difusão (DIBNER et al., 1992).

A conversão alimentar não apresentou diferença significativa nos três primeiros tratamentos (100 MC, 93 MC e 93 BT), porém quando a redução na quantidade de metionina foi de 14% (86 BT), a inclusão de 1000 g ton^{-1} de betaína não foi suficiente para reverter o quadro de deficiência de metionina e o desempenho foi estatisticamente inferior aos demais. Resultado este que contradiz os de Sakomura et al. (2013), que não encontraram influência da betaína sobre a conversão alimentar em frangos de corte. Os autores citam que mesmo o controle negativo supria as exigências de ácido fólico para as reações de transmetilação.

De acordo com Rostagno et al. (2011), as relações metionina/lisina digestíveis para as fases de 1 a 21 dias e 22 a 56 dias são de 39% e 40%, respectivamente. No tratamento 86 BT a relação metionina/lisina digestíveis ficou em 35,9%, para o primeiro período experimental, e 35%, para o segundo, assim abaixo da recomendada. Porém, a relação dos níveis de metionina+cistina digestíveis

em relação à lisina digestível nunca devem ser inferior a 60%, conforme estabelecida pelo fabricante, as formulações das dietas experimentais ficaram estabelecidas dentro desse limite, sendo 65% e 60%, na primeira fase, e 67% e 61% para a segunda, no tratamento 86 BT. Valores inferiores a 60% nessa relação podem refletir num quadro de deficiência de cistina, o que não pode ser suprido/corrigido pela suplementação de betaína (Ratriyanto et al., 2009).

A inclusão de 500 g ton⁻¹ de betaína reverteu o quadro de deficiência e as aves apresentaram um desempenho semelhante às aves do tratamento controle (100 MC). Porém, no tratamento 86 BT, mesmo com a inclusão de 1000 g ton⁻¹ de betaína, o desempenho de modo geral foi inferior ao controle, não sendo suficiente para reverter o quadro de deficiência de metionina.

Os resultados de TAVERNARI et al. (2014) demonstraram que a relação ideal de metionina+cistina/lisina digestíveis para as variáveis de ganho de peso e conversão alimentar para machos cobb é de 75,38 e 75,67%, respectivamente, sendo níveis superiores aos utilizados neste trabalho.

Outro fator a ser considerado em relação ao desempenho inferior do tratamento 86 BT para as variáveis de desempenho é o percentual de substituição de metionina digestível por betaína. Os valores de substituição de metionina digestível ficaram em 21,5% e 24,2% em relação ao tratamento 100 MC para o primeiro e segundo experimento, respectivamente, sendo que de acordo com Sun et al. (2008) a substituição de metionina por betaína não deve ultrapassar 25% da metionina total, aproximadamente 20% da metionina digestível (RAMBOLA et al., 2008).

A redução dos valores nutricionais de metionina+cistina proporcionou uma melhor taxa de deposição proteica na carcaça ($P < 0,05$), resultado este que ficou ainda mais evidente quando a dieta foi suplementada com betaína. Porém, a suplementação com betaína resultou em uma maior taxa de deposição de gordura na carcaça ($P < 0,05$), sendo que os tratamentos 93 BT e 86 BT apresentaram resultados iguais entre si e superiores aos demais.

Partridge (2002) relata que a betaína contribui na diminuição da deposição de gordura na carcaça, atuando na síntese de metionina e S-adenosilmetionina, promovendo maior desenvolvimento do tecido muscular na carcaça. Assim, o efeito da betaína nas carcaças deveria ocorrer em função da sua capacidade de doar grupamentos metil, aumentando a biodisponibilidade de metionina e cisteína na

produção de tecido magro pelo organismo (McDEVITT et al., 2000). Porém, vários autores relatam não ter observado influência da betaína na quantidade de lipídios na carcaça (SAUNDERSON; MACKINLAY, 1990; VIRTANEN; ROSI, 1995; ROSTAGNO; PACK, 1996; GARCIA NETO et al., 2000). De acordo com Schutte et al. (1997), a quantidade de gordura presente na carcaça é um parâmetro altamente variável, sendo difícil de se estimar o efeito real do tratamento sobre esta variável.

A MSC não apresentou diferença significativa ($P \geq 0,05$). Esperava-se que a adição de betaína na dieta proporcionasse uma redução dos valores desta variável em função da possível ação osmoprotetora da betaína, favorecendo o acúmulo de água dentro das células (PEREIRA et al., 2010).

