

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 04/08/2019.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

BETAÍNA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM
DIFERENTES CONDIÇÕES DE ESTRESSE

MAYARA RODRIGUES DE SANTANA EICH

Tese apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção
do título de Doutor.

BOTUCATU - SP
Agosto - 2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

BETAÍNA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM
DIFERENTES CONDIÇÕES DE ESTRESSE

MAYARA RODRIGUES DE SANTANA EICH

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Sartori

Tese apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção
do título de Doutor.

BOTUCATU - SP
Agosto - 2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

E34b Eich, Mayara Rodrigues de Santana, 1988-
Betaína na alimentação de frangos de corte diferentes condições de estresse / Mayara Rodrigues de Santana Eich. - Botucatu : [s.n.], 2017
79 f.: il. color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2017
Orientador: José Roberto Sartori
Inclui bibliografia

1. Frango de corte - Criação. 2. Frango de corte - Alimentação e rações 3. Betaína. 4. Stress(Fisiologia). I. Sartori, José Roberto. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem.

Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo. ”

Walter S. Landor

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Antonia e Manoel, meu irmão Emerson e meu esposo Jayme, que sempre me apoiaram, e com muito amor e paciência contribuíram para a realização deste sonho. Essa conquista também é de vocês!

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A Deus, pelo dom da vida e pela coragem para enfrentar os desafios que surgem pelo caminho.

Ao meu orientador Prof. Sartori, por todo conhecimento transmitido durante esses anos, por vezes que mesmo ocupado conseguiu um tempo para atender minhas dúvidas, pelo apoio a seguir novos caminhos e encarar desafios, e principalmente pela paciência que teve comigo.

À Juliana Célia Denadai, pela amizade e todo auxílio durante esses anos, desde a elaboração do projeto até a redação da tese, utilizando sua experiência para fazer sugestões e abrindo mão de alguns feriados e finais de semana para me ajudar.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Campus de Botucatu, pelo apoio institucional e infraestrutura para o desenvolvimento das atividades dessa pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, pela oportunidade de realização do curso de doutorado e qualidade na formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.

Às empresas Btech[®] Tecnologias Agropecuárias, Ingredion[®] e DSM[®], pelas doações de betaína, farelo de glúten de milho e suplementos vitamínico-minerais, respectivamente, essenciais na fabricação da dieta dos frangos.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Roberto Sartori, pela oportunidade, confiança depositada, paciência, compreensão e ensinamentos durante todos esses anos de doutorado.

Aos professores participantes da banca de qualificação, Prof^a. Margarida Maria Barros e Prof. Dirlei Antonio Berto, que fizeram sugestões de grande valia para este trabalho.

Aos professores do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da FMVZ, Prof. Antonio Celso Pezzato, Prof. Luiz Edivaldo Pezzato, e aos professores que ministraram disciplinas no programa, em especial Prof^a. Luciana Francisco Fleuri, Prof. Ricardo de Oliveira Orsi, Prof. Adriano Sakai Okamoto, Prof. Carlos Ducatti (*in*

memoriam), por todos ensinamentos e colaboração, que foram essenciais na minha formação.

À Prof^a. Maria Marcia Pereira Sartori, pela colaboração nas análises estatísticas.

Às funcionárias do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Seila e Ellen, que sempre me atenderam prontamente para sanar qualquer dúvida.

À equipe do Laboratório de Nutrição de Aves, Monica, Amanda, Natani, Juliana Cristina, Carolina Teixeira, Vitor, Karçola, Tati, Juliana Denadai, Léo, Smigo, Calvina, Dani, Paola, Petit, Netto, Armando, My Baby, Alex, Flavio e Carol, pela amizade, apoio e companheirismo, desde as coletas aos domingos bem cedo até a cerveja do *happy hour*.

Ao funcionário do Laboratório de Nutrição de Aves, Wanderley Thiago, que não mediu esforços para me ajudar durante os experimentos, dando suporte sempre que necessário.

Aos funcionários da Fábrica de Ração, Sergio, Nico, Alexandre, Adriano, sempre muito prestativos com nossa equipe do LabAves.

A todos que ajudaram direta ou indiretamente, sem vocês nada disso seria possível.

