

DANIELA CRISTINA PEREIRA LIMA

**USO DE L-GLUTAMINA E ZINCO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE**

TERESINA, PIAUÍ

2016

DANIELA CRISTINA PEREIRA LIMA

**USO DE L-GLUTAMINA E ZINCO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Piauí, para obtenção do título de Doutora em Ciência Animal. Área de Concentração: Produção Animal.

TERESINA, PIAUÍ

2016

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias  
Serviço de Processamento Técnico

**L732u** Lima, Daniela Cristina Pereira  
Uso de L-glutamina e zinco em dietas para frango de corte /  
Daniela Cristina Pereira Lima – 2016.  
101 f.: il.

Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal  
do Piauí, Teresina, 2016.  
Orientação: Prof. Dr. Agostinho Valente de Figueirêdo

1 .Aminoácido 2. Desempenho 3. Histomorfometria 4. Mineral  
I. Título

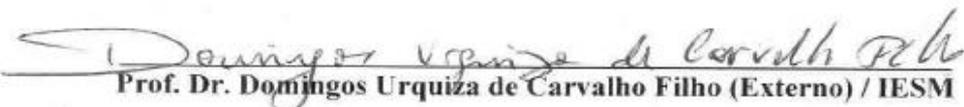
**CDD 574.192 45**

**USO DE GLUTAMINA E ZINCO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE****DANIELA CRISTINA PEREIRA LIMA**

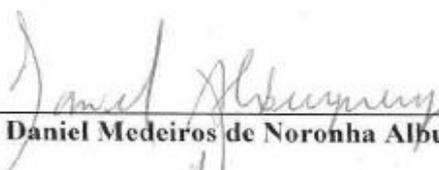
Tese aprovada em: 28/07/2016

**Banca Examinadora:**  

---

Prof. Dr. Agostinho Valente de Figueiredo (Presidente) / DZO/CCA/UFPI  

---

Prof. Dr. Domingos Urquiza de Carvalho Filho (Externo) / IESM  

---

Prof. Dr. Daniel Medeiros de Noronha Albuquerque (Externo) / IFPI  

---

Prof. Dr. Firmino José Vieira Barbosa (Externo) / UESPI  

---

Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim (Externo) / UFMA

**DEDICO**

*Ao Deus das causas impossíveis e dos injustiçados: JEOVÁ♥*

*Aos pais mais atenciosos e cuidadosos: Raimundo Pereira Lima e  
Francisca Pereira Lima♥*

*Ao meu amado companheiro de todas as horas: Maurício Ramos♥*

*Aos meus amados e queridos filhos: Maurício Gabriel Lima  
Ramos♥ e Graziela Cristina Lima Ramos*

## AGRADECIMENTOS

Ao Deus Jeová pela vida, pela minha família, pela oportunidade de estudar e aprender mais e mais a cada dia, pelas amizades e lições de vida que me foram concedidas durante esses anos de estudo e que irei levar para toda a vida.

À Universidade Federal do Piauí por viabilizar esta pesquisa e por ter contribuído com a minha formação.

A Capes e ao CNPq pelo apoio financeiro.

À equipe da Coordenação geral de Pós Graduação pelo apoio, em especial ao Professor Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva e a sua secretaria Darlene Abreu da Silva, pela humanidade e compreensão nos momentos em que mais precisei durante minha jornada no curso de pós-graduação.

À Coordenação do Curso Pós-Graduação em Ciência Animal, pelo apoio na realização dessa pesquisa e em especial ao Professor Dr. José Adalmir Torres de Sousa.

Ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFPI, especialmente ao Prof. Dr. Daniel Louçana Da Costa Araújo, ao Engenheiro Agrônomo Sr. Sávio Braga Castelo Branco, ao técnico de laboratório Sr. Lindomar de Moraes Uchoa, aos terceirizados Isaias Soares e Francisco Fernandes pelo apoio e presteza em todas as atividades exercidas neste setor.

Ao Colégio Técnico de Teresina (CTT), representado pelo Médico Veterinário Sr. Ronaldo Moraes Medeiros, pessoa totalmente prestativo e sempre disposto a colaborar, e ao Prof. Dr. Antônio de Sousa Júnior.

Ao Professor Agostinho Valente de Figueirêdo pela orientação, e principalmente pela amizade e compreensão, pois só quem realmente estava próximo de mim para entender o tamanho da gratidão que tenho pelo meu orientador, pois no momento em que mais precisei de seu apoio durante meu doutorado, ele soube me entender, sem pressionar, foi muito humano, trabalhou sempre na medida, soube cobrar, elogiar, puxar a orelha, fez tudo na hora certa. Então, encerro minha jornada na pós-graduação muito feliz e agradecida por ter tido a oportunidade de conviver e de aprender com o senhor. Obrigada Professor Agostinho!

Ao Prof. Dr. João Batista Lopes, pelo bom coração, humildade, delicadeza, paciência e sabedoria com a qual trata a todas as pessoas. Muito obrigada pelo cuidado, apoio financeiro e humano que sempre teve comigo. Pessoas como o senhor são raras.

Aos professores Daniel Medeiros de Noronha Albuquerque, Firmino José Vieira Barbosa, Domingos Urquiza de Carvalho Filho e Marcos Antônio Delmondes Bomfim pela disponibilidade e contribuições.

Aos colaboradores Rafael Melo de Carvalho, Renato dos Santo Feitoza, Paulo Henrique Silva Borges e Patrícia Queiroz, Maria do Carmo da Silva Veiga, Tatiele Pereira Araújo, Jefferson Douglas Martins Ferreira, Miriam Lima Fernandes, Jackelline Cristina Ost Lopes, Mabell Nery Ribeiro, Ramon Rego Merval, Elvânia Maria da Silva Costa, Snaylla Natyelle de Oliveira Almendra, Vânia Batista de Sousa Lima, Hidaliana Paumerik Aguiar Bastos, Sandra Regina Gomes da Silva, Daniel Medeiros de Noronha Albuquerque, Maurício Ramos, Jeovane Pereira Lima e David Pereira Lima, sem vocês não teria sido possível a conclusão deste trabalho.

A todos do Setor de Patologia Animal, que contribuíram na realização das análises, em especial a Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Silvana Maria Medeiros de Sousa Silva e o técnico de laboratório Manoel Francisco Abreu.

Aos meus amigos Marcos Daniel de Sousa Ferreira, Elvânia Maria da Silva Costa, Tatiele Pereira Araújo, Miriam Lima Fernandes, Snaylla Natyelle de Oliveira Almendra e Mabell Nery Ribeiro pelo apoio e amizade em todos os momentos, e espero que essa amizade dure para sempre.

A minha amiga Maria Mariana Chaves da Silva, as minhas sobrinhas Karen Saviana Ramos Oliveira, Débora Luiza Ramos dos Santos e Silvana Laiza Pinto Silva e a minha cunhada Luzia do Socorro Ramos Pinto, a estas mulheres meu profundo agradecimento, pois contribuíram comigo cuidando dos bens mais preciosos da minha vida, meus filhos, que Jeová abençoe sempre vocês, pois quem é misericordioso e bondoso com as criancinhas sempre são muito abençoados.

Enfim meu agradecimento às pessoas mais importantes da minha vida, meus presentes que Jeová me concedeu e que tento cuidar e zelar da melhor forma possível, **A MINHA FAMÍLIA**, a minha mãe e filha mais velha **Francisca Pereira Lima**, meu pai herói **Raimundo Pereira Lima** sem vocês não estaria aqui vivendo esses momentos de conquistas, obrigada por cada palavra, cada olhar, cada gesto, por me amar tanto e muito mais seus netinhos, amo muito vocês, meus irmãos tão presentes, atenciosos e sempre prontos a me ajudar, ao **Jeovane Pereira Lima** e **David Pereira Lima**, e também as minhas cunhadas **Juliana de Sousa Silva** e **Maria Rita Bernardino** por me compreender e me ajudar, cedendo os seus respectivos maridos nos finais de semana para me socorrer, ao meu marido e companheiro **Maurício Ramos Pinto** por estar sempre ao meu lado transmitindo amor, força, respeito, fé e esperança, pelos cuidados e amor dedicados a nossos filhos, você é o marido que toda mulher gostaria de ter, aos meus filhos, presentes de Deus, um de mestrado e outro de doutorado, meus motivos para sorrir e levantar a cada amanhecer com otimismo e fé que um dia o mundo, ou melhor, as pessoas vão mudar para conquistarmos um mundo melhor, democrático e sem corrupção, são eles **Maurício Gabriel Lima Ramos**, meu

primogênito, e minha caçulinha *Graziela Cristina Lima Ramos*, vocês são meu refúgio, minha fortaleza, vocês pensam que eu sou a pessoa mais forte da família, mas só consigo ser essa fortaleza que vocês enxergam em mim porque tenho vocês comigo, muito obrigada minha família linda e abençoada, obrigada pelas palavras e atitudes de incentivo, pelo colo, pelas puxadas de orelha, pelas risadas, enfim, obrigada senhor Jeová por ter me concedido a graça de conviver com vocês.

*E a todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho, meu sincero: Obrigada!*

## SUMÁRIO

Lista de tabelas.....	viii
Resumo.....	x
Abstract.....	xi
1 Introdução.....	12
2 Revisão de literatura.....	13
2.1 Efeitos do estresse por calor sobre a produção de frangos de corte	13
2.2 Estratégias nutricionais para minimizar os efeitos do estresse por calor sobre a produção de frangos de corte	16
2.3 Glutamina	16
2.4 Zinco	18
3 Capítulo 1 L-glutamina e zinco em dietas para frangos de corte: desempenho, característica de carcaça e viabilidade econômica.....	22
4 Capítulo 2 - Parâmetros séricos, resposta imune e morfometria intestinal de frangos de corte suplementados com L-glutamina e zinco.....	53
5 Capítulo 3 - Digestibilidade das dietas formuladas com diferentes níveis de L-glutamina e zinco para frangos de corte.....	77
6 Considerações finais.....	95
7 Referências bibliográficas gerais.....	96

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial (1 a 7 dias de idade)	25
Tabela 2. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial (8 a 21 dias de idade)	26
Tabela 3. Condições ambientais observadas durante o período experimental	30
Tabela 4. Desempenho de frangos de corte, no período de 1 a 7 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco	31
Tabela 5. Desempenho de frangos de corte, no período de 1 a 21 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco	31
Tabela 6. Peso relativo de órgãos digestivos e coração de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de L-glutamina e zinco	36
Tabela 7. Rendimento de carcaça, cortes e gordura abdominal de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco	38
Tabela 8. Composição química da carcaça de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco aos 21 dias de idade	41
Tabela 9. Taxas de deposição na carcaça de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco aos 21 dias de idade	44
Tabela 10. Análise econômica da produção de frangos de cortes submetidos às dietas suplementadas com diferentes níveis de L-glutamina e zinco no período de 1 a 21 dias de idade	47

### Capítulo 2

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial (1 a 7 dias de idade)	70
Tabela 2. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial (8 a 21 dias de idade)	71
Tabela 3. Condições ambientais observadas durante o período experimental	71
Tabela 4. Bioquímica sanguínea de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade	72
Tabela 5. Peso absoluto e relativo do timo, baço e bolsa cloacal de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade	73
Tabela 6. Média dos escores da histomorfometria da bolsa cloacal em função dos níveis de L-glutamina e zinco adicionados a dietas de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade	73

Tabela 7. Morfometria intestinal do duodeno de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade 74

Tabela 8. Morfometria intestinal do jejuno de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade 75

Tabela 9. Morfometria intestinal do íleo de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade 76

### **Capítulo 3**

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial (8 a 21 dias de idade) 80

Tabela 2 - Coeficientes de digestibilidade da matéria seca obtidos com frangos de corte no período de 9 aos 15 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na ração. 83

Tabela 3 - Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo obtidos com frangos de corte no período de 9 aos 15 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na ração 85

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta e valores do balanço de nitrogênio, obtidos com frangos de corte no período de 9 aos 15 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na ração. 87

## L-glutamina e zinco em dietas para frangos de corte

Daniela Cristina Pereira Lima

Orientador: Prof. Dr. Agostinho Valente de Figueirêdo

Co-orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes

### RESUMO

Dois experimentos foram conduzidos para avaliar o efeito da adição de L-glutamina isolada e combinada com zinco em dietas de frangos de corte sobre o desempenho, rendimento de carcaça e cortes nobres, peso do coração e órgãos digestivos, composição e deposição de nutrientes na carcaça, viabilidade econômica, bioquímica plasmática, pesos dos órgãos linfoides, histomorfometria da bolsa cloacal e morfometria do intestino delgado, no experimento 1. Neste foram utilizados 630 pintos da linhagem Ross, na fase de 1 a 21 dias de idade e distribuídas em delineamento inteiramente casualizados em esquema fatorial 2 (1 e 2% de L-glutamina) x 3 (0, 90, e 120 mg de zinco/kg de ração) mais um controle, com cinco repetições e 18 aves cada. A adição de L-glutamina e zinco não influenciou o desempenho, rendimento de carcaça e cortes nobres, viabilidade econômica e peso dos órgãos linfoides. O tratamento controle diferiu dos tratamentos testes quanto ao peso do fígado, moela e coração, composição química e deposição de extrato etéreo e cinzas na carcaça. Os níveis de zinco influenciaram de forma linear os pesos do fígado, coração, moela e pâncreas, rendimento de peito e gordura abdominal. No nível de 1% de L-glutamina, o zinco ocasionou efeito quadrático para asa+tulipa. O nível de 1% de L-glutamina sem a adição de zinco e de 2% associado com todos os níveis de zinco ocasionou aumento da área total e medular da bolsa cloacal e redução da relação cortical/medular e porcentagem da área cortical. A inclusão de 1% de L-glutamina com 90mg de zinco propiciou redução da profundidade de criptas do duodeno e íleo e o nível de 1% de L-glutamina sem o acréscimo de zinco e de 2% com 120mg de zinco favoreceram o aumento da espessura da parede do jejuno. A adição de L-glutamina e zinco em dietas de frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade influencia o peso relativo do fígado, moela e coração, a composição e a deposição de extrato etéreo e cinzas da carcaça, a concentração plasmática de proteínas totais, a área total e medular da bolsa cloacal, a profundidade de criptas do duodeno e íleo e a espessura da parede do jejuno. No experimento 2, objetivou-se avaliar os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, do extrato etéreo, da proteína bruta e o balanço de nitrogênio, no período de 9 a 15 dias de idade. Desta forma, foram selecionados 140 animais, alojados em gaiolas metabólicas. Os tratamentos utilizados foram os mesmo do primeiro ensaio e a unidade experimental foi constituída de quatro aves. O período experimental teve duração de seis dias, três para adaptação e três para a coleta das excretas. Não houve efeito da combinação de L-glutamina e zinco sobre o coeficiente de digestibilidade da matéria seca. Nos níveis 1 e 2% de L-glutamina, o zinco, influenciou de forma linear e quadrática, respectivamente, o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo, e todos os tratamentos testados apresentaram valores superiores ao controle. O tratamento com 2% de L-glutamina combinado com 120mg de zinco apresentou maior excreção de nitrogênio, menor coeficiente de digestibilidade da proteína e menor eficiência de utilização do nitrogênio. As dietas com a adição de 1 e 2% de L-glutamina associada com todos os níveis de zinco suplementar melhoram o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo. E a maior retenção de nitrogênio é favorecida com a adição de 1% de L-glutamina com 90 e 120mg de zinco/kg e 2% de L-glutamina sem a adição zinco suplementar.

Palavras-chaves: aminoácido, desempenho, histomorfometria, mineral

L-Glutamine and zinc in diets for broiler  
Daniela Cristina Pereira Lima  
Advisor: Prof. Dr. Augustine Valente Figueirêdo  
Co-advisor: Prof. Dr. João Batista Lopes

## ABSTRACT

Two experiments were conducted to evaluate the effect of adding of L-glutamine isolated and combined with zinc in broiler diets on performance, carcass yield and prime cuts, heart weight and digestive organs, composition and deposition of nutrients in the carcass, economic viability, plasma biochemistry, weights of lymphoid organs, histomorphometry of the cloacal bursa and morphometry of the small intestine in experiment 1. In this was used 630 chicks from Ross line, in period 1-21 days old and distributed in a completely randomized design factorial 2 (1 and 2% L-glutamine) x 3 (0, 90, and 120 mg of zinc/kg feed) and a control, with five replicates and 18 birds each. The addition of L-glutamine and zinc did not affect performance, carcass yield and prime cuts, economic viability and weight of lymphoid organs. The control treatment differed test treatments on the weight of the liver, gizzard and heart, chemical composition and deposition of ether extract and ashes in the carcass. The zinc levels influenced linearly the liver weights, heart, gizzard and pancreas, breast yield and abdominal fat. At the level of 1% L-glutamine, the zinc resulted in quadratic effect for wing + tulip. The level of 1% L-glutamine without the addition of zinc and 2% associated with all levels of zinc resulted in increased total and medullary area of the cloacal bursa and reduced of the relationship cortical/medullary and percentage of cortical area. The inclusion of 1% L-glutamine with 90mg of zinc caused a reduction of the depth of the crypts of the duodenum and ileum, and the level of 1% L-glutamine without addition of the zinc and 2% with 120mg of zinc favored the increased the wall thickness of the jejunum. The addition of L-glutamine and zinc in broiler diets during the period from 1 to 21 days of age influences the relative weight of the liver, gizzard and heart, the composition and the deposition of ether extract and ashes of the carcass, the plasma concentration of total protein, total area and medullary of the cloacal bursa, the depth of the crypts of the duodenum and ileum, and the wall thickness of the jejunum. In experiment 2 aimed to evaluate the digestibility of dry matter, ether extract, crude protein and nitrogen balance in the period 9-15 days old. Thus, were selected 140 animals and housed in metabolic cages. The treatments were the same as used the first essay and the experimental unit consisted of four birds. The experiment period lasted six days, three for adaptation and three for the collection of excreta. No effect of the combination of L-glutamine and zinc on the coefficient of digestibility of dry matter. At levels 1 and 2% L-glutamine, the zinc influenced of form linear and quadratic, respectively, ether extract digestibility, and all treatments showed higher values than the control. The treatment with 2% L-glutamine combined with 120mg of zinc showed higher nitrogen excretion, lower coefficient of digestibility of protein and lower use efficiency of nitrogen. The diets with the addition of 1 and 2% L-glutamine associated with all levels of zinc further improve the digestibility of the ether extract. And the greater nitrogen retention is enhanced by adding 1% L-glutamine with 90 and 120 mg zinc/kg and 2% L-glutamine without adding additional zinc.

Keywords: amino acid, performance, histomorphometry, mineral

## 1. 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 (ABPA, 2015). Dentre as áreas responsáveis por esse avanço, destaca-se o melhoramento genético, a nutrição, as técnicas de manejo e a sanidade.

Entretanto, em países tropicais como o 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 sensível 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 e vitaminas (Silva et al., 2014, Lopes et al., 2015) e aminoácidos (Oliveira et al., 2010; Jazideh et al. 2014; Nascimento et al. 2014), 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, uma vez que este aminoácido ocasiona incremento na síntese de proteína no músculo esquelético, principalmente nos cortes coxa e sobrecoxa (Watford; Wu 2005) e proporciona efeitos benéficos sobre os parâmetros de desempenho, rendimento de carcaça e cortes nobres, peso dos órgãos linfóides e morfologia intestinal (Dai et al., 2009; Soltan, 2009; Fasina et al., 2010). Outra opção é o mineral zinco, por esta associado à redução da gordura abdominal e dos níveis de triglicerídeos e melhoras no rendimento de carcaça em frangos de corte (Jahanian; Rasouli 2015). Além disso, também são relatados efeitos benéficos sobre o ganho de peso e a conversão alimentar (Norouzi et al., 2013) e da resposta imune (Barllet; Smith, 2003).

Desta forma, considerando que a suplementação de L-glutamina e zinco tem apresentado resultados positivos em pesquisas na nutrição humana (Ladd et al. 2010, Lima et al. 2013), e que não há relatos sobre essa associação na nutrição de frangos de corte, objetivou-se verificar o

efeito da suplementação de L-glutamina combinada com zinco sobre o desempenho de frangos de corte nas fases de 1 a 7 e de 1 a 21 dias de idade, viabilidade econômica no período de 1 a 21 dias de idade, pesos relativos dos órgãos digestivos e coração, pesos absolutos e relativos dos órgãos linfoides, rendimento de carcaça, cortes nobres e gordura abdominal, composição química e deposição de nutrientes na carcaça, bioquímica plasmática, histomorfometria da bolsa cloacal, morfometria intestinal do duodeno, jejuno e íleo aos 21 dias de idade, coeficientes de digestibilidade da matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta e o balanço de nitrogênio obtidos com frangos de corte no período de 9 aos 15 dias de idade.

A organização estrutural desta tese apresenta-se da seguinte forma: Introdução, Revisão de Literatura, Capítulos 1, 2 e 3, Considerações Finais e Referências Bibliográficas.

A Introdução, revisão de literatura, considerações finais e referências bibliográficas gerais foram redigidas conforme a Resolução 001/03-CCMCA, de 22/05/03.

Os capítulos foram elaborados em forma de artigos científicos. O Capítulo 1 – L-glutamina e zinco em dietas para frangos de corte: Desempenho, característica de carcaça e viabilidade econômica, o capítulo 2 - Parâmetros séricos, resposta imune e morfometria intestinal de frangos de corte suplementados com L-glutamina e zinco e o Capítulo 3 - Digestibilidade das dietas formuladas com diferentes níveis de L-glutamina e zinco para frangos de corte, foram elaborados em forma de artigos científicos, e redigidos de acordo com as normas editoriais dos periódicos, Revista Brasileira de Ciência Avícola, Pesquisa Veterinária Brasileira e Revista Brasileira de Ciência Veterinária, aos quais serão submetidos para publicação, respectivamente.

## **2. Revisão de literatura**

### **2.1 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 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 (Baeta, Souza, 2010).

Os valores de umidade relativa do ar que caracterizam a zona de conforto térmico para frangos de corte é de 50 a 70% (Medeiros et al. 2005) e temperatura ambiente de 31,3; 26,3 – 23,2 e 22,5-23,2°C, respectivamente na primeira, segunda e terceira semana de vida (Cassuce et al. 2013). 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. Essas quatro variáveis podem ser expressas por meio de índices, facilitando assim a comparação de diferentes ambientes. Vários desses índices foram propostos. Buffington et al. (1981) propuseram o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), que incorpora os efeitos combinados de temperatura, umidade e velocidade do ar e radiação para avaliar o conforto e o desconforto dos animais em determinado ambiente. Esse é o índice que melhor caracteriza o ambiente térmico do animal. No entanto, para o cálculo desse índice, é necessário o valor da temperatura de globo negro, obtido de um termômetro situado no centro de uma esfera oca de cobre, com diâmetro de 15 cm e espessura de 0,5 mm, pintada externamente com tinta preta fosca (Abreu, 1998). O ITGU é calculado pela equação:  $ITGU = 0,72 (T_{gn} + T_{bu}) + 40,6$  (1) em que  $T_{gn}$  = temperatura do globo negro em °C; e  $T_{bu}$  = temperatura de bulbo úmido em °C.

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. As aves eliminam calor sensível pelos seguintes processos: radiação, condução e convecção. A perda de calor latente (ou insensível) ocorre por evaporação, sendo observada na pele e nas vias respiratórias. Esta via é característica das espécies pouco dotadas de glândulas sudoríparas. 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 (Abreu, Abreu 2011).

Grande parte das pesquisas envolvendo altas temperaturas são realizadas com a utilização de câmaras climáticas, e nesta situação as aves apresentam máxima resposta frente a esse desafio, apresentando extrema redução no desempenho. Bonnet et al. (1997) observaram redução em 50% do ganho de peso nas aves em estresse crônico de 32°C, quando comparadas às aves em

ambiente termoneutro de 22°C, depois de três semanas. Trabalhando com frango de corte, Dai et al. (2011) verificou que a exposição cíclica ao calor de forma artificial (30-34°C/9 às 18horas) em câmara climática, no período de 22 a 42 dias de idade, causou redução no ganho de peso e no consumo de ração de 79,94 e 72,35%, respectivamente quando comparado ao grupo controle (23°C). Contudo, em situações naturais, a exposição ao calor ocorre de forma cíclica, havendo um período de temperaturas mais amenas e outro com temperaturas mais elevadas.

Assim em situações de estresse térmico, 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 (Oliveira et al., 2010; Quinteiro Filho et al. 2012; Salabi et al., 2011).

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 (Hai; Rong; Zhang, 2000), além disso, acarretam alterações sobre a morfologia intestinal, como redução da altura dos vilos e da relação vilo:cripta (Macari; Furlan; Gonzales, 2002; Marchini et al., 2007), 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 (Sahin et al., 2005; Dai et al., 2011).

Além de interferir no desempenho zootécnico, o estresse térmico também ocasiona alterações bioquímicas, tais como aumento das proteínas totais e globulina (Al-Zghoul et al., 2015), redução da concentração de vitaminas C, E e A no soro e fígado (Sahin et al., 2005), de minerais nos ossos (Bartlett, Smith, 2003), como o zinco (Sahin et al., 2009), e redução dos níveis teciduais e plasmáticos de aminoácidos, tais como a glutamina (Santos; Caperuto; Costa Rosa, 2007). Além disso, a mobilização de vitaminas e minerais dos tecidos e sua excreção é aumentada sob condições de estresse e, conseqüentemente, pode agravar a deficiência ou levar ao aumento das necessidades de vitaminas e minerais (Bartlett, Smith 2003; Sahin et al. (2005).

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 medida de aferição da imunidade, tais como, o peso de órgãos linfóides (Bartlett, Smith 2003; Salabi et al., 2011), resposta de anticorpos (Bartlett; Smith, 2003) e relação heterófilo:linfócito (H:L) (Gross; Siegel, 1983).

Estudos histomorfométricos da bolsa cloacal em aves submetidas a condições de temperatura acima ou abaixo da zona de termoneutralidade constataram que o estresse térmico afeta o desenvolvimento e maturação das bolsas cloacais, elevando o índice de apoptose dos linfócitos e, conseqüentemente, reduzindo a área de parênquima e diminuindo a imunocompetência, uma vez que dispõe de menor quantidade de tecido linfóide na bolsa cloacal (Guimarães et al., 2003). Segundo Maqbool et al. (2004) e Aengwanich (2008), o estresse térmico 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.

## 2.2 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.

Assim, várias pesquisas com enfoque nas estratégias nutricionais foram realizadas visando aliviar os efeitos do estresse por calor, tais como, aumento do teor de energia (Ghazalah; Abd-Elsamee; Ali, 2008), suplementação de aminoácidos e redução da proteína bruta (Oliveira et al., 2010), adição de cloreto de amônio, potássio cloreto e/ou bicarbonato de sódio (Ahmad et al., 2008), suplementação de vitaminas (Souza et al., 2011) e minerais (Boiago et al., 2013; Silva et al., 2014; Lopes et al., 2015). Todos estes artifícios objetivam satisfazer as necessidades especiais de nutrientes, tais como vitaminas e minerais, durante o estresse por calor.

## 2.3 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 (Lund; Williamson, 1985). 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 (Fukatsu; Kudsk, 2011).

Este aminoácido está relacionado com diversos processos fisiológicos, como a proliferação de células da mucosa intestinal, linfócitos e fibroblastos (Li et al., 2010), produção de nucleotídeos para enterócitos, hepatócitos, macrófagos, linfócitos e tecido linfóide associado ao intestino (Fukatsu; Kudsk, 2011), ativação de proteínas de estresse ou choque térmico (*heat shock proteins*), que estão relacionadas com a resposta antiapoptótica celular (Morrison et al., 2006), formação de precursores, como o glutamato, que participam da síntese de moléculas chave no processo inflamatório, como a glutatona (Flaring et al., 2003).

As células da mucosa do trato digestivo, assim como outras células de proliferação rápida, têm uma exigência obrigatória de glutamina, que pode envolver o papel da glutamina como fornecedora de metade da exigência de N para a síntese de purina e pirimidina via ação da carbamoil-fosfato sintetase II do citosol (Lobley; McNeil; Hoskin, 2001) . Além disso, a glutamina é um precursor em potencial da síntese de N-acetil-glicosamina e N-acetil-galactosamina, que podem ter um papel crítico na síntese intestinal de mucina e, portanto, na manutenção da barreira passiva à invasão bacteriana (Khan et al., 1999). Também pode atuar como sinal ou regulador de demandas metabólicas, aumentando a síntese de proteína e diminuindo a degradação de proteína no músculo esquelético e estimulando a síntese de glicogênio no fígado (Haussinger; Lang; Gerok, 1994; Smith, 1990).

Em estado pós-prandial, a absorção de glutamina pelo intestino ocorre a partir do lúmen, através da membrana de borda em escova do enterócito. Quanto maior a concentração de glutamina no lúmen, mais esta será transportada pelo sistema transportador de N dependente de sódio e liberada no sangue do sistema porta (Souba et al., 1990).

Os enterócitos são as principais células responsáveis pela utilização de glutamina no intestino delgado. Além disso, também foi observado que a glutamina dietética estimula o metabolismo oxidativo, a absorção de NaCl no jejuno e a troca  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  no enterócito do jejuno (Rhoads, Keku; Wooddrad, 1992; Rhoads et al., 1994). Wu et al. (1995) estudaram o metabolismo da glutamina no enterócito do jejuno de leitões de 0 a 21 dias e verificaram que a glutamina foi metabolizada a amônia, glutamato, alanina, aspartato,  $\text{CO}_2$ , ornitina e prolina. A síntese de arginina e citrulina a partir de glutamina ocorreram na primeira semana após o nascimento, mas não em leitões de 14 a 21 dias de idade. Na primeira semana pós-natal a glutamina inibiu a glicólise e a oxidação da glicose dos enterócitos do jejuno. Estes resultados indicaram que a glutamina é o combustível metabólico preferencial nos enterócitos de leitões recém-nascidos.