Os resultados obtidos para as variáveis de rendimento de carcaça estão representados na tabela 6. Para as variáveis de rendimento de carcaça, peito, perna, gordura abdominal e asa não foram observadas diferenças significativas ($P \geq 0,05$). Esperava-se que a suplementação com betaína afetasse de maneira significativa estas variáveis, isto em função da sua propriedade de doadora de grupamentos metílicos, o que favoreceria a deposição de proteína na carcaça (McDEVITT et al., 2000), conforme os resultados obtidos por Remus (2001) e Hruby(2002), que relatam aumento significativo no rendimento de peito de frangos de corte alimentados com dietas contendo betaína.

Porém, resultados semelhantes aos deste trabalho foram observados por Konca et al. (2009) e Barbosa et al. (2013), que trabalharam com adição de betaína na dieta de aves submetidas a estresse por calor e não observaram diferença no rendimento dos cortes. Turker et al. (2004) trabalhando com diferentes níveis de substituição, inclusive substituição total de metionina por betaína, também não observaram diferença significativas para as características de carcaça.

Visentini et al. (2005) não encontraram diferença significativa para o rendimento dos cortes de frangos de corte quando comparadas MHA-Metionina e DL-Metionina como fonte de metionina na dieta. A utilização de ambas as fontes de metionina foi feita considerando-se a biodisponibilidade de metionina para cada fonte, assim a quantidade de metionina disponível para as aves em cada tratamento não diferiu.

Vários autores trabalhando com diferentes níveis de metionina+cistina na dieta de frangos de corte não encontraram diferença significativa para as variáveis de rendimento de carcaça. Atencio et al. (2004), mesmo trabalhando com níveis

baixos de metionina+cistina (0,67%), não observaram diferença significativa para os diferentes níveis estudados. Resultados semelhantes foram encontrados por Júnior et al. (2005) e Leandro et al. (2007), que não encontraram diferença estatística entre tratamentos contendo diferentes níveis de metionina+cistina na dieta de frangos de corte. Assim, mesmo no controle negativo, a quantidade de metionina foi suficiente para que ocorresse um normal desenvolvimento dos cortes.

O peso do fígado foi a única variável referente ao rendimento da carcaça que apresentou interação significativa entre os tratamentos ($P < 0,05$). As aves que consumiram as dietas com suplementação de betaína, 93 MC e 86 BT apresentaram os maiores rendimentos de fígado em relação aos tratamentos 100 MC e 93 MC. De acordo com Garcia Neto et al. (2000), todo o catabolismo e aproveitamento da betaína ocorre no fígado, também Kettunen et al. (2001) citam que a osmoproteção da betaína ocorre no fígado, sendo que para isso as moléculas de betaína se acumulam dentro dele, provocando um aumento do seu tamanho.

Tabela 3. Desempenho de frangos de corte no período de 1 a 21 dias, alimentados com diferentes fontes de metionina e dois percentuais de substituição de metionina por betaína.

Tratamentos	Fontes de Metionina		Médias
	DL-Metionina	MHA-Metionina	
Ganho de Peso			
100 MC	793	776	785 a
93 MC	736	735	736 b
93 BT	787	782	784 a
86 BT	757	777	767 a
Médias	768	768	
CV%	2,99		
Conversão Alimentar			
100 MC	1.471	1.478	1.475 c
93 MC	1.592	1.602	1.597 a
93 BT	1.458	1.494	1.476 c
86 BT	1.540	1.521	1.531 b
Médias	1.515	1.524	
CV%	1,92		
Consumo de Ração*			
100 MC	1.165	1.147	1.156
93 MC	1.177	1.180	1.179
93 BT	1.147	1.168	1.156
86 BT	1.166	1.181	1.174
Médias	1.164	1.169	
CV%	2.08		

*não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott-knott. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Tabela 4. Desempenho de frangos de corte no período de 21 a 42 dias, alimentados com diferentes fontes de metionina e dois percentuais de substituição de metionina por betaína.