MUITO OBRIGADA!!!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Densidade de criação.....	3
2.2. Estresse térmico em frangos de corte.....	4
2.3. Comportamento de frangos sob estresse.....	6
2.4. Betaína: definição.....	7
2.5. Atuação da betaína na doação de grupos metil.....	8
2.6. Atuação da betaína na osmoproteção.....	11
2.7. Uso da betaína na nutrição de frangos de corte.....	12
3. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS	14
4. REFERÊNCIAS	15
CAPÍTULO 2	25
BETAÍNA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL A METIONINA NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE CRIADOS EM ALTA DENSIDADE.....	26
RESUMO.....	26
ABSTRACT.....	27
INTRODUÇÃO.....	28
MATERIAL E MÉTODOS.....	29
<i>Animais, dietas e delineamento experimental</i>	29
<i>Desempenho e rendimento de carcaça</i>	32
<i>Parâmetros bioquímicos</i>	32
<i>Relação heterofilo:linfócito</i>	33
<i>Temperatura superficial</i>	33
<i>Análise comportamental</i>	34
<i>Análise estatística</i>	36
RESULTADOS.....	36
DISCUSSÃO.....	45
CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS.....	50
CAPÍTULO 3	57
INCLUSÃO DE BETAÍNA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL À METIONINA EM DIETAS DE FRANGO DE CORTE EM ESTRESSE TÉRMICO CÍCLICO.....	58
RESUMO.....	58
ABSTRACT.....	59
INTRODUÇÃO.....	60
MATERIAL E MÉTODOS.....	61
<i>Animais, dietas e delineamento experimental</i>	61

<i>Desempenho zootécnico</i>	64
<i>Parâmetros bioquímicos sanguíneos</i>	64
<i>Parâmetros imunológicos</i>	64
<i>Parâmetros fisiológicos</i>	65
<i>Análise estatística</i>	66
RESULTADOS	66
DISCUSSÃO	73
CONCLUSÃO	75
REFERÊNCIAS	76
IMPLICAÇÕES	79

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Composição centesimal e nutricional calculada das dietas experimentais nas fases pré-inicial, inicial e crescimento.....	31
Tabela 2. Etograma descritivo dos comportamentos observados em frangos de corte (Adaptado de Pereira et al., 2007).	35
Tabela 3. Desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias alojados em duas densidades e alimentados com dietas contendo diferentes inclusões de betaína.	38
Tabela 4. Rendimento de carcaça, partes e percentagem de gordura abdominal de frangos de corte aos 42 dias, criados em duas densidades de alojamento e alimentados com dieta contendo diferentes inclusões de betaína.....	40
Tabela 5. Níveis séricos de glicose e níveis plasmáticos de colesterol, triglicérides, VLDL, ácido úrico e proteínas totais de frangos de corte aos 42 dias, criados em duas densidades de alojamento e alimentados com dieta contendo diferentes inclusões de betaína.....	42
Tabela 6. Parâmetros hemato-imunológicos de frangos de corte aos 40 dias, criados em duas densidades de alojamento e alimentados com dieta contendo diferentes inclusões de betaína.....	43
Tabela 7. Temperatura superficial de frangos de corte na fase final de produção (35 a 42 dias de idade) criados em duas densidades de alojamento e alimentados com dieta contendo diferentes inclusões de betaína.....	44
Tabela 8. Frequência comportamental (%) de frangos de corte de 36 a 41 dias de idade, criados em duas densidades de alojamentos e alimentados com diferentes inclusões de betaína, no período de máxima e mínima temperatura do dia.....	45

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Temperaturas do ambiente termoneutro e estresse cíclico por calor durante o período experimental.....	63
Tabela 2. Composição centesimal e nutricional calculada das dietas experimentais nas fases pré-inicial, inicial e crescimento.....	64
Tabela 3. Peso médio (PM), consumo de ração médio (CRM) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte aos 21 e 35 dias mantidos em ambiente termoneutro e de estresse térmico cíclico, alimentados com dieta contendo inclusões de betaína.....	69

