

USO DA L-GLUTAMINA E DO ZINCO EM DIETAS DE FRANGOS DE CORTE PARA REDUZIR OS EFEITOS DO ESTRESSE POR CALOR

Daniela Cristina Pereira Lima¹
Elvania Maria da Silva Costa Moreira²
Sandra Regina Gomes da Silva¹
Mirian Lima Fernandes³
Maria do Carmo da Silva Veiga¹
Ramon Rego Merval²
Hidaliana Paumerik Aguiar Bastos³
Agustinho Valente de Figueiredo²

RESUMO

Em consequência dos efeitos do estresse por calor sobre a produção de frangos de corte e visando contribuir para que o país continue em posição de destaque na produção e exportação de carne de frango, pesquisas vêm sendo realizadas em busca de novos meios, principalmente relacionados à nutrição, que possibilitem a redução dos efeitos deletérios de condições ambientais adversas, e dentre esses se destaca a utilização de minerais, vitaminas e aminoácidos. Objetivou-se com essa revisão de literatura apresentar a utilização da L-glutamina e do zinco em dietas para frangos de corte visando reduzir os efeitos do estresse por calor.

Palavras-chave: avicultura, aminoácido, desconforto térmico, mineral, nutrição.

USE OF L-GLUTAMINE AND ZINC IN CHICKEN DIETS TO REDUCE THE EFFECTS OF HEAT STRESS

ABSTRACT

As a result of the effects of heat stress on the production of broiler chickens and aiming to contribute to the country remaining in a prominent position in the production and export of chicken meat, researches have been carried out in search of new means, mainly related to nutrition, which make it possible to reduce the deleterious effects of adverse environmental conditions, among which the use of minerals, vitamins and amino acids stands out. The aim of this literature review was to present the use of L-glutamine and zinc in diets for broilers in order to reduce the effects of heat stress.

Key words: poultry farming, amino acid, thermal, mineral discomfort, nutrition.

USO DE L-GLUTAMINA Y ZINC EN DIETAS DE POLLO PARA REDUCIR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS POR CALOR

RESUMEN

Como resultado de los efectos del estrés por calor en la producción de pollos de engorde y con el objetivo de contribuir a que el país permanezca en una posición destacada en la producción y exportación de carne de pollo, se han llevado a cabo investigaciones en busca de nuevos

¹ Universidade Federal do Piauí. danicrisvet@hotmail.com.

² Professor(a) Universidade Federal do Piauí. Correspondência: ellvania@hotmail.com.

³ Doutoranda em Ciência Animal da Universidade Estadual de Santa Cruz- Ilhéus-BA.

medios, principalmente relacionados con la nutrición, que permiten reducir los efectos nocivos de las condiciones ambientales adversas, entre las que destaca el uso de minerales, vitaminas y aminoácidos. El objetivo de esta revisión de la literatura fue presentar el uso de L-glutamina y zinc en las dietas para pollos de engorde para reducir los efectos del estrés por calor.

Palabras clave: avicultura, aminoácidos, térmica, molestias minerales, nutrición.

INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado internacionalmente pelo seu forte desenvolvimento no ramo da avicultura nos últimos anos. Hoje, o país se encontra na posição de terceiro maior produtor e o maior exportador mundial de carne de frango (1). Dentre as áreas responsáveis por esse avanço, destaca-se o melhoramento genético, a nutrição, as técnicas de manejo e a sanidade.

No Brasil, os aspectos ambientais constituem um dos principais desafios na criação de frangos de corte, pois condições de conforto térmico dificilmente são obtidas, visto que, durante quase todo o ano a temperatura ambiente, a intensidade de radiação solar e umidade do ar são muito elevadas, e esses fatores interferem diretamente na expressão do potencial genético das aves e na eficiência de utilização de nutrientes, pois esses animais são muito sensíveis à temperatura ambiente elevada.

Em consequência dos efeitos do estresse térmico sobre a produção de frangos de corte e visando contribuir para que o país continue em posição de destaque na produção e exportação de carne de frango, pesquisas vêm sendo realizadas em busca de novos meios, principalmente relacionados à nutrição, que possibilitem a redução dos efeitos deletérios de condições ambientais adversas, e dentre esses se destaca a utilização de minerais, vitaminas (2,3) e aminoácidos (4), uma vez que uma alimentação adequada é fundamental, principalmente no caso de aves expostas a situações de estresse térmico, visto que a energia fornecida pelos nutrientes consumidos que seria utilizada para a produção e manutenção é desviada para compensar as alterações fisiológicas ocasionadas pelo frio ou calor.