Tratamentos	Fontes de Metionina		Médias
	DL-Metionina	MHA-Metionina	
Ganho de peso (g)			
100 MC	1,676	1,694	1,685 a
93 MC	1,642	1,668	1,664 b
93 BT	1,717	1,689	1,703 a
86 BT	1,632	1,685	1,659 b
Média	1,667	1,684	
CV%	2,16		
Conversão Alimentar (g/g)			
100 MC	1,755	1,780	1,768 b
93 MC	1,776	1,765	1,770 b
93 BT	1,761	1,784	1,773 b
86 BT	1,796	1,844	1,820 a
Média	1,772	1,793	
CV%	1,54		
Consumo de ração (g)			
100 MC	2941,56 b A	3015,31 b A	2978,44
93 MC	2915,49 d B	2975,68 d A	2945,59
93 BT	3022,71 a A	3012,86 c A	3017,79
86 BT	2932,09 c B	3106,85 a A	3019,47
Média	2952,96	3027,68	
CV%	2,21		
TDP			
100 MC	16,47 d A	16,91 c A	16,69
93 MC	17,38 b A	17,25 b A	17,32
93 BT	18,27 a A	16,10 d B	17,19
86 BT	17,18 c B	17,52 a A	17,35
Médias	17,33	16,95	
CV%	5,42		
TDG			
100 MC	7,77	8,65	8,21 b
93 MC	9,45	8,04	8,75 b
93 BT	10,37	9,95	10,16 a
86 BT	9,54	9,64	9,59 a
Médias	9,28	9,07	
CV%	9,79		
MSC			
100 MC	28,16 ns	29,03	28,60 ns
93 MC	28,12	28,29	28,21
93 BT	25,84	27,87	26,86
86 BT	28,91	28,31	28,61
Médias	27,76 ns	28,38	
CV%	11,26		

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$); ns não significativo.

Tabela 5. Rendimento de cortes e carcaça de frangos de corte no período de 21 a 42 dias, alimentados com diferentes fontes de metionina e dois percentuais de substituição de metionina por betaína.

	Fontes de Metionina		Médias
Carcaça			
Tratamentos	DL-Metionina	MHA-Metionina	
100 MC	74,73 ^{ns}	72,36	73,55 ^{ns}
93 MC	72,07	72,37	72,22
93 BT	72,04	76,03	74,04
86 BT	73,39	71,44	72,42
Média	73,06 ^{ns}	73,05	
CV%	5,40		
Peito			
Tratamentos	DL-Metionina	MHA-Metionina	
100 MC	35,19 ^{ns}	34,78	34,99 ^{ns}
93 MC	34,78	33,54	34,16
93 BT	36,43	36,24	36,34
86 BT	35,54	35,51	35,53
Média	35,49 ^{ns}	35,02	
CV%	24,94		
Perna			
Tratamentos	DL-Metionina	MHA-Metionina	
100 MC	29,92 ^{ns}	31,30	30,61 ^{ns}
93 MC	30,33	32,13	31,23
93 BT	30,86	29,67	30,27
86 BT	30,10	30,25	30,18
Média	30,30 ^{ns}	30,84	
CV%	6,17		
Gordura			
Tratamentos	DL-Metionina	MHA-Metionina	
100 MC	2,63 ^{ns}	2,72	2,68 ^{ns}
93 MC	3,00	2,94	2,97
93 BT	3,17	2,77	2,97
86 BT	3,03	3,12	3,08
Média	2,96 ^{ns}	2,89	
CV%	22,53		
Asa			
Tratamentos	DL-Metionina	MHA-Metionina	
100 MC	10,39 ^{ns}	10,21	10,30 ^{ns}
93 MC	10,57	10,36	10,47
93 BT	10,30	9,63	9,97
86 BT	10,06	10,53	10,30
Média	10,33 ^{ns}	10,18	
CV%	8,07		
Fígado			
Tratamentos	DL-Metionina	MHA-Metionina	
100 MC	2,26 d A	2,25 c A	2,26
93 MC	2,29 c A	2,30 b A	2,30
93 BT	2,71 a A	1,99 d B	2,35
86 BT	2,42 b A	2,41 a A	2,42
Média	2,42	2,24	
CV%	17,05		

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$); ns não significativo.

Conclusões

Para a fase de 1 a 21 dias, apesar dos níveis de inclusão de betaína para substituir as fontes de metionina terem sido abaixo dos níveis recomendados na prática, conforme detalhado no material e métodos, a suplementação de betaína em substituição às fontes de metionina foi suficiente para não comprometer os resultados de desempenho das aves nesse período, independente do nível de redução das exigências de metionina+cistina digestível.