Ao nível de músculo esquelético, verifica-se que o tipo de fibra muscular pode influenciar a síntese de glutamina, uma vez que em comparação as fibras glicolíticas, as oxidativas apresentam três vezes mais estoque de glutamina (Daniel; Cavaglieri, 2005). Em frangos de corte o músculo do peito apresenta predominante fibra muscular glicolítica, sendo seu estoque de glutamina pouco abundante, e, portanto mais susceptível à degradação da musculatura em situações em que a demanda por glutamina pelo organismo está aumentada, como no estresse por calor, podendo ocasionar menor rendimento desse corte (Sartori et al. 2003). Por outro lado os músculos vermelhos, da coxa e sobrecoxa, são ricamente vascularizados e apresentam metabolismo oxidativo (Macari; Furlan; Gonzales, 1994).

Dessa forma, a suplementação de L-glutamina em dieta de frangos pode ser uma alternativa para atender a demanda nutricional da ave por esse aminoácido, e assim, atenuar a degradação da musculatura (Zhou et al. 2007). Dai et al. (2011), 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.

Várias pesquisas reportam efeitos benéficos com a utilização desse aminoácido, tais como ação trófica sobre a mucosa intestinal (Maiorka et al., 2000; Yi et al., 2005; Sakamoto et al., 2006), otimização dos parâmetros de desempenho e da resposta imune (Bartell; Batal, 2007; Dai et al., 2009; Soltan, 2009; Fasina et al., 2010; Dai et al., 2011; Khempaka et al., 2011).

A suplementação de L-glutamina em dietas de frangos de corte também está relacionada ao 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 (Soltan 2009). Bartell; Batal (2007) averiguaram aumento da largura das microvilosidades, densidade dos vilos e da superfície da borda em escova dos enterócitos.

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 (Sakamoto et al., 2006; Bartell; Bartal 2007; Soltan 2009; Khempaka et al., 2011), da bolsa cloacal em frangos de corte (Soltan 2009) e do timo (Bartell; Bartal 2007)

#### 2.4 Zinco

O zinco é um metal leve, de cor azulada, sendo um cátion bivalente, com o número atômico 30 (McDowell, 2003). É o micro-mineral mais abundante no meio intracelular, está envolvido em funções catalíticas, estruturais, regulatórias (Pechová; Pavlata; Lokajova, 2006), e

participa do metabolismo de carboidratos, proteínas e ácidos nucléicos (NRC, 2001). No sistema antioxidante, 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 (Spears; Weiss, 2008).

A absorção de zinco em frangos de corte ocorre tanto no proventrículo como no intestino delgado. No interior do enterócito, pode se ligar a uma proteína produzida pelo fígado chamada metalotioneína que possui alta afinidade por este elemento químico. A síntese dessa proteína é influenciada tanto pela concentração plasmática quanto pelo nível desse mineral na dieta, e, portanto, seu papel é regular a quantidade de zinco que entra no corpo (Maiorka; Macari, 2002).

A enzima metalotioneína representa a maior reserva de zinco no organismo animal, e está presente em altas concentrações no fígado, rins, pâncreas e intestino. Apesar desse mineral estar distribuído e estocado em diversos tecidos, há considerável dificuldade em mobilizar rapidamente essas reservas em casos de deficiência.

A excreção do zinco é realizada pelas fezes, secreções pancreáticas e biliares e muito pouco pela urina. A utilização da via de excreção urinária aumenta quando são fornecidas fontes quelatadas com EDTA. O total excretado é influenciado pelos requerimentos do animal e pela absorção (McDowell, 2003).

Segundo Rostagno et al. (2011), 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 (1994) 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 (McDowell, 1992). Além disso, podem ocorrer lesões na pele como hiperqueratose e afinamento da epiderme, dermatite nos pés, pernas e ao redor do bico (Ensminger; Heinemann; Oldfield, 1990).

Entretanto, altos níveis de zinco na dieta podem resultar em taxas de crescimento reduzidas, lesões da moela e pâncreas e elevada mortalidade (Dewar et al., 1983; Blalock; Hill, 1988).

Os alimentos vegetais que são comumente utilizados na produção de rações para frangos de corte, como o farelo de soja e o milho, contêm zinco praticamente indisponível aos animais. Isso se deve à complexação desse mineral com fatores antinutricionais presentes nesses alimentos, principalmente com o ácido fítico, que é a forma predominante de armazenamento de fósforo nos vegetais (Lai et al., 2010). Pelo fato de animais não ruminantes, não apresentarem atividade significativa da enzima fitase, que é necessária para hidrólise e aproveitamento de fitatos, o zinco preso ao fitato não é absorvido, sendo excretado do organismo juntamente com as fezes (Richardson et al., 1985). Assim, a utilização de enzimas que desdobram o fitato em dietas à base de milho e farelo de soja pode reduzir significativamente a necessidade de suplementação do referido elemento químico. Além dos fitatos, outros componentes da dieta podem reduzir a absorção desse mineral, incluindo gorduras saturadas, fibra, cálcio, fósforo, sódio, potássio, cobre, cádmio e cromo (Gatlin; Wilson, 1984).

Por esse motivo as indústrias de nutrição animal, tem utilizado cada vez mais a suplementação de minerais nas dietas de frangos de corte. O zinco é tradicionalmente suplementado com fontes inorgânicas, sendo mais comuns o óxido de zinco ( $ZnO$ ) e o sulfato de zinco ( $ZnSO_4$ ), podendo ser utilizados também o carbonato de zinco ( $ZnCO_3$ ) e cloreto de zinco ( $ZnCl_2$ ) (McDowell, 2003). Como fontes de zinco orgânico podem ser mencionados: complexados: zinco metionina, zinco polissacarídeos, zinco lisina e quelatos: zinco aminoácido quelado e zinco proteinato (Cao; Henry; Guo, 2000).

O zinco orgânico é fornecido acoplado a uma molécula orgânica, estável no sistema digestivo do animal e eficientemente absorvida, proporcionando o aumento dos níveis circulantes deste mineral. Assim, o nível adequado desse elemento químico no sangue pode influenciar o desempenho das aves e tornar a resposta imunológica mais efetiva e mais prolongada (Jorge Neto; Dari, 2000).

Diversas pesquisas sugerem que a suplementação de zinco em dietas para frangos de corte ocasiona melhoria do ganho de peso e da conversão alimentar (Ao et al., 2007; Norouzi et al., 2013; Salabi et al., 2011) e aumento da sua concentração no plasma, fígado e tibia (Ao et al., 2007).

A adição de zinco favorece a síntese de proteínas totais, globulina, albumina e a relação albumina/globulina (Bahakaim et al., 2014) e proporciona aumento na concentração de glicose (Al-Daraji; Mahmood 2011).

A adição de zinco na dieta também esta associada a efeitos antioxidantes expressos através da redução da concentração de malondialdeído, indicador da peroxidação lipídica, da

concentração de glutathiona peroxidase e superóxido dismutase (Sahin et al, 2005; Norouzi et al., 2013) e aumentou da concentração das vitaminas A, C e E no soro e no fígado de frangos de corte (Sahin et al., 2005).

Com relação as funções imunes, Bartlett; Smith (2003) constataram que a suplementação de zinco em dietas de frangos de corte, em situações de estresse por calor, expressaram 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. (2008) 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.

## Capítulo 1

L-glutamina e zinco em dietas para frangos de corte:

Desempenho, característica de carcaça e viabilidade econômica<sup>1</sup>

\*D.C.P. Lima; \*A.V. Figueiredo, \*J.B.Lopes

<sup>1</sup>Pesquisa financiada pelo CNPq

<sup>2</sup> Autor para correspondência: danicrisvet@hotmail.com

\*Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Campus Universitário

Socopo, CEP: 64049-550, Teresina, PI – Brasil

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26

27 **RESUMO:** Objetivou-se avaliar o efeito da adição de L-glutamina e zinco sobre  
28 desempenho de frangos de corte nos períodos de 1 a 7 e de 1 a 21 dias de idade, peso  
29 dos órgãos digestivos e coração, composição e deposição de nutrientes na carcaça e  
30 viabilidade econômica das rações no período de 1 a 21 dias de idade. Foram utilizados  
31 630 pintos, distribuídas em delineamento inteiramente casualizados, em esquema 2 (1  
32 e 2% de L-glutamina) x 3 (0, 90, e 120 mg de zinco/kg de ração), e um controle, com  
33 cinco repetições e 18 aves cada. A suplementação combinada de L-glutamina e zinco  
34 não melhorou o desempenho, rendimento de carcaça e cortes nobres e a viabilidade  
35 econômica. O tratamento controle diferiu dos tratamentos testes quanto ao peso do  
36 fígado, moela e coração, composição química e deposição de extrato etéreo e cinzas  
37 na carcaça. A suplementação isolada de zinco influenciou de forma linear os pesos  
38 relativos do fígado, coração, moela e pâncreas, rendimento de gordura abdominal e de  
39 peito. Dietas suplementadas com 1 e 2% de L-glutamina associadas com 0, 90 e  
40 120mg de zinco/kg de ração não melhoram as variáveis de desempenho nas fases de  
41 1 a 7 e de 1 a 21 dias de idade, rendimento de carcaça e cortes nobres e viabilidade  
42 econômica. No entanto, podem influenciar o peso relativo do fígado, moela e coração,  
43 a composição e a deposição de extrato etéreo e cinzas da carcaça frangos de corte  
44 aos 21 dias de idade.

45

46

47 **Palavras chave:** carcaça, ganho de peso, margem bruta, viabilidade criatória.

48

49 **SUMMARY:** The objective was to evaluate the effect of addition of L-glutamine and zinc  
50 about broiler performance at the period of 1 to 7 and from 1 to 21 days of age, weight  
51 digestive organs and heart, composition and nutrient deposition in the carcass and  
52 economic viability in the period from 1 to 21 days old. Were used 630 chicks, distributed  
53 in a completely randomized design in factorial schedule 2 (1 and 2% L-glutamine) x 3  
54 (0, 90, and 120 mg of zinc/kg diet), and a control, with five repetitions and 18 birds  
55 each. A combined supplementation of L-glutamine and zinc did not improve the  
56 performance, carcass yield and prime cuts and economic viability. The control treatment  
57 differed test treatments on the weight of the liver, gizzard and heart, chemical  
58 composition and deposition of ether extract and ash in the carcass. The  
59 supplementation isolated influenced linearly the relative weight of the liver, heart,  
60 gizzard and pancreas, abdominal fat yield and breast. Diets supplemented with 1 and  
61 2% of L-glutamine associated with 0, 90 and zinc 120mg / kg diet does not improve the  
62 variables of performance in phases 1 to 7 and from 1 to 21 days of age, carcass yield  
63 and cuts noble and economic viability. However, can influence the relative weight of the  
64 liver, gizzard and heart, the composition and the deposition of ether extract and ash of  
65 the carcass of broiler at 21 days of old.

66

67 **Keywords:** carcass, weight gain, gross margin, stock breeding viability.

68

69

70

71

72

73

## 74 **INTRODUÇÃO**

75 O estresse ocasionado pela elevação da temperatura pode influenciar as  
76 exigências nutricionais dos animais, a retenção de energia, proteína e gordura no corpo  
77 animal, e, conseqüentemente o desempenho zootécnico dos animais, devido à  
78 necessidade de ajustes fisiológicos para a manutenção da homeotermia.

79 Com enfoque nesta problemática, pesquisas têm sido realizadas visando à  
80 redução dos efeitos deletérios do estresse térmico sobre o desempenho, e dentre os  
81 nutrientes estudados, pode-se enfatizar o aminoácido L-glutamina, por ocasionar  
82 incremento na síntese de proteína no músculo esquelético, principalmente nos cortes  
83 coxa e sobrecoxa (Watford & Wu 2005). Outra opção é o mineral zinco, por esta  
84 relacionada à redução da gordura abdominal e dos níveis de triglicerídeos e melhoras  
85 no rendimento de carcaça em frangos de corte (Jahanian & Rasouli 2015). Além disso,  
86 em condições de estresse ocorre redução dos níveis plasmáticos de L-glutamina  
87 (Santos *et al.*, 2007) e zinco (Sahin *et al.*, 2009).

88 Devido aos benefícios citados e considerando que uma alimentação adequada é  
89 fundamental, principalmente no caso de aves expostas a situações de estresse  
90 térmico, torna-se relevante a pesquisa da associação de L-glutamina e zinco, assim  
91 objetivou-se avaliar o efeito dessa combinação sobre desempenho de frangos de corte  
92 nas fases de 1 a 7 e de 1 a 21 dias, peso relativo dos órgãos digestivos e coração aos  
93 21 dias, rendimento de carcaça, cortes nobres e gordura abdominal, composição  
94 química e deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte aos 21 dias de idade  
95 e viabilidade econômica no período de 1 a 21 dias de idade.

96

## 97 **MATERIAIS E MÉTODOS**

98 A pesquisa foi desenvolvida no Setor de Avicultura do Departamento de  
99 Zootecnia (DZO) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do



Milho	52,000	54,500	54,500	54,500	57,400	57,40	57,400
Farelo de soja 48%	33,430	30,170	30,170	30,170	26,810	26,81	26,810
Óleo Vegetal	4,827	4,322	4,322	4,322	3,678	3,678	3,678
Fosfato bicálcico	1,770	1,805	1,805	1,805	1,842	1,842	1,842
Calcário calcítico	0,975	0,975	0,975	0,975	0,980	0,980	0,980
NaCl	0,508	0,508	0,508	0,508	0,510	0,510	0,510
L-Lisina - HCL (79%)	0,063	0,168	0,168	0,168	0,278	0,278	0,278
L-Triptofano (98%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,011	0,011
Valina	0,155	0,215	0,215	0,215	0,277	0,277	0,277
Treonina	0,007	0,055	0,055	0,055	0,104	0,104	0,104
Núcleo <sup>1</sup>	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Zinco <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,090	0,120	0,000	0,090	0,120
L-glutamina <sup>3</sup>	0,000	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
Caulim	0,264	0,282	0,192	0,162	0,109	0,019	0,000
<b>TOTAL</b>	<b>100,000</b>						

## Composição calculada

Proteína bruta (%)	22,399	22,401	22,401	22,401	22,402	22,402	22,402
EM (kcal/kg)	2959,99	2959,99	2959,99	2959,99	2960,00	2960,00	2960,00
Lisina digestível (%)	1,324	1,324	1,324	1,324	1,325	1,325	1,325
Metionina digestível	0,669	0,653	0,653	0,653	0,637	0,637	0,637
Treonina digestível (%)	0,861	0,861	0,861	0,861	0,862	0,862	0,862
Triptofano digestível (%)	0,253	0,234	0,234	0,234	0,226	0,226	0,226
Valina (%)	1,020	1,019	1,019	1,019	1,020	1,020	1,020
Cálcio (%)	0,921	0,920	0,920	0,920	0,921	0,921	0,921
Fósforo disponível (%)	0,470	0,470	0,470	0,470	0,471	0,471	0,471
Sódio (%)	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219
Zinco (mg/kg)	146,869	145,961	235,961	265,961	145,094	235,094	265,094
L-glutamina (%)	0,000	1,007	1,007	1,007	2,014	2,014	2,014

126 1Níveis de garantia por kg do produto: umidade (máx.) 120g; proteína bruta (min.) 340g; extrato etéreo  
 127 45g; fibra bruta 10g; matéria mineral 300g; cálcio 22g; fósforo 5.200mg; metionina 65g; lisina 45g;  
 128 treonina 27g; triptofano 3.780mg; vitamina A 250.000UI; vitamina D3 60.000UI; vitamina E 833UI;  
 129 vitamina K3 50mg; vitamina B1 50mg; vitamina B2 133mg; vitamina B6 83mg; vitamina B12 333mg;  
 130 niacina 100mg; ácido pantotênico 233mg; ácido fólico 25mg; biotina 0,66mg; biotina 0,66mg; colina  
 131 5.900mg; manganês 1.666mg; zinco 1600mg; zinco quelatado 400mg; ferro 837mg; cobre 1.667mg; iodo  
 132 21mg; selênio 6mg; BHT 1.764 mg; fitase 8.335UI; protease 2.500UI; amilase 2.500UI; β-glucanase  
 133 2.083UI; xilanase 4.165UI; celulase 3.750UI; senduramicina+nicarbazina 1.100mg.

134 <sup>2</sup>Availa® Zinco 100.000mg/kg

135 <sup>3</sup>Energia metabolizável com base no NRC (1994) e proteína bruta analisada (119,74%).

136

137 Tabela 2. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para frangos de  
 138 corte na fase inicial (8 a 21 dias de idade)

Ingredientes	Níveis de L-glutamina (%)/ zinco (mg/kg)						
	0/0	1/0	1/90	1/120	2/0	2/90	2/120
Milho	58,300	60,500	60,500	60,500	62,600	62,600	62,600
Farelo de soja 48%	34,414	31,400	31,400	31,400	28,246	28,246	28,246
Óleo Vegetal	3,259	2,854	2,854	2,854	2,484	2,484	2,484
Fosfato bicálcico	1,530	1,560	1,560	1,560	1,600	1,600	1,600
Calcário calcítico	0,907	0,907	0,907	0,907	0,907	0,907	0,907
NaCl	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482
L-Lisina - HCL (79%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,082	0,082	0,082
L-Triptofano (98%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002
Valina	0,029	0,085	0,085	0,085	0,145	0,145	0,145
Treonina	0,038	0,080	0,080	0,080	0,127	0,127	0,127
Premix mineral, vitamínico e aminoacídico <sup>1</sup>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Zinco <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,090	0,120	0,000	0,090	0,120
L-glutamina <sup>3</sup>	0,000	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
Caulim	0,041	0,132	0,042	0,012	0,325	0,235	0,205
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Composição calculada							
Proteína bruta (%)	21,200	21,198	21,198	21,198	21,201	21,201	21,201
EM (kcal/kg)	3050,00	3049,998	3049,9	3049,9	3050,0	3050,0	3050,0

Lisina digestível (%)	1,211	1,134	1,134	1,134	1,117	1,117	1,117
Metionina digestível (%)	0,608	0,593	0,593	0,593	0,577	0,577	0,577
Treonina digestível (%)	0,792	0,790	0,790	0,790	0,790	0,790	0,790
Triptofano digestível (%)	0,239	0,222	0,222	0,222	0,206	0,206	0,206
Valina digestível (%)	0,937	0,936	0,936	0,936	0,937	0,937	0,937
Cálcio (%)	0,841	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840
Fósforo disponível (%)	0,401	0,400	0,400	0,400	0,401	0,401	0,401
Sódio (%)	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Zinco (mg/kg)	88,568	87,703	177,70	207,70	86,758	176,75	206,75
L-glutamina (%)	0,000	1,007	1,007	1,007	2,014	2,014	2,014

139 <sup>1</sup>Níveis de garantia por kg do produto: metionina 313,60g; lisina 168g; treonina 29,40g; vitamina A  
140 1.200.000UI; vitamina D3 265.000; vitamina E 2.000UI; vitamina K3 260mg; vitamina B1 191mg; vitamina  
141 B2 630mg; vitamina B6 290mg; vitamina B12 1.700mg; niacina 4.200mg; ácido pantotênico 1.300mg;  
142 ácido fólico 100mg; biotina 7mg; colina 26g; manganês 7.000mg; zinco 6.000mg; ferro 5.000mg; cobre  
143 900mg; iodo 100mg; selênio 30mg; fitase 50.000UI; amilase 30.000UI; β-glucanase 25.000UI; xilanase  
144 50.000UI; celulase 45.000UI; protease 30.000UI; etoxiquim 6.666mg; *Bacillus licheniformis*  
145 2x10E11UFC; *Bacillus subtilis* 1x10E11UFC; virginiamicina 1.650mg; maduramicina 500mg.  
146 <sup>2</sup>Availa® Zinco 100.000mg/kg  
147 <sup>3</sup>Energia metabolizável com base no NRC (1994) e proteína bruta analisada (119,74%).  
148

149 Foram alojadas 18 aves (9 machos e 9 fêmeas), em boxes de 2,7m<sup>2</sup>, dotados de  
150 comedouros tubulares e bebedouros pendulares, localizados em galpões de alvenaria  
151 coberto de telhas de cerâmica e piso cimentado.

152 Para o controle da entrada de raios solares e correntes de ar, foram utilizadas  
153 cortinas ao redor do galpão. No período do dia, nos horários em que a temperatura  
154 ultrapassou a zona de termoneutralidade das aves, foram ligados ventiladores visando  
155 amenizar o estresse por calor aos animais.

156 O monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar nos galpões foi  
157 realizado por meio de termômetros de máxima e mínima e termo-higrômetro de bulbo  
158 seco e úmido, mantidos no centro do galpão na altura do dorso das aves. As leituras  
159 dos termômetros foram realizadas três vezes ao dia (8, 13 e 16 horas), com exceção  
160 de máxima e mínima, cuja leitura era realizada somente pela manhã, durante todo o  
161 período experimental. Esses dados foram, posteriormente, convertidos em Índice de  
162 Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington *et al.*  
163 (1981). O programa de luz adotado foi o contínuo (24 horas de luz natural+artificial)  
164 utilizando lâmpadas incandescentes de 60W.

165 O consumo de ração no período de 1 a 7 e de 1 a 21 dias de idade foi calculado  
166 pela diferença entre a quantidade de ração fornecida no início e no final de cada

167 período experimental, levando-se em consideração as sobras das rações. Para  
168 determinar o ganho de peso, as aves foram pesadas no início e no final de cada fase. A  
169 partir dos dados de consumo de ração e de ganho de peso, foi calculado a conversão  
170 alimentar dos animais.

171 A Viabilidade Criatória (VC) e o Índice de Eficiência Produtiva (IEP) foram  
172 calculados segundo as formulas:  $VC = 100 - (\% \text{ de aves mortas})$  e  $IEP = (PV \times VC) / (I$   
173  $\times CA) \times 100$ , em que: PV e o peso vivo das aves (kg), VC e a viabilidade criatória (%), I  
174 e a idade em dias e CA e a conversão alimentar (Stringhini *et al.*, 2006).

175 No 21º dia, o experimento foi finalizado e duas aves, com peso próximo a média  
176 de cada boxe, foram colocadas em jejum alimentar de 12 horas e, posteriormente foi  
177 realizado os procedimentos normais de abate (atordoamento, sangria e depenagem),  
178 conforme preconizados pelo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos  
179 Produtos de Origem Animal (Brasil, 1980).

180 A avaliação do peso relativo de órgãos digestivos (fígado, pâncreas e moela) e  
181 coração, foram calculados em relação à carcaça depenada e eviscerada com pés,  
182 cabeça e pescoço. O rendimento de carcaça foi determinado pela relação entre o peso  
183 da carcaça eviscerada e o peso vivo das aves ao abate, cortes nobres e gordura  
184 abdominal (tecido adiposo em torno da bolsa cloacal, do proventrículo, da moela e da  
185 cloaca) foram mensurados em relação ao peso da carcaça eviscerada.

186 Após a pesagem, uma carcaça de cada repetição, totalizando 5 por tratamento,  
187 foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas  
188 em freezer, posteriormente foram cortadas e moídas em moinho de carne industrial,  
189 liofilizadas por 72 horas e moídas em moinho de faca (tamanho médio das partículas 1  
190 mm) e armazenadas em recipientes de plástico devidamente lacrados e identificados  
191 para posteriores análises laboratoriais. As análises de matéria seca, proteína bruta,  
192 teor de cinzas e extrato etéreo foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do  
193 Departamento de Zootecnia-UFPI, segundo a metodologia descrita por Silva & Queiroz

194 (2002). O mesmo procedimento foi realizado ao início da fase, ao 1º dia de idade, com  
195 10 aves com média de peso semelhante das submetidas aos tratamentos  
196 experimentais. Estes dados foram utilizados para a determinação da composição  
197 química e da deposição de nutrientes na carcaça.

198 Para determinação da taxa de deposição de água, proteína, extrato etéreo e  
199 matéria mineral na carcaça, foi utilizada a metodologia adaptada de Fraga *et al.* (2008).

200 Os dados de umidade relativa do ar, temperatura e índice de temperatura de  
201 globo e umidade foram submetidos aos cálculos de média e desvio padrão. Os demais  
202 parâmetros foram submetidos à análise de variância, e quando significativos, os níveis  
203 de L-glutamina foram comparados pelo teste de Student-Newman-Keuls e os níveis de  
204 zinco por análise de regressão. No confronto de cada tratamento com a dieta controle,  
205 aplicou-se o teste de Dunnett, segundo os procedimentos do PROC GLM do software  
206 SAS (2002). Foi usado o  $\alpha = 0,05$ .

207 A avaliação econômica das rações experimentais foi baseada nos dados de  
208 desempenho das aves. O preço do frango vivo/kg (R\$ 3,80) e dos ingredientes das  
209 rações considerado foram os praticados no comércio local do município de Teresina/PI,  
210 em fevereiro de 2016.

211 Para os cálculos da viabilidade econômica das rações, foram consideradas as  
212 seguintes variáveis primárias: consumo médio da ração (kg) (CMR), custo da ração  
213 (kg) (CR), ganho de peso médio (kg) (GPM), peso vivo médio (kg) (PVM) e preço do  
214 frango vivo (kg) (PFV). Com base nos valores observados para essas variáveis  
215 primárias, foram obtidos, conforme Togashi (2004), os seguintes indicadores  
216 econômicos: a) custo médio de arraçãoamento (CMA) =  $CMR \times CR$ ; b) relação  
217  $CMA/GPM$ ; c) renda bruta média (RBM) =  $PVM \times PFV$ ; d) margem bruta média (MBM)  
218 =  $RBM - CMA$ ; rentabilidade média (RM) =  $MBM/CMA \times 100$ . Estimou-se a margem  
219 bruta (MB), considerando-se:  $MB = (kg \text{ frango produzido} \times \text{preço de venda do frango}) -$

220 (preço da ração x ração consumida), envolvendo os preços dos ingredientes das  
221 rações.

## 222 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

223

224 Durante o período experimental, os valores médios de umidade do ar em todas  
225 as semanas de vida das aves encontram-se compreendido na faixa de conforto  
226 térmico, de 65-70% de acordo com União Brasileira de Avicultura (2009) (Tabela 3).

227

228 Tabela 3. Condições ambientais observadas durante o período experimental no período  
229 de junho a julho de 2015, em Teresina, PI

Idade (semana)	Umidade (%)	Temperaturas (°C)			ITGU <sup>1</sup>
		Máxima	Mínima	Média	
1 <sup>o</sup>	67,61±12,84	32,27±1,06	22,68±0,95	27,60±0,49	80,13±2,48
2 <sup>o</sup>	63,71±15,35	32,69±0,48	22,44±1,06	27,56±0,54	80,11±2,55
3 <sup>o</sup>	69,82±18,63	32,20±1,05	23,60±0,83	27,90±0,64	79,18±4,89

230 <sup>1</sup>ITGU- Índice de temperatura de globo e umidade

231

232 Considerando que as faixas de temperaturas recomendadas para frangos de  
233 corte na primeira, segunda e terceira semana de vida são 31,3; 26,3 – 23,2 e 22,5-  
234 23,2°C, respectivamente, conforme Cassuce *et al.* (2013), verifica-se que durante o  
235 período de execução desta pesquisa as aves foram submetidas a estresse por calor,  
236 sendo mais evidente na terceira semana de vida das aves. Além disso, na primeira e  
237 segunda semana constata-se que possivelmente também foram expostas a condições  
238 de estresse por frio em determinados horários do dia.

239

240 Constata-se que o valor médio de ITGU, na primeira semana, encontrava-se  
241 dentro da faixa considerada confortável para frangos de corte, de 77-81,3 segundo  
242 Oliveira *et al.* (2006), no entanto, para a segunda e terceira semana de vida  
243 encontrava-se acima do intervalo preconizado por estes autores. Apesar da  
244 inexistência de medições do ITGU nas estações meteorológicas distribuídas ao longo  
245 dos pais, este é o índice bioclimático mais indicado para expressar o conforto ou  
desconforto dos animais em um ambiente específico, pois incorpora os efeitos da

246 umidade, do escoamento do ar, da temperatura do bulbo seco e da radiação, em um  
247 único valor (Silva *et al.*, 2009; Nascimento *et al.* 2013).

248 Em comparação a dieta controle, nos períodos de 1 a 7 e de 1 a 21 dias de  
249 idade, não se constatou diferença dos tratamentos testes para as variáveis: consumo  
250 de ração, ganho de peso, conversão alimentar, viabilidade criatória e índice de  
251 eficiência produtiva ( $P>0,05$ ). De maneira semelhante também não foi verificado  
252 interação entre os níveis de suplementação de L-glutamina e de zinco ( $P>0,05$ ) para as  
253 variáveis de desempenho nas fases de 1 a 7 e de 1 a 21 dias de idade (Tabela 4 e 5).