Dentre os nutrientes estudados, pode-se enfatizar o uso da L-glutamina, este aminoácido ocasiona incremento na síntese de proteína no músculo esquelético, principalmente nos cortes coxa e sobrecoxa e proporciona efeitos benéficos sobre os parâmetros de desempenho, rendimento de carcaça e cortes nobres, peso dos órgãos linfóides e morfologia intestinal (5). Outra opção é o mineral zinco, por estar associado à redução da gordura abdominal e dos níveis de triglicerídeos e melhoras no rendimento de carcaça em frangos de corte (6). Além disso, também são relatados efeitos benéficos do zinco sobre o ganho de peso e a conversão alimentar e da resposta imune (7).

Desta forma, considerando que a suplementação de L-glutamina e zinco tem apresentado resultados positivos em pesquisas na nutrição humana (8), e que não há relatos sobre essa associação na nutrição de frangos de corte, objetivou-se com essa revisão de literatura apresentar a utilização da L-glutamina e do zinco em dietas para frangos de corte visando reduzir os efeitos do estresse por calor.

DESENVOLVIMENTO

Efeitos do estresse por calor sobre a produção de frangos de corte

A ave por ser um animal homeotérmico, seu organismo é mantido a uma temperatura interna constante pelo aparelho termorregulador que comanda a redução ou o aumento das

perdas de calor pelo organismo. Desta forma, para a manutenção do conforto térmico, há necessidade de equilíbrio nos sistemas internos de aquecimento e refrigeração (9).

A zona de conforto térmico ou termoneutra pode ser indicada como sendo a faixa de temperatura ambiente na qual a taxa metabólica é mínima e a homeotermia é mantida com menor gasto energético. Esta zona apresenta os limites de temperaturas nos quais o indivíduo expressa todo seu potencial genético para a produção e reprodução (9).

O valor de umidade relativa do ar que caracterizam a zona de conforto térmico para frangos de corte é de 50 a 70% e temperatura ambiente de 31,3; 26,3 – 27,1 e 22,5-23,2°C, respectivamente na primeira, segunda e terceira semana de vida (10). Entretanto, em países tropicais dificilmente estes valores são encontrados em condições comerciais de produção, o que compromete o desempenho destes animais. Por outro lado, além da temperatura ambiente e umidade relativa do ar, devem ser considerados também a velocidade do vento e o calor radiante recebido das superfícies vizinhas.

Para a manutenção da homeotermia, as perdas de calor são realizadas de duas maneiras: calor sensível e calor latente (ou insensível). O calor sensível é aquele que faz com que a temperatura ambiente que circunda a ave aumente, em decorrência de fatores como atividade física e incremento de calor pós-arraçoamento. A perda de calor latente (ou insensível) ocorre por evaporação, sendo observada na pele e nas vias respiratórias. O principal fator que afeta a dissipação de calor por evaporação é a quantidade de ar expelido pela ave. Como a taxa de respiração é praticamente constante, a dissipação de calor por evaporação varia com o teor de umidade do ar. As aves, no entanto, podem “abrir o bico” em resposta a altas temperaturas, visando incrementar a taxa de respiração e a área interna por onde o ar passa, a fim de aumentar a dissipação de calor por evaporação (11).

Assim em situações de estresse térmico por calor, a energia que seria usada para crescimento, é desviada para dissipar calor, a fim de manter a temperatura corporal, comprometendo o desempenho desses animais, expressado através da redução do consumo de ração, do ganho de peso e piora da conversão alimentar (12).

As mudanças fisiológicas e metabólicas ocasionadas pelo estresse térmico pode afetar a digestibilidade dos nutrientes por ocasionar redução da atividade das enzimas tripsina, quimotripsina e amilase, em decorrência do aumento da temperatura ambiente, além disso, acarretam alterações sobre a morfologia intestinal, como redução da altura dos vilos e da relação vilo:cripta com conseqüente redução da deposição de nutrientes na carcaça, cortes nobres e vísceras, culminando com piora do desempenho e no rendimento de carcaça, peito, coxa, sobrecoxa e asa (13).