Considerando as relações indicadas pelos fornecedores, os níveis de inclusão da fonte de betaína deveriam ser corrigidos para 583 e 1165 g ton⁻¹ para as reduções de 7% e 14% das exigências de metionina + cistina digestível, na fase de 22 a 42 dias. Observa-se que nessa fase a diferença de suplementação da fonte de betaína em 165g/ton comprometeu os resultados dos tratamentos com redução de 14% dos níveis de metionina+cistina em relação às exigências, comprometendo assim os resultados de desempenho e composição da carcaça dos frangos. Esse resultado destaca a importância da correta utilização da fonte de betaína como alternativa para substituir fontes de metionina.

Referências

- ALBINO, L. F. T.; SILVA, S. H. M.; VARGAS JR., J. G. Níveis de metionina+cistina para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.519-525, 1999.
- ARAÚJO, L. F.; JUNQUEIRA, O. M.; ARAÚJO, C. S. S.; LAURENTIZ, A.C.; ALMEIDA, J. G.; SERRANO, P. P. Proteína Bruta e Proteína ideal para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Ciência Avícola** v.3, n.2, Campinas, Mai./Ago. 2001.
- ATENCIO, A.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; VIEITES, F. M. Exigências de metionina+cistina para frangos de corte machos em diferentes fases de criação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1152-1166, 2004.
- BORGES, L. C.; FERREIRA, D. F. Poder e taxas de erro tipo i dos teste sscott-knott, tukey e student-newman keuls sob distribuições normal e não normais dos resíduos. **Revista Matemática Estatística**, São Paulo, 21(1): 67-83, 2003.
- BRITO, A. B.; STRINGHINI, J. H.; CAFÉ, M. B.; XAVIER, S. A. G. MURAMATSU, K.; ANDRADE, M. A. Níveis de metionina+cistina em rações de frangos de corte na fase pré-inicial (1 - 7 dias). **ARS VETERINARIA**, Jaboticabal, São Paulo, V. 20, n.1, p. 009-015, 2004.
- BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: CBNA, 2002. 430p.
- COSTA, P. T. C.; BASTIANI, M. F. Avaliação de duas fontes de metionina a dois níveis de adição no desempenho de frangos de corte (1-49 dias). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.3, p.485-489, 1997.
- CRONJE, P. B. In: **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia**, v.15, p.107-122, 2005.
- DIBNER, J.J.; ATWELL, C.A.; IVEY, F.J. Effect of heat stress on 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid and DLmethionine absorption measured in vitro. **Poultry Science**, v. 71, p.1900-1910, 1992.
- EKLUND, M.; BAUER, E.; WAMATU, J.; MOSENTHIN, R. Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. **Nutrition ResearchReviews**, v. 18, p. 31-48, 2005.
- FERRARIS, J.D.; BURG, M.B.; WILLIAMS, C.K.; PETERS, E.M.; GARCÍA, P. Betaine transporter DNA cloning and effect of osmolytes on its RNA induction. **American Journal of Physiology**, Baltimore, v. 39, p. 650-654, 1996.
- FRONTIERA, M. S.; STABLER, S. P.; KOLHOUSE, J. F.; ALLEN, R. H. Regulation of methionine metabolism: Effects of nitrous oxide and excess dietary methionine. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.5, n.1, p.28-38, 1994

GRACIA, M.I.; ARANÍBAR, M. J.; LÁZARO, R. α -Amilase supplementation of broiler diets based on corn. **Poultry Science**, v.82, p.436-442, 2003.

GARCIA NETO, M.; PESTI, G. M.; BAKALLI, R. I. Influence of dietary protein level on the broiler chicken's response to methionine and betaine supplements. **Poultry Science**, v. 79, p. 1478–1484, 2000.

HARMS, R. H.; RUSSELL, G. B. Betaine does not improve performance of laying hens when the diet contains adequate choline. **Poultry Science** 81:99–101, 2002.

HRUBY, M. Increasing breast meat in broilers and turkeys. Warr Publishing Company, **Poultry International**, 2002.

JÚNIOR, V. S. A.; COSTA, F. G. P.; BARROS, L. R.; NASCIMENTO, G. A. J.; BRANDÃO, P. A.; SILVA, J. H. V.; PEREIRA, W. E.; NUNES, R. V.; COSTA, J. S. Níveis de metionina+cistina para frangos de corte nos períodos de 22 a 42 e de 43 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa: v.34, n.4, p.1195-1201, 2005.

SILVA, J. H. V.; ALBINO, L. F. T.; NASCIMENTO, A. H. Níveis de energia e relações energia:proteína para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade. **Revista brasileira de zootecnia**, n. 30, v. 6, p. 1791-1800, 2001.