254  
255 Tabela 4. Desempenho de frangos de corte, no período de 1 a 7 dias de idade,  
256 alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco

Controle	Glutamina (%)	Zn (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P	
		0	90	120			L	Q
Consumo de ração (g/ave)								
140,344	1	120,353	118,301	123,504	120,719	9,17	0,866	0,989
	2	119,623	122,399	118,157	120,060			
	Média	119,988	120,350	120,831				
Ganho de peso (g/ave)								
131,006	1	128,313	129,636	133,189	130,380	4,85	0,518	0,807
	2	134,836	134,168	133,722	134,242			
	Média	131,575	131,902	133,456				
Conversão alimentar								
1,071	1	0,937	0,912	0,927	0,925	7,83	0,888	0,884
	2	0,887	0,912	0,883	0,894			
	Média	0,911	0,912	0,905				
Viabilidade Criatória (%)								
98,888	1	98,888	97,888	97,777	98,185	3,57	0,550	0,137
	2	98,611	94,444	97,777	98,825			
	Média	98,765	96,167	97,778				
Índice de Eficiência Produtiva (%)								
230,744	1	252,431	256,498	261,423	256,784	8,58	0,484	0,442
	2	266,538	256,034	271,768	264,780			
	Média	259,490	256,270	266,600				

257 L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

258  
259 Tabela 5. Desempenho de frangos de corte, no período de 1 a 21 dias de idade,  
260 alimentados com diferentes níveis L-glutamina e zinco

Controle	Glutamina (%)	Zinco (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P	
		0	90	120			L	Q
Consumo de ração (g/ave)								
1263,890	1	1275,234	1300,330	1277,906	1284,490	3,31	0,991	0,337
	2	1303,639	1311,301	1301,374	1305,440			
	Média	1289,440	1305,820	1289,640				
Ganho de peso (g/ave)								
886,955	1	887,378	887,444	898,755	891,190	5,75	0,658	0,988
	2	874,000	884,755	883,067	880,610			
	Média	880,690	886,100	890,910				

		Conversão alimentar							
1,424	1	1,437	1,465	1,421	1,441	3,92	0,539	0,446	
	2	1,491	1,482	1,473	1,482				
Média		1,466	1,475	1,450					
		Viabilidade Criatória (%)							
86,666	1	87,777	87,000	85,555	86,778a	5,01	0,565	0,815	
	2	81,111	82,222	85,555	82,963b				
Média		84,444	84,611	85,556					
		Índice de Eficiência Produtiva (%)							
267,520	1	269,378	261,747	269,768	266,965a	10,29	0,443	0,667	
	2	236,279	244,195	254,243	244,906b				
Média		252,930	252,970	262,010					

261 Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si, SNK  
 262 (P>0,05).

263 L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco suplementar na dieta.

264

265 Os valores de conversão alimentar desta pesquisa para a fase de 1 a 7 dias  
 266 encontram-se próximos ao desejável para a idade, notadamente, apenas para os  
 267 animais que receberam a suplementação de L-glutamina e zinco (0,893. No entanto,  
 268 para a fase de 1 a 21 dias de idade, em que a conversão alimentar esperada para a  
 269 idade é de 1,291 (Aviagen Ross 308 2012), observa-se que todos os tratamentos  
 270 apresentam valores acima do recomendado pelo manual da linhagem.

271 Os resultados desta pesquisa estão coerentes com os encontrados por  
 272 Nascimento *et al.* (2014) que não verificaram influencia dos níveis de 5,10,15 e 20mg  
 273 de L-glutamina/kg sobre o consumo de ração, ganho de peso e viabilidade criatória e  
 274 Bartell & Batal (2007) ao testarem a adição de 1 e 4% desse aminoácido na ração  
 275 também não constataram efeito sobre a conversão alimentar de frangos de corte nas  
 276 fases pré-inicial e inicial criados em condições de termoneutralidade. Da mesma forma,  
 277 nas fases de 1 a 2 e de 1 a 42 dias, Figueiredo *et al.* (2015) ao investigarem os efeitos  
 278 da adição de diferentes níveis de L-glutamina (0,5; 1,0 e 1,5%) também em condições  
 279 de conforto térmico, não constataram efeito sobre os parâmetros de desempenho.

280 Por outro lado, em ambiente de estresse por calor, Dai *et al.* (2011) verificou que  
 281 a suplementação de 5g de L-glutamina/kg de ração proporcionou maiores valores para  
 282 ganho de peso e melhorou a conversão alimentar, em frangos de corte no período de  
 283 35 a 42 dias de idade. Já Ayazi (2014) não constatou influência sobre os parâmetros de  
 284 desempenho no período de 1 a 21 dias de idade, no entanto, nas fases de 22 a 42 e de

285 1 a 42 dias, a adição de 0,5% de L-glutamina propiciou os maiores valores para ganho  
286 de peso. Desta forma, pode-se deduzir que o efeito da L-glutamina sobre as variáveis  
287 de desempenho em frangos de corte, além de depender de fatores estressantes,  
288 parece ser influenciado também pela fase de vida das aves, sendo que na fase de 1 a  
289 21 dias parecem ser menos exigentes quanto a este aminoácido.

290       Desta maneira, o que pode explicar os resultados verificados nesta pesquisa,  
291 são as fases utilizadas, pré-inicial e inicial, e as condições ambientais constatadas  
292 durante a fase experimental (Tabela 3) que permaneceram muito próximas das de  
293 conforto térmico, de forma que não promoveram estresse suficiente para desencadear  
294 respostas fisiológicas à suplementação de L-glutamina.

295       De forma coerente com esta proposição, Dai *et al.* (2011) demonstraram que  
296 quando submetidos ao desafio por alta temperatura, os frangos de corte aumentam a  
297 demanda de glutamina para alcançar sua máxima eficiência; e Fukatsu & Kudsk  
298 (2011), relatam que a exigência de glutamina tende a aumentar apenas em situações  
299 de estresse prolongado, pois a concentração tecidual não atende às demandas  
300 sistêmicas.

301       No tocante a adição de zinco, os resultados deste estudo são semelhante aos de  
302 Silva *et al.* (2015) e Salabi *et al.* (2011) que também não encontraram efeito da adição  
303 suplementar desse mineral sobre o desempenho de frangos de corte machos da  
304 linhagem CobbAvian48TM e Ross, criados em condições de estresse por calor,  
305 constatando portanto, que o nível de 60 e 90mg de zinco/kg de ração presente na dieta  
306 basal foram suficientes para promover o crescimento adequado dos animais,  
307 respectivamente.

308       Já em situação de conforto térmico, a supleverificam-se resultados divergentes  
309 desta pesquisa conforme relatos de Ahmadi *et al.* (2013) que ao testarem os efeitos da  
310 adição de nanopartículas de óxido de zinco (30, 60 e 90mg de zinco/kg) em dietas de  
311 frangos de corte machos da linhagem Ross, no período de 1 a 21 dias, observaram que

312 a suplementação desse mineral ocasionou maior ganho de peso e melhora na  
313 conversão alimentar quando comparado aos animais alimentados com a dieta basal  
314 (26,15mg de zinco/kg).

315 De maneira semelhante Liu *et al.* (2011), trabalhando com frangos de corte,  
316 machos da linhagem Arbor Acres, nas fases de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade, com  
317 a suplementação de 60, 120 e 180mg de zinco/kg de ração utilizando diferentes fontes  
318 esse mineral, verificaram que independente da fonte, a adição de 60mg/kg ocasionou  
319 maior ganho de peso quando comparados com os animais do tratamento controle  
320 alimentados com dieta basal contendo 35,6 e 32,8mg de zinco/kg de ração nas fases  
321 de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade, respectivamente.

322 Por outro lado, Sunder *et al.* (2008) ao fornecerem ração com o acréscimo de  
323 10, 20, 40, 80, 160 e 320mg de óxido de zinco/kg para frangos de corte no período de 8  
324 a 28 dias de idade, observaram que a concentração de zinco da dieta basal de  
325 29mg/kg foi suficiente para promover o crescimento adequado dos animais.

326 A exigência de zinco também é influenciada pelo sexo, conforme reportado por  
327 Gomes *et al.* (2008), que trabalhando com frangos de corte machos e fêmeas, a fim de  
328 determinar a exigência desse mineral na fase de 8 a 21 dias de idade, mantidos com  
329 dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com cinco níveis de zinco (0, 12,  
330 37, 62, 87, 112 e 137 mg/kg), definiu a exigência de zinco de 86,12 e 85,70 mg/kg para  
331 frangos de corte machos e fêmeas, respectivamente.

332 Para a fase de 22-42 dias de idade, Gomes *et al.* (2009) constataram que a  
333 exigência zinco é de 82,20mg/kg para machos e 85,70mg/kg para fêmeas, enquanto na  
334 fase de 43-53 dias de idade, os níveis de 25 a 30mg/kg de zinco, normalmente  
335 presentes em dietas à base de milho e farelo de soja, são suficientes para o adequado  
336 desenvolvimento das aves. Em contrapartida, na presença de fitase, a exigência de  
337 zinco para ótimo ganho de peso é de 32,4mg/kg para a fase de 1 a 21 dias de idade

338 (Ao *et al.* 2007) e de 60mg de zinco/kg de ração para a fase de 1 a 42 dias de idade  
339 (Zaghari *et al.* 2015).

340 Apesar da divergência entre os autores quanto aos níveis de suplementação de  
341 zinco para o ótimo desempenho zootécnico de frangos de corte, Rostagno *et al.* (2011)  
342 recomenda os seguintes 81,3 e 71,5mg de zinco/kg de ração para a fase de 1 a 7 e de  
343 8 a 21 dias de idades, respectivamente. E o manual da linhagem 100mg de zinco/kg  
344 para todas as fases de criação (Aviagen Ross 2009).

345 Constata-se por meio dos dados expostos que vários fatores, independente das  
346 condições ambientais, podem interferir na exigência de zinco e devem ser levados em  
347 consideração para determinar a real necessidade de suplementação desse mineral,  
348 incluindo a linhagem, sexo, fases de criação, fonte suplementar de zinco e níveis  
349 utilizados. Assim, tendo em vista que todas as dietas foram isoprotéicas e  
350 isoenergéticas, a ausência de efeito sobre os parâmetros de desempenho indicam que  
351 dieta basal atendem às exigências nutricionais das aves, sendo, portanto suficientes  
352 para promover o crescimento adequado dos animais em ambas às fases.

353 A viabilidade criatória e o índice de eficiência produtiva foram maiores para o  
354 tratamento com a adição de 1% de L-glutamina quando comparado com a adição de  
355 2% desse aminoácido, independentemente do nível de zinco ( $P < 0,05$ ).

356 Constata-se que o tratamento controle apresentou valores superiores quanto ao  
357 peso relativo do fígado, moela e coração quando comparado aos tratamentos testes  
358 ( $P < 0,05$ ), exceto no grupo que recebeu a adição de 1% de L-glutamina sem a adição  
359 de zinco suplementar ( $P > 0,05$ ) (Tabela 6). Provavelmente estes resultados estão  
360 relacionados ao aumento do metabolismo do fígado e da moela dos animais destes  
361 tratamentos, ocasionando conseqüentemente, um incremento no trabalho cardíaco  
362 para atender à demanda de oxigênio do organismo, o que pode levar à hipertrofia e,  
363 conseqüentemente ao aumento do peso do coração (Macari *et al.* 2002).

364

365 Tabela 6. Peso relativo de órgãos digestivos e coração de frangos de corte aos 21 dias  
 366 de idade, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de L-glutamina e zinco

Controle	Glutamina (%)	Zinco (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P	
		0	90	120			L	Q
Fígado								
2,496	1	2,777	2,318*	2,303*	2,466a	8,0	0,004	0,096
	2	2,375*	2,291*	2,288*	2,320b			
	Média	2,570	2,304	2,296				
Moela								
3,312	1	2,941	2,586*	2,544*	2,690a	12,3	0,002	0,742
	2	2,517*	2,334*	1,997*	2,282b			
	Média	2,729	2,460	2,270				
Pâncreas								
0,261	1	0,313	0,270	0,273	0,285	12,0	0,047	0,491
	2	0,308	0,298	0,280	0,295			
	Média	0,310	0,284	0,276				
Coração								
0,797	1	0,722	0,594*	0,551*	0,622	18,4	0,030	0,128
	2	0,599*	0,485*	0,548*	0,544			
	Média	0,661	0,539	0,550				

367 Médias seguidas de asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett (P<0,05).

368 Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para uma mesma variável, não diferem, SNK (P>0,05).

369 L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

370

371 Por outro lado não foi observada interação entre os fatores estudados (P>0,05)

372 para peso relativo do fígado, moela, pâncreas e coração de frangos de corte aos 21

373 dias de idade. No entanto, com relação aos níveis isolados dos nutrientes estudados,

374 verifica-se que a adição de 1% de L-glutamina proporcionou maior peso relativo de

375 fígado e moela quando comparado com o nível de 2% (P<0,05). Resultado contrário a

376 esta pesquisa foi reportado Zavarize *et al.* (2011) e Salmanzadeh & Shahryar (2013)

377 que não verificaram efeito da suplementação de L-glutamina sobre o peso relativo de

378 fígado de poedeiras mantidas em condições de termoneutralidade e sobre o

379 rendimento da moela de perus criados em condições de estresse por calor,

380 respectivamente.

381 Observa-se que a suplementação de zinco influenciou de forma linear

382 decrescente o peso relativo do fígado, moela, pâncreas e coração de acordo com as

383 equações:  $Y = - 0,0024x + 2,5607$  (P<0,05; R<sup>2</sup> = 0,95),  $Y = - 0,001x + 0,655$  (P<0,05; R<sup>2</sup>

384 = 0,89),  $Y = -0,0003x + 0,3099$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,99$ ),  $Y = -0,0036x + 2,7406$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 =$   
385 0,96), respectivamente.

386 Estes efeitos podem está associado à redução das atividades metabólicas  
387 destes órgãos, ocasionados pelas altas concentrações de zinco suplementar, pois altos  
388 níveis desse mineral pode ocasionar redução das atividades das enzimas pancreáticas,  
389 amilase, lipase, tripsinogênio e quimiotripsinogênio, afetando conseqüentemente a  
390 digestibilidade dos nutrientes da dieta (Lü & Combs Jr 1988) e as reservas energéticas,  
391 como glicogênio e lipídios, que são metabolizados no fígado, levando a redução do  
392 peso dessa víscera (Berry & Brake 1985). Desta forma, como há redução das  
393 atividades metabólicas das vísceras digestivas, há redução da atividade cardíaca e, por  
394 conseqüente do peso do coração.

395 Divergindo destes resultados, Lopes *et al.* (2015) não verificaram efeito da  
396 suplementação de 120mg de zinco/kg de ração sobre o peso relativo do fígado, moela,  
397 pâncreas e coração aos 21 dias de idade criados em condições de estresse por calor.

398 Em condições de termoneutralidade, relata-se que a suplementação de 90mg de  
399 zinco/kg de ração proporciona maior peso de fígado, enquanto que a adição de 120mg  
400 promove decréscimo no peso desse órgão (Ahmadi *et al.* 2013).

401 Com relação ao pâncreas, frangos de corte aos 14 e 21 dias de idade,  
402 alimentados com ração com a adição de 80mg de zinco/kg de ração apresentam  
403 aumento do peso desse órgão e da atividade das enzimas lipase e amilase pancreática  
404 quando comparados com grupo controle (29,1 mg de zinco/kg de ração) (Tang *et al.*  
405 2014).

406 Não foi constatada diferença entre o tratamento controle e os tratamentos testes  
407 para rendimento de carcaça, peito, coxa, sobrecoxa e gordura abdominal ( $P > 0,05$ )  
408 (Tabela 7). Da mesma forma, não se constatou interação entre L-glutamina e zinco  
409 para estas variáveis ( $P > 0,05$ ).

410

411 Tabela 7. Rendimento de carcaça, cortes e gordura abdominal de frangos de corte aos  
412 21 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco

Controle	Glutamina (%)	Zinco (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P	
		0	90	120			L	Q
Carcaça								
79,041	1	80,432	79,222	80,275	79,976	1,44	0,947	0,588
	2	79,084	79,770	79,172				
	Média	79,758	79,496	79,724				
Peito								
28,732	1	27,906	29,622	29,520	29,016	3,15	0,001	0,294
	2	28,685	29,175	29,957				
	Média	28,966	29,399	29,739				
Coxa								
10,037	1	11,722	11,645	11,710	11,692	4,94	0,748	0,385
	2	11,357	11,911	11,535				
	Média	11,539	11,778	11,622				
Sobrecoxa								
13,061	1	13,445	14,012	13,023	13,493	6,04	0,161	0,171
	2	13,454	13,247	12,833				
	Média	13,449	13,629	12,928				
Asa+tulipa								
11,540	1	10,924a	10,084a*	10,962a	10,656	0,05	0,934	0,051
	2	10,613a	11,099a	10,706a				
	Média	10,769	10,546	10,834				
Gordura abdominal								
1,152	1	1,532	0,892	0,900	1,108	21,23	0,017	0,144
	2	1,388	1,012	0,917				
	Média	1,460	0,952	0,908				

413 Médias seguidas de asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

414 Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para uma mesma variável, não diferem SNK ( $P > 0,05$ ).

415 L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

416

417 Os resultados obtidos estão coerentes com os reportados por Nascimento *et al*

418 (2014) e Figueiredo *et al.* (2015) que avaliando diferentes níveis de L-glutamina na

419 ração de frangos de corte de 1 a 42 dias, criados em ambiente termoneutro, também

420 não verificaram variação no rendimento de carcaça, peito, coxa e sobrecoxa,

421 ressaltando que estes autores, assim como verificado na presente pesquisa, não foi

422 constatado efeito da adição de L-glutamina sobre o ganho de peso e a conversão

423 alimentar, justificando portanto os resultados verificados para rendimento de carcaça.

424 Contrastando com os dados desta pesquisa, Dai *et al.* (2011) verificaram que a

425 suplementação de 5g de L-glutamina/kg de ração proporcionou maior rendimento de

426 carcaça, peito e coxa. E, de forma semelhante, Salmanzadeh & Shahryar (2013)

427 também constataram aumento do rendimento de carcaça e de peito de perus aos 21  
428 dias de idade com suplementação de diferentes níveis de L-glutamina na dieta,  
429 mantidos em condições artificiais de estresse por calor. Esses dados reforçam a  
430 hipótese de que a adição de L-glutamina é mais efetiva em condições de estresse por  
431 calor, em que os níveis teciduais desse aminoácido tornam-se insuficiente para atender  
432 as demandas sistêmicas.

433 Segundo Silva *et al.* (2015) a suplementação de diferentes níveis de zinco na  
434 ração de frangos de corte, submetidos a estresse por calor cíclico, não influencia o  
435 rendimento de carcaça aos 42 dias de idade, salientando que a suplementação  
436 convencional de zinco foi suficiente para proteger os animais de danos oxidativos não  
437 sendo necessário adicionar minerais acima do recomendado. Todavia, em condições  
438 de termoneutralidade, Liu *et al.* (2011) observaram que a adição de 60mg de zinco/kg  
439 de ração foi suficiente para a obtenção do maior rendimento de carcaça quando  
440 comparados com os animais do grupo alimentado com a dieta basal.

441 Os níveis de zinco proporcionaram efeito linear crescente para rendimento de  
442 peito, conforme a equação:  $Y = 0,006x + 28,943$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,95$ ). Resultado similar  
443 foi verificado por Jahanian & Rasouli (2015) que trabalhando com frangos de corte, em  
444 ambiente termoneutro, verificaram aumento do rendimento de peito, aos 42 dias de  
445 idade, em aves suplementadas com 40mg de zinco metionina/kg de ração.

446 Por outro lado, em condições de estresse por calor, Silva *et al.* (2015)  
447 estudando a influencia da suplementação de 40mg de zinco orgânico e inorgânico em  
448 rações de frangos de corte, não verificaram influencia sobre o rendimento de peito aos  
449 42 dias de idade, ressaltando que não somente a temperatura ambiente elevada, mas  
450 também as diferenças na magnitude, duração e tipo de estresse a que as aves são  
451 submetidas, além dos níveis de suplementação de zinco, são importantes fatores a  
452 serem considerados em dietas de frangos de corte criados em condições de estresse  
453 térmico.

454 Os níveis de zinco proporcionaram efeito linear decrescente para rendimento de  
455 gordura abdominal, conforme a equação:  $Y = -0,0048x + 1,4455$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,97$ ).  
456 Respostas semelhantes foram verificadas por Jahanian & Rasouli (2015) trabalhando  
457 com frangos de corte machos da linhagem Ross em condições termoneutra, os autores  
458 verificaram redução da gordura abdominal aos 42 dias de idade nos animais que  
459 receberam ração com a adição de 40mg de zinco metionina/kg de ração. Além disso,  
460 observaram também redução dos níveis de triglicerídeos, o que pode explicar a  
461 redução da gordura abdominal.

462 Por lado, Liu *et al.* (2015), ao pesquisarem os efeitos da suplementação de  
463 sulfato de zinco e zinco orgânico nos níveis de 60, 120 e 180 mg/kg de ração,  
464 relataram que o zinco, independente da fonte e níveis utilizados, está relacionado com  
465 o incremento da expressão de genes de enzimas relacionadas a lipogênese, tais como  
466 a malato desidrogenase e a lipoproteína lipase em frangos de corte machos da  
467 linhagem Arbor Acres aos 42 dias de idade, e concluem que o nível de 90mg de  
468 zinco/kg de ração é suficiente para promover a melhor resposta antioxidante nestes  
469 animais.

470 A contradição dos resultados expostos por esta pesquisa e os Liu *et al.* (2015)  
471 pode se atribuída a linhagem, uma vez que segundo Farran *et al.* (2000) os frangos  
472 machos da linhagem Ross apresentam menores teores de gordura abdominal quando  
473 comparados com animais do mesmo sexo da linhagem Arbor Acres.

474 Para rendimento de asa+tulipa, observa-se que os animais alimentados com a  
475 dieta controle apresentam maior rendimento de asa+tulipa quando comparada com as  
476 aves que receberam a adição de 1% de L-glutamina combinado com 90mg de zinco/kg  
477 de ração ( $P < 0,05$ ) e não diferi dos demais tratamentos testes ( $P > 0,05$ ). Demonstram,  
478 portanto, que a adição de L-glutamina isolada ou combinada com o zinco suplementar  
479 não favorece o rendimento deste corte.

480 Por outro lado, houve interação entre os níveis de L-glutamina e zinco ( $P < 0,05$ )  
 481 para o rendimento de asa+tulipa. Assim, para o nível de 1% de L-glutamina, o zinco,  
 482 ocasionou efeito quadrático para este corte, de acordo com a equação:  $Y =$   
 483  $0,0003x^2 + 0,0383x + 10,924$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 1,0$ ), o menor rendimento de asa+tulipa foi de  
 484 9,701% para o nível de inclusão de 63,83mg de zinco/kg de ração. Porém, os níveis de  
 485 L-glutamina avaliados nos três níveis de zinco não influenciaram no valor deste corte  
 486 ( $P > 0,05$ ).

487 Não houve interação entre os fatores L-glutamina e zinco para composição  
 488 química da carcaça ( $P > 0,05$ ) (Tabela 8).

489 Tabela 8. Composição química da carcaça de frangos de corte alimentados com  
 490 diferentes níveis de L-glutamina e zinco aos 21 dias de idade  
 491

Controle	Glutamina (%)	Zinco (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P	
		0	90	120			L	Q
Matéria seca (%)								
29,400	1	29,384	29,506	30,046	29,664b	2,41	0,817	0,544
	2	31,470*	31,072*	30,965*	31,169a			
	Média	30,543	30,289	30,506				
Proteína (%)								
55,163	1	56,858	56,660	56,413	56,664	5,41	0,037	0,367
	2	58,791*	58,425	55,017	57,363			
	Média	57,774	57,543	55,715				
Extrato etéreo (%)								
37,358	1	34,068	29,562*	33,410	32,347	12,14	0,263	0,121
	2	29,477*	31,139	34,109	31,575			
	Média	31,773	30,351	33,760				
Cinzas (%)								
8,885	1	7,250*	7,892	8,128	7,757b	12,507	0,197	0,583
	2	9,001	9,051	8,925	8,994a			
	Média	8,126	8,471	8,506				

492 Médias seguidas de asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

493 Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de  
 494 SNK ( $P > 0,05$ ).

495 L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

496  
 497 Para matéria seca, verifica-se que na comparação com o tratamento controle, os  
 498 animais suplementados com a combinação de 2% de L-glutamina com 0, 90 e 120 mg  
 499 de zinco/kg de ração apresentaram valores superiores de matéria seca na carcaça  
 500 ( $P < 0,05$ ).

501 Já com relação aos níveis de L-glutamina, averigua-se que a adição de 2%,  
502 independentemente dos níveis de zinco, proporcionou maior valor para esta variável  
503 quando comparado com a suplementação de 1% desse aminoácido ( $P < 0,05$ ). Este  
504 resultado pode ser em resposta da maior concentração de cinzas observada para este  
505 mesmo nível de suplementação. Divergindo deste estudo, Ayazi (2014) não verificou  
506 influência da suplementação de diferentes níveis de L-glutamina sobre a composição  
507 em matéria seca da carcaça em frangos de corte aos 42 dias de idade, criados em  
508 situação de estresse por calor.

509 O teor de proteína na carcaça apresenta resposta linear decrescente ao  
510 acréscimo de zinco na dieta, segundo a equação  $\hat{Y} = -0,0138x + 57,976$  ( $R^2 = 0,58$ ,  
511  $P < 0,05$ ). De forma semelhante, Trindade Neto *et al.* (2010) também constataram  
512 redução na concentração desse parâmetro na carcaça de frangos de corte aos 42 dias  
513 de idade com o aumento da adição desse mineral na dieta. Resultados contraditórios  
514 foram reportados por Khah *et al.* (2015) que ao estudarem os efeitos da adição de nano  
515 partículas de óxido de zinco na dieta de frangos de corte, mantidos em condições de  
516 termoneutralidade, verificaram que a adição de 60 e 90mg de zinco/kg de ração foram  
517 capazes de melhorar a concentração de proteína bruta da carcaça aos 21 dias de  
518 idade.

519 O nível de 2% de L-glutamina sem a adição de zinco suplementar proporcionou  
520 maior concentração de proteína bruta na carcaça quando comparado com o tratamento  
521 controle, o que era esperado, pois o aumento da concentração intramuscular deste  
522 aminoácido tem a capacidade de inibir a proteólise no músculo (MacLennan *et al.*,  
523 1988), proporcionando maior concentração desse nutriente na carcaça.

524 Em condições de estresse por calor, Dai *et al.* (2009) também verificou  
525 aumento no teor de proteína bruta da carcaça de frangos de cortes aos 42 dias de  
526 idade, com a suplementação de 0,5 e 1% de L-glutamina. No entanto, Ayazi (2014)  
527 demonstrou que dietas com a adição de 0,25; 0,5 e 1,0% de L-glutamina não

528 interferirem na concentração de proteína total da carcaça de frangos de corte aos 42  
529 dias de idade.

530 Ao se comparar a composição de extrato etéreo na carcaça pelo teste de  
531 Dunnett ( $P < 0,05$ ) verifica-se que os tratamentos com 1% de L-glutamina combinado  
532 com 90mg de zinco/kg de ração e 2% de L-glutamina sem a adição de zinco,  
533 apresentaram valores inferiores ao grupo controle.

534 Por outro lado Dai et al. (2009) observaram que a suplementação de 1% de L-  
535 glutamina favoreceu o maior teor de extrato etéreo na carcaça de frangos de corte  
536 mantidos em estresse por calor, no entanto, não diferiram do animais mantidos em  
537 situação de conforto térmico. Já Ayazi (2014), não observou influencia da adição de  
538 diferentes níveis de L-glutamina em rações de frango de corte sobre a concentração  
539 dessa variável na carcaça.

540 No tocante a suplementação de zinco, Trindade Neto *et al.* (2010) verificaram  
541 que a adição de 43mg de zinco/Kg de ração promoveu a redução da gordura corporal  
542 de frangos de corte aos 42 dias de idade. No entanto, Khah *et al.* (2015) não  
543 constataram efeito da suplementação de diferentes níveis de zinco sobre a  
544 concentração de extrato etéreo da carcaça de frangos de corte aos 21 dias de idade.

545 Sobre o teor de cinzas na carcaça, nota-se pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ) que o  
546 tratamento com 1% de L-glutamina sem a adição de zinco apresentou menor  
547 concentração de cinzas que o grupo controle.

548 A suplementação de 2% de L-glutamina, independentemente do nível de zinco,  
549 proporcionou maior teor de cinzas na carcaça que a adição de 1%. Esta variação pode  
550 ser decorrente do maior teor de matéria seca da carcaça observado para este  
551 tratamento. Dai et. al. (2011) também constatou aumento na concentração de cinzas da  
552 carcaça de frangos de corte, criados em condições de estresse por calor, aos 35 dias  
553 de idade, recebendo a suplementação de L-glutamina. No entanto, Ayazi (2014) não

554 observou efeito da adição do referido aminoácido na dieta de frangos de corte aos 42  
555 dias de idade sobre este parâmetro.

556 Nesta pesquisa, os níveis de zinco não interferiram na deposição de cinzas na  
557 carcaça de frangos de corte, o que esta de acordo com os dados de Trindade Neto et  
558 al. (2010), que também não verificaram efeitos dos níveis de 43 e 253mg de zinco/kg  
559 de ração sobre este parâmetro em frangos de corte. Por outro lado, conforme relatado  
560 por Sunder et al. (2008), a concentração de cinzas na tíbia de frangos de corte aos 28  
561 dias de idade não apresentou variação com a suplementação de zinco até o nível de  
562 160 mg/kg de ração, mas diminuiu com a adição de 320 mg/kg, o que indica a  
563 possibilidade do efeito negativo de altas concentração de zinco sobre a mineralização  
564 óssea.

565 Constatou-se que a deposição de água, proteína, extrato etéreo e cinzas na  
566 carcaça e a relação proteína/extrato etéreo não foram influenciados pela associação de  
567 L-glutamina e zinco na dieta ( $P>0,05$ ) (Tabela 9). Além disso, as variáveis deposição  
568 de água e proteína bruta na carcaça também não diferiram do tratamento controle  
569 ( $P>0,05$ ). Estes resultados podem ter ocorrido devido à formulação das rações  
570 experimentais terem sido isoenergéticas e isoprotéicas, o que proporcionou a ingestão  
571 equilibrada de energia metabolizável e proteína bruta pelos animais.