- Tabela 4.** Níveis séricos de glicose e níveis plasmáticos de colesterol, triglicérides, VLDL, ácido úrico e proteínas totais aos 21 dias de idade de frangos de corte mantidos em ambiente termoneutro ou de estresse cíclico por calor, alimentados com dieta contendo diferentes inclusões de betaína.....70
- Tabela 5.** Valores de título de anticorpos de frangos de corte aos 21 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro e de estresse térmico cíclico, vacinados contra a doença de *NewCastle*, expressos em médias geométricas (GMT) e alimentados com dieta contendo inclusões de betaína.....71
- Tabela 6.** Parâmetros hemato-imunológicos de frangos de corte aos 21 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro e de estresse térmico cíclico, alimentados com dieta contendo inclusões de betaína.....72
- Tabela 7.** Peso relativo de órgãos e área do córtex (μm^2) da Bursa de Fabrícus em frangos de corte aos 21 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro e de estresse térmico cíclico, alimentados com dieta contendo inclusões de betaína.....73
- Tabela 8.** Temperatura superficial (TS, °C), frequência respiratória (FR, mov/min), temperatura cloacal (TC, °C) de frangos de corte aos 21 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro e de estresse térmico cíclico, alimentados com dieta contendo inclusões de betaína.....74

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Resposta adrenocortical ao estresse em aves (BAOS e BLAS, 2009)..... 5
- Figura 2.** Estrutura química da molécula de betaína. 8
- Figura 3.** Ciclo da metionina e homocisteína (BYDLOWSKI et al., 1998)..... 9

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Imagem termográfica de frangos de corte aos 36 dias de idade. 34
- Figura 2.** Temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) do galpão de frangos de corte durante o período experimental. 37
- Figura 3.** Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) do galpão de frangos de corte durante o período experimental. 37

CAPÍTULO 3

- Figura 1.** Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) em ambiente termoneutro durante o período experimental..... 66
- Figura 2.** Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) em ambiente de estresse cíclico por calor durante o período experimental..... 67

CAPÍTULO 1

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para atender às demandas dos mercados nacionais e internacionais, a produção avícola brasileira tem se modernizado, buscando melhorias para garantir o bem-estar animal, qualidade do produto final e segurança alimentar. O Brasil ocupa a posição de maior exportador mundial de carne de frango e segundo maior produtor, precedido apenas pelos Estados Unidos, com produção de 13,1 milhões de toneladas em 2015 (ABPA, 2016a). Esses resultados foram alcançados devido à evolução no melhoramento genético, nutrição, sanidade, ambiência e bem-estar animal.

Graças ao melhoramento genético obteve-se maior ganho de peso, rendimento de carcaça e redução no tempo de criação (PEREIRA et al., 2010), e o potencial genético só é aproveitado de forma eficiente quando se tem, além de outros fatores, o fornecimento adequado de todos os nutrientes exigidos pelos frangos (RUNHO et al., 2001). Diante disso, o conhecimento sobre as exigências nutricionais dos frangos tornou-se essencial. Esses fatores, associados ao ambiente adequado, onde os animais estejam em condições adequadas, podem aumentar a produção e a rentabilidade do produtor.

Devido às mudanças climáticas, o setor de avicultura no Brasil tem investido em tecnologias para tornar o ambiente favorável para a criação das aves, que são bastante sensíveis a temperaturas inadequadas. O uso de alguns aditivos nas dietas pode contribuir para reduzir os prejuízos na produção, quando o animal passa por estresse calórico. A molécula de betaína possui propriedades que podem atuar de duas formas principais no metabolismo, como doadora de grupamentos metil para a síntese de vários compostos (metionina, creatina, carnitina, fosfolipídeos, ácido ribonucleico e ácido desoxirribonucleico) e como osmólito orgânico capaz de regular a homeostasia das células (FRONTIERA et al., 1994; KLASING et al., 2002).

4. REFERÊNCIAS

ABPA – **Associação Brasileira de Proteína Animal**. Relatório Anual 2016. Acesso em: 05/08/2016a. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais>>.

ABPA – **Associação Brasileira de Proteína Animal**. Protocolo de Bem-Estar de Frangos de Corte, 2016. Disponível em: <<http://www.abpa-br.org>>. Acesso em: 02 de outubro de 2016b.

ADENIJI, O.B. Effects of environmental enrichment strategies on behavior and production performance of broiler breeder chickens reared at elevated temperatures. Master's Thesis, University of Tennessee, 2012.

AKHAVAN-SALAMAT, H.; GHASEMI, H.A. Alleviation of chronic heat stress in broilers by dietary supplementation of betaine and turmeric rhizome powder: dynamics of performance, leukocyte profile, humoral immunity, and antioxidant status. **Tropical Animal Health and Production**, v.48, n.1, p.181-188, 2016.

ALIREZAEI, M.; GHEISARI, H.R.; RANJBAR, V.R.; HAJIBEMANI, A. Betaine: a promising antioxidant agent for enhancement of broiler meat quality. **British Poultry Science**, v.53, n.5, p.699-707, 2012.