KETTUNEN, H.; TIIHONEN, K.; PEURANEN, S.; SAARINEN, M. T.; REMUS, J. C. Dietary betaine accumulates in the liver and intestinal tissue and stabilizes the intestinal epithelial structure in healthy and coccidia-infected broiler chicks. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 2001;130 (4):759-769.

KONCA, Y.; KIRKPINAR, F.; MERT, S. Effects of mannan-oligosaccharides and live yeast in diets on the carcass, cut yields, meat composition and colour of finishing turkeys. *Asian-Aust. Journal of Animal Science*, V. 22, N. 4, P. 550-556, Abr. 2009.

LANA, S. R. V. Exigências de metionina+cistina para frangos de corte machos de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade, em clima tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, dez. 2005.

LEANDRO, N. S. M.; CUNHA, W. C. P.; CAFÉ, M. B.; STRINGHINI, J. H.; GONZÁLES, E.; FILHO, R. M. J. Desempenho de frangos com diferentes pesos iniciais alimentados com ração pré-inicial suplementada com metionina. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.3, p.373-383, julho/setembro 2007.

MACNEIL, S. D.; NUCCIO, M. L; HANSON, A. D. Betaine and related osmoprotectants. Targets for metabolic engineering or stress resistance. **Plant Physiology**, v.120, n.4, p.945-949, 1999.

MAIORKA, A.; LUQUETTI, B. C.; ALMEIDA, J. G.; MACARI, M. **Idade da matriz e qualidade do pintainho**. Manejo da incubação: Facta, 2003, cap. 4.2, p. 362-372.

MARTÍN-VENEGAS, R.; GERAERT, P.A.; FERRER, R. Conversion of the methionine hydroxy analogue DL-2- hydroxy-(4-methylthio) butanoic acid to sulfur-containing aminoacids in the chicken small intestine. **Poultry Science**, v. 85, p.1932–1938, 2006.

McDEVITT, R. M.; MACK, S.; WALLIS, I. R. Can betaine partially replace or enhance the effect of methionine by improving broiler growth and carcass characteristics. **Poultry Science**,v.41, p. 473-480, 2000.

METZLER-ZEBELI, B. U.; EKLUND, M.; MOSENTHIN, R. Impact of osmoregulatory and methyl donor functions of betaine on intestinal health and performance in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v.65, p.419-441, 2009.

MOURA, A. M. A.; MELO, T. V.; MIRANDA, D. J. A. Utilização da dl-metionina e metionina hidroxí-análoga na alimentação de aves. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.67, n.1, p.97-107, 2010.

NIANG, T. M. S. **Suplementação de betaína em rações de frangos de corte infectados experimentalmente com *Eimeria acervulina***. 2005. 105 p. Dissertação Mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2005.

PANIZ, C.; GROTO, D.; SCHMITT, G. C.; VALENTINI, J.; SCHOTT, K. L.; POMBLUM, V. J.;GARCIA, S. C. Fisiopatologia da deficiência de vitamina B12 e seu diagnóstico laboratorial. **Jornal Brasileiro de Patologia Médica**, v. 41, n. 5, p. 323-34, 2005.

PARTRIDGE, G. Betaine's dual role. **Pig progress**, Doetinchen, v.19, n. 10, p. 25-32, 2003.

PEREIRA, P. W. Z.; MENTEN, J. F. M.; RACANICCI, A. M. C.; TRALDI, A. B.; SILVA, C. S.; RIZZO, P. V. Avaliação de complexo enzimático e betaína natural em rações para frangos de corte criados em aviário comercial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2230-2236, 2010.

REMUS, J. C. Betaine for increased breast meat yield in turkeys. **International poultry production**, Surrey, v.9, n.2, p. 22-23, 2001.

RATRIYANTO, A.; MOSENTHIN, R.; BAUER, E.; EKLUND, M. Metabolic, osmoregulatory and nutritional functions of betaine in monogastric animals.**Asian-Australasian Journal Animal Science**,v. 22, n. 10, p. 1461-1476, October 2009.

RODRIGUEIRO, R. 2012. O que esperar da betaína como fonte poupadora da dl-metionina suplementar. Serviços Técnicos, Evonik Degussa Brasil.

RODRIGUES, P. B. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n.2, p.248-260, 1996.