572  
573 Tabela 9. Taxas de deposição na carcaça de frangos de corte alimentados com  
574 diferentes níveis de L-glutamina e zinco aos 21 dias de idade

Controle	Glutamina (%)	Zinco (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P	
		0	90	120			L	Q
Água								
457,973	1	474,285	454,398	440,831	456,510	8,87	0,808	0,944
	2	417,495	439,588	459,672				
	Média	445,890	446,990	450,250				
Proteína								
357,959	1	386,024	366,145	355,958	369,376	10,18	0,346	0,750
	2	359,113	374,163	366,362				
	Média	373,280	370,150	361,160				
Extrato etéreo								
244,743	1	211,317	198,831	197,482	202,540	17,79	0,521	0,877

	2	179,612*	206,844	214,315	200,260			
	Média	195,460	202,840	205,900				
Proteína/extrato etéreo								
1,461	1	1,902	1,883	1,858	1,881	17,10	0,208	0,813
	2	2,047*	1,817	1,711	1,845			
	Média	1,966	1,850	1,784				
Cinzas								
58,379	1	49,347*	51,662	51,913	50,975b	14,35	0,070	0,906
	2	55,906	58,703	62,542	59,051a			
	Média	52,627	55,183	57,228				

575 Médias seguidas de asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

576 Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para uma mesma variável, não diferem SNK ( $P > 0,05$ ).

577 L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

578

579 Os níveis de L-glutamina não influenciaram a deposição de proteína na carcaça,  
 580 indicando que possivelmente a suplementação desse aminoácido não tenha efeito  
 581 sobre este parâmetro, discordando das observações de Watford & Wu (2005) que  
 582 afirmam que a adição de L-glutamina incrementa a síntese de proteína no músculo  
 583 esquelético.

584 Ao pesquisarem os efeitos da suplementação de L-glutamina, Tannus *et al.*  
 585 (2005) executando sua pesquisa com ratos Wistar desnutridos, e Quadros (2010),  
 586 utilizando adultos de tilápia do Nilo e níveis de inclusão de 1, 2, 3 e 4% de L-glutamina  
 587 não observaram efeito da suplementação desse aminoácido sobre a deposição de  
 588 proteínas e de extrato etéreo.

589 Em contrapartida Furlan *et al.* (2004) reportaram que a deposição de proteína na  
 590 carcaça é pré-estabelecida pela ave, de acordo com sua informação genética, ou seja,  
 591 existe um limite para a deposição diária de proteína, que não pode ser compensado  
 592 pela dieta.

593 Com relação à deposição de extrato etéreo na carcaça observa-se que as aves  
 594 suplementadas com 2% de L-glutamina sem a adição de zinco suplementar  
 595 apresentaram menor deposição quando comparado com o tratamento controle  
 596 ( $P < 0,05$ ).

597 Constatou-se tendência de aumento na deposição de extrato etéreo com o  
 598 aumento da suplementação isolada de zinco. Este efeito foi verificado por Trindade

599 Neto *et al.* (2010) que verificaram maiores valores de deposição de gordura corporal  
600 com suplementação de 253mg de zinco/kg de ração quando comparado com o nível de  
601 43mg de Zinco/kg de ração. Esta propensão pode esta relacionada ao efeito do zinco  
602 sobre o anabolismo dos lipídios, uma vez que proporciona o aumento da produção de  
603 genes de enzimas lipogênicas, como a ácido graxo sintase, malato desidrogenase e a  
604 lipoproteína lipase (Liu *et al.* 2015). Além disso, o efeito lipogênico do zinco também  
605 esta relacionado com a redução da concentração de óxido nítrico, que ocorre através  
606 da enzima superóxido dismutase, que contém zinco em sua constituição, protegendo  
607 as membranas celulares da peroxidação lipídica ocasionada por radicais livres como o  
608 oxido nítrico (Oh & Choi, 2004).

609 A relação proteína/extrato etéreo foi superior no tratamento com a  
610 suplementação de 2% de L-glutamina sem a adição de zinco quando comparada com o  
611 tratamento controle ( $P<0,05$ ), este resultado indica uma alteração positiva na  
612 composição da carcaça, visto que excesso de gordura além de reduzir o rendimento de  
613 carcaça e a eficiência alimentar das aves, também leva o consumidor à rejeição da  
614 carne de frango, visto que o mercado de hoje exige uma carne mais magra (Gaya *et*  
615 *al.*, 2006).

616 Quanto ao teor de cinzas depositadas na carcaça, verifica-se que o grupo  
617 controle apresentou maior deposição de cinzas que o tratamento 1% de L-glutamina  
618 sem o acréscimo de zinco ( $P<0,05$ ). E com relação aos níveis isolados de L-glutamina,  
619 observa-se que a adição de 2% desse aminoácido apresentou maior deposição de  
620 cinzas quando comparado com o nível de 1% ( $P<0,05$ ).

621 Resultados semelhantes a esta pesquisa foram descritos por Trindade Neto *et*  
622 *al.* (2010), que ao testarem os níveis de 43 e 253mg de zinco/kg de ração em frangos  
623 de corte aos 42 dias de idade sobre a deposição de nutrientes na carcaça, também não  
624 observaram efeitos da suplementação desse mineral sobre a deposição de cinzas na  
625 carcaça.

626 Através da análise econômica (Tabela 10), verifica-se que as rações com a  
 627 adição de L-glutamina (L-Gln) e zinco (Zn) apresentaram custo superior em 29,70%  
 628 (1%L-Gln com 0,0mg de Zn); 36,67% (1%L-Gln com 90,0mg de Zn); 30,69% (1%L-Gln  
 629 com 120,0mg de Zn); 63,00% (2%L-Gln com 0,0mg de Zn); 64,02% (2%L-Gln com  
 630 90,0mg de Zn) e 63,00% (2%L-Gln com 120,0mg de Zn) em relação ao tratamento  
 631 controle.

632  
 633 Tabela 10. Análise econômica da produção de frangos de cortes submetidos às dietas  
 634 suplementadas com diferentes níveis de L-glutamina e zinco no período de 1 a 21 dias  
 635 de idade

Variáveis	Níveis de L-glutamina (%) e de zinco (mg/kg)						
	0/0	1/0	1/90	1/120	2/0	2/90	2/120
Custo médio de arraçãoamento (Kg/R\$)	3,03	3,93	4,02	3,96	4,94	4,97	4,94
Relação CMA/GPM (R\$/Kg)	3,42	4,43	4,53	4,40	5,65	5,63	5,60
Renda bruta média (R\$)	3,515	3,523	3,511	3,561	3,466	3,507	3,500
Margem bruta média	0,481	-0,414	-0,515	-0,401	-1,475	-1,471	-1,445
Rentabilidade Média	15,845	-10,528	-12,785	-10,122	-29,850	-29,549	-29,221

636  
 637 A renda bruta média da ração com acréscimo de 1% de L-glutamina combinado  
 638 com 0 e 120mg de zinco/kg de ração foram superiores ao controle, devido ao maior  
 639 peso vivo médio dos animais que receberam estas rações. No entanto, a margem bruta  
 640 de todos os tratamentos testados foi negativa e inferior à ração controle.

641 Quanto à rentabilidade média, como era esperado, todos os tratamentos  
 642 apresentam valores inferiores ao controle. Desta forma, como este índice expressa a  
 643 taxa de retorno do capital empregado, a suplementação de L-glutamina e zinco, nas  
 644 condições em que foi executada esta pesquisa e com base nos preço praticados no  
 645 período em que o experimento foi realizado, pode-se afirmar que não houve vantagem  
 646 econômica na utilização destes nutrientes na alimentação de frangos de corte no  
 647 período de 1 a 21 dias de idade.

648 A maior margem bruta média e a maior rentabilidade média do tratamento  
649 controle podem ser atribuídas, principalmente, ao menor custo/kg da ração controle e a  
650 ausência de efeitos sobre os parâmetros de desempenho nos animais alimentados com  
651 as rações com a adição de L-glutamina e zinco, não possibilitando, portanto cobrir os  
652 custos com essas suplementações e a obtenção de lucros superiores ao grupo  
653 controle.

654 Por outro lado, Avellaneda et al. (2008), ao pesquisarem o efeito da  
655 suplementação do produto aminogut® que contém 95% de L-glutamina + 5% de ácido  
656 glutâmico, em frangos de corte no período de 1 a 25 dias de idade, constataram maior  
657 ganho de peso, melhor conversão alimentar e menor custo/kg do peso vivo nos animais  
658 que receberam a adição de 1,5% deste produto quando comparado com o nível de  
659 suplementação de 1% e com o controle.

660

## 661 **CONCLUSÃO**

662 Dietas suplementadas com 1 e 2% de L-glutamina associadas com 0, 90 e  
663 120mg de zinco/kg de ração não melhoram as variáveis de desempenho nas fases de  
664 1 a 7 e de 1 a 21 dias de idade, rendimento de carcaça e cortes nobres e viabilidade  
665 econômica. No entanto, podem influenciar o peso relativo do fígado, moela e coração,  
666 a composição e a deposição de extrato etéreo e cinzas da carcaça frangos de corte  
667 aos 21 dias de idade.

668

## 669 **REFERÊNCIAS**

670

- 671 Ahmadi F, ebrahimnezhad Y, sis NM, Ghalehkandi JG. The effects of zinc oxide  
672 nanoparticles on performance, digestive organs and serum lipid concentrations in  
673 broiler chickens during starter period. *International Journal of Biosciences* 2013; 3 (7):  
674 23-29.
- 675 Ao T, Pierce JL, Pescatore AJ, Cantor AH, Dawson KA, Ford MJ, Shafer BL. Effects of  
676 Organic Zinc and Phytase Supplementation in a Maize–soybean Meal Diet on the  
677 Performance and Tissue Zinc Content of Broiler Chicks. *British Poultry Science* 2007;;  
678 48: 690-695.
- 679

- 680 Avellaneda Y, Ariza HCJ, Afanador T. Effect of L-Glutamine and L-Glutamate  
681 (Aminogut) supplementation on the early growth of broilers. *Revista de la Facultad de*  
682 *Medicina Veterinaria y de Zootecnia* 2008, 55:77–90.
- 683  
684 Aviagen Ross 308. Objetivos de desempenho, 2012. Disponível em:  
685 <[http://en.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Portuguese/](http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Portuguese/Ross308FrangosObjetivosDesempenho12PT.pdf)  
686 [Ross308FrangosObjetivosDesempenho12PT.pdf](http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Portuguese/Ross308FrangosObjetivosDesempenho12PT.pdf)>Acesso em: 12 maio 2016.
- 687  
688 Aviagen Ross. 2009. Ross 308: Nutrition Supplement. Disponível em:  
689 [http://pt.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_Broiler/Ross\\_Nutrition\\_Supplement.pdf](http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross_Nutrition_Supplement.pdf)  
690 . Acesso em: 09/06/2016.
- 691  
692 Ayazi M. The effect of dietary glutamine supplementation on performance and blood  
693 parameter, carcass characteristics, quality and characteristics meat of broiler chickens  
694 under continuous heat stress condition. *International Journal of Farming and Allied*  
695 *Sciences* 2014; 3(12): 1234-1242.
- 696  
697 Bartell SM, Batal AB. The effect of supplemental glutamine on growth performance,  
698 development of the gastrointestinal tract, and humoral immune response of broilers.  
699 *Poultry Science* 2007, 86(9): 1940-1947.
- 700  
701 Berry WD, Brake J. Comparison of parameters associated with molt induced by fasting,  
702 zinc and low dietary sodium in caged layers. *Poultry Science* 1985, v.64, p.20-27.
- 703  
704 Brasil. Ministério da Agricultura. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos  
705 Produtos de Origem Animal. Brasília, 1980. 166 p.
- 706  
707 Buffington DE, Collazo-Arocho A, Canton GH, Pitt D, Thatcher WW, Collier RJ. Black-  
708 Globe-Humidity Index (BGHI) as comfort equations for dairy cows. *Transactions of the*  
709 *ASAE* 1981; 24(3): 711-714.
- 710  
711 Cassuce DC, Tinôco IFF, Baêta FC, Zolnier S, Cecon PR, Vieira MFA. Thermal comfort  
712 temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. *Revista Engenharia*  
713 *Agrícola* 2013; 33(1): 28-36.
- 714  
715 Dai SF, Wang LK, Wen AY, Wang LX, Jin GM. Dietary glutamine supplementation  
716 improves growth performance, meat quality and colour stability of broilers under heat  
717 stress. *British Poultry Science* 2009, 50:333-340.
- 718  
719 Dai SF, Gao F, Zhang WH, Song SX, Xu XL, Zhou GH. Effects of dietary glutamine and  
720 gamma-amino butyric acid on performance, carcass Characteristics and serum  
721 parameters in broilers under circular heat stress. *Animal Feed Science and Technology*  
722 2011; 168 (1-2): 51-60.
- 723  
724 Farran MT, Khalil, RF, Uwayjan MG, Ashkarian VM, Hajj RN. Performance and carcass  
725 quality of commercial broiler strains. *Journal of Applied Poultry Research* 2000; 9(3):  
726 252-257.
- 727 Figueiredo EM, Donzele RFMO, Donzele JL, Sousa KRS, Cardoso EF, Sélos AN, Silva  
728 AD, Jacob RF. L-glutamina para frangos de corte mantidos em termoneutralidade dos  
729 21 aos 42 dias. *Semina: Ciências Agrárias* 2015; 36(3): 1633-1642.
- 730

- 731 Fraga AL, Moreira I, Furlan AC, Bastos AO, Oliveira RPDe Murakami AE. Lysine  
732 requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein  
733 diets. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 2008; 51(1): 49-56.  
734
- 735 Fukatsu K, Kudsk K A. Nutrition and gut immunity. *Surgical Clinics of North America*  
736 2011; 91(4): 755-770.  
737
- 738 Furlan RL, Faria Filho DE de, Rosa PS, Macari M. Does low-protein diet improve broiler  
739 performance under heat stress conditions? *Brazilian Journal of Poultry Science* 2004,  
740 6:71-86.  
741
- 742 Gaya LG, Mourão GB, Ferraz JBS. Aspectos genético-quantitativos de características  
743 de desempenho, carcaça e composição corporal em frangos. *Ciência Rural*  
744 2006, 36(2): 709-716.  
745
- 746 Gomes PC, Rigueira DCM, Rostagno HS, Albino LFT, Brumano G, Schimidt M.  
747 Exigências nutricionais de zinco para frangos de corte machos e fêmeas na fase inicial.  
748 *Revista Brasileira de Zootecnia* 2008, 37(1): 79-83.  
749
- 750 Gomes PC, Rigueira DCM, Brumano G, Albino LFT, Rostagno HS, Schmidt M. Níveis  
751 nutricionais de zinco para frangos de corte machos e fêmeas nas fases de crescimento  
752 e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2009; 38(9): 1719- 1725.  
753
- 754 Jahanian R, Rasouli E. Effects of dietary substitution of zincmethionine  
755 for inorganic zinc sources on growth performance, tissue zinc accumulation and some  
756 blood parameters in broiler chicks. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*  
757 2015; 99(1): 50-58.  
758
- 759 Khah MM, Ahmadi F, Amanlou H. Influence of dietary different levels of zinc oxide nano  
760 particles on the yield and quality carcass of broiler chickens during starter stage. *The*  
761 *Indian Journal of Animal Sciences* 2015; 85(3): 287-290.  
762
- 763 Liu Z H, Lu L, Li SF, Zhang LY, Xi L, Zhang KY, Luo XG. Effects of supplemental zinc  
764 source and level on growth performance, carcass traits, and meat quality of  
765 broilers. *Poultry Science* 2011; 90(1): 782-1790.  
766
- 767 Liu ZH, Lu H, Wang RL, Lei HL, Li SF, Zhang LY, Luo XG. Effects of supplemental zinc  
768 source and level on antioxidant ability and fat metabolism-related enzymes of broilers.  
769 *Poultry Science* 2015; 94(11): 2686–2694.  
770
- 771 Lopes JCO, Figueirêdo AVD, Lopes JB, Lima DCP, Ribeiro MN, Lima VBDS. Zinc and  
772 vitamin E in diets for broilers reared under heat stress. *Revista Brasileira de Saúde e*  
773 *Produção Animal* 2015; 16(2): 350-364.  
774
- 775 Lu J, Combs Jr GF. Effect of excess dietary zinc on pancreatic exocrine function in  
776 the chick. *The Journal of Nutrition* 1988; 118:681-689.  
777
- 778 Macari M, Furlan RL, Gonzales E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2.ed.  
779 Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 375p.  
780 MacLennan P.A., Smith K., Weryk B., Watt P.W., Rennie M.J. Inhibition of protein  
781 breakdown by glutamine in perfused rat skeletal muscle. *FEBS Lett.* 1988,237:133–136.  
782

- 783 Nascimento GV, Cardoso EA, Batista NL, Souza BB, Cambuí GB. Indicadores  
784 produtivos, fisiológicos e comportamentais de vacas de leite. *Agropecuária Científica no*  
785 *Semiárido* 2013; 9(4): 28-36.  
786
- 787 Nascimento GM, Leandro NSM, Café MB, Stringhini JH, Andrade MA, Martinez KLA,  
788 Mello HHC, Mascarenhas AG. Performance and intestinal characteristics of broiler  
789 chicken fed diet with glutamine in the diet without anticoccidials agents. *Revista*  
790 *Brasileira de Saúde e Produção Animal* 2014; 15(3): 637-648.  
791
- 792 Oh YS, Choi CB. Effects of zinc on lipogenesis of bovine intramuscular adipocytes.  
793 *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 2004, 17: 1378-1382.  
794
- 795 Oliveira RFM, Donzele JL, Abreu MLT, Ferreira RA, Vaz RGMV, Cella PS. Efeitos da  
796 temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes  
797 nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*  
798 2006; 35 (3): 797-803.  
799
- 800 Prefeitura Municipal de Teresina. Secretaria Municipal e Planejamento e Coordenação  
801 – SEMPLAN. Projeto: Banco de dados de Teresina, Componentes: Características  
802 Gerais. Teresina, PI, 2011. Disponível  
803 em:<http://www.teresinapigov.com.br/media/uploads/documento/2011/11/CARACTERIS>  
804 [TICASGERAIS.pdf](http://www.teresinapigov.com.br/media/uploads/documento/2011/11/CARACTERIS). Acesso em 16/02/2012.  
805
- 806 Quadros M. Efeitos da suplementação de glutamina na ração de tilápia do Nilo sobre o  
807 desempenho e resistência à infecção bacteriana. (Tese). Viçosa (MG): Universidade  
808 Federal de Viçosa; 2010.  
809
- 810 Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira AS,  
811 Barreto SLT, Euclides RF. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de  
812 alimentos e exigências nutricionais . 3. ed. –Viçosa; MG: UFV; 2011, 252p.  
813
- 814 Sahin K, Sahin N, Kucuk O, Hayirli A, Prasad AS. Role of dietary zinc in heat-stressed  
815 poultry: a review. *Poultry Science* 2009; 88(10): 2176-2183.  
816
- 817 Salabi F, Boujarpoor M, Fayazi J, Salari S, Nazari M. Effects of Different Levels of Zinc  
818 on the Performance and Carcass Characteristics of Broiler Reared under Heat Stress  
819 Condition. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 2011; 10(10):1332-1335.  
820
- 821 Salmanzadeh M, Shahryar HA. Effects of dietary supplementation with glutamine on  
822 growth performance, small intestinal morphology and carcass traits in turkey poult  
823 under heat stress. *Revue de Médecine Vétérinaire* 2013; 164(10): 476–480.  
824
- 825 Santos RVT, Caperuto EC, Costa Rosa LFBP. Effects of acute exhaustive physical  
826 exercise upon glutamine metabolism of lymphocytes from trained rats. *Life Science*  
827 2007, 80(6): 573-578.  
828
- 829 Sas Institute. *Statistical Analysis Systems User's Guide: statistics*. 2. ed. version 9.0.  
830 Carry, NC, USA: SAS Institute, 2002.  
831 Silva DJ, Queiroz AC. *Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 3.ed.  
832 Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.  
833

- 834 Silva TGF, Moura MSB, Sá IS, Zolnier S, Turco SHN, Justino F, Carmo JFA, Souza  
835 LSB. Impactos das mudanças climáticas na produção leiteira do Estado de  
836 Pernambuco: Análise Para Os Cenários B2 e A2 do IPCC. Revista Brasileira de  
837 Meteorologia 2009; 24, (4): 489–501.  
838
- 839 Silva GC, Nascimento MRBM, Penha-Silva N, Fernandes EA, Vilela DR, Souto MM.  
840 Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a estresse cíclico  
841 de calor. Revista Ceres 2015; 62(4): 372-378.  
842
- 843 Stringhini JH, Andrade ML, Andrade LA. Desempenho, balanço e retenção de  
844 nutrientes e biometria dos órgãos digestivos de frangos de corte alimentados com  
845 diferentes níveis de proteína na ração pré-inicial. Revista Brasileira de Zootecnia 2006;  
846 35(6): 2350-2358.  
847
- 848 Sunder GS, Panda AK, Gopinath NCS, Rao SVR, Raju M, Reddy MR, Kumar CV.  
849 Effects of higher levels of zinc supplementation on performance, mineral availability,  
850 and immune competence in broiler chickens. Journal of Applied Poultry Research 2008,  
851 17: 79–86  
852
- 853 Tang ZG, Wen C, Wang LC, Wang T, Zhou YM. Effect of zincbearing zeolite  
854 clinoptilolite on growth performance, nutrient retention, digestive enzyme activities, and  
855 intestinal function of broilerchickens. Biological Trace Element Research 2014, 158(1):  
856 517.  
857
- 858 Tannus AFS, Junqueira-Franco MM, Suen VMM, Portari GV, Marchini JS.  
859 Suplementação de ratos desnutridos com L-glutamina por tempo curto. Revista de  
860 Nutrição 2005, 18(6):719-725.  
861
- 862 Trindade Neto MA, Kobashigawa E, Namazu LB. Lisina digestível e zinco orgânico para  
863 frangos de corte machos na fase de 22 a 42 dias de idade. Revista Brasileira de  
864 Zootecnia 2010; 39(11): 2460-2470.  
865
- 866 Togashi CK. Teores de colesterol e ácidos graxos em tecidos e soro de frangos de  
867 corte submetidos a diferentes programas nutricionais. (Tese). Rio de Janeiro (RJ):  
868 Universidade Estadual do Norte Fluminense; 2004.  
869
- 870 União Brasileira de Avicultura. Norma Técnica de Produção Integrada de Frango. São  
871 Paulo: UBA, 2009. 64p. Disponível em: <<http://www.uba.org.br/>>. Acesso em: 14 jan.  
872 2013.  
873
- 874 Watford M, Wu G. Glutamine metabolism in uricotelic species: variation in skeletal  
875 muscle glutamine synthetase, L-glutaminase, glutamine levels and rates of protein  
876 synthesis. Comparative Biochemistry and Physiology 2005, 140(4): 607- 614.  
877
- 878 Zaghari M, Avazkhanllo M, Ganjkhanelou M. Reevaluation of male broiler zinc  
879 requirement by doseresponse trial using practical diet with added exogenous phytase.  
880 Journal of Agricultural Science and Technology 2015, 17: 333-343.  
881
- 882 Zavarize KC, Sartori JR, Pezzato AC, Garcia EA, Cruz VC. L-glutamina na dieta de  
883 poedeiras leves submetidas ao estresse pelo calor e à termoneutralidade. Ciência  
884 Animal Brasileira 2011; 12 (3): 400-406.

**Capítulo 2**

Parâmetros séricos, resposta imune e morfometria intestinal de frangos de corte suplementados com L-glutamina e zinco <sup>1</sup>

\*Daniela C. P. Lima; \*Agustinho V. Figueiredo, João B. Lopes\*

**ABSTRACT:** Lima D.C.P. & Figueiredo A.V. de. [Serum parameters, immune response and intestinal morphology of broiler chickens supplemented with L- glutamine and zinc]. Parâmetros séricos, resposta imune e morfometria intestinal de frangos de corte suplementados com L-glutamina e zinco. Pesquisa Veterinária Brasileira 00(0):00-00. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Campus Universitário Socopo, CEP: 64049-550, Teresina, PI – Brazil. E-mail: [danicrisvet@hotmail.com](mailto:danicrisvet@hotmail.com)

This study aimed to evaluate the effect of adding L-glutamine and zinc on serum biochemistry, histomorphometry of the cloacal bursa, weights of lymphoid organs and intestinal morphology of the small intestine. Were used 630 chicks of the Ross line, distributed in a completely randomized design in a factorial 3 (0, 90 and 120 mg of zinc/kg feed) x 2 (1 and 2% L-glutamine), a control, with five replicates and 18 birds each. The supplementation of 1% L-glutamine combined with 120 mg of zinc/kg feed and 2% without the addition of supplemental zinc provided increased of the total protein. There was no difference between the studied nutrients for weight of lymphoid organs. The level of 1% L-glutamine without the addition of zinc and 2% of this amino acid associated with all zinc levels studied caused an increase of the total and medullary area of the cloacal bursa and reduced of the relationship cortical/medullary and of the percentage of the cortical area. The inclusion of 1% L-glutamine associated with 90mg of zinc/kg diet caused a reduction of the depth of the crypts of the duodenum and ileum, and the level of 1% L-glutamine without zinc addition and 2% with 120mg of zinc favor an increase of the wall thickness of the jejunum. The addition of L-glutamine and zinc in broiler diets during the period from 1 to 21 days of age, influences plasma concentrations of total proteins, total and medullary area of the cloacal bursa, the depth crypts of the duodenum and ileum and the wall thickness of the jejunum.

**Index terms:** cloacal bursa, crypts, glutamine, zinc.

**RESUMO:** O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da adição de L-glutamina e zinco sobre a bioquímica plasmática, histomorfometria da bolsa cloacal, peso dos órgãos linfoides e morfometria do intestino delgado. Foram utilizados 630 pintos da linhagem Ross, distribuídas em delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2 (1 e 2% de L-glutamina) e 3 (0,90, e 120 mg de Zn/kg de ração) e um controle, com cinco repetições e 18 aves cada. A suplementação de 1% L-glutamina combinada com 120mg de zinco/kg de ração e de 2% sem o acréscimo de zinco suplementar proporcionaram aumento das proteínas totais. Não houve diferença entre os nutrientes estudados para peso dos órgãos linfoides. O nível de 1% de L-glutamina sem a adição de zinco e de 2% deste aminoácido associado com todos os níveis de zinco estudados ocasionou aumento da área total e medular da bolsa cloacal e redução da relação cortical/medular e porcentagem da área cortical. A inclusão de 1% de L-glutamina associado com 90mg de zinco/kg de ração propiciou redução da profundidade de criptas do duodeno e íleo e o nível de 1% de L-glutamina sem o acréscimo de zinco e de 2% com 120mg de zinco favoreceram o aumento da espessura da parede do jejuno. A adição de L-glutamina e zinco em dietas de frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade influencia a concentração plasmática de proteínas totais, a área total e medular da bolsa cloacal, a profundidade de criptas do duodeno e íleo e a espessura da parede do jejuno.

**Termos de indexação:** bolsa cloacal, criptas, glutamina, zinco.

## INTRODUÇÃO

Muitas pesquisas tem relatado a importância do estresse térmico na avicultura devido aos problemas resultantes desse fenômeno, pois além de prejudicar o desempenho zootécnico, também ocasiona alterações metabólicas, tais como, alterações bioquímicas no sangue (Al-Zghoul et al. 2015), redução dos órgãos linfoides (Quinteiro Filho et al. 2012), aumento da região do córtex e redução da medular, e aumento da relação córtex:medular da bolsa cloacal (Maqbool et al. 2004, Aengwanich 2008) e comprometimento da mucosa intestinal (Porto et al. 2015).

A suplementação de L-glutamina em dietas de frangos de corte tem proporcionado respostas positivas sobre o peso dos órgãos linfoides (Porto et al. 2015), e além disso é utilizado por diferentes tecidos para a síntese de glutathione reduzida, principal antioxidante celular não enzimático (Cruzat et al. 2009).

O zinco é um micro-mineral que está envolvido com diversas funções tais como metabolismo dos carboidratos, proteínas e ácidos nucleicos (NRC, 1994), além disso, está presente na enzima superóxido dismutase e desempenha importante papel no sistema imune (Spears & Weiss 2008).

Tanto a L-glutamina como o zinco também estão envolvidos com a melhora das estruturas intestinais, tais como aumento da altura do vilo e da relação vilo:cripta dos segmentos do intestino delgado, proporcionando aumento da área de absorção intestinal e melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta (Sakamoto et al. 2011; Tang et al. 2014).

A suplementação de L-glutamina e do zinco tem apresentado resultados positivos em pesquisas na nutrição humana (Ladd et al. 2010; Lima et al. 2013), no entanto não há relatos sobre essa associação na nutrição de frangos de corte. Objetivou-se verificar o efeito da suplementação de L-glutamina combinada com zinco em dietas de frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade sobre a bioquímica plasmática, histomorfometria da bolsa cloacal, pesos absolutos e relativos dos órgãos linfoides e morfometria intestinal do duodeno, jejuno e íleo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), em Teresina, nos meses de junho a julho de 2015, com procedimentos aprovados pelo Comitê de ética em experimentação com animais CEEA/UFPI, sob o número 087/12.

A cidade de Teresina esta localizada na latitude de 05°05'12"S e uma longitude de 42°48'42"W. O clima de Teresina, de acordo com a classificação de Koppen é Aw', ou seja, é do tipo tropical úmido, com inverno seco e chuvas máximas no verão, caracterizado por índices pluviométricos bastantes irregulares. Os meses que apresentam as maiores incidências de chuvas são de janeiro a abril; e menos chuvoso de junho a novembro, com temperaturas médias anuais de mínima e máxima de 22,2 a 34°C, respectivamente, 69,90% de umidade relativa do ar e precipitação média anual de 1.377,7 mm (Prefeitura Municipal de Teresina, 2011).