O estresse térmico por calor ocasiona alterações bioquímicas, tais como aumento das proteínas totais e globulina, redução da concentração de vitaminas C, E e A no soro e fígado, de minerais nos ossos, como o zinco e redução dos níveis teciduais e plasmáticos de aminoácidos, tais como a glutamina (14). Além disso, a mobilização de vitaminas e minerais dos tecidos e sua excreção é aumentada sob condições de estresse por calor e, conseqüentemente, pode agravar a deficiência ou levar ao aumento das necessidades de vitaminas e minerais.

Embora se tenha conhecimento de que o estresse altera o sistema imune, a determinação do estado imunológico de frangos é difícil e não há um ensaio simples disponível para avaliar a imunocompetência. No entanto, alguns autores, relatam algumas medidas de aferição da imunidade, tais como, o peso de órgãos linfóides, resposta de anticorpos e relação heterófilo:linfócito (H:L) (15).

Segundo, Aengwanich (16), o estresse térmico por calor ocasiona aumento da região do córtex, redução da medular e aumento da relação córtex:medular da bolsa cloacal. Assim, a histomorfometria constitui-se em uma excelente ferramenta para mensurar os efeitos do ambiente sobre os tecidos linfóides.

Estratégias nutricionais para minimizar os efeitos do estresse por calor sobre a produção de frangos de corte

Os nutricionistas fundamentados em informações como fases de criação, duração e intensidade de exposição ao calor e status imunológico das aves, devem buscar estratégias nutricionais que possibilitem menor produção de calor e melhor aproveitamento dos nutrientes, visando proporcionar subsídios para as aves superar os efeitos deletérios das altas temperaturas sobre o metabolismo, fisiologia, eficiência alimentar e desempenho.

Várias pesquisas com enfoque nas estratégias nutricionais foram realizadas visando aliviar os efeitos do estresse por calor, tais como, aumento do teor de energia (17), suplementação de aminoácidos e redução da proteína bruta (18), adição de cloreto de amônio, potássio cloreto e/ou bicarbonato de sódio (19), suplementação de vitaminas (20) e minerais (3). Todos estes artifícios objetivam satisfazer as necessidades especiais de nutrientes, durante o estresse por calor.

Glutamina

A glutamina é um aminoácido não essencial e representa cerca de 50% do total dos aminoácidos livres no plasma sanguíneo e é quantitativamente o mais importante no transporte de nitrogênio entre órgãos. No entanto, sua classificação tem sido questionada, pois durante uma situação de estresse prolongado, a produção tecidual não atende as demandas sistêmicas e a glutamina se torna condicionalmente essencial (21).

Este aminoácido está relacionado com diversos processos fisiológicos, como a proliferação de células da mucosa intestinal, linfócitos e fibroblastos, produção de nucleotídeos para enterócitos, hepatócitos, macrófagos e tecido linfóide associado ao intestino, ativação de proteínas de estresse ou choque térmico (heat shock proteins), que estão relacionadas com a resposta antiapoptótica celular, formação de precursores, como o glutamato, que participam da síntese de moléculas chave no processo inflamatório, como a glutationa (22).

Várias pesquisas reportam efeitos benéficos com a utilização desse aminoácido, tais como ação trófica sobre a mucosa intestinal (23) e otimização dos parâmetros de desempenho e da resposta imune (24). Dai et al. (13), em condições de estresse por calor, ao fornecer L-glutamina na dieta de frangos de corte no período de 1 a 42 dias de idade, constataram maiores valores para rendimento de peito e coxa.

A suplementação de L-glutamina em dietas de frangos de corte promove aumento da concentração sérica de proteínas totais e albumina, do peso relativo e da altura das vilosidades do duodeno e jejuno e maior relação entre a altura das vilosidades e profundidade de cripta aos 42 dias de idade (25).

São relatados na literatura melhoria da resposta imunológica com a adição de L-glutamina na dieta de frangos de corte, tais como aumento do peso do baço, da bolsa cloacal em frangos de corte e do timo (26).