ROMBOLA, L. G.; FARIA, D. E. de; DEPONTI, B. J.; SILVA, F. H. A.; FARIA FILHO, D. E. de, JUNQUEIRA, O. M. Fontes de metionina em rações formuladas com base

em aminoácidos totais ou digestíveis para frangas de reposição leves e semipesadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 1990-1995, 2008.

ROLL, A. P.; LOPES, D. C. N.; AZAMBUJA, S.; PIRES, P. G. S.; XAVIER E. G.; ROLL, V. F. B.; RUTZ, F. Efeito de diferentes níveis de energia da dieta no desempenho de frangos de corte entre os 43 e 48 dias de idade. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, n. 106, p. 69-74, 2011.

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

ROSTAGNO, H. S., PACK, M. Can betaine replace supplemental DL-methionine in broiler diets. **Journal of Applied Poultry**. n. 5, p. 150-154, 1996.

SAUNDERSON, L. C., MACKINLAY, J. 1990. Changes in bodyweight, composition and hepatic enzyme activities in response to dietary methionine, betaine and choline levels in growing chicks. **Journal of Nutrition**. v. 63, p. 339-349.

SCHUTTE, J. B.; DE JONG, J.; SMINK, W.; PACK M. Replacement value of betaine for dl-methionine in male broiler chicks. **Poultry Science**, v. 76, p. 321-325, 1997.

SAKOMURA, N. K.; BARBOSA, N. A. A., SILVA, E. P.; LONGO, F. A.; KAWAUCHI I. M.; FERNANDES, J. B. K. Efeito da suplementação de betaína em dietas de frangos de corte em condições de termoneutralidade. **Revista Brasileira de Ciência Agrária**. Recife, v.8, n.2, p.336-341, 2013.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SILVA, F. de A. S. e. **ASSISTAT Versão 7.6 beta**, 2012.

SILVA JUNIOR, R. G. C.; LANA, G. R. Q.; RABELLO, C. B.; BARBOZA, W. A.; STRINGHINI, J. H.; ANDRADE, M. L.; ANDRADE, L. XAVIER, S. A. G.; CAFÉ, M. B.; LEANDRO, N. S. M. Desempenho, balanço e retenção de nutrientes e biometria dos órgãos digestivos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de proteína na ração pré-inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2350-2358, 2006.

SUN, H.; YANG, W. R.; YANG, Z. B.; WANG, Y.; JIANG, S. Z.; ZHANG, G. G. Effects of Betaine Supplementation to Methionine Deficient diet on growth performance and carcass characteristics of broilers. **American Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v. 3, n. 3, p. 78-84, 2008.

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

TEIXEIRA, M.; NIANG, T. M. S.; GOMES, A. V. C. Efeito do uso da betaína na biologia e morfologia dos estádios evolutivos de *Eimeria acervulina* em frangos de

corde infectados experimentalmente com oocistos esporulados. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.15, n.4, p.193-198, 2006.

TAKEARA, P.; Toledo, A. L.; GANDRA, E. R. S.; ALBUQUERQUE, R.; TRINDADENETO, M. A. Lisina digestível para frangos de corte machos entre 12 e 22 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. V. 62, n.6, p.1455-1461, 2010.

TURKER, M.; A. L. P, M.; KOCABAGLI, N. Performance of broilers chicks fedon reduced methionine diets supplemented with betaine. **XXII Poultry Congress**, Istanbul, 2004.

VIANA, M. T. S.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; BARRETO, S. L. T.; CARVALHO, D. C. O.; GOMES, P. C. Fontes e níveis de metionina em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1751-1756, 2009.

VIEIRA, R. A. **Nutrição pré-inicial para frangos de corte**. Boletim Técnico, Maio/Junho 2013 - Edição nº 5.

VIRTANEN, E., ROSI, L. Effects of betaine on methionine requirement of broilers under various environmental conditions. *in*: Proceedings of the Australian Poultry Science, **Symposium**, P. 88–92, University of Sydney, Sydney NSW, Australia, 1995.

VISENTINI, P.; LOPES, L.; TOLEDO, G. S.; COSTA, P. T. Níveis de substituição da DL-metionina pela metionina hidróxi análoga em base equimolar, em dietas para frangos de corte. **Ciência Rural**, v.35, n. 6, Santa Maria nov./dez. 2005.

WEERDEN, E. J .V.; SCHUTTE, J. B. Comparison of DL-methionine, DL-methionine-Na, DL- methionine hydroxy analogue-Ca, and DL- methionine hydroxy analogue with layers. **Poultry Science**, v. 63, p. 1793-1799, 1984.