Seiscentos e trinta pintos, machos e fêmeas, da linhagem Ross, na fase de 1 a 21 dias de idade, com peso médio inicial de 38,17±0,77g, foram utilizados para o experimento. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x3+1, sendo dois níveis de L-glutamina (1 e 2%) associado a três níveis de zinco (0, 90 e 120mg/kg de ração), na forma orgânica Availa®Zinco, uma dieta controle e cinco repetições.

Os frangos de corte receberam uma dieta pré-inicial até os 7 dias (Tabela 1) e uma dieta para a fase inicial (Tabela 2), dos 8 aos 21 dias de idade. As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais recomendadas por Rostagno et al. (2011). O zinco foi suplementado nas dietas em substituição ao material inerte e a L-glutamina foi introduzida na formulação das dietas. As aves receberam ração e água a vontade.

Foram alojadas 18 aves (9 machos e 9 fêmeas), em boxes de 2,7m<sup>2</sup>, dotados de comedouros tubulares e bebedouros pendulares, localizados em galpões de alvenaria coberto de telhas de cerâmica e piso cimentado.

Para o controle da entrada de raios solares e correntes de ar, foram utilizadas cortinas ao redor do galpão. No período do dia, nos horários em que a temperatura ultrapassou a zona de termoneutralidade das aves, foram ligados ventiladores visando amenizar o estresse por calor aos animais.

O monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar nos galpões foi realizado por meio de termômetros de máxima e mínima e termo-higrômetro de bulbo seco e úmido, mantidos no centro do galpão a altura do dorso das aves. As leituras dos termômetros foram realizadas três vezes ao dia (8, 13 e 16 horas), com exceção de máxima e mínima, cuja leitura era realizada somente pela manhã, durante todo o período experimental. Esses dados foram, posteriormente, convertidos em Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington et al. (1981). O programa de luz adotado foi o contínuo (24 horas de luz natural+artificial) utilizando lâmpadas incandescentes de 60W.

Aos 19 dias de idade no período da manhã, foi coletado 3ml de sangue pela veia jugular de 5 aves por tratamento, sendo uma ave de cada repetição, as mesmas foram selecionadas de forma aleatória. O soro obtido após coagulação e centrifugação do sangue foi estocado a  $-20^{\circ}\text{C}$  para posteriores análises das concentrações plasmática de proteína total, albumina, globulina, glicose, creatinina, ácido úrico, alanina transaminase, aspartato transaminase e creatina quinase. As determinações bioquímicas foram realizadas por meio de kits enzimáticos comerciais em analisador bioquímico semi-automático Bio-200F, Bioplus®, seguindo os protocolos descritos pelo fabricante.

No 21º dia duas aves, com peso próximo a média de cada boxe, foram pesadas e identificadas, e, posteriormente submetidas aos procedimentos normais de abate (atordoamento, sangria e depenação), conforme preconizados pelo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal (Brasil, 1980), para a avaliação dos pesos absolutos e relativos dos órgãos linfóides (timo, baço e bolsa cloacal), calculados, respectivamente, em função do peso vivo da ave ( $(\text{peso do órgão/peso vivo}) * 100$ ) e em relação à carcaça depenada e eviscerada com pés, cabeça e pescoço, histomorfometria da bolsa cloacal e morfometria do intestino delgado.

Foram coletadas duas porções de aproximadamente 2cm de comprimento em cada um dos seguimentos intestinais (duodeno, jejuno, íleo) de cada uma das aves. Imediatamente após secção do órgão, foi realizada a lavagem do lúmen intestinal com água destilada para a retirada do conteúdo luminal. Cada segmento intestinal foi coletado de duas formas: fechado e aberto (grampeada em um cartão de papel de aproximadamente 2cmx2cm) (Gava 2012).

Após coletadas e pesadas, as bolsas cloacais e as porções do intestino (duodeno, jejuno e íleo), foram identificadas e acondicionadas individualmente em solução de formalina a 10% tamponado, por 24 horas, posteriormente, foram transferidos para a solução de álcool 70% e destinadas ao Laboratório de Patologia Animal da Universidade Federal do Piauí para confecção das lâminas segundo Carvalho et al. (2015). A porcentagem do córtex do folículo linfóide bursal e das variáveis morfométricas do intestino foram determinadas através de um analisador de imagem computadorizado Leica Qwin D-1000, versão 4.1 (Cambridge, UK), sob aumento de 4X.

Para a mensuração das variáveis da bolsa cloacal foram utilizados 10 folículos bursais completos (Muniz et al. 2006). Os folículos selecionados foram circundados por uma linha obtendo-se a área folicular total. Em seguida, a porção medular do mesmo folículo foi delimitada, passando uma linha sobre a membrana basal que divide as duas áreas foliculares. Dessa forma, foi possível calcular a porcentagem de córtex folicular, subtraindo-se a área medular da área total de cada folículo, e a relação entre a área cortical e medular.

Para a mensuração das estruturas do intestino delgado, em seus três segmentos, foram capturados 10 campos por animal. As medidas da altura e largura dos vilos, profundidade de cripta, altura do enterócito, espessura da parede e os índices: altura de vilo/profundidade de cripta, altura vilo/largura do vilo, altura enterócito/largura vilo foram realizadas segundo Gava (2012).

Os dados sobre as variáveis ambientais foram submetidos aos cálculos de média e desvio padrão. Os demais parâmetros foram submetidos à análise de variância, e quando significativos, os níveis de L-glutamina foram comparados pelo teste de Duncan, e os níveis de zinco por análise de regressão. No confronto de cada tratamento com a dieta controle, aplicou-se o teste de Dunnett, segundo os procedimentos do PROC GLM do software SAS (2002). Com exceção da histomorfometria da bolsa cloacal, que violou os princípios da normalidade e da homocedasticidade e, dessa forma, o teste utilizado foi o Kruskal-Wallis. Foi usado o  $\alpha = 0,05$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme Medeiros et al. (2005) a faixa de umidade relativa do ar confortável para as aves é de 50 a 70%, as temperaturas segundo Cassuce et al. (2013) são 31,3; 26,3 – 23,2 e 22,5-23,2°C,

respectivamente na primeira, segunda e terceira semana de vida, e o índice de temperatura de globo e umidade na primeira semana vai de 77 a 81 e na segunda e terceira semana de vida o intervalo é de 74,5 a 77 (Oliveira et al., 2006). Considerando os dados expostos e os valores das variáveis ambientais obtidos durante o ensaio experimental (Tabela 3), os animais foram criados em condições de estresse por calor, e durante a primeira e segunda semana, foram expostos a temperaturas acima e abaixo da faixa de conforto térmico.

Com relação aos parâmetros bioquímicos, observa-se que os animais alimentados com as rações suplementadas com 1% de L-glutamina combinado com 120mg de zinco/Kg de ração e com 2% de L-glutamina sem a suplementação de zinco suplementar foram superiores quando comparados ao tratamento controle ( $P < 0,05$ ) (Tabela 4). No entanto, as concentrações das proteínas plasmáticas totais em todos os tratamentos, encontram-se dentro dos valores considerados normais em aves, que segundo Kaneko et al. (1997) variam de 2,5 a 4,5 g/dL. Tais achados sugerem um bom estado de saúde dos animais, pois a dosagem das proteínas plasmáticas totais permite a indicação de alterações de falhas hepáticas, transtornos intestinais e renais, hemorragia ou deficiência na alimentação (González & Silva 2006).

Com relação aos nutrientes estudados averiguou-se interação entre a L-glutamina e o zinco suplementar para proteínas totais ( $P < 0,05$ ). Desta forma, constata-se efeito linear crescente para níveis de zinco nas dietas com a adição de 1% de L-glutamina, representado pela equação:  $\hat{Y} = 0,087x + 2,5673$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,85$ ). Com o desdobramento da interação, observa-se o nível de 2% de L-glutamina sem a adição de zinco suplementar apresentou maior concentração de proteínas totais quando comparado ao nível de 1%.

A respeito da concentração de globulina, pode-se verificar que os tratamentos testes não diferiram do controle, no entanto, verificou-se interação entre os níveis de L-glutamina e zinco suplementar, constatando-se efeito linear decrescente para o nível de zinco nas dietas que continham 2% de L-glutamina, conforme a equação:  $\hat{Y} = -0,0069x + 1,9694$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,91$ ). No desdobramento da interação, verifica-se que o nível de 2% de L-glutamina sem o acréscimo de zinco suplementar propiciou a maior concentração de globulina plasmática ( $P < 0,05$ ). Apesar dos resultados encontrados, percebe-se que em todos os tratamentos os valores apresentados estão abaixo dos limites normais (3,1g/dL) (Kaneko et al. 1997).

A associação de 2% de L-glutamina com os níveis de zinco propostos nesta pesquisa apresentaram efeitos contrários ao esperado para concentração plasmática de proteínas totais e globulina, uma vez que, o zinco proporciona o aumento da concentração das proteínas totais, por desempenhar papel fundamental na síntese de proteínas celulares e DNA (ácido desoxirribonucleico) (Tse et al. 2010, Al-Daraji & Mahmood 2011). Dessa forma, os efeitos benéficos da adição de zinco na dieta de frangos de corte, parecem ser influenciados pelos níveis de L-glutamina, pois quando este mineral é associado com o nível de 1% deste aminoácido, constatam-se resultados satisfatórios quanto a estas variáveis.

Os valores médios de albumina e a relação albumina/globulina (Tabela 4) não apresentam diferença quando comparado com o controle ( $P > 0,05$ ), e também não foram influenciados pela associação de L-glutamina e zinco na dieta ( $P > 0,05$ ). Todos os tratamentos apresentam valores de albumina abaixo (2,5g/dL) e da relação albumina/globulina acima (0,8) dos limites normais referenciados por Kaneko et al. (1997). E, segundo González & Silva (2006), a hipoalbuminemia pode ser causada por dano hepático crônico, déficit alimentar de fontes proteicas e parasitismos, devido à saída de proteínas pelo intestino. Fato este que não se pode atribuir aos tratamentos testes pela semelhança entre os mesmos e com o tratamento controle.

A baixa relação albumina/globulina e a concentração elevada de globulina significam melhor resposta imune e resistência à doença (Abdel-Fattah et al. 2008), mesmo que a concentração da proteína total se encontre dentro dos parâmetros normais de referência (Lumeij, 1997). Estes dados, no entanto, não refletem o que foi encontrado nesta pesquisa, pois a concentração de globulina e albumina situa-se abaixo e a relação albumina/globulina acima dos valores considerados normais para frangos de corte. Desta forma, os resultados encontrados nesta pesquisa denotam baixa resposta imunológica.

Com relação à adição de L-glutamina nas dietas de frangos de corte e seus efeitos sobre a concentração das proteínas plasmáticas, Soltan (2009), verificou que a adição de 1% de L-glutamina na dieta de frangos de corte no período de 1 a 42 dias de idade, proporcionou maior concentração de

proteínas totais e albumina, todavia a inclusão de 2% deste aminoácido na ração ocasionou redução destes parâmetros, e ambos os níveis de L-glutamina não influenciaram os valores de globulina e a relação albumina/globulina. Entretanto, apesar da concentração de globulina (1,84g/dl) e da relação albumina/globulina (1,32) encontradas por este autor em todos os tratamentos testes não esta de acordo com o considerado normal e indicar uma baixa resposta imunológica, a suplementação de 1% de L-glutamina aumentou a atividade fagocítica e a produção de linfócitos, melhorando consequentemente a resposta imune.

Pesquisando o efeito da suplementação de zinco sobre as proteínas plasmáticas totais, Bahakaim et al. (2014), averiguaram que a adição de 150mg de zinco orgânico/kg de ração proporcionou os maiores valores de proteínas totais, globulina, albumina e melhorou a relação albumina/globulina em galinhas poedeiras com idade de 24 a 36 semanas quando comparada aos níveis suplementares de 50 e 100mg de zinco/kg de ração e ao controle (50mg/kg). Da mesma forma, Sajadifar & Miranzadeh (2013) também constataram os maiores valores para estes parâmetros com a adição de 200mg de zinco suplementar/kg de ração em dietas de frangos de corte no período de 1 a 42 dias de idade quando comparado ao nível de 120mg/kg e com a ração controle (40mg/kg).

No tocante a concentração das enzimas plasmáticas, verifica-se que para alanina transaminase e a creatina quinase não houve diferença quando comparadas ao grupo controle ( $P>0,05$ ) (Tabela 4).

Por outro lado, para aspartato transaminase, observa-se que a adição de 1% de L-glutamina sem a adição de zinco suplementar apresentou valor superior ao tratamento controle ( $P<0,05$ ). E, independente do nível de zinco, averigua-se que a inclusão de 1% de L-glutamina propicia a maior concentração de aspartato transaminase quando comparado ao nível de 2% ( $P<0,05$ ).

Os níveis plasmáticos de aspartato e alanina transaminase são relatados com um indicador sensível de lesão hepática, cujos níveis normais para frangos de corte são de 202-325 e 14 a 34UI/L (Borsa et al. 2006), respectivamente, desta maneira o aumento na concentração destas enzimas acima dos intervalos propostos, podem refletir injúrias nos hepatócitos (Nyblom et al. 2004), todavia, por não serem enzimas específicas de distúrbio hepatocelular na maioria das aves, devem ser mensuradas juntamente com uma enzima músculo-específica, como a creatina quinase, para que seja possível diferenciar dano hepático de lesão muscular (Schmidt et al. 2007). Assim, constata-se que os valores de aspartato aminotransferase obtidos para os animais dos tratamentos com adição de 1% de L-glutamina sem a adição de zinco suplementar e do tratamento com 1% de L-glutamina independente dos níveis de zinco, não estão relacionados com lesão hepática, e sim com algum tipo de distúrbio muscular, uma vez que, todos os tratamentos apresentaram valores de creatina quinase acima do proposto por Silva et al. (2007), cujo intervalo é de  $2485\pm 1,122$ U/L.

A suplementação de L-glutamina em rações de suínos expostos a micotoxina desoxinivalenol(Wu et al. 2013) e de frangos de corte submetidos ao estresse por frio(Fathi et al. 2015), assim como a adição de zinco em dietas de frangos de corte recebendo a dose tóxica de salinomicina(Kamashi et al. 2004) foram capazes de ocasionar a redução dos níveis destas enzimas, indicando que estes nutrientes melhoram a função de desintoxicação do fígado.

Com relação à atividade da creatina quinase, resultados contrários a esta pesquisa são relatados por Hu et al. (2016), que ao investigarem os efeitos da suplementação de L-glutamina em condições de estresse por calor, constataram que a suplementação de 5g de L-glutamina/kg de ração foi suficiente para reduzir as concentrações dessa enzima, o que esta de acordo com Loblely et al. (2001) que relata que este aminoácido atua como regulador metabólico aumentando a síntese de proteína e reduzindo o catabolismo protéico, se suplementado na ração, reduzindo os danos musculares ocasionados por ação da creatina quinase.

Por outro lado, Tong et al. (2000) constataram que os efeitos do zinco sobre a creatina quinase são muito distintos em comparação com outros íons metálicos bivalentes e que níveis de zinco de até 0,1mM podem ocasionar aumento na atividade desta enzima em organismos vivos, o que esta de acordo com o descrito por Cui et al. (2004b) que ao pesquisarem os efeitos do excesso de zinco em frangos de corte, utilizando os níveis de 1400, 1900 e 2400mg de zinco/kg de ração constataram aumento na concentração plasmática de creatina quinase em frangos de corte quando comparados com o grupo controle (100mg/kg).

Desta forma, considerando que em frangos de corte o aumento na atividade plasmática da enzima creatina quinase está associado a danos musculares, pois este é liberado na circulação após mudanças na permeabilidade do sarcolema, geralmente em resposta a diversos patógenos e exposição

a fatores ambientais estressantes, como por exemplo, o estresse agudo por calor (Siller et al. 1978; Mitchel & Sandercock 1995, Sandercock et al. 2001), presume-se que os valores de zinco presentes na ração controle e nos tratamentos utilizados podem ter contribuído com o aumento na concentração de creatina quinase, e que a suplementação de L-glutamina não foi capaz de reduzir a atividade dessa enzima.

Observa-se que a concentração plasmática de glicose, creatinina e ácido úrico não se distinguem do tratamento controle ( $P>0,05$ ) (Tabela 4). E, também, não foram influenciadas pela associação de L-glutamina e zinco na dieta ( $P>0,05$ ).

Constata-se que a concentração de glicose das aves em todos os tratamentos, incluindo o controle, apresentam valores abaixo da faixa recomendada para frangos, que segundo Campbell (2004) é de 200 a 500mg/dL.

Em humanos, administração oral de L-glutamina esta relacionada ao aumento da concentração do hormônio Glucagon Like Peptide - 1, um pró-hormônio produzido pelas células L do intestino distal, pelas células  $\alpha$  das ilhotas pancreáticas e pelo sistema nervoso central (Silva & Bloom 2012) e desempenha ações importantes, como inibição do esvaziamento gástrico, atravessa a barreira hematoencefálica, aumentando a sensação de saciedade e provoca um aumento na secreção de insulina (Kastin et al. 2002), reduzindo a concentração plasmática de glicose.

Em contrapartida, a adição de L-glutamina em dietas de frangos de corte, não interfere na redução da concentração de glicose plasmática ocasionada pelo estresse por calor cíclico (30-34°C) (Hu et al. 2016).

O zinco atua de forma positiva no metabolismo da glicose, atuando no processo de síntese de insulina nas células  $\beta$ -pancreáticas (Wijesekara et al. 2009), o que esta de acordo com a pesquisa de Shisheva et al. (1992) em que constataram este efeito ao administrar zinco intraperitonealmente em animais diabéticos, observando redução da glicose sanguínea a valores normais no espaço de 3 horas.

Por outro lado, em matrizes pesadas, com idades entre 54 e 66 semanas, a suplementação de zinco proporcionou aumento na concentração de glicose plasmática (Al-Daraji & Mahmood 2011).

Fundamentado nestes achados pode-se sugerir que os níveis de zinco presentes na ração basal, acima do recomendado por Rostagno et al. (2011) 81,3 e 71,5mg de zinco/kg de ração para a fase de 1 a 7 e de 8 a 21 dias de idade, respectivamente, e de 100mg de zinco/kg de ração para todas as fases de criação segundo o manual da linhagem Ross (Aviagen Ross 2009), podem explicar a redução dos níveis de glicose encontrados.

Os níveis dos ingredientes testes não alteraram a concentração de ácido úrico e todos os tratamentos apresentaram valores considerados normais para a espécie, de 2 a 15mg/dL segundo Benez (2004), denotando que tais ingredientes não interferiram na conjugação hepática e nem na excreção renal deste metabólico. Em contrapartida, Karasawa et al. (1973) verificaram aumento da concentração plasmática de ácido úrico com a suplementação de L-glutamina, que tendeu a ser maior em dietas com altos níveis de proteína bruta. No entanto, quanto aos efeitos da adição de zinco, Jahanian & Rasouli (2015), verificaram que este mineral ocasionou decréscimo nos níveis séricos deste metabólico em frangos de corte.

Os resultados obtidos para creatinina encontram-se abaixo do intervalo indicado para frangos, que é 0,49 a 0,55 mg/dl (Silva et al. 2007), inclusive no grupo controle, desta forma, considerando que os valores de creatinina são um excelente indicador da função renal, e que níveis muito altos no sangue indicam uma deficiência na funcionalidade dos rins (Motta 2003), pode-se deduzir que os níveis de L-glutamina e zinco utilizados nesta pesquisa, não interferiram na função renal. Concordando com este resultado, Hsu et al. (2012) em um estudo conduzido com leitões, também não verificaram influência da suplementação de L-glutamina sobre a concentração plasmática de creatinina. A adição de zinco também parece não interferir na concentração deste metabólico, pois Idowu et al. (2011) trabalhando com poedeiras, e Fawzy et al. (2016) com frangos de corte, também não verificaram efeito da suplementação deste mineral sobre a concentração sérica deste metabólico.

Os pesos absolutos e relativos da timo, baço e bolsa cloacal não diferiram do tratamento controle ( $P>0,05$ ) (Tabela 5). Também não se constatou influencia da associação de L-glutamina e zinco sobre estas variáveis ( $P>0,05$ ).

O desenvolvimento dos órgãos do sistema imunológico é essencial para a formação e funcionalidade da resposta a desafios sanitários, por isso vários trabalhos têm sido realizados com nutrientes funcionais visando proporcionar o aumento dos tecidos e das células dos órgãos linfáticos.

Khempaka et al. (2011) verificaram que a suplementação de L-glutamina em níveis de 3% promoveu crescimento do baço, mas não teve efeito sobre o peso da bolsa cloacal de frangos de corte aos 21 dias de idade. Sakamoto et al. (2006) constataram que a suplementação de 1% de L-glutamina, no período de 1 a 7 dias de idade, não interferiu no peso do timo e da bolsa cloacal, mas ocasionou maior peso para o baço. Soltan (2009) averiguou que o nível de 1% de L-glutamina resultou em maiores peso de baço e de bolsa cloacal em frangos de corte aos 42 dias de idade, e que os níveis de 1,5 e 2% provocaram redução desses órgãos, mas estes níveis não influenciaram o peso do timo. Bartell & Bartal (2007) verificaram que frangos de corte criados em condições de estresse por calor no período de 1 a 21 dias e alimentados com ração contendo diferentes níveis de L-glutamina, apresentaram aumento no peso do baço e do timo com a suplementação de 1% deste aminoácido, mas não foi verificado efeito sobre o peso da bolsa cloacal.

Quanto à relação entre a suplementação de zinco e o desenvolvimento dos órgãos linfoides, Cui et al. (2004a) constataram que a deficiência de zinco causa redução da taxa de crescimento dos órgãos linfoides de aves, sendo maior na bolsa cloacal, seguido do timo e baço. Chand et al. (2014) ao adicionarem 300mg de zinco/kg de ração em dietas de frangos de corte criados em condições de estresse por calor, constataram efeitos benéficos dessa suplementação sobre o peso do timo, baço e bolsa cloacal. E, Al-Masad (2012) observou que a suplementação de 175mg de zinco/kg de ração de frangos de corte, criados em condições de estresse por calor, proporcionou maior peso para o baço e bolsa cloacal quando comparado com o controle. Entretanto, concordando com o relatado nesta pesquisa, Soni et al. (2013) não verificaram efeito da suplementação de zinco sobre o peso dos órgãos linfoides, de frangos de corte aos 42 dias de idade, mantidos em condições termoneutras.

Através dos dados relatados por estes autores observa-se que os efeitos da adição de L-glutamina e zinco sobre o peso dos órgãos linfoides parecem depender de fatores como idade e estímulo de fatores estressantes. Assim, presume-se que as oscilações de temperatura acima e abaixo dos valores da faixa de conforto térmico verificadas nesta pesquisa durante as três semanas de vida das aves (Tabela 3), podem não ter sido suficientes para desencadear uma resposta imunológica. Além disso, segundo Silva et al. (2009) o grau de imunossupressão depende da duração e intensidade do estresse, da genética do animal e da fisiologia de cada indivíduo.

Os maiores escores para área total e medular, e os menores para a relação cortical/medular e porcentagem de área cortical para a bolsa cloacal no período de 1 a 21 dias, foi verificado nos tratamentos com as combinações 1% de L-glutamina sem a adição de zinco suplementar e 2% deste aminoácido com todos os níveis de zinco estudados quando comparado com o tratamento controle ( $P < 0,05$ ) (Tabela 6). Já para área cortical não se constatou diferença entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ).

O principal objetivo das pesquisas com nutrientes funcionais, quanto aos parâmetros histomorfométricos da bolsa cloacal, é proporcionar o aumento da área cortical, pois é nesta região que ocorre a diferenciação e maturação dos linfócitos B, responsáveis pela produção de anticorpos (Warner & Szenberg 1964), permitindo que as aves respondam prontamente quando expostas a alguma situação adversa. No entanto, como se trata de uma resposta imune adaptativa, há necessidade de um feedback entre a produção de anticorpos e o estímulo antigênico (Sprent 1994, Ahmed & Sprent 1999). E, além disso, a grande maioria dos linfócitos encontra-se em estado inativo, e possuirão atividade apenas quando houver algum tipo de interação com um antígeno, necessário para a ativação e proliferação linfocitária (De Castro 2001).

Então considerando o exposto, pode inferir que os valores constantes dos escores da área cortical e aumento da medular em resposta a suplementação de L-glutamina e zinco, podem indicar menor produção de anticorpos, e, que, portanto as aves não se encontravam em condições de responder prontamente às condições adversas. É interessante observar que os valores de globulina e da relação albumina/globulina encontrados nesta pesquisa já apontavam uma resposta imunológica baixa para todos os tratamentos (Tabela 4). Entretanto, o aumento da região medular também pode ser visto como um resultado positivo da adição destes nutrientes na dieta, pois esta região é formada principalmente por linfoblastos (Hodges 1974), que são células mais jovens e que após o amadurecimento formarão os linfócitos.

Segundo Maqbool et al. (2004) e Aengwanich (2008) o estresse térmico ocasiona aumento da região do córtex, redução da medular e aumento da relação córtex:medular da bolsa cloacal, entendese por tanto, que estas alterações fisiológicas, são uma reação de defesa do sistema imune. No entanto,

alguns autores relatam efeitos benéficos com a adição de nutrientes funcionais na dieta de frangos de corte mantidos em condições termoneutras e em estresse por calor, por exemplo, Pelícia et al. (2015) ao pesquisar o efeito da suplementação de L-glutamina e ácido glutâmico, em frangos de corte, em situação de conforto térmico, verificaram que aos 7, 14 e 21 dias de idade essa suplementação promoveu maiores valores de porcentagem da região cortical. E em situação de estresse por calor, Silva et al. (2014) verificam aumento da região cortical com a suplementação de cromo em dietas de frangos de corte, no período de 1 a 21 dias. E, Aengwanich (2008) verifica que a suplementação de vitamina C reduz as lesões na bolsa cloacal ocasionadas pelo estresse calórico.

Desta forma, considerando os dados de histomorfometria da bolsa cloaca e das variáveis ambientais verificadas neste estudo, pode-se inferir que os animais não foram expostos a situações capazes de estimular a expressão de alterações fisiológicas características de estresse térmico e que a adição de 1% de L-glutamina e de 2% associada com todos os níveis de zinco pesquisados, diferentemente de outros nutrientes funcionais, aumentaram a área medular e conseqüentemente a área total, desta forma um estudo mais detalhando incluindo pesquisa do efeito dessa suplementação sobre a estrutura e componentes celulares da bolsa cloacal tornam-se importante para entender o comportamento desses nutrientes frente a condições de conforto térmico e em estresse por calor.

Em relação à morfometria intestinal do duodeno, observa-se ao se comparar com grupo controle que os tratamentos com a adição de 1 e 2% de L-glutamina, ambos combinados com 90mg de zinco/kg de ração apresentam menor profundidade de cripta e menor altura de vilo, respectivamente, ( $P < 0,05$ ).

Segundo Tucci et al. (2011) altos valores de profundidade de cripta indicam maior atividade proliferativa celular, visando garantir adequada taxa de renovação epitelial e compensar as perdas das alturas dos vilos, no entanto, criptas menos profundas podem indicar melhor estado de saúde intestinal (Viola & Vieira 2007), desta forma a menor profundidade de cripta, verificada no tratamento com a combinação 1% de L-glutamina com 90mg de zinco/kg, neste estudo, pode esta relacionada com o menor gasto energético com a renovação celular.

Quanto à associação de L-glutamina e zinco, observa-se que não influenciou a profundidade de cripta, altura do enterócito: largura do vilo e espessura da parede ( $P > 0,05$ ) (Tabela 7). Todavia, constatou-se influencia sobre as variáveis altura de vilos, relação altura de vilos: profundidade de cripta, largura de vilo e relação altura de vilo: largura de vilo ( $P < 0,05$ ).

Para altura de vilos e relação altura de vilos: profundidade de cripta, respectivamente, os valores de zinco, dentro dos níveis 2 e 1% de L-glutamina exerceram efeito quadrático representados pelas equações:  $\hat{Y} = 0,051x^2 - 8,0266x + 1230,3$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 1$ ) e  $\hat{Y} = -0,0008x^2 + 0,1013x + 7,027$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 1$ ), com pontos mínimos e máximos de 78,70 e 63,31mg de zinco/kg de ração. No desdobramento da interação, observa-se que para o tratamento sem a adição de zinco suplementar, a inclusão de 2% de L-glutamina propicia maior altura de vilo e maior relação vilo/cripta ( $P < 0,05$ ).

O efeito benéfico da suplementação de L-glutamina na resposta imune de frangos tem sido associado com um melhor desenvolvimento da mucosa intestinal, conforme reportado por Bartell e Batal (2007) e Soltan (2009) que observaram que a adição de 1% de L-glutamina na dieta de frangos de corte no período de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade, respectivamente, estimula o desenvolvimento do trato gastrointestinal e a resposta imune. Portanto, esta discussão pode explicar a ausência de efeitos sobre os órgãos linfoides verificados nesta pesquisa.

De maneira semelhante, Khempaka et al. (2011) verificaram que a adição de 1% de L-glutamina na dieta de frangos de corte, aos 42 dias de idade, proporcionou maior relação vilo:cripta, e os níveis 2 e 3% desse aminoácido ocasionou menores valores para esta relação, no entanto, não interferiram sobre a altura de vilos e profundidade de criptas. Maiorka et al. (2016) verificaram que frangos de corte alimentados com 1% de L-glutamina no período de 1 a 7 dias de idade, apresentam maior altura de vilos, no entanto, não afeta a profundidade de criptas.