ALIREZAEI, M.; JELODAR, G.; NIKNAM, P.; GHAYEMI, Z.; NAZIFI, S. Betaine prevents ethanol-induced oxidative stress and reduces total homocysteine in the rat cerebellum. **Journal of Physiology and Biochemistry**, v.67, n.4, p.605–612, 2011.

ALLAIN, V.; MIRABITO, L.; ARNOULD, C.; COLAS, M.; LE BOUQUIN, S.; LUPO, C.; MICHEL, V. Skin lesions in broiler chickens measured at the

slaughterhouse: relationships between lesions and between their prevalence and rearing factors. **British Poultry Science**, v.50, n.4, p.407-417, 2009.

ATTIA, Y.A.; HASSAN, R.A.; QOTA, E.M.A. Recovery from adverse effects of heat stress on slow-growing chicks in the tropics 1: Effect of ascorbic acid and different levels of betaine. **Tropical Animal Health and Production**, v.41, n.5, p.807-818, 2009.

AUGUSTINE, P.C.; DANFORTH, H.D. Influence of betaine and salinomycin on intestinal absorption of methionine and glucose and on the ultrastructure of intestinal cells and parasite developmental stages in chicks infected with *Eimeria acervulina*. **Avian Diseases**, v.43, p.89-97, 1999.

BAOS, R.; BLAS, J. 2009. Adrenocortical toxicology in birds: environmental contaminants and the avian response to stress. Pages 257–293 in P.W. Harvey, D. Everett, and C. Springall [EDS.], *Adrenal toxicology*, Vol. 26. Informa Healthcare, New York.

BARBOSA, N.A.A. **Avaliação de aditivos na dieta de frangos de corte**. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Jaboticabal. 166f. 2009.

BIANCHI, M. et al. Physical and functional properties of whole and ground pale broiler breast meat. **Poultry Science**, v.84, p.803-808, 2005.

BIGGERS, J. D.; LAWITTS, J.A.; LECHENE, C.P. The protective action of betaine on the deleterious effects of NaCl on pre-implantation mouse embryos in vitro. **Molecular Reproduction and Development**, v.34, p.380-390, 1993.

BOKKERS, E. A. M.; DE BOER, I. J. M.; KOENE, P. Space needs of broilers, **Animal Welfare**, v.20, n.4, p.623-632, 2011.

BOKKERS, E. A. M.; KOENE, P. Behaviour of fast- and slow growing broilers to 12 weeks of age and the physical consequences. **Applied Animal Behaviour Science**, v.81, n.1, p.59-72, 2003.

BONNET, S.; GERAERT, P.A.; LESSIRE, M.; CARRE, B.; GUILLAUMIN, S. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. **Poultry Science**, v.76, n.6, p.857-863, 1997.

BUIJS, S.; KEELING, L. J.; TUYTTENS. Using motivation to feed as a way to assess the importance of space for broiler chickens. **Animal Behaviour**, v.81, n.1, p.145-151, 2011.

BYDŁOWSKI, S.P.; MAGNANELLI, A.C.; CHAMONE, D.A.F. Hiper-homocisteinemia e doenças vaso-oclusivas. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v.71, n.1, 1998.

CHENDRIMADA, T.P.; NETO, M.G.; PESTI, G.M.; DAVIS, A.J.; BAKALLI, R.I. Determination of the betaine content of feed ingredients using high-performance liquid chromatography. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.82, p.1556-1563, 2002.

CONDE-AGUILERA, J.A.; COBO-ORTEGA, C.; TESSERAUD, S.; LESSIRE, M.; MERCIER, Y.; MILGEN, J.V. Changes in body composition in broilers by a sulfur amino acid deficiency during growth. **Poultry Science**, v.92, p.1266-1275, 2013.

COOPER, A.J.L. Biochemistry of sulfur-containing amino acids. **Annual Review of Biochemistry**, v.52, p.187-222, 1983.

COSTA-PINTO, F.A.; COHN, D.W.; SA-ROCHA, V.M.; SA-ROCHA, L.C.; PALERMO-NETO, J. Behavior: a relevant tool for brain-immune system interaction studies. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v.1153, p.107-119, 2009.