Zinco

O zinco é um metal leve, de cor azulada, sendo um cátion bivalente, com o número atômico 30. É o micro-mineral mais abundante no meio intracelular, está envolvido em funções catalíticas, estruturais, regulatórias, e participa do metabolismo de carboidratos, proteínas e ácidos nucléicos (27).

No sistema antioxidante, o zinco está presente na superóxido dismutase (Cu-ZnSOD), enzima que atua na redução de espécies reativas de oxigênio (ERO), ou seja, sobre todas as

moléculas que contêm oxigênio em estado altamente reativo, com alta capacidade oxidativa, como os radicais livres. Além disso, desempenha importante papel no sistema imune por ser componente essencial de mais de 300 enzimas, incluindo as envolvidas na síntese de DNA e RNA, e conseqüentemente na replicação e proliferação celular das células imunes (28).

Segundo Rostagno et al. (29), o nível mínimo de zinco para satisfazer a atividade produtiva e a prevenção de síndromes e deficiências é de 81,3; 71,5; 65,0 e 48,8 14 mg/kg para as fases: 1 a 7; 8 a 21; 22 a 33 e 34 a 42 dias respectivamente. Já o NRC (30) recomenda o nível de 40 ppm de zinco para todas as fases de criação.

A deficiência de zinco em aves pode afetar a formação do esqueleto, com redução do comprimento e espessura dos ossos longos, da taxa de crescimento, da eficiência alimentar e do empenamento. Além disso, podem ocorrer lesões na pele como hiperqueratose e afinamento da epiderme, dermatite nos pés, pernas e ao redor do bico. Entretanto, 1000 ppm de zinco na dieta podem ocasionar taxas de crescimento reduzidas, lesões da moela e pâncreas e elevada mortalidade (31).

O zinco é tradicionalmente suplementado com fontes inorgânicas, sendo mais comuns o óxido de zinco (ZnO) e o sulfato de zinco (ZnSO₄), podendo ser utilizados também o carbonato de zinco (ZnCO₃) e cloreto de zinco (ZnCl₂). Como fontes de zinco orgânico podem ser mencionados: complexados: zinco metionina, zinco polissacarídeos, zinco lisina e quelatos: zinco aminoácido quelado e zinco proteinato (32).

Diversas pesquisas sugerem que a suplementação de zinco em dietas para frangos de corte ocasiona melhoria do ganho de peso e da conversão alimentar e aumento da sua concentração no plasma, fígado e tibia (33).

A adição de zinco favorece a síntese de proteínas totais, globulina, albumina e a relação albumina/globulina e proporciona aumento na concentração de glicose. A adição de zinco na dieta também está associada a efeitos antioxidantes expressos através da redução da concentração de malondialdeído, indicador da peroxidação lipídica, da concentração de glutatona peroxidase e superóxido dismutase e aumento da concentração das vitaminas A, C e E no soro e no fígado de frangos de corte (34).

Com relação às funções imunes, Bartlett e Smith (35) constataram que a suplementação de zinco em dietas de frangos de corte, em situações de estresse por calor, expressou aumento no peso dos órgãos linfóides, respostas dos anticorpos primários e secundários, capacidade fagocítica dos macrófagos e concentração plasmática de zinco. Entretanto, em condições termoneutras, Sunder et al. (36) constataram que o zinco presente na dieta basal (29 mg/kg) foi suficiente para o crescimento adequado de frangos de corte aos 28 dias de idade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em consonância com diversas pesquisas, percebe-se que frangos de corte mantidos em ambiente de estresse por calor e suplementados com L-glutamina, alteram seus mecanismos produtivos, especialmente em relação ao rendimento de peito e coxa. Quanto à inclusão de zinco, observa-se melhorias nas respostas fisiológicas, tais como aumento no peso dos órgãos linfóides e maior expressão da resposta imune celular.

REFERÊNCIAS

1. Schmidt NS, Silva CL. Pesquisa e desenvolvimento na cadeia produtiva de frangos de corte no Brasil. *Rev Econ Sociol Rural*. 2018;56:467-82. doi: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560307>.