Com relação à adição de zinco, Hu et al. (2013) verificaram que frangos de corte, alimentados com dietas com o acréscimo de 60mg de zinco/kg de ração no período de 1 a 21 dias de idade proporcionaram maior altura de vilos e melhor relação vilo:cripta quanto comparado ao controle (42,35mg de zinco/kg). De maneira semelhante, Tang et al. (2014) observaram maior altura de vilos e melhor relação vilo:cripta em frangos de corte suplementados com 80mg de zinco/kg de ração quando comparado aos animais que receberam ração basal (29,1mg de zinco/kg), aos 14 e 21 dias de idade.

Sobre a largura de vilos, relação altura de vilo: largura de vilo e altura do enterócitos averiguou-se influencia linear do zinco sobre o nível de 1% de L-glutamina, conforme as equações:  $\hat{Y} = -0,3894x + 146,69$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,99$ ),  $\hat{Y} = 0,0254x + 7,1662$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,98$ ) e  $\hat{Y} = -0,2189x + 78,261$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,99$ ). E, nos tratamentos sem a adição suplementar de zinco, este mesmo nível de adição de L-glutamina propiciou os maiores valores para largura de vilos e altura do enterócitos ( $P < 0,05$ ). Para o nível de 2% deste aminoácido observa-se efeito linear decrescente dos níveis de zinco para a relação altura de vilo: largura de vilo, segundo a equação:  $\hat{Y} = -0,0353x + 12,012$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,95$ ).

Com relação à proporção altura de vilo: largura de vilo é desejável que as vilosidades se apresentem mais altas e estreitas, ou seja, quanto maior esta relação, melhor será a absorção de nutrientes. Divergindo dos dados desta pesquisa, Khempaka et al. (2011) verificaram que a adição de 1% de L-glutamina na dieta de frangos de corte com 42 dias de idade ocasionou maiores valores para largura de vilos e relação altura de vilo: largura de vilo, no entanto, a inclusão de 2 e 3% deste aminoácido ocasionaram redução desses parâmetros a valores menores que o grupo controle. Estes autores sugeriram que a maior largura de vilos não incrementa a utilização dos nutrientes, pois não verificaram efeito dos níveis de L-glutamina sobre a digestibilidade da matéria seca e retenção de nitrogênio.

A respeito da morfometria do jejuno, apenas para a variável espessura da parede é possível observar que os tratamentos com adição de 1% de L-glutamina sem a adição de zinco suplementar e 2% de L-glutamina associado à 120mg de zinco/kg de ração apresentam maiores valores quando comparado ao controle ( $P < 0,05$ ) (Tabela 8). No entanto, Martins et al. (2014) não constataram diferenças na espessura das túnicas que compõem a mucosa do jejuno de frangos de corte que receberam a adição de 1% de L-glutamina na dieta.

Por outro lado, não se verificou interação entre os níveis de L-glutamina e zinco para os índices de morfometria intestinal do jejuno ( $P > 0,05$ ).

A adição de L-glutamina isolada ou combinada com zinco suplementar não proporcionou o efeito esperado sobre a superfície absorptiva do jejuno, que seria menor profundidade de criptas e maior altura de vilos, o que indicaria melhor absorção de nutrientes e menores perdas energéticas com a renovação celular (Oetting et al. 2006).

Resultados similares a esta pesquisa são relatados por Khempaka et al. (2011), que também não verificaram efeito da suplementação de L-glutamina (1, 2 e 3%) sobre a profundidade de cripta, altura de vilos, largura de vilos e relação vilo:cripta do jejuno em frangos de corte aos 42 dias de idade. Por outro lado, a inclusão de 1% de L-glutamina proporcionou aumento da altura de vilos e profundidade de criptas do jejuno de frangos de corte, aos 42 dias de idade (Soltan 2009), na fase pré-inicial (Maiorka et al. 2016) e aos 18 e 42 dias de idade (Nascimento et al. 2014).

Sobre os níveis de zinco, Tang et al. (2014) averiguaram que a suplementação de 80mg de zinco/kg de ração ocasionou aumento da altura de vilos e da relação vilo:cripta, em frangos de corte aos 14 e 21 dias de idade quando comparado ao tratamento controle (29,1mg de zinco/kg).

A adição de 2% de L-glutamina na dieta ocasionou aumento na altura de enterócito. E para a relação altura de enterócito: largura de vilo observa-se efeito quadrático dos níveis de zinco, conforme equação:  $\hat{Y} = 2E-05x^2 - 0,0021x + 0,512$  ( $R^2 = 1$ ).

Para morfometria intestinal do íleo, verifica-se, pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ) que as aves que receberam 1% de L-glutamina combinado com 120mg de zinco suplementar/kg de ração apresentam menor profundidade de cripta quando comparadas com as aves do tratamento controle (Tabela 9). Todavia, o mesmo efeito não foi observado para as demais variáveis ( $P > 0,05$ ).

A suplementação combinada de L-glutamina e zinco não influenciou as variáveis analisadas para morfometria do íleo ( $P > 0,05$ ). Entretanto, os níveis de zinco exerceram efeito quadrático sobre a profundidade de cripta e relação altura de vilo: profundidade de cripta, respectivamente, conforme as equações:  $\hat{Y} = -0,0081x^2 + 0,8517x + 93,707$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 1$ ) e  $\hat{Y} = 0,0004x^2 - 0,0467x + 6,827$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 1$ ), atingindo o valor máximo e mínimo com 52,57 e 58,37mg de zinco/kg da dieta. E linear decrescente sobre as variáveis largura de vilo e altura de enterócito, de acordo com as equações:  $\hat{Y} = -0,1158x + 116,39$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,43$ ) e  $\hat{Y} = -0,0492x + 60,461$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,37$ ), respectivamente.

Resultados contrários a esta pesquisa são reportados por Maiorka et al. (2016), que verificaram que adição de 1% de L-glutamina propiciou o aumento da altura dos vilos, mas nenhum efeito sobre a profundidade de criptas do íleo de frangos de corte aos 7 dias de idade. Já, Nascimento et

al. (2014) observaram que a adição de 2% de L-glutamina ocasionou o aumento da profundidade de criptas, entretanto não interferiu na altura de vilos e na relação vilos:cripta do íleo de frangos de corte aos 18 e 21 dias de idade.

Sobre a influencia do zinco sobre a morfometria do íleo, Shao et al. (2014) relatam que este mineral age reparando as lesões intestinais, reduzindo o índice de apoptose e aumentando o índice de proliferação de células epiteliais, a altura das vilosidades e a relação vilos:cripta deste segmento do intestino delgado. Estes autores verificaram que a suplementação de 120mg de zinco/kg de ração ocasiona aumento da altura das vilosidades e da relação altura de vilos:profundidade de cripta do íleo de frangos de corte aos 42 dias de idade desafiados com *Salmonella typhimurium*. Desta maneira, pode-se inferir que nesta pesquisa a ausência de efeitos da suplementação de zinco sobre estas variáveis, pode está relacionado, em parte, à possível diferença no status imunológico das aves.

Uma provável explicação para ausência de efeitos da suplementação de L-glutamina e zinco sobre a morfometria do intestino delgado é a maturação intestinal, uma vez que o desenvolvimento completo dos vilos do duodeno de frangos de corte ocorre até os sete (Zavarize et al. 2011) e do jejuno e do íleo continua até 14 dias de idade (Uni et al. 1998), ou seja, aos 21 dias de idade as aves já apresentavam completo desenvolvimento das estruturas intestinais. Alguns autores (Maiorka et al. 2000, Sakamoto et al. 2006, Maiorka et al. 2016) confirmam essa proposição, pois ao pesquisarem o efeito da adição de L-glutamina na fase pré-inicial de frangos de corte, observaram melhor desenvolvimento da mucosa intestinal, mostrando que esse aminoácido tem papel importante na maturação do intestino dos pintos, que ocorre nos primeiros dias de vida das aves.

## CONCLUSÕES

A adição de L-glutamina e zinco em dietas de frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade apesar de não influenciar o peso dos órgãos linfoides, proporcionou o aumento da concentração plasmática de proteínas totais, da área total e medular da bolsa cloacal, da espessura da parede do jejuno e menor profundidade de criptas do duodeno e íleo.

## REFERÊNCIAS

- Abdel-Fattah S.A., El-Sanhoury M.H., El-Mednay N.M. & Abdel-Azeem F. 2008. Thyroid activity, some blood constituents, organs morphology and performance of broiler chicks fed supplemental organic acids. *Int. J. Poult. Sci.* 7:215-222.
- Aengwanich, W. 2008. Pathological changes and effect of ascorbic acid on lesion scores of bursa of Fabricius in broilers under chronic heat stress. *Res. J. Vet. Sci.*, 1: 62-66.
- Ahmed R., Sprent J. 1999. Immunological memory. *Immunologist.* v. 7: 23-26.
- Al-Daraji H.J. & Mahmood M.H.M. 2011. Effect of Dietary Zinc on Certain Blood Traits of Broiler Breeder Chickens. *Int. J. Poult. Sci.* 10:808-813.
- Al-Masad M. 2012. Effects of Vitamin C and Zinc on Broilers Performance of Immunocompetence under Heat Stress. *Effects of Vitamin C and Zinc on Broilers Performance of Immunocompetence under Heat Stress. Asian J. Anim. Sci.* 6: 76-84.
- Al-Zghoul M.B., El-Bahr S.M., Al-Rukibat R.K., Dalab A.E.S., Thnaian A. Althnaian T.A. & Al-Ramadan S.Y. 2015. Biochemical and molecular investigation of thermal manipulation protocols during broiler embryogenesis and subsequent thermal challeng. *BMC Vet Res.* 11:1-9.
- Aviagen Ross. 2009. Ross 308: Nutrition Supplement. Disponível em: [http://pt.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_Broiler/Ross\\_Nutrition\\_Supplement.pdf](http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross_Nutrition_Supplement.pdf). Acesso em: 09/06/2016.
- Bahakaim A. S. A, Hmat A. A.M., Sahar, M. H.O., Amal S.O., AbdelMalak N. Y., Nehad A.R. (2014). Effect of using different levels and sources of zinc in layer's diets on egg zinc enrichment. *Egypt. Poult. Sci.* 34: 39-56.

- Bartell, S. M. & Batal, A. B. 2007. The effect of supplemental glutamine on growth performance, development of the gastrointestinal tract, and humoral immune response of broilers. *Poult Sci.* 86: 1940-1947.
- Benez, S. M. 2004. *Aves: criação, clinica, teoria, prática: silvestres, ornamentais, avinhados.* 4. ed. Ribeirão Preto: SP: Tecmedd.
- Borsa A., Kohayama A., Boretti L. P., Saito M. E. & Kuibida K. 2006. Níveis séricos de enzimas de função hepática em frangos de corte de criação industrial clinicamente saudáveis. Resultados da pesquisa. *Arq. Bras. Med. Vet Zootec.* 58:675-677.
- Brasil. Ministério da Agricultura. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal. Brasília, 1980. 166 p.
- Buffington D.E., Collazo-Arocho A., Canton G.H., Pitt D., Thatcher W.W. & Collier R.J. 1981. Black-Globe-Humidity Index (BGHI) as comfort equations for dairy cows. *T. ASAE.* 24:711-714.
- Campbell T.W. 2004. Clinical chemistry of birds, p.479-492. In: Thrall M.A. (Ed.), *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry.* Lippincott, Williams and Wilkins, Philadelphia.
- Carvalho G.B., Lopes J.B., Silva S.R.G., Dourado L.R.B., Miranda D.F.H, & Costa F.A.L.. 2015. Desempenho, morfometria duodenal e histopatologia do fígado de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de selênio orgânico em condições de estresse calórico. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 16:365-376.
- Cassuce D.C., Tinôco I.F.F., Baêta F.C., Zolnier S., Cecon P.R. & Vieira, M.F.A. 2013. Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. *Rev. Eng. Agríc.* 33:28-36.
- Chand N., Naz S., Khan A., Khan S., Khan R.U. 2014. Performance traits and immune response of broiler chicks treated with zinc and ascorbic acid supplementation during cyclic heat stress. *Int J Biometeorol.* 58: 2153-7.
- Cruzat V.F., Petry E.R. & Tirapegui J. 2009. Glutamine: Biochemical, Metabolic, Molecular Aspects and Supplementation. *Rev. Bras. Med. Esporte.* 15: 392-397.
- Cui H., Xi P., Junliang D., Debing L. & Guang Y. 2004. Pathology of lymphoid organs in chickens fed a diet deficient in zinc. *Avian Pathol.* 33: 519-524a.
- Cui H., Zhao C., Li D., Deng J. 2004. Effects of zinc excess on blood biochemical findings in broilers. *Chinese J. Vet. Sci.* 24:504-507b.
- De Castro L.N. (2001). *Engenharia Imunológica: desenvolvimento e aplicação de ferramentas computacionais inspiradas em sistemas imunológicos artificiais.* Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação.
- Fathi M., Heidari M., Ahmadisefat A.A., Habibian M. & Moeini M.M. 2015. Influence of dietary glutamine supplementation on performance, biochemical indices and enzyme activities in broilers with cold-induced ascites. *Animal Production Science*. (Abstract).
- Fawzy M.M., El-Sadawi H.A., El-Dien M.H., Mohamed W.A.M. 2016. Hematological and Biochemical Performance of Poultry Following Zinc Oxide and Sodium Selenite Supplementation as Food Additives. *Ann Clin Pathol.* 4: 1076.
- Gava M.S. 2012. Metodologia de morfometria intestinal em frango de corte. 2012.61f. Dissertação (Mestrado em Ciência Veterinária), Universidade Federal.

- González F.H.D. & Silva S.C. 2006. Introdução à bioquímica clínica veterinária. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 357p.
- Hodges R.D. 1974. The Histology of Fowl. Academic press, London.
- Hsu C.B., Lee J.W, Huang H.J, Wang C.H., Lee T.T, Yen H.T, Yu B. 2012. Effects of Supplemental Glutamine on Growth Performance, Plasma Parameters and LPS-induced Immune Response of Weaned Barrows after Castration. *Asian Australas J Anim Sci.* 255: 674–681.
- Hu C.H., Qian Z.C., Song J., Luan Z.S., Zuo A.Y. 2013. Effects of zinc oxidemontmorillonite hybrid on growth performance, intestinal structure, and function of broiler chicken. *Poult. Sci.* 92:143-150.
- Hu H., Bai X., Shah A.A., Dai S., Wang L., Hua J., Che C., He S., Wen A. 2016. Interactive effects of glutamine and gamma-aminobutyric acid on growth performance and skeletal muscle amino acid metabolism of 22–42-day-old broilers exposed to hot environment. *Int. J. Biometeorol.* 60: 907-915.
- Idowu O.M.O., Ajuwon R.O., Oso A.O., Akinloye O.A. 2011. Effect of zinc supplementation on laying performance, serum chemistry and Zn residual in tibia bone, liver, excreta and egg shell of laying hens. *International Journal of poult. Sci.* 10:225-230.
- Jahanian R. & Rasouli E. 2015. 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.* 99:50-58.
- Kamashi K., Gopala Reddy A., Reddy K. S. , Reddy V. R. 2004. Evaluation of zinc against salinomycin toxicity in broilers. *Indian J. Physiol. Pharmacol.* 48: 89–95.
- Kaneko J.J., Harvey J.W. & Bruss M.L.1997. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 5th ed., San Diego, Academic Press, 932p.
- Karasawa Y., Tasaki I., Yokota H., Shibata F. 1973. Effect of infused glutamine on uric acid synthesis in chicken fed high and low protein diets. *J. Nutr.* 103:526-529.
- Kastin A.J., Akerstrom V., Pan W. 2002. Interactions of glucagon-like peptideo 1 (GLP-1) with the blood-brain barrier. *J Mol Neurosci.* 18:7-14.
- Khempaka S., Okrathok S., Hokking L., Thukhanon B., Molee W. 2011. Influence of Supplemental Glutamine on Nutrient Digestibility and Utilization, Small Intestinal Morphology and Gastrointestinal Tract and Immune Organ Developments of Broiler Chickens. 2011. *World Acad Sci Eng Technol.* 80:606-608.
- Ladd F.V., Ladd A.A., Ribeiro A.A., Costa S.B., Coutinho B.P., Feitosa G.A., Andrade G.M., Costa C.M.C., Magalhães C.E.C, Castro I.C., Oliveira B.B., Guerrant R.L., Lima A.A.M. & Oriá R.B. 2010. Zinc and glutamine improve brain development in suckling mice subjected to early postnatal malnutrition. *Nutr.* 26:662–70.
- Lima A.A.M., Kvalsund M.P., de Souza P.P. E., Figueiredo Í.L., Soares A.M., Mota R.M.S., Lima N.L., Pinkerton R.C., Patrick P.P., Guerrant R.L. & Oriá, R. B. 2013. Zinc, vitamin A, and glutamine supplementation in Brazilian shantytown children at risk for diarrhea results in sex-specific improvements in verbal learning. *Clin.* 68:351–358.
- Lobley G.E., Hoskin S.O., McNeil C.J. 2001. Glutamine in animal science and production. *J. Nutr.* 131:255-2531.

- Lumeij JT. Avian Clinical Biochemistry. In: Kaneko, J.J.; Harvey, J.W.; Bruss, M.L. Clinical Biochemistry of Domestic Animals 5th edition. San Diego, Academic Press, 1997. 932p.
- Maiorka A., Fischer da Silva A.V., Santin E., Borges A.S., Boleli I.C., Macari M. 2000. Influência da suplementação de glutamina sobre o desempenho e o desenvolvimento de vilos e criptas do intestino delgado de frangos. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 52: 487-490.
- Maiorka A., Silva A.V.F., Santin E., Dahlke F., Bruno L.D.G., Boleli I.C., Macari M., Trautenmuller H. 2016. Effect of Broiler Breeder Age and Glutamine Supplementation on the Development of the Intestinal Mucosa of 7-Day-Old Chicks. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 18:17-22.
- Maqbool A., Khan S.A, Khan K., Aslam A. & Anwar A. 2004. Effects of ascorbic acid and acetylsalicylic acid supplementation on performance of broiler chicks exposed to heat stress. *Pak. Vet J.* 24: 109-112.
- Martins M.R.F.B., Aguiar E.F., Mendes A.A., Martins B.B., Ortiz R.J. VI Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal, 6, 2014, Estância de São Pedro, SP – Brasil. Efeito de aminoácidos sintéticos na histomorfometria entérica de frangos de corte na fase pré inicial.
- Medeiros M.M., Baêta F.C., Oliveira R.F.M., Tinôco I.F.F., Albino L.F.T. & CECON P.R. 2005. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. *Eng. Agric.* 13:277-286.
- Mitchell M.A., Sandercock D.A. 1995. Creatine kinase isoenzyme profiles in the plasma of the domestic fowl (*Gallus domesticus*): effects of acute heat stress. *Res. Vet. Sci.*, 59: 30-34.
- Motta V. T. Bioquímica clínica para o Laboratório: princípios e interpretações. 4ª Edição. São Paulo, Editora Médica Missau, 2003.
- Muniz E.C., Fascina V.B., Pires P.P., Carrijo A.S. & Guimarães E.B. 2006. Histomorphology of bursa of Fabricius: effects of stock densities on commercial broilers. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 8:217-220.
- Nascimento G.M., Leandro N.S.M., Café M.B., Stringhini J.H., Andrade M.A., Martinez K.L.A., Mello H.H.C. & Mascarenhas A.G. 2014. Performance and intestinal characteristics of broiler chicken fed diet with glutamine in the diet without anticoccidials agents. *Rev. Bras. Saúde e Prod. Anim.* 15:637-648.
- NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed., Washington: National Academy Press.
- Nyblom H., Berggren U., Balldin J., Olsson R. 2004. High AST/ALT ratio may indicate advanced alcoholic liver diseases rather than heavy drinking. *Alcohol.* 39:336-339.
- Oetting L.L., Utiyama C.E., Giani P.A., Ruiz U.S., Miyada V.S. 2006. Efeitos de extratos vegetais e antimicrobianos sobre a digestibilidade aparente, morfometria e histologia intestinal de leitões recém-desmamados. *R. Bras. Zootec.* 35:1389-1397.
- Oliveira R.F.M., Donzele J.L., Abreu M.L.T., Ferreira R.A., Vaz R.G.M.V. & Cella, P.S. 2006. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *R. Bras. Zootec.* 35:797-803.
- Pelícia V.C., Ducatti C., Araujo P.C., Stradiotti A.C., Aoyagi M.M., Fernandes B.S., Silva E.T., Sartori J.R. (2015). Ação trófica de aditivos fitogênicos, glutamina e ácido glutâmico sobre a Bursa de Fabricius e intestino delgado de frangos de corte. *Pesqui. Vet. Bras.* 35(7): 691-699.

- Porto M.L., Givisiez P.E.N., Saraiva E.P., Costa F.G.P., Moreira Filho A.L.B., Andrade M.F.S., Brandão P.A. & Guerra R.R. 2015. Glutamic Acid Improves Body Weight Gain and Intestinal Morphology of Broiler Chickens Submitted to Heat Stress. *Braz J Poult Sci.* 17: 355-362.
- Prefeitura Municipal de Teresina. Secretaria Municipal e Planejamento e Coordenação – SEMPLAN. Projeto: Banco de dados de Teresina, Componentes: Características Gerais. Teresina, PI, 2011. Disponível em: <http://www.teresinapigov.com.br/media/uploads/documento/2011/11/CARACTERISTICASGERAIS.pdf>. Acesso em 16/02/2012.
- Quinteiro-Filho W.M., Rodrigues V., Ribeiro A., Ferraz-De-Paula V., Pinheiro P.L., Sá L.R.M., Ferreira A.J.P. & Palermo-Neto J. 2012. 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.* 90:1986-1994.
- 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. & Euclides R.F. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. –Viçosa, MG: UFV, 252p.
- Sajadifar S, Miranzadeh H. 2013. High levels of zinc stimulate different aspects of immune system in broiler chicks. *Int. J. Poult. Sci.* 12(20): 94-97.
- Sakamoto M.I., Murakami A.E. & Silveira T.G.V. 2006. Influence of Glutamine and Vitamin E on the Performance and the Immune Responses of Broiler Chickens. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 8: 243- 249.
- Sandercock D.A., Hunter R.R., Nute G.R., Mitchel M.A., Hocking P.M. 2001. Acute heat stress-induced alterations in blood acid-base status and skeletal muscle membrane integrity in broiler chickens at two ages: Implications for meat quality. *Poult. Sci.*, 80: 418-425.
- SAS INSTITUTE. 2002. Statistical Analysis Systems User's Guide: statistics. 2. ed. version 9.0. Carry, NC, USA: SAS Institute.
- Schmidt E.M.S., Locatelli-Dittrich R., Santin E. & Paulillo, A.C. 2007. Patologia clínica em aves de produção - uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola - revisão. *Arch. Vet Sci.* 12:9-2007.
- Shao Y., Lei Z., Yuan J., Yang Y., Guo Y. & Zhang B. Effect of zinc on growth performance, gut morphometry, and cecal microbial community in broilers challenged with *Salmonella enterica* serovar typhimurium. *J. Microbiol.* 52:1002-1011.
- Shisheva A., D. Gegel & Y. Shechter. 1992. Insulin-like effects of zinc ion in vitro and in vivo. Preferential effects on desensitized adipocytes and induction of normoglycemia in streptozocin-induced rats. *Diabetes.* 41:982-988.
- Siller W.G., Wight P.A.L., Martindale L., Bannister D.W. 1978. Deep pectoral myopathy: an experimental simulation in the fowl. *Res. Vet. Sci.*, 24: 267-268.
- Silva A. & Bloom S.R. 2012. Gut Hormones and Appetite Control: A Focus on PYY and GLP-1 as Therapeutic Targets in Obesity. *Gut Liver.* 6:10-20.
- Silva P.R.L., Freitas Neto O.C., Laurentiz A.C., Junqueira O.M., Fagliari J.J. 2007. Blood serum components and serum protein test of Hybro-PG broilers of different ages. *Braz. J. Poult. Sci.* 9:213-216.
- Silva S.R.G., Abreu M.L.T., Lopes J.B., Leal D.I.B., Almendra S.N.O., Silva S.M.M.S, Costa E.M.S. 2014. Desempenho e resposta imune de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com cromo na forma orgânica. *Rev. bras. ciênc. vet.* 21: 199-203.

- Silva V.K., Silva J.D.T., Torres K.A.A, Faria Filho D.E., Hada F.H. & Moraes V.M.B. 2009. Humoral immune response of broilers fed diets containing yeast extract and prebiotics in the prestarter phase and raised at different temperatures. *J. Appl. Poultry Res.* 18:530-540.
- Soltan M.A. 2009. Influence of Dietary Glutamine Supplementation on Growth Performance, Small Intestinal Morphology, Immune Response and Some Blood Parameters of Broiler Chickens. *Int. J. Poult. Sci.* 8: 60-68.
- Soni N., Mishra S.K., Swain R., Das A., Chichilichi B., Sethy K. 2013. Bioavailability and Immunity Response in Broiler Breeders on Organically Complexed Zinc Supplementation. *Food Nutr Sci.* 4: 1293-1300.
- Spears J.W. & Weiss W.P. 2008. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *Vet J.* 176:70-76.
- Sprent J. 1994. T and B memory cells. *Cellular Immunology*, 76: 315-322.
- Tang Z.G., Wen C., Wang L.C., Wang T., Zhou Y.M. 2014. Effect of zinc-bearing zeolite clinoptilolite on growth performance, nutrient retention, digestive enzyme activities, and intestinal function of broiler chickens. *Biol. Trace Elem. Res.* 158: 517.
- Tong X., Zeng X., Zhou H. 2000 Effect of zinc on creatine kinase: activity changes, conformational changes and aggregation. *J. Protein Chem.* 19: 551-559.
- Tse M.L.P., Costa L.B., Braz D.B., Garcia A.N., Berenchein B. & Miyada V.S. 2010. Leitões recém-desmamados alimentados com dietas contendo proteína láctea e zinco suplementar. *R.Bras. Zootec.* 39:2006-2016.
- Tucci F.M., Thomaz M.C., Nakaghi L.S.O., Hannas M.I., Scandolera A.J. & Budiño F.E.L. 2011. Efeito da adição de agentes tróficos na dieta de leitões desmamados sobre a estrutura e ultra-estrutura do intestino delgado e sobre o desempenho. *Arq. Bras. Med. Vet Zootec.* 63:931-940.
- Uni Z., Noy Y. & Sklan D. 1995. Posthatch changes in morphology and function of the small intestines in heavy- and light-strain chicks. *Poultry Science*, v. 74, n. 10, p. 1622-1629.
- Viola E.S. & Vieira S.L. 2007. Suplementação de acidificantes orgânicos e inorgânicos em dietas para frangos de corte: desempenho zootécnico e morfologia intestinal. *R. Bras. Zootec.* 36:1097-1104.
- Warner N.L. & Szenberg A. 1964. The Immunological Function of the Bursa of Fabricius in the Chicken. *Annu Rev Microbiol.* 18:253-266.
- Wijesekara N., Chimienti F. & Wheeler M.B. 2009. Zinc, a regulator of islet function and glucose homeostasis. *Diabetes Obes Metab.* 4:202.214.
- Wu L., Wan W., Yao k., Zhou T., Yin J., Li T., Yang L., He L., Yang X., Zhang H., Wang Q., Huang R., Yin Y. 2013. Effects of Dietary Arginine and Glutamine on Alleviating the Impairment Induced by Deoxynivalenol Stress and Immune Relevant Cytokines in Growing Pigs. *PLoS ONE* 8(7): e69502. doi:10.1371/journal.pone.0069502.
- Zavarize K.C., Sartori J.R., Pelícia V.C.L., Pezzato AC, Araújo PC, Stradiotti AC, Madeira LA. 2011. Glutamina e nucleotídeos na dieta de frangos de corte criados no sistema alternativo. *Arch. Zootec.*, 60: 380-395.