- COSTA-PINTO, F.A.; PALERMO-NETO, J. Neuroimmune interactions in stress. **Neuroimmunomodulation**, v.17, n.3, p.196-199, 2010.
- DAWKINS, M. S. Behaviour as a tool in the assessment of animal welfare. **Zoology**, v.106, n.4, p.383-387, 2003.
- DAWKINS, M. S.; DONNELLY, C. A.; JONES, T. A. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. **Nature**, v.427, p.342-344, 2004.
- DEEB, N.; CAHANER, A. Genotype-by-environment interaction with broiler genotypes differing in growth rate. 3. Growth rate and water consumption of broiler progeny from weight-selected versus non selected parents under normal and high ambient temperatures. **Poultry Science**, v.81, n.3, p.293-301, 2002.
- DOZIER III, W.A.; THAXTON, J.P.; BRANTON, S.L.; MORGAN, G.W.; MILES, D.M.; ROUSH, W.B.; LOTT, B.D.; THAXTON, Y.V. Stocking density effects on growth performance and processing yields of heavy broilers. **Poultry Science**, v.84, n.8, p.1332-1338, 2005.
- EKLUND, M.; BAUER, E.; WAMATU, J.; MOSENTHIN, R. Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. **Nutrition Research Reviews**, v.18, p.31-48, 2005.
- EL-LETHEY, H., AERNI, V.; JUNGI, T.W.; WECHSLER, B. Stress and feather pecking in laying hens in relation to housing conditions. **British Poultry Science**, v.41, n.1, p.22-28, 2000.
- ESTEVEZ, I. Density allowances for broilers: where to set the limits? **Poultry Science**, v.86, n.6, p.1265-1272, 2007.
- FEDDES, J.J.R.; EMMANUEL, E.J.; ZUIDHOF, M.J. Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. **Poultry Science**, v.81, n.6, p.774-779, 2002.

FERRARIS, J.; WILLIAMS, C.; JUNG, K.; BEDFORD, J.; BURG, M.; GARCIA-PEREZ, A. ORE, a eukaryotic minimal essential osmotic response element. The aldose reductase gene in hyperosmotic stress. **The Journal of Biological Chemistry**, v.271, n.31, p.18318-18321, 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.

FU, Q.; LENG, Z.X.; DING, L.R.; WANG, T.; WEN, C.; ZHOU, Y.M. Complete replacement of supplemental dl-methionine by betaine affects meat quality and amino acid contents in broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.212, p.63-69, 2016.

HE, S.; ZHAO, S.; DAI, S.; LIU, D.; BOKHARI, S.G. Effects of dietary betaine on growth performance, fat deposition and serum lipids in broilers subjected to chronic heat stress. **Animal Science Journal**, v.86, n.10, p.897-903, 2015.

JANG, I.S.; YUN, S.H.; KO, Y.H.; KIM, S.Y.; SONG, M.H.; KIM, J.S.; SOHN, S.H.; MOON, Y.S. The effect of stocking density and strain on the performance and physiological adaptive responses in broiler chickens. **Korean Journal of Poultry Science**, v.41, n.3, p.205-215, 2014.

KEMPF, B.; BREMER, E. Uptake and synthesis of compatible solutes as microbial stress responses to high osmolality environments. **Archives of Microbiology**, v.170, p.319-330, 1998.

KETTUNEN, H.; PEURANEN, S.; TIIHONEN, K. Betaine aids in the osmoregulation of duodenal epithelium of broiler chicks and affects the movement of water across the intestinal epithelium *in vitro*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v.129, n.2-3, p.595-603, 2001.

KIDD, M.T.; FERKET, P.R.; GARLICH, J.D. Nutritional and osmoregulatory functions of betaine. **World's Poultry Science Journal**, v.53, n.2, p125-139, 1997.

KLASING, K. C.; ADLER, K.L.; REMUS, J.C.; CALVERT, C.C. Dietary betaine increases intraepithelial lymphocytes in the duodenum of coccidia-infected chicks and increased functional properties of phagocytes. **Journal of Nutrition**, v.132, n.8, p.2274–2282, 2002.

LARA, L.J.; ROSTAGNO, M.H. Impact of heat stress on poultry production. **Animals**, v.3, n.2, p.356-369, 2013.

LENG, Z.; FU, Q.; YANG, X.; DING, L.; WEN, C.; ZHOU, Y. Increased fatty acid β -oxidation as a possible mechanism for fat-reducing effect of betaine in broilers. **Animal Science Journal**, v.87, n.8, p.1005-1010, 2016.