2. Silva SRG, Abreu MLT, Lopes JB, Leal DIB, Almendra SNO, Silva SMMS, et al. Desempenho e resposta imune de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com cromo na forma orgânica. *Rev Bras Cienc Vet.* 2014;21:199-203. doi: <https://doi.org/10.4322/rbcv.2014.385>.
3. Lopes JCO, Figueirêdo AV, Lopes JB, Lima DCP, Ribeiro MN, Lima VBS. Zinco e vitamina E em dietas para frangos de corte criados em estresse calórico. *Rev Bras Saude Prod Anim.* 2015;16:350-64. doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000200010>.
4. Nascimento GM, Leandro NSM, Café MB, Stringhini JH, Andrade MA, Martinez KLA, et al. Performance and intestinal characteristics of broiler chicken fed diet with glutamine in the diet without anticoccidials agents. *Rev Bras Saude Prod Anim.* 2014;15:637-48. doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402014000300011>.
5. Fasina Y, Bowers JB, Hess JB, Mckee SR. Effect of dietary glutamine supplementation on Salmonella colonization in the ceca of young broiler chicks. *Poult Sci.* 2010;89:1042-8. doi: [10.3382/ps.2009-00415](https://doi.org/10.3382/ps.2009-00415).
6. Jahanian R, Rasouli E. Effects of dietary substitution of zincmethionine for inorganic zinc sources on growth performance, tissue zinc accumulation and some blood parameters in broiler chicks. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2015;99:50-8. doi: [10.1111 / jpn.12213](https://doi.org/10.1111/jpn.12213).
7. Salabi F, Boujarpoor M, Fayazi J, Salari S, Nazari M. Effects of different levels of zinc on the performance and carcass characteristics of broiler reared under heat stress condition. *J Anim Vet Adv.* 2011;10:1332-5. doi: [10.3923/javaa.2011.1332.1335](https://doi.org/10.3923/javaa.2011.1332.1335).
8. Lima AAM, Kvalsund MP, Souza PPE, Figueiredo ÍL, Soares AM, Mota RMS, et al. Zinc, vitamin A, and glutamine supplementation in Brazilian shantytown children at risk for diarrhea results in sex-specific improvements in verbal learning. *Clinics.* 2013;68:351-8. doi: [https://doi.org/10.6061/clinics/2013\(03\)OA11](https://doi.org/10.6061/clinics/2013(03)OA11).
9. Baêta FC, Souza CF. *Ambiência em edificações rurais: conforto animal.* Viçosa: EDUFV; 2010.
10. Cassuce DC, Tinôco IFF, Baêta FC, Zolnier S, Cecon PR, Vieira MFA. Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. *Eng Agric.* 2013;33:28-36. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000100004>.
11. Abreu VMN, Abreu PG. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. *Rev Bras Zootec.* 2011;40:1-14.
12. Quinteiro-Filho WM, Rodrigues V, Ribeiro A, Ferraz-De-Paula V, Pinheiro PL, Sá LRM, et al. Acute heat stress impairs performance parameters and induces mild intestinal enteritis in broiler chickens: role of acute hypothalamic-pituitary-adrenal axis activation. *J Anim Sci.* 2012;90:1986-94. doi: [10.2527/jas.2011-3949](https://doi.org/10.2527/jas.2011-3949).
13. Dai SF, Gao F, Zhang WH, Song SX, Xu XL, Zhou GH. Effects of dietary glutamine and gamma-amino butyric acid on performance, carcass, characteristics and serum parameters in broilers under circular heat stress. *Anim Feed Sci Technol.* 2011;168:1-2. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.03.005>.