### LEGENDA DAS TABELAS

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial (1 a 7 dias de idade)

Tabela 2. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial (8 a 21 dias de idade)

Tabela 3. Condições ambientais observadas durante o período experimental

Tabela 4. Bioquímica sanguínea de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade

Tabela 5. Peso absoluto e relativo do timo, baço e bolsa cloacal de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade

Tabela 6 – Média dos escores da histomorfometria da bolsa cloacal em função dos níveis de L-glutamina e zinco adicionados a dietas de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade

Tabela 7. Morfometria intestinal do duodeno de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade

Tabela 8. Morfometria intestinal do jejuno de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade

Tabela 9. Morfometria intestinal do íleo de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade

## TABELAS

**Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial (1 a 7 dias de idade)**

Ingredientes (%)	Níveis de glutamina (%)/ zinco (mg/kg)						
	0/0	1	1/90	1/120	2	2/90	2/120
Milho	52,000	54,500	54,500	54,500	57,400	57,400	57,400
Farelo de soja 48%	33,430	30,170	30,170	30,170	26,810	26,810	26,810
Óleo Vegetal	4,827	4,322	4,322	4,322	3,678	3,678	3,678
Fosfato bicálcico	1,770	1,805	1,805	1,805	1,842	1,842	1,842
Calcário calcítico	0,975	0,975	0,975	0,975	0,980	0,980	0,980
NaCl	0,508	0,508	0,508	0,508	0,510	0,510	0,510
L-Lisina - HCL (79%)	0,063	0,168	0,168	0,168	0,278	0,278	0,278
L-Triptofano (98%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,011	0,011
Valina	0,155	0,215	0,215	0,215	0,277	0,277	0,277
Treonina	0,007	0,055	0,055	0,055	0,104	0,104	0,104
Núcleo <sup>a</sup>	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Zinco <sup>b</sup>	0,000	0,000	0,090	0,120	0,000	0,090	0,120
Glutamina <sup>c</sup>	0,000	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
Caulim	0,264	0,282	0,192	0,162	0,109	0,019	0,000
<b>TOTAL</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>COMPOSIÇÃO CALCULADA</b>							
Proteína bruta (%)	22,399	22,401	22,401	22,401	22,402	22,402	22,402
EM (kcal/kg)	2959,99	2959,99	2959,99	2959,99	2960,00	2960,00	2960,00
Lisina digestível (%)	1,324	1,324	1,324	1,324	1,325	1,325	1,325
Metionina digestível	0,669	0,653	0,653	0,653	0,637	0,637	0,637
Treonina digestível	0,861	0,861	0,861	0,861	0,862	0,862	0,862
Triptofano digestível (%)	0,253	0,234	0,234	0,234	0,226	0,226	0,226
Valina (%)	1,020	1,019	1,019	1,019	1,020	1,020	1,020
Cálcio (%)	0,921	0,920	0,920	0,920	0,921	0,921	0,921
Fósforo disponível (%)	0,470	0,470	0,470	0,470	0,471	0,471	0,471
Sódio (%)	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219
Zinco (mg/kg)	146,869	145,961	235,961	265,961	145,094	235,094	265,094
Glutamina (g/Kg)	0,000	1,007	1,007	1,007	2,014	2,014	2,014

<sup>a</sup>Níveis de garantia por kg do produto: umidade (máx.) 120g/kg; proteína bruta (min.) 340g/kg; extrato etéreo 45g; fibra bruta 10g; matéria mineral 300g; cálcio 22g; cálcio 28g; fósforo 5.200mg; metionina 65g; lisina 45gg; treonina 27g; triptofano 3.780mg; vitamina A 250.000UI; vitamina D3 60.000UI; vitamina E 833UI; vitamina K3 50mg; vitamina B1 50mg; vitamina B2 133mg; vitamina B6 83mg; vitamina B12 333mg; niacina 100mg; ácido pantotênico 233mg; ácido fólico 25mg; biotina 0,66mg; biotina 0,66mg; colina 5.900mg; manganês 1.666mg; zinco 1600mg; zinco quelatado 400mg; ferro 837mg; cobre 1.667mg; iodo 21mg; selênio 6mg; BHT 1.764 mg; fitase 8.335U; protease 2.500UN; amilase 2.500UN; β-glucanase 2.083UN; xilanase 4.165UN; celulase 3.750UN; senduramicina+nicarbazina 1.100mg.

<sup>b</sup>Availa®Zn 100.000mg/kg <sup>c</sup>Energia metabolizável com base no NRC (1994) e proteína bruta analisada (119,74).

**Tabela 2. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para frangos de corte na fase inicial (8 a 21 dias de idade)**

Ingredientes	Níveis de glutamina (%) / zinco (mg/kg)						
	0/0	1	1/90	1/120	2	2/90	2/120
Milho	58,300	60,500	60,500	60,500	62,600	62,600	62,600
Farelo de soja 48%	34,414	31,400	31,400	31,400	28,246	28,246	28,246
Óleo Vegetal	3,259	2,854	2,854	2,854	2,484	2,484	2,484
Fosfato bicálcico	1,530	1,560	1,560	1,560	1,600	1,600	1,600
Calcário calcítico	0,907	0,907	0,907	0,907	0,907	0,907	0,907
NaCl	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482	0,482
L-Lisina - HCL (79%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,082	0,082	0,082
L-Triptofano (98%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002
Valina	0,029	0,085	0,085	0,085	0,145	0,145	0,145
Treonina	0,038	0,080	0,080	0,080	0,127	0,127	0,127
Premix mineral, vitamínico e aminoacídico <sup>a</sup>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Zinco <sup>b</sup>	0,000	0,000	0,090	0,120	0,000	0,090	0,120
Glutamina <sup>c</sup>	0,000	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
Caulim	0,041	0,132	0,042	0,012	0,325	0,235	0,205
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Composição calculada							
Proteína bruta (%)	21,200	21,198	21,198	21,198	21,201	21,201	21,201
EM (kcal/kg)	3050,003	3049,9	3049,9	3049,9	3050,0	3050,0	3050,0
Lisina digestível (%)	1,211	1,134	1,134	1,134	1,117	1,117	1,117
Metionina digestível (%)	0,608	0,593	0,593	0,593	0,577	0,577	0,577
Treonina digestível (%)	0,792	0,790	0,790	0,790	0,790	0,790	0,790
Triptofano digestível (%)	0,239	0,222	0,222	0,222	0,206	0,206	0,206
Valina digestível (%)	0,937	0,936	0,936	0,936	0,937	0,937	0,937
Cálcio (%)	0,841	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840
Fósforo disponível (%)	0,401	0,400	0,400	0,400	0,401	0,401	0,401
Sódio (%)	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Zinco (mg/kg)	88,568	87,703	177,70	207,70	86,758	176,75	206,75
Glutamina (g/kg)	0,000	1,007	1,007	1,007	2,014	2,014	2,014

<sup>a</sup>Níveis de garantia por kg do produto: metionina 313,60g; lisina 168g; treonina 29,40g; vitamina A 1.200.000UI; vitamina D3 265.000; vitamina E 2.000UI; vitamina K3 260mg; vitamina B1 191mg; vitamina B2 630mg; vitamina B6 290mg; vitamina B12 1.700mg; niacina 4.200mg; ácido pantotênico 1.300mg; ácido fólico 100mg; biotina 7mg; colina 26g; manganês 7.000mg; zinco 6.000mg; ferro 5.000mg; cobre 900mg; iodo 100mg; selênio 30mg; fitase 50.000U; amilase 30.000U;  $\beta$ -glucanase 25.000U; xilanase 50.000U; celulase 45.000U; protease 30.000U; etoxiquim 6.666mg; *Bacillus licheniformis* 2x10E11UFC; *Bacillus subtilis* 1x10E11UFC; virginiamicina 1.650mg; maduramicina 500mg.

<sup>b</sup>Availa®Zn 100.000mg/kg <sup>c</sup>Energia metabolizável com base no NRC (1994) e proteína bruta analisada (119,74).

**Tabela 3. Condições ambientais observadas durante o período experimental**

Idade (semana)	Umidade (%)	Temperaturas (°C)			ITGU <sup>1</sup>
		Máxima	Mínima	Média	
1 <sup>o</sup>	67,61±12,84	32,27±1,06	22,68±0,95	27,60±0,49	80,13±2,48
2 <sup>o</sup>	63,71±15,35	32,69±0,48	22,44±1,06	27,56±0,54	80,11±2,55
3 <sup>o</sup>	69,82±18,63	32,20±1,05	23,60±0,83	27,90±0,64	79,18±4,89

<sup>1</sup>ITGU- Índice de temperatura de globo e umidade

**Tabela 4. Bioquímica sanguínea de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade**

Parâmetros	Controle	Glutamina (%)	Zn (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P	
			0	90	120			L	Q
PT (g/dL)	2,660	1	2,630b	3,100a	3,800a*	3,176	20,3	0,013	0,747
		2	3,810a*	2,960a	2,840a	3,203		0,390	0,334
Média			3,220	3,030	3,320			0,390	0,334
Glob (g/dL)	1,066	1	0,9740b	1,056a	1,792a	1,274	44,4	0,284	0,450
		2	1,932a	1,494a	1,024a	1,483		0,031	0,961
Média			1,453	1,275	1,408				
Alb (g/dL)	1,594	1	1,656	2,044	2,008	1,902	25,5	0,733	0,349
		2	1,878	1,466	1,816	1,720			
Média			1,767	1,755	1,912				
Alb/glob	1,597	1	1,486	1,918	1,287	1,543	57,8	0,780	0,451
		2	1,054	1,235	1,468	1,237			
			1,246	1,539	1,367				
ALT (UI/L)	26,140	1	28,240	20,900	26,140	25,093	38,5	0,356	0,125
		2	18,800	18,820	28,750	21,650			
Média			23,520	19,860	27,300				
AST (UI/L)	274,480	1	492,800*	315,520	344,660	384,200a	43,1	0,229	0,405
		2	216,840	235,720	220,000	224,190b			
Média			354,820	275,520	282,33				
Ck (UI/L)	5368,600	1	7742,750	5209,800	6550,200	6412,000	51,8	0,934	0,687
		2	3460,500	5187,000	4876,600	4583,000			
Média			5602,000	5198,000	5713,000				
Gli (mg/dL)	158,700	1	165,320	168,040	166,800	166,720	6,8	0,362	0,352
		2	171,840	172,780	160,880	168,500			
Média			168,580	170,410	163,840				
AU (mg/dL)	7,880	1	8,020	9,240	9,300	8,821	20,5	0,302	0,863
		2	9,020	8,440	9,520	8,993			
Média			8,520	8,840	9,422				
Cr (mg/dL)	0,280	1	0,240	0,260	0,280	0,260	18,7	0,192	0,798
		2	0,260	0,280	0,280	0,273			
Média			0,250	0,270	0,280				

Médias seguidas de asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P > 0,05$ ).

L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

PT- proteína total; Glob- globulina; Alb- albumina; ALT- alanina transaminase; AST- aspartato transaminase; CK- creatina quinase, Gli- glicose; AU -ácido úrico; Cr- creatinina.

**Tabela 5. Peso absoluto e relativo do timo, baço e bolsa cloacal de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade**

Parâmetros	Controle	Glutamina (%)	Zn (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P	
			0	90	120			L	Q
Peso absoluto (g)									
Timo	4,687	1	4,864	4,254	4,403	4,507	20,45	0,660	0,782
		2	3,826	4,077	3,944	3,949			
Média			4,345	4,166	4,173				
Baço	0,912	1	0,904	0,818	0,797	0,840	19,80	0,735	0,235
		2	0,779	0,999	0,834	0,871			
Média			0,841	0,908	0,816				
Bolsa cloacal	1,649	1	2,017	1,932	1,949	1,966	27,69	0,433	0,598
		2	2,193	1,842	1,857	1,964			
Média			2,105	1,887	1,903				
Peso relativo (%)									
Timo	0,537	1	0,573	0,478	0,512	0,521	19,54	0,579	0,525
		2	0,440	0,463	0,453	0,452			
Média			0,500	0,470	0,482				
Baço	0,106	1	0,107	0,091	0,092	0,097	20,21	0,641	0,422
		2	0,089	0,113	0,096	0,099			
Média			0,098	0,102	0,094				
Bolsa cloacal	0,106	1	0,239	0,217	0,226	0,227	29,36	0,394	0,443
		2	0,253	0,209	0,214	0,225			
Média			0,246	0,213	0,220				

L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

**Tabela 6 - Média dos escores da histomorfometria da bolsa cloacal em função dos níveis de L-glutamina e zinco adicionados a dietas de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade**

Parâmetros	Níveis de glutamina (%) e de zinco (mg/kg)						
	0/0	1/0	1/90	1/120	2/0	2/90	2/120
Área total	8,80B	18,40A	14,60B	14,80B	26,40A	23,20A	19,80A
Área medular	8,40B	18,80A	14,20B	15,00B	26,20A	23,60A	19,80A
Área cortical	18,80	16,80	19,80	19,80	17,60	17,20	16,00
Cortical/medular	28,20A	15,20B	21,60AB	18,80AB	13,20B	12,80B	16,20B
% área cortical	27,80A	15,40B	21,80AB	18,00AB	13,20B	13,40B	16,40B

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

**Tabela 7. Morfometria intestinal do duodeno de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade**

Controle	Glutamina (%)	Zn (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P	
		0	90	120			L	Q
Profundidade cripta ( $\mu\text{m}$ )								
172,427	1	151,952	110,695*	120,929	128,350	24,20	0,099	0,355
	2	133,102	124,622	112,602				
Média		143,570	116,880	116,770				
Altura de vilo ( $\mu\text{m}$ )								
1169,220	1	1027,231b	1025,277a	993,062a	1016,770	11,30	0,676	0,8231
	2	1230,318a	920,757a*	1001,052a				
Média		1117,490	997,060	978,820				
Altura de vilo: profundidade de cripta ( $\mu\text{m}$ )								
6,900	1	7,027b	9,971a	8,208a	8,416	20,28	0,384	0,053
	2	9,500a	7,743a	8,922a				
Média		8,126	8,981	8,565				
Largura de vilo ( $\mu\text{m}$ )								
118,240	1	147,283a	109,283a	101,733a	120,700	22,49	0,008	0,224
	2	105,068b	119,512a	125,524a				
Média		128,520	113,830	113,630				
Altura de vilo: largura de vilo ( $\mu\text{m}$ )								
10,450	1	7,109b	9,678a	10,039a	8,864	24,07	0,055	0,353
	2	12,149a	8,287a	8,187a				
Média		9,350	9,060	9,114				
Altura do enterócito ( $\mu\text{m}$ )								
60,830	1	78,524a	57,507a	52,782a	63,660	23,92	0,010	0,263
	2	55,804b	64,455a	67,387a				
Média		68,426	60,595	60,085				
Altura do enterócito: largura de vilo ( $\mu\text{m}$ )								
0,515	1	0,531	0,528	0,518	0,526	7,16	0,624	0,916
	2	0,539	0,536	0,534				
Média		0,535	0,532	0,526				
Espessura da parede ( $\mu\text{m}$ )								
1352,79	1	1234,168	1237,175	1187,560	1221,930	9,98	0,221	0,239
	2	1313,734	1113,848	1210,878				
Média		1269,530	1182,360	1199,220				

Médias seguidas de asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P > 0,05$ ).

L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

**Tabela 8. Morfometria intestinal do jejuno de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade**

Controle	Glutamina (%)	Zn (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P	
		0	90	120			L	Q
Profundidade cripta ( $\mu\text{m}$ )								
100,746	1	126,369	134,336	140,640	132,727	18,77	0,817	0,550
	2	140,736	123,576	132,073	132,129			
	Média	133,550	128,960	135,290				
Altura de vilo ( $\mu\text{m}$ )								
871,846	1	808,653	768,720	824,912	797,050	14,81	0,237	0,959
	2	761,615	869,598	891,541	837,30			
	Média	785,130	819,160	862,990				
Altura de vilo: profundidade de cripta ( $\mu\text{m}$ )								
7,327	1	6,442	5,782	6,044	6,096	23,15	0,442	0,874
	2	5,756	7,185	7,185	6,710			
	Média	6,099	6,483	6,767				
Largura de vilo ( $\mu\text{m}$ )								
103,696	1	110,688	120,148	135,253	120,000	26,64	0,531	0,622
	2	127,163	141,221	123,722	131,130			
	Média	118,010	130,940	128,050				
Altura de vilo: largura de vilo ( $\mu\text{m}$ )								
7,006	1	8,227	6,787	6,980	7,386	37,99	0,948	0,655
	2	6,211	6,579	7,280	6,682			
	Média	7,331	6,683	7,152				
Altura do enterócito ( $\mu\text{m}$ )								
51,198	1	54,737	55,962	53,298	55,008b	21,95	0,790	0,908
	2	67,714	65,852	65,285	66,182a			
	Média	60,505	60,907	61,861				
Altura do enterócito: largura de vilo ( $\mu\text{m}$ )								
0,498	1	0,499	0,469	0,518	0,490	7,732	0,663	0,007
	2	0,529	0,473	0,528	0,509			
	Média	0,512	0,471	0,525				
Espessura da parede ( $\mu\text{m}$ )								
836,187	1	1101,148*	1009,028	1058,773	1055,940	10,51	0,307	0,483
	2	988,808	1074,790	1146,891*	1064,680			
	Média	1044,980	1041,900	1109,130				

Médias seguidas de asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P > 0,05$ ).

L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

**Tabela 9. Morfometria intestinal do íleo de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na fase de 1 aos 21 dias de idade**

Controle	Glutamina (%)	Zinco (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P	
		0	90	120			L	Q
Profundidade cripta ( $\mu\text{m}$ )								
114,706*	1	81,197	104,238	66,829*	84,089	22,17	0,203	0,041
	2	106,216	105,673	95,646	103,002			
	Média	93,707	104,956	79,637				
Altura de vilo ( $\mu\text{m}$ )								
610,388	1	584,177	574,410	501,294	553,294	18,62	0,139	0,512
	2	647,514	637,067	576,204	623,410			
	Média	615,850	665,740	534,590				
Altura de vilo: profundidade de cripta ( $\mu\text{m}$ )								
5,762	1	7,176	5,629	7,541	6,782	18,31	0,998	0,041
	2	6,478	6,010	6,111	6,206			
	Média	6,827	5,820	6,905				
Largura de vilo ( $\mu\text{m}$ )								
100,267	1	109,163	121,405	95,171	108,580	15,74	0,020	0,117
	2	119,021	108,941	93,869	108,235			
	Média	114,092	115,174	94,593				
Altura de vilo: largura de vilo ( $\mu\text{m}$ )								
6,228	1	5,510	4,930	5,360	5,267	28,53	0,748	0,680
	2	5,650	5,949	6,278	5,936			
	Média	5,580	5,439	5,768				
Altura do enterócito ( $\mu\text{m}$ )								
53,095	1	57,550	62,434	49,685	56,137	13,54	0,030	0,108
	2	61,157	58,887	53,178	58,067			
	Média	59,354	60,464	51,238				
Altura do enterócito: largura de vilo ( $\mu\text{m}$ )								
0,531	1	0,527	0,557	0,520	0,533	5,55	0,107	0,199
	2	0,515	0,541	0,569	0,540			
	Média	0,521	0,548	0,542				
Espessura da parede ( $\mu\text{m}$ )								
815,604	1	729,208	788,296	692,328	736,610	15,57	0,337	0,175
	2	808,727	826,170	738,075	794,770			
	Média	768,970	807,230	712,660				

Médias seguidas de asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

**Capítulo 3**

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27

**Digestibilidade das dietas formuladas com diferentes níveis de L-glutamina e zinco  
para frangos de corte<sup>1</sup>**

*Digestibility of diets with different levels of L- glutamine and zinc for broilers*

Daniela Cristina Pereira Lima<sup>2\*</sup>; <sup>2</sup> Agostinho Valente de Figueirêdo<sup>2</sup>; João Batista  
Lopes<sup>2</sup>

28 **RESUMO:** Objetivou-se avaliar o efeito da adição de L-glutamina e zinco sobre os  
29 coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e balanço de nitrogênio no período de 9 a  
30 15 dias de idade. Foram utilizados 140 pintos, distribuídos em delineamento  
31 inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2 (1 e 2% de glutamina) x 3 (0,0, 90,0 e  
32 120,0 mg de zinco/kg de ração) e um tratamento controle, com cinco repetições, com 4  
33 aves cada. Não houve efeito da combinação de L-glutamina e zinco sobre o coeficiente  
34 de digestibilidade da matéria seca. Nos níveis 1 e 2% de L-glutamina, o zinco,  
35 influenciou de forma linear crescente e quadrática, respectivamente, o coeficiente de  
36 digestibilidade do extrato etéreo, e todos os tratamentos testados apresentaram maiores  
37 valores quando comparados com o controle. O tratamento com 2% de L-glutamina  
38 combinado com 120 mg de zinco/kg de ração apresentou maior excreção de nitrogênio,  
39 menor coeficiente de digestibilidade da proteína e menor eficiência de utilização do  
40 nitrogênio. As dietas com a adição de 1 e 2% de L-glutamina associada com todos os  
41 níveis de zinco suplementar proporcionam o aumento do coeficiente de digestibilidade  
42 do extrato etéreo. O tratamento com a associação de 1% de L-glutamina com 90 e  
43 120mg de zinco/kg e 2% de L-glutamina sem a adição zinco de propiciam a maior  
44 retenção de nitrogênio.

45  
46 Palavras-chaves: cinzas, excretas, extrato etéreo, nitrogênio.

47  
48 **SUMMARY:** This study aimed to evaluate the effect of the addition of L-glutamine and  
49 zinc on nutrient digestibility and nitrogen balance in the period 9-15 days old. Were  
50 used 140 chicks, distributed in a completely randomized design in a factorial 2 (1 and  
51 2% glutamine) x 3 (0.0, 90.0 and 120.0 mg zinc / kg diet) and control treatment, with  
52 five replications, with four birds each. No effect of the combination of L-glutamine and  
53 zinc on the coefficient of digestibility of dry matter. At levels 1 and 2% L-glutamine,  
54 zinc, influenced increasingly and quadratic linear form, respectively, ether extract  
55 digestibility, and all treatments showed higher values when compared to the control.  
56 The treatment with 2% L-glutamine combined with 120 mg of zinc/kg feed showed  
57 higher nitrogen excretion, lower coefficient of digestibility of protein and lower use  
58 efficiency of nitrogen. The diets with the addition of 1 and 2% L-glutamine associated  
59 with all levels of zinc further provide increased ether extract digestibility. The treatment  
60 with the combination of 1% L-glutamine with 90 and 120mg of zinc/kg and 2% L-  
61 glutamine, without the addition of zinc to provide greater retention of nitrogen

62 Keywords: ash, excreta, ether extract, nitrogen.

63

## 64 **Introdução**

65  
66           Variações na composição da ração, estresse, idade do animal e doenças, podem  
67 causar alterações nas exigências nutricionais de frangos de corte, ocasionando efeitos  
68 negativos sobre o desempenho zootécnico, resposta imunológica e morfologia intestinal,  
69 prejudicando a digestão, absorção e aproveitamento dos nutrientes das dietas.

70           Assim, é fundamental que sejam desenvolvidas pesquisas com nutrientes que  
71 atendam as exigências nutricionais das aves e que estimulem o desenvolvimento das  
72 estruturas intestinais e melhorem o aproveitamento de nutrientes das dietas,  
73 principalmente de aves expostas a condições adversas, visto que a digestibilidade dos  
74 nutrientes pode ser afetada em condições de estresse (Kiefer et al., 2012), influenciando  
75 negativamente os parâmetros de desempenho e a resposta imunológica (Oliveira et al.,  
76 2010; Dai et al., 2011; Salabi et al., 2011), além de aumentar a excreção do excesso de  
77 nutrientes no ambiente.

78           A adição de L-glutamina em dietas de frango de corte e de suínos está  
79 relacionada ao incremento da atividade de algumas enzimas, tais como as dissacaridases  
80 e tripsina (Devi Priya et al., 2010), amilase e lipase (Tucci et al., 2011; Olubodun et al.,  
81 2015); e a suplementação de zinco, segundo Tang et al. (2014) esta relacionado ao  
82 aumento da atividade das enzimas lipase pancreática e amilase em frangos de corte, o  
83 que possivelmente poderá contribuir com o aumento da digestibilidade dos nutrientes.

84           Assim, considerando os efeitos isolados da L-glutamina e do zinco, objetiva-se  
85 verificar o efeito da associação de L-glutamina e zinco sobre os coeficientes de  
86 digestibilidade da matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta, e balanço de nitrogênio  
87 em frangos de corte no período de 9 aos 15 dias de idade.

88



Zinco <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,090	0,120	0,000	0,090	0,120
L-glutamina <sup>3</sup>	0,000	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
Caulim	0,041	0,132	0,042	0,012	0,325	0,235	0,205
Total	100,000	100,000	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada							
Proteína bruta (%)	21,200	21,198	21,198	21,198	21,201	21,201	21,201
EM (kcal/kg)	3050,00	3049,998	3049,9	3049,9	3050,0	3050,0	3050,0
Lisina digestível (%)	1,211	1,134	1,134	1,134	1,117	1,117	1,117
Metionina digestível (%)	0,608	0,593	0,593	0,593	0,577	0,577	0,577
Treonina digestível (%)	0,792	0,790	0,790	0,790	0,790	0,790	0,790
Triptofano digestível (%)	0,239	0,222	0,222	0,222	0,206	0,206	0,206
Valina digestível (%)	0,937	0,936	0,936	0,936	0,937	0,937	0,937
Cálcio (%)	0,841	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840
Fósforo disponível (%)	0,401	0,400	0,400	0,400	0,401	0,401	0,401
Sódio (%)	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Zinco (mg/kg)	88,568	87,703	177,70	207,70	86,758	176,75	206,75
L-glutamina (g/kg)	0,000	1,007	1,007	1,007	2,014	2,014	2,014

108 <sup>1</sup>Níveis de garantia por kg do produto: metionina 313,60g; lisina 168g; treonina 29,40g; vitamina A  
109 1.200.000UI; vitamina D3 265.000; vitamina E 2.000UI; vitamina K3 260mg; vitamina B1 191mg;  
110 vitamina B2 630mg; vitamina B6 290mg; vitamina B12 1.700mg; niacina 4.200mg; ácido pantotênico  
111 1.300mg; ácido fólico 100mg; biotina 7mg; colina 26g; manganês 7.000mg; zinco 6.000mg; ferro  
112 5.000mg; cobre 900mg; iodo 100mg; selênio 30mg; fitase 50.000UI; amilase 30.000UI; β-glucanase  
113 25.000UI; xilanase 50.000UI; celulase 45.000UI; protease 30.000UI; etoxiquim 6.666mg; *Bacillus*  
114 *licheniformis* 2x10E11UFC; *Bacillus subtilis* 1x10E11UFC; virginiamicina 1.650mg; maduramicina  
115 500mg.

116 <sup>2</sup>Availa® Zinco 100.000mg/kg

117 <sup>3</sup>Energia metabolizável com base no NRC (1994) e proteína bruta analisada (119,74).

118

119 Foram alojadas 4 aves (2 machos e 2 fêmeas) em gaiolas metabólicas, dotadas  
120 de comedouros e bebedouros tipo calha e bandejas coletoras de excretas forradas com  
121 plástico, localizadas no galpão de alvenaria coberto de telhas de cerâmica.

122 O programa de luz utilizado foi o contínuo e a água fornecida à vontade.

123 O consumo de ração foi à vontade nos períodos pré-experimentais, de 9 a 12  
124 dias de idade. Os valores médios de consumo de ração encontrados nesse período  
125 serviram para definir o consumo de ração da fase de coleta das excretas, que ocorreu no  
126 período de 13 a 15 dias de idade.

127 Os períodos de adaptação e de coletas das excretas foram de três dias cada, estas  
128 foram realizadas duas vezes ao dia, em intervalos de 12 horas, as quais foram colocadas  
129 em sacos plásticos, identificadas, pesadas e armazenadas em freezer. Ao final do  
130 período de coleta, as excretas foram retiradas do freezer e descongeladas até a

131 temperatura ambiente, homogeneizadas e retiradas alíquotas, que foram colocadas em  
132 estufa de circulação forçada a 55°C por 72 horas para pré-secagem. Posteriormente  
133 foram moídas em moinho do tipo bola para a realização das devidas análises  
134 laboratoriais. Foram avaliados os valores da matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta  
135 das rações e das excretas de acordo com os procedimentos de Silva & Queiroz (2002),  
136 no Laboratório de Nutrição Animal do DZO-CCA-UFPI.

137 As determinações da digestibilidade dos nutrientes e balanço de nitrogênio das  
138 dietas foram realizadas por meio do método tradicional de coleta total de excretas.

139 A partir dos dados de consumo de dieta, de produção de excretas e dos  
140 resultados das análises de laboratório, procedeu-se ao cálculo dos coeficientes de  
141 digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB), do extrato etéreo (EE) e da  
142 matéria seca (MS), conforme Matterson et al. (1965).

143 A fórmula utilizada nos cálculos dos valores dos coeficientes de digestibilidade  
144 aparente foram:  $CDA (PB, EE, MS, EB) (\%) = (ingerida - excretada / ingerida) \times 100$ .

145 O balanço de nitrogênio entre as diferentes dietas foi calculado por intermédio  
146 da diferença entre nitrogênio ingerido e o nitrogênio excretado. Dessa forma, obteve-se,  
147 também, o nitrogênio retido. A partir destes, foi calculado a eficiência de utilização do  
148 nitrogênio ( $EUN = NR/NC$ ) \*100, em que NR é o nitrogênio retido, e NC o nitrogênio  
149 consumido (Vasconcellos et al., 2011).

150 Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativos, os  
151 níveis de L-glutamina foram comparados pelo teste de Student-Newman-Keuls e os  
152 níveis de zinco por análise de regressão. No confronto de cada tratamento com a dieta  
153 controle, aplicou-se o teste de Dunnett, segundo os procedimentos do PROC GLM do  
154 software SAS (2002). Foi usado o  $\alpha = 0,05$ .

155 **Resultados e discussão**

156           Constata-se que não houve diferença entre os tratamentos testes e o controle para  
157 matéria seca ingerida e excretada e os coeficientes de digestibilidade da matéria seca  
158 (P>0,05) (Tabela 2). Além disso, estas variáveis também não foram influenciadas pela  
159 associação de L-glutamina e zinco na dieta (P>0,05).

160

161 Tabela 2 - Coeficientes de digestibilidade da matéria seca obtidos com frangos de corte  
162 no período de 9 aos 15 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de L-glutamina  
163 e zinco na ração.

Controle	L-Glutamina (%)	Zinco mg/kg			Média	CV (%)	Valor P	
		0	90	120			L	Q
Matéria seca consumida (g/dia)								
76,507	1	79,522	82,341	79,012	80,484	6,78	0,556	0,610
	2	78,673	79,882	82,603				
		78,916	81,112	80,808				
Matéria seca excretada (g/dia)								
13,328	1	13,363	14,635	13,730	14,046	7,59	0,517	0,657
	2	13,974	13,461	14,341				
		13,800	14,048	14,035				
Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (%)								
82,600	1	82,547	82,133	82,606	82,429	1,72	0,701	0,786
	2	82,186	83,149	82,621				
		82,366	82,641	82,614				

164 L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

165

166           Presumia-se que a adição desses nutrientes na dieta melhorasse a digestibilidade  
167 da matéria seca, pois a adição de L-glutamina esta relacionada ao aumento da atividade  
168 da amilase, lipase, dissacaridases e tripsina, conforme relatado por Devi Priya et al.  
169 (2010), Tucci et al. (2011) e Olubodun et al. (2015) e a suplementação de zinco,  
170 segundo Tang et al. (2014), proporciona aumento da atividade das enzimas lipase  
171 pancreática e amilase.