LEONE, E. H.; ESTEVES, I.; CHRISTMAN, M. C. Environmental complexity and group size. Immediate effects on use of space by domestic fowl. **Applied Animal Behaviour Science**, v.102, n.1-2, p.39-52, 2007.

MARTRENCAR, A.; MORISSE, J.P.; HUONNIC, D.; COTTE, J.P. Influence of stocking density on some behavioural, physiological and productivity traits of broilers. **Veterinary Research**, v.28, n.5, p.473-480, 1997.

McBRIDE, B.W.; KELLY, J.M. Energy cost of absorption and metabolism in the ruminant portal-drained viscera and liver: a review. *Journal of Animal Science*, v.68, n.9, p.2997-3010, 1990.

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, n.3, p.419-441, 2009.

MOREIRA, J.; MENDES, A.A.; ROÇA, R.O.; GARCIA, E.A.; NÄÄS, I.A.; GARCIA, R.G.; ALMEIDA PAZ, I.C. Efeito da densidade populacional sobre desempenho,

rendimento de carcaça e qualidade da carne em frangos de corte de diferentes linhagens comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1506-1519, 2004.

NATIONAL CHICKEN COUNCIL, 2010. Animal Welfare for Broiler Chickens. Disponível em: < <http://www.nationalchickencouncil.org/industry-issues/animal-welfare-for-broiler-chickens/>>. Acesso em 02 de outubro de 2016.

NELSON, D.L.; COX, M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger** - 6ª Ed. 2014. Editora Artmed.

NEWBERRY, R. C. 2004. Cannibalism. In: Perry GC (ed.), Welfare of the Laying Hen. Poult. Sci. Symposium Series 27 (Wallingford, U.K. CABI Publishing).

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. 323-334, 2005.

PARTRIDGE, G. Betaine from sugarbeet gives an energy boost. **Pig International**, v.32, n.1, p.21-24, 2002.

PEREIRA, P.W.Z. **Avaliação do complexo enzimático e betaína natural nas rações de frango de corte criados em aviário comercial**. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo - Piracicaba. 63p. 2008.

PEREIRA, P.W.Z.; MENTEN, J.F.M.; RACANICCI, 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.

PETRONINI, P.G.; DEANGELIS, E.M.; BORGHETTI, P.; BORGHETTI, A.F.; WHEELER, K.P. Modulation by betaine of cellular responses to osmotic stress. **Biochemistry Journal**, v.282, p.69-73, 1992.

PLAVNIK, I.; YAHAV, S. Effect of environmental temperature on broiler chickens subjected to growth restriction at an early age. **Poultry Science**, v.77, n.6, p.870-872, 1998.

QUINTEIRO-FILHO W.M.; RODRIGUES, M.V.; RIBEIRO, A.; FERRAZ-DE-PAULA, V; PINHEIRO, M.L.; SA, L.R.; FERREIRA, A.J.; PALERMO-NETO, J. Acute heat stress impairs performance parameters and induces mild intestinal enteritis in broiler chickens: Role of acute hypothalamic–pituitary–adrenal axis activation. **Journal of Animal Science**, v.90, n.6, p.1986-1994, 2012.

REMUS, J.C.; QUARLES, C.L. The effect of betaine on lesion scores and tensile strength of coccidia-challenged broilers. **Poultry Science**, v.79, v.1, p.118, 2000.

RUNHO, R.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; LOPES, P.S.; POZZA, P.C. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.187-196, 2001.

SAKOMURA, N.A.; BARBOSA, N.A.A.; LONGO, F.A.; SILVA, E.P.; 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**, v.15, n.2, p.105-112, 2013.

SCAHAW. 2000. The welfare of chickens kept for meat production (broilers). Page 149 in European Commission. Health & Consumer Protection Directorate–General. http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scah/out39_en.pdf Accessed Jul. 13, 2016.