14. Santos RVT, Caperuto EC, Rosa LFBP. Effects of acute exhaustive physical exercise upon glutamine metabolism of lymphocytes from trained rats. *Life Sci.* 2007;80:573-788. doi: 10.1016/j.lfs.2006.10.015.
15. Gross WB, Siegel HS. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Dis.* 1983;27:972-9.
16. Aengwanich W. Pathological changes and effect of ascorbic acid on lesion scores of bursa of Fabricius in broilers under chronic heat stress. *Res J Vet Sci.* 2008;1:62-6. doi: 10.3923/rjvs.2008.62.66.
17. Ghazalah AA, Abd-Elsamee MO, Ali AM. Influence of dietary energy and poultry fat on the response of broiler chicks to heat therm. *Int J Poult Sci.* 2008;7:355-9. doi: 10.3923/ijps.2008.355.359.
18. Oliveira WP, Oliveira RFM, Donzele JL, Gomes PC, Martins MS, Assis AP. Redução do nível de proteína bruta em rações para frangos de corte em ambiente de estresse por calor. *Rev Bras Zootec.* 2010;39:1092-8. doi: 10.1590/S1516-35982010000500020.
19. Ahmad T, Khalid T, Mushtaq T, Mirza MA, Nadeem ME, Babar G, et al. Effect of KCL supplementation in drinking water on broiler performance under heat stress conditions. *Poult Sci.* 2008;87:1276-80. doi: 10.3382/ps.2007-00299.
20. Souza MG, Oliveira RFM, Donzele JL, Maia APA, Balbino EM, Oliveira WP. Utilização das vitaminas C e E em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura. *Rev Bras Zootec.* 2011;40:2192-8. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001000019>.
21. Fukatsu K, Kudsk KA. Nutrition and gut immunity. *Surg Clin North Am.* 2011;91:755-70. doi:10.1016/j.suc.2011.04.007.
22. Flaring UB, Rooyackers OE, Wernerman J, Hammarqvist F. Glutamine attenuates post-traumatic glutathione depletion in human muscle. *Clin Sci.* 2003;104:275-82. doi: 10.1042/CS20020198.
23. Sakamoto MI, Murakami AE, Silveira TGV. Influence of glutamine and vitamin E on the performance and the immune responses of broiler chickens. *Rev Bras Cienc Avic.* 2006;8:243-9. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516635X2006000400007>.
24. Khempaka S, Okrathok S, Hokking L, Thukhanon B, Molee W. Influence of supplemental glutamine on nutrient digestibility and utilization, small intestinal morphology and gastrointestinal tract and immune organ developments of broiler chickens. *Eng Technol.* 2011;80:606-8.
25. Soltan MA. Influence of dietary glutamine supplementation on growth performance, small intestinal morphology, immune response and some blood parameters of broiler chickens. *Int J Poult Sci.* 2009;8:60-8. doi: 10.3923/iips.2009.60.68.

26. Bartell SM, Batal AB. The effect of supplemental glutamine on growth performance, development of the gastrointestinal tract, and humoral immune response of broilers. *Poult Sci.* 2007;86(9):1940-7. doi: <https://doi.org/10.1093/ps/86.9.1940>.
27. Pechová A, Pavlata L, Lokajová E. Zinc supplementation and somatic cell count in milk of dairy cows. *Acta Vet Brno.* 2006;75:355-61. doi: <https://doi.org/10.2754/avb200675030355>.
28. Spears JW, Weiss WP. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *Vet J.* 2008;176:70-6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.015>.
29. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais . Viçosa: UFV; 2017.
30. National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry. Washington: National Academy Press; 1994.
31. Blalock TL, Hill CH. Studies on the role of iron in zinc toxicity in chicks. *Biol Trace Elem Res.* 1988;17:17-29. doi: 10.1007/BF02795444.
32. Cao J, Henry PR, Guo R. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. *J Anim Sci.* 2000;78:2039-54. doi: 10.2527 / 2000.7882039x.
33. Ao T, Pierce JL, Pescatore AJ, Cantor AH, Dawson KA, Ford MJ. Effects of organic zinc and phytase supplementation in a maize–soybean meal diet on the performance and tissue zinc content of broiler chicks. *Br Poult Sci.* 2007;48:690-5. doi: 10.1080 / 00071660701694072.
34. Sahin K, Smith MO, Onderci M, Sahin N, Gursu MF, Kucuk O. Supplementation of zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat-distressed quail. *Poult Sci.* 2005;84:882-7. doi: <https://doi.org/10.1093/ps/84.6.882>.
35. Bartlett JR, Smith MO. Effects of different levels of zinc on performance and immunocompetence of broilers under heat stress. *Poult Sci.* 2003;82:1580-8. doi: <https://doi.org/10.1093/ps/82.10.1580>.
36. Sunder GS, Panda AK, Gopinath NCS, Rao SVR, Raju M, Reddy MR, et al. Effects of higher levels of zinc supplementation on performance, mineral availability, and immune competence in broiler chickens. *J Appl Poult Res.* 2008;17:79-86. doi: <https://doi.org/10.3382/japr.2007-00029>.

Recebido em: 17/07/2020

Aceito em: 18/12/2020