172 Estes resultados estão coerentes com os encontrados por Martinez et al. (2012)  
173 que também não constataram efeito da suplementação de diferentes níveis de L-  
174 glutamina na dieta de frangos de corte sobre a digestibilidade da matéria seca.

175 Ao conduzir um ensaio de digestibilidade com frangos desafiados por *Eimeria*  
176 *acervulina* e suplementados com L-glutamina, Lopes (2008), observou que antes do  
177 desafio no período de 11 aos 14 dias de idade, a suplementação desse aminoácido não  
178 melhorou o coeficiente de digestibilidade da matéria seca, no entanto, após o desafio  
179 (18 aos 21 dias de idade) verificou-se que a suplementação de 1% de L-glutamina  
180 proporcionou melhores valores para este parâmetro. Assim, pode-se inferir que os  
181 efeitos benéficos oriundos da suplementação de L-glutamina, estão na dependência da  
182 combinação de fatores como tipo e duração do fator estressor e idade dos animais.

183 Os resultados desta pesquisa em relação à adição de zinco na dieta de frangos de  
184 corte corroboram com os dados obtidos por Trindade Neto et al. (2010), uma vez que,  
185 não verificaram efeito da suplementação de 43 e 243mg de zinco/kg de ração sobre a  
186 matéria seca ingerida e o coeficiente de digestibilidade da matéria seca.

187 A dieta controle obteve menor consumo de extrato etéreo quando comparado  
188 com as dietas testes ( $P < 0,05$ ), exceto o grupo de aves alimentadas com 2% de L-  
189 glutamina sem o acréscimo de zinco suplementar ( $P > 0,05$ ).

190 Constata-se interação entre os níveis de L-glutamina e zinco para o consumo do  
191 extrato etéreo ( $P < 0,05$ ) (Tabela 3). Assim, para o nível de 2% de L-glutamina,  
192 observou-se efeito linear crescente do zinco, sobre o consumo de extrato etéreo,  
193 representado pela equação  $Y = 0,00976x + 4,4795$  ( $R^2 = 0,60$ ;  $P < 0,05$ ). No desdobramento  
194 da interação, constata-se que os tratamentos 1% de L-glutamina sem a adição de zinco e

195 2% de L-glutamina associado com 120,0mg/kg de ração, quando comparados com os  
196 tratamentos equivalentes, apresentaram maior consumo de extrato etéreo (P<0,05).

197

198 Tabela 3 - Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo obtidos com frangos de corte  
199 no período de 9 aos 15 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de L-glutamina  
200 e zinco na ração.

Controle	L-glutamina (%)	Zinco mg/kg			Média	CV (%)	Valor P	
		0	90	120			L	Q
Extrato etéreo consumido (g/dia)								
4,027	1	5,440a*	5,122a*	5,043b*	5,149	6,71	0,124	0,479
	2	4,557b	5,045a*	5,885a*	5,163		0,000	0,403
		4,821	5,084	5,464				
Extrato etéreo excretado (g/dia)								
0,822	1	0,773a	0,594a*	0,305b*	0,503	15,83	<0.000	0,189
	2	0,319b*	0,427b*	0,909a	0,552		<0.000	0,004
		0,449	0,510	0,607				
Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (%)								
79,696	1	84,162b*	88,343b*	93,970a*	88,825	1,93	<0.000	0,456
	2	92,948a*	91,607a*	84,556b*	89,704		<0.000	0,011
		88,555	89,975	89,263				

201 Médias seguidas de asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett (P<0,05).

202 Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de  
203 SNK (P>0,05).

204 L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

205

206

207 Para a variável extrato etéreo excretado, na comparação de cada tratamento com  
208 a dieta controle, observa-se que as aves alimentadas com as combinações de 1% de L-  
209 glutamina com 90 e 120mg de zinco/kg de ração e com 2% de L-glutamina com 0 e  
210 90mg de zinco/kg de ração apresentaram a menor excreção de extrato etéreo (P<0,05)  
211 (Tabela 3).

212 Averiguou-se interação entre os níveis de L-glutamina e zinco (P<0,05) para  
213 extrato etéreo excretado. Desta forma, para o nível 1 e 2% de L-glutamina, observa-se  
214 efeito linear decrescente e crescente do zinco, respectivamente, conforme as equação

215  $Y = -0,0037x + 0,8360$  ( $R^2 = 0,71$ ;  $P < 0,05$ ) e  $Y = 0,0041x + 0,2677$  ( $R^2 = 0,58$ ;  $P < 0,05$ ). No  
216 desdobramento da interação, constatou-se que os tratamentos com as combinações 1%  
217 de L-glutamina com 120mg de zinco/kg de ração e 2% de L-glutamina com 0 e  
218 90mg/kg de ração ( $P < 0,05$ ), ocasionaram menor excreção de extrato etéreo.

219 A dieta controle obteve menor coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo  
220 ( $P < 0,05$ ) quando comparados com os tratamentos com a adição de L-glutamina isolada  
221 ou combinada com zinco suplementar.

222 Estes resultados estão de acordo com os achados de Tucci et al. (2011) e Tang et  
223 al. (2014), que ao investigarem o efeito da suplementação de L-glutamina e zinco,  
224 respectivamente, em leitões e frangos de corte, observaram que estes nutrientes agem  
225 incrementando a atividade da lipase pancreática. Além disso, estes nutrientes também  
226 estão envolvidos com a melhora das estruturas intestinais, tais como aumento da altura  
227 dos vilos e da relação vilos:cripta dos segmentos do intestino delgado, proporcionando  
228 aumento da área de absorção intestinal e melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta  
229 (Sakamoto et al. 2011, Shao et al. 2014, Tang et al. 2014).

230 Para o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo, verifica-se interação entre  
231 os níveis de L-glutamina e zinco ( $P < 0,05$ ) (Tabela 3). Assim, a suplementação de 1% de  
232 L-glutamina, ocasiona efeito linear crescente para os níveis de zinco, segundo a  
233 equação:  $Y = 0,0736x + 83,674$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,87$ ). No nível 2% de L-glutamina, o  
234 zinco, influenciou de forma quadrática a digestibilidade de extrato etéreo, de acordo  
235 com a equação:  $Y = -0,0018x^2 + 0,1502x + 92,948$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 1$ ), desta forma, o  
236 nível estimado do zinco para maior digestibilidade do extrato etéreo (96,08%) nas dietas  
237 com maior quantidade de L-glutamina foi 42,71mg de zinco/kg de ração.

238 No desdobramento da interação, verifica-se maior valor de coeficiente de  
 239 digestibilidade do extrato etéreo para a suplementação de 1% de L-glutamina associado  
 240 com 120mg de zinco/kg de ração e 2% de L-glutamina associado com 0 e 90mg de  
 241 zinco/kg de ração ( $P<0,05$ ).

242 Com base nesses relatos, pode-se inferir que a maior digestibilidade de extrato  
 243 etéreo verificada nesta pesquisa, pode esta relacionada a melhor digestão dos lipídios da  
 244 dieta promovida pela aumento da atividade da lipase pancreática e possivelmente  
 245 também pelo aumento da altura dos vilos e da relação vilo:cripta que favoreceram a  
 246 maior absorção de nutrientes.

247 Resultados contraditórios a esta pesquisa foram relatados por Martinez et al.  
 248 (2012) e Nascimento et al. (2014), que ao adicionarem diferentes níveis de L-glutamina  
 249 na dieta de frangos de corte, não encontraram diferenças quanto à digestibilidade do  
 250 extrato etéreo.

251 Com relação à digestibilidade da proteína bruta, observa-se que o tratamento  
 252 controle apresenta maior valor para esta variável quando comparado com a combinação  
 253 de 2% de L-glutamina associado com 120mg de zinco/kg de ração ( $P<0,05$ ) (Tabela 4) e  
 254 não diferi dos demais tratamentos testes ( $P>0,05$ ). Estes resultados demonstraram que  
 255 frangos de corte recebendo uma dieta adequadamente balanceada pode apresentar um  
 256 bom aproveitamento proteico dos ingredientes utilizados na formulação da ração,  
 257 independente da suplementação de L-glutamina e zinco.

258

259 Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta e valores do balanço de  
 260 nitrogênio, obtidos com frangos de corte no período de 9 aos 15 dias de idade,  
 261 alimentados com diferentes níveis de L-glutamina e zinco na ração.

Controle	L-	Zinco mg/kg	Média	CV	Valor P
----------	----	-------------	-------	----	---------

Glutamina (%)		0	90	120	(%)	L	Q
Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta							
77,653	1	75,958a	77,441a	77,500a	76,966	3,06	0,291
	2	77,121a	78,584a	73,254b*	76,320		0,567
	Média	76,540	78,013	75,377			0,027
Nitrogênio ingerido (g/dia)							
2,637	1	2,754b	3,220a*	3,122a*	3,032	6,51	0,004
	2	3,234a*	3,050a	2,739b	3,008		0,009
	Média	2,994	3,135	2,931			
Nitrogênio excretado (g/dia)							
0,589	1	0,658	0,708*	0,701	0,689	9,28	0,579
	2	0,741*	0,650	0,730*	0,707		0,268
	Média	0,699	0,679	0,716			
Nitrogênio retido (g/dia)							
2,048	1	2,095b	2,512a*	2,421a*	2,343	8,61	0,011
	2	2,493a*	2,399a	2,009b	2,300		0,019
	Média	2,294	2,455	2,215			0,250
Eficiência de utilização do nitrogênio (%)							
77,70	1	76,00a	77,80a	77,50a	77,00	3,09	0,304
	2	76,69a	78,60a	73,20b*	76,00		0,381
	Média	76,50	78,20	75,40			

262 Médias seguidas de asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett (P<0,05).

263 Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de

264 SNK (P>0,05).

265 L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

266

267 Por outro lado, houve interação entre os níveis de L-glutamina e zinco para o

268 coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (P<0,05). A inclusão de zinco

269 influenciou de forma quadrática esta variável dentro dos níveis 1 e 2% de L-glutamina,

270 representados pelas equações:  $Y = -0,0001x^2 + 0,0274x + 75,958$  (P<0,05; R<sup>2</sup> = 1) e  $Y =$

271  $-0,0016x^2 + 0,1617x + 77,121$  (P<0,05; R<sup>2</sup> = 1). Quanto aos níveis de L-glutamina

272 avaliados nos três níveis de zinco, observa-se que apenas o tratamento com a

273 combinação de 2% de L-glutamina associado com 120mg de zinco/kg de ração

274 apresenta menor coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (P<0,05).

275

276 Esperava-se que os tratamentos testes apresentassem comportamento semelhante

277 ao verificado para o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo, pois a L-glutamina

278 e o zinco também estão relacionados com o aumento da atividade de enzimas  
279 envolvidas com a digestão de proteínas, mas especificadamente com a tripsina (Devi  
280 Priya et al. 2010; Hu et al. 2013).

281 De forma semelhante ao verificado nesta pesquisa, Martinez et al. (2012)  
282 observaram que a adição de 0,5; 1,0 e 2,0% de L-glutamina na ração de frangos de corte  
283 no período de 4 a 7 dias de idade, não alterou o coeficiente de digestibilidade da  
284 proteína bruta. No entanto, no período de 12 a 15 dias de idades, estes autores  
285 constataram efeito quadrático, com ponto de máximo, para digestibilidade da proteína  
286 bruta de 89,58% com o nível de inclusão de 0,87% de L-glutamina.

287 Por outro lado, Nascimento et al. (2014) analisando o efeito da suplementação  
288 de diferentes níveis de L-glutamina (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0) sobre o coeficiente de  
289 digestibilidade da proteína bruta, em frangos de corte no período de 15 a 21 dias,  
290 constataram efeito linear decrescente. Os resultados dos coeficientes de digestibilidade  
291 desta pesquisa foram superiores aos encontrados por estes autores, o que pode esta  
292 relacionado à composição do suplemento mineral, vitamínico e aminoacídico utilizado.

293 Para balanço de nitrogênio, averiguou-se que a ingestão e a retenção de  
294 nitrogênio pelos animais alimentados com 1% de L-glutamina combinado com 90,0 e  
295 120,0mg de zinco/kg de ração e 2% de L-glutamina em o acréscimo de zinco  
296 suplementar apresentaram maior consumo e retenção de nitrogênio em relação aos  
297 animais alimentados com a dieta controle ( $P < 0,05$ ).

298 Além disso, verificou-se interação na suplementação combinada de glutamina e  
299 zinco para nitrogênio ingerido e retido ( $P < 0,05$ ). Desta foram, constata-se que no nível  
300 de 1% de L-glutamina, os níveis de zinco, manifestaram efeito quadrático para  
301 nitrogênio ingerido e retido, respectivamente, representados pelas equações:  $Y = -7E-$

302  $05x^2 + 0,0115x + 2,754$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 1$ ) e  $Y = -6E-05x^2 + 0,0104x + 2,095$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2$   
303  $= 1$ ), atingindo a máxima retenção de nitrogênio com adição de 86,66mg de zinco/kg de  
304 ração. Já no nível de 2% de L-glutamina, o zinco, influencia de forma linear decrescente  
305 o nitrogênio ingerido,  $Y = -0,0036x + 3,2628$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,827$ ), e a retenção de  
306 nitrogênio,  $Y = -0,0033x + 2,5344$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,66$ ).

307 No desdobramento da interação, verifica-se que os tratamentos com 1% de L-  
308 glutamina/ 120mg de zinco suplementar/kg de ração e 2% de L-glutamina sem a adição  
309 de zinco proporcionaram a maior ingestão de nitrogênio.

310 Desta forma, verifica-se que a maior retenção de nitrogênio esta diretamente  
311 relacionada com o maior consumo deste elemento. No entanto, Trindade Neto et al.  
312 (2010), verificaram que apesar da ingestão de nitrogênio ter sido maior com a adição de  
313 43mg de zinco/kg de ração quando comparado com o nível de 253mg de zinco/kg de  
314 ração, estes níveis não ocasionaram nenhum efeito sobre a retenção de nitrogênio.

315 Os resultados encontrados quanto à retenção de nitrogênio, são contrários  
316 àqueles obtidos por Nascimento (2010) que não verificaram efeito sobre este parâmetro,  
317 em função da adição de diferentes níveis de L-glutamina na dieta de frangos de corte, no  
318 período de 18 a 21 dias de idade. No entanto, Khempaka et al. (2011) constataram  
319 redução na retenção de nitrogênio com o aumento dos níveis de L-glutamina na dieta de  
320 frangos de corte.

321 Acerca do nitrogênio excretado, apesar da ausência de interação entre os fatores  
322 estudados ( $P > 0,05$ ), constata-se no confronto de cada tratamento com o controle, que as  
323 aves alimentadas com 1% de L-glutamina combinado com 90,0mg de zinco/kg de ração  
324 e 2% de L-glutamina sem a adição de zinco suplementar e associado com 120,0mg de  
325 zinco/kg de ração apresentaram valores superiores para este parâmetro ( $P < 0,05$ ). Desta

326 forma, o menor consumo e a maior excreção de nitrogênio verificado no tratamento com  
327 2% de L-glutamina associado com 120,0mg de zinco/kg de ração pode ter contribuído  
328 para o menor coeficiente de digestibilidade da proteína bruta constatado neste  
329 tratamento.

330 A respeito da eficiência de utilização do nitrogênio, verifica-se que o tratamento  
331 com a combinação 2% de L-glutamina combinado com 120mg de zinco/kg de ração  
332 apresenta menor eficiência de utilização do nitrogênio quando comparado com o  
333 tratamento controle ( $P < 0,05$ ).

334 Por outro lado, observa-se que houve interação entre L-glutamina e zinco para  
335 eficiência de utilização do nitrogênio ( $P < 0,05$ ). Desta forma, a suplementação de 1 e 2%  
336 de L-glutamina proporcionou efeito quadrático para o nível de zinco nas dietas  
337 representado pelas equações:  $Y = -2E-06x^2 + 0,0004x + 0,76$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 1$ ) e  $Y = -$   
338  $2E-05x^2 + 0,0017x + 0,769$  ( $P < 0,05$ ;  $R^2 = 1$ ), assim, a máxima eficiência de utilização  
339 do nitrogênio, foi obtida com 100 e 42,50 mg de zinco/kg de ração, respectivamente.

340 A menor eficiência de utilização do nitrogênio e o menor coeficiente de  
341 digestibilidade da proteína bruta verificado para o maior nível de adição de L-glutamina  
342 (2%) e de zinco (120mg) pode esta vinculado ao desequilíbrio entre os aminoácidos,  
343 promovendo uma carga excessiva de aminoácidos na circulação sanguínea que para  
344 serem metabolizados, exigem um gasto extra de energia, a qual é desviada da produção  
345 para os processos de excreção do nitrogênio na forma de ácido úrico (Aletor et al.,  
346 2000), e neste caso, nota-se que esta associação conferiu a maior excreção de  
347 nitrogênio.

348

349

**350 Conclusão**

351 A suplementação combinada de L-glutamina e zinco não influencia o coeficiente  
352 de digestibilidade da matéria seca.

353 As dietas com a adição de 1 e 2% de L-glutamina associada com todos os níveis  
354 de zinco suplementar proporcionam o aumento do coeficiente de digestibilidade do  
355 extrato etéreo.

356 O tratamento com a associação de 1% de L-glutamina com 90 e 120mg de  
357 zinco/kg e 2% de L-glutamina sem a adição zinco de propiciam a maior retenção de  
358 nitrogênio.

359

**360 Referências**

- 361 ALETOR, V.A.; HAMID, I.I.; NIESS, E, PFEFFER. Low-protein amino acid-  
362 supplemented diets in broiler chickens: Effect on performance, carcass characteristics,  
363 whole body composition and efficiencies nutrient utilization. *Journal Science Food*  
364 *Agriculture*, v.80, n.5, p.547-554, 2000.  
365
- 366 DAI, S.F.; GAO F.; ZHANG W.H.; SONG, S.X.; XU, X.L.; ZHOU, G.H. Effects of  
367 dietary glutamine and gamma-amino butyric acid on performance, carcass  
368 Characteristics and serum parameters in broilers under circular heat stress. *Animal Feed*  
369 *Science and Technology*, v. 168, n.1-2, p. 51-60, 2011.  
370
- 371 DEVI-PRIYA, K.; SELVARAJ, P.; NANJAPPAN, K.; JAYACHANDRAN, S.;  
372 VISHA, P. Oral supplementation of putrescine and L-glutamine on the growth  
373 performance. Immunity, intestinal enzymes in the broiler chickens. *Tamilnadu Journal*  
374 *Veterinary & Animal Sciences*, v.6, n.5, p.250-254, 2010.  
375
- 376 HU, C.H.; QIAN, Z.C.; SONG, J.; LUAN, Z.S.; ZUO, A.Y. Effects of zinc  
377 oxidemontmorillonite hybrid on growth performance, intestinal structure, and function  
378 of broiler chicken. *Poultry Science*, 2013, v.92, n. 1, 2013.  
379
- 380 KHEMPAKA, S.; OKRATHOK, S.; HOKKING, L.; THUKHANON, B.; MOLEE, W.  
381 Influence of Supplemental Glutamine on Nutrient Digestibility and Utilization, Small  
382 Intestinal Morphology and Gastrointestinal Tract and Immune Organ Developments of  
383 Broiler Chickens. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, v.80, n.8,  
384 p.606-608, 2011.  
385

- 386 KIEFER, C; SANTOS, T.M.B.; MOURA, M.S.; SILVA, C.M.; LUCAS, L.S.; ROSA,  
387 E.M. Digestibilidade de dietas suplementadas com fitase para suínos sob diferentes  
388 ambientes térmicos. *Ciência Rural*, v.42, n.8, p.1483-1489, 2012.  
389
- 390 LOPES, K.L.A.M. *Suplementação de glutamina em dietas de frangos de corte*. 2008.  
391 77f. Tese (Doutorado em Ciência animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal  
392 de Goiás, Goiânia, 2006.  
393
- 394 MARTINEZ, K.L.A.; LEANDRO, N.S.M.; CAFÉ, M.B.; STRINGHINI, J.H.;  
395 ARAÚJO, I.C.S.; ANDRADE, M.A. Suplementação de glutamina em dietas elaboradas  
396 com ingredientes de origem vegetal e animal para pintos de corte. *Arquivo Brasileiro de*  
397 *Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 64, n. 6, p. 1707-1716, 2012.  
398
- 399 MATTERSON, L.B.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W.; SINGSEN, E.P. The  
400 metabolizable energy of feed ingredients for chickens. *Storrs, Connecticut: The*  
401 *University of Connecticut, Agricultural Experiment Station*; 1965. p. 11. Research  
402 Report, 7.  
403
- 404 NASCIMENTO, G.M. *Suplementação da L-Glutamina em ração sem agente*  
405 *anticoccidiano para frangos: Desempenho e Desenvolvimento da mucosa*  
406 *intestinal*. 2010. 40f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Escola de Veterinária  
407 e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.  
408
- 409 NASCIMENTO, G.M.; LEANDRO N.S.M.; CAFÉ, M.B.; STRINGHINI J.H.;  
410 ANDRADE, M.A.; MARTINEZ, K.L.A.; MELLO, H.H.C.; MASCARENHAS, A.G.  
411 Performance and intestinal characteristics of broiler chicken fed diet with glutamine in  
412 the diet without anticoccidials agents. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*  
413 2014; 15(3): 637-648.  
414
- 415 OLIVEIRA, W.P.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; MARTINS,  
416 M. dos S.; ASSIS, A.P. de. Redução do nível de proteína bruta em rações para frangos  
417 de corte em ambiente de estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.5,  
418 p.1092-1098, 2010.  
419
- 420 OLUBODUN, J.O; ZULKIFLI,I.; FARJAM, A.S.; BEJO, M.H.; KASIM, A.  
421 Glutamine and Glutamic Acid Supplementation Enhances Performance of Broiler  
422 Chickens Under the Hot and Humid Tropical Condition. *Italian Journal of Animal*  
423 *Science*, v.14, n.1, p.25-29, 2015.  
424
- 425 ROSTAGNO, HS; ALBINO, LFT; DONZELE, JL; GOMES, PC; OLIVEIRA, RF;  
426 LOPES, DC; FERREIRA, AS; BARRETO, SLT; EUCLIDES, RF. *Tabelas brasileiras*  
427 *para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais* . 3. ed. –Viçosa;  
428 MG: UFV; 2011, 252p.  
429
- 430 SAKAMOTO, M.I.; FARIA, D.E.; NAKAGI, V.S. Utilization of glutamine, associated  
431 with glutamic acid, on development and enzymatic activity in broiler chickens. *Arquivo*  
432 *Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.63, n.4, p.962-972, 2011.  
433

- 434 SALABI, F.; BOUJARPOOR, M.; FAYAZI, J.; SALARI, S.; NAZARI, M. Effects of  
435 Different Levels of Zinc on the Performance and Carcass Characteristics of Broiler  
436 Reared under Heat Stress Condition. *Journal of Animal and Veterinary Advances*,  
437 v. 10, n.10, p.1332-1335, 2011.  
438
- 439 SAS INSTITUTE. *Statistical Analysis Systems User's Guide: statistics*. 2. ed. version  
440 9.0. Cary, NC, USA: SAS Institute, 2002.  
441
- 442 SHAO, Y.; LEI, Z.; YUAN, J. Effect of zinc on growth performance, gut  
443 morphometry, and cecal microbial community in broilers challenged with *Salmonella*  
444 *enterica* serovar typhimurium. *Journal of Microbiology*, v.52, n.12, p.1002, 2014.  
445
- 446 SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análises de alimentos* (métodos químicos e biológicos).  
447 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.  
448
- 449 TANG, Z.G.; WEN, C.; WANG, L.C.; WANG, T.; ZHOU, Y.M. Effect of zinc-bearing  
450 zeolite clinoptilolite on growth performance, nutrient retention, digestive enzyme  
451 activities, and intestinal function of broiler chickens. *Biological Trace Element*  
452 *Research*, v.158, n.1, p. 517, 2014.  
453
- 454 TRINDADE NETO, M.A.; KOBASHIGAWA, E.; NAMAZU, L.B. Lisina digestível e  
455 zinco orgânico para frangos de corte machos na fase de 22 a 42 dias de idade. *Revista*  
456 *Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.11, p. 2460-2470, 2010.  
457
- 458 TUCCI, F.M.; THOMAZ, M.C.; PIZAURÓ JÚNIOR, J.M.; HANNAS, M.I.;  
459 SCANDOLERA A.J.; BUDIÑO, F.E.L. Agentes tróficos na dieta de leitões  
460 desmamados sobre a atividade das enzimas digestivas e o desempenho. *Brazilian*  
461 *Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v.48, n.4, p. 289-298, 2011.  
462
- 463 VASCONCELLOS, C.H.F.; FONTES, D.O.; LARA, L.J.C.; VIDAL, T.Z.B.; SILVA,  
464 M.A. SILLVA, P.C. Determinação da energia metabolizável e balanço de nitrogênio de  
465 dietas com diferentes teores de proteína bruta para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro*  
466 *de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 63, n.3, p. 659-669, 2011.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as condições ambientais e nutricionais desta pesquisa, não se identificou a necessidade de adição suplementar de L-glutamina isolada ou combinada ao zinco devido à ausência de resposta das variáveis de desempenho, do peso dos órgãos linfoides, do aumento da área medular em detrimento da área cortical, da morfometria do intestino delgado e digestibilidade da matéria seca e proteína bruta.

Entretanto é necessário levar em consideração que os melhores resultados obtidos quanto da adição de L-glutamina são em animais expostos ao estresse térmico e desafio sanitário. Desta maneira, é possível que os melhores resultados com adição desse aminoácido possa ser obtido em situações onde os animais são submetidos a fatores de estresse.

Com relação ao zinco além das condições ambientais devem-se considerar também fatores como idade, sexo, fontes e níveis de suplementação.

Desta forma é importante que mais pesquisas sejam desenvolvidas em condições de estresse térmico e de termoneutralidade, utilizando a suplementação combinada de L-glutamina e zinco para determinar o que realmente é necessário para o melhor desenvolvimento animal a fim de evitar contaminação excessiva do ambiente, além dos custos adicionais decorrentes da suplementação aminoacídica e mineral inadequada.

## 7 Referências bibliográficas gerais

- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2014**. Disponível em: [http://abpa-br.com.br/files/RelatorioAnual\\_UBABEF\\_2015\\_DIGITAL.pdf](http://abpa-br.com.br/files/RelatorioAnual_UBABEF_2015_DIGITAL.pdf). Acessado em 23/04/2016.
- ABREU, V. M. N.; ABREU, P.G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1-14, 2011.
- AENGWANICH, W. Pathological changes and the effects of ascorbic acid on lesion scores of bursa of Fabricius in broilers under chronic heat stress. **Research Journal of Veterinary Science**, v. 1, p. 62–66, 2008.
- AHMAD, T. et al. Effect of KCL supplementation in drinking water on broiler performance under heat stress conditions. **Poultry Science**, v. 87, p. 1276-1280, 2008.
- AL-DARAJI, H. J.; MAHMOOD, M. H. M. Effect of Dietary Zinc on Certain Blood Traits of Broiler Breeder Chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 10, p. 808-813, 2011.
- AL-ZGHOUL, M. B. et al. Biochemical and molecular investigation of thermal manipulation protocols during broiler embryogenesis and subsequent thermal challeng. **BMC Veterinary Research**, v. 11, p.1-9, 2015.
- AO, T. et al. Effects of organic zinc and phytase supplementation in a maize–soybean meal diet on the performance and tissue zinc content of broiler chicks. **British Poultry Science**, v. 48, p. 690-695, 2007.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. 2.Ed. Viçosa: EDUFV, 2010, 269p.
- BAHAKAIM, A. S. A. et al. Effect of using different levels and sources of zinc in layer's diets on egg zinc enrichment. **Poultry Science**, v. 34, p. 39-56, 2014.
- BARTELL, S. M.; BATAL, A. B. The effect of supplemental glutamine on growth performance, development of the gastrointestinal tract, and humoral immune response of broilers. **Poultry Science**, v. 86, p. 1940–1947, 2007.
- BARTLETT, J. R.; SMITH, M. O. Effects of different levels of zinc on performance and immunocompetence of broilers under heat stress. **Poultry Science**, v. 82, p. 1580-1588, 2003.
- BLALOCK, T. L.; HILL, C. H. Studies on the role of iron in zinc toxicity in chicks. **Biological Trace Element Research**, v. 17, p. 17-29, 1988.
- BOIAGO, M. M. et al. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês, criados sob condições de estresse térmico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 241-247, 2013.
- BONNET, S. et al. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. **Poultry Science**, v. 76, n. 6, p. 857–863, 1997.

- CAO, J.; HENRY, P. R.; GUO, R. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. **Journal Animal Science**, v. 78, p. 2039- 2054, 2000.
- CASSUCE, D.C. et al. 2013. Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 33, p. 28-36, 2013.
- DAI, S. F. et al. Dietary glutamine supplementation improves growth performance, meat quality and colour stability of broilers under heat stress. **British Poultry Science**, v. 50, p. 333-340, 2009.
- DAI, S. F. et al. Effects of dietary glutamine and gammaaminobutyric acid on performance, carcass Characteristics and serum parameters in broilers under circular heat stress. **Animal Feed Science and Technology**, v. 168, p.51-60, 2011.
- DANIEL, J. F.; CAVAGLIERI, C. R. Efeitos da