SCAHAW, Scientific Committee on Animal Health and Welfare. Laying down minimum rules for the protection of chickens kept for meat production. European

- Commission. Health and Consumer Protection Directorate-General, Luxemburgo, 2007. Disponível em: < <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32007L0043>>. Acesso em: 16 de setembro de 2016.
- SCHUTTE, J.B.; PACK, M. Sulfur amino acid requirement of broiler chicks from fourteen to thirty-eight days of age. 1. Performance and carcass yield. **Poultry Science**, v.74, n.6, p.480-487, 1995.
- SELYE, H. Forty years of stress research: principal remaining problems and misconceptions. **Canadian Medical Association Journal**, v.115, n.1, p53-56, 1976.
- SETTAR, P.; YALCIN, S.; TURKMUT, L.; OZKAN, S.; CAHANAR, A. Season by genotype interaction related to broiler growth rate and heat tolerance. **Poultry Science**, v.78, n.10, p.1353-1358, 1999.
- SHOEMAKER, V.H. Osmoregulation and excretion in birds. In: FARNER, D.S.; KING, J.R.; PARKERS, K.C. **Avian Biology**, v.2, p.527-574, 1972.
- SIMITZIS, P.E.; KALOGERAKI, E.; GOLIOMYTIS, M.; CHARISMIADOU, M.A.; TRIANTAPHYLLOPOULOS, K.; AYOUTATI, A.; NIFOROU, K.; HAGERTHEODORIDES, A. L.; DELIGEORGIS, S.G. Impact of stocking density on broiler growth performance, meat characteristics, behavioural components and indicators of physiological and oxidative stress. **British Poultry Science**, v.53, n.6, p.721-730, 2012.
- SOLBERG, J.; BUTTERY, P.J.; BOORMAN, K.N. Effect of moderate methionine deficiency on food, protein and energy utilization in the chick. **British Poultry Science**, v.12, n.3, p.297-304, 1971.
- STRYER, L. **Biochemistry**. 3rd ed. New York: W.F. Freeman, 1089p. 1988.

SUN Z.W.; YAN, L.; G, Y.Y.; ZHAO, J.P.; LIN, H.; GUO, Y.M. Increasing dietary vitamin D3 improves the walking ability and welfare status of broiler chickens reared at high stocking densities. **Poultry Science**, v.92, n.12, p.3071-3079, 2013.

TURK, D. E. Symposium: The avian gastrointestinal tract and digestion. **Poultry Science**, v.64, n.7, p. 1225-1244, 1982.

YANCEY, P.H.; CLARK, M.E.; HAND, S.C.; BOWLUS, R.D.; SOMERO, G.N. Living with water stress: evolution of osmolyte systems. **Science**, v.217, n.4566, p.1214-22, 1982.

YANG, E.V.; GLASER, R. Stress-induced immunomodulation and the implications for health. **International Immunopharmacology**, v.2, n.2-3, p.315-324, 2002.

ZHAN, X.A.; LI, J.X.; XU, Z.R.; ZHAO, R.Q. Effects of methionine and betaine supplementation on growth performance, carcass e composition and metabolism of lipids in male broilers. **British Poultry Science**, v.47, n.5, p.576-580, 2006.

ZHAO, J. P.; JIAO, H. C.; JIANG, Y.B.; SONG, Z. G.; WANG, X. J.; LIN, H. Cool perches improve the growth performance and welfare status of broiler chickens reared at different stocking densities and high temperatures. **Poultry Science**, v.92, n.8, p.1962-1971, 2013.

ZUO, J.; XU, M.; ABDULLAHI, Y.A.; MA, L.; ZHANG, Z.; FENG, D. Constant heat stress reduces skeletal muscle protein deposition in broilers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.95, n.2, p.429-436, 2015.

IMPLICAÇÕES

O bem-estar dos animais é discutido mundialmente, e existe cada vez mais preocupação sobre a forma na qual os animais são criados. Quando submetidos a situações de estresse, é possível observar os efeitos negativos refletidos na produção.

Apesar da falta de incentivo financeiro às pesquisas, os trabalhos vêm sendo conduzidos da melhor forma possível, de modo a atender as demandas de informações e gerar novos questionamentos para futuras pesquisas.

Neste trabalho pode-se observar efeitos positivos da inclusão de betaína em dietas de frangos de corte submetidos a situações de estresse por alta densidade e calor, como melhora no rendimento de carcaça, redução de níveis de glicose, colesterol e ácido úrico. Entretanto, para esclarecer totalmente os efeitos da betaína, é importante a avaliação de alguns parâmetros que não foram realizados no presente estudo, como os níveis de corticosterona no sangue, avaliação da saúde intestinal e níveis de homocisteína, o possível efeito da betaína no perfil lipídico da carne e melhora na qualidade da cama com redução da excreção de ácido úrico. Dessa forma, seria possível entender todo o processo metabólico da betaína e sua atuação no metabolismo das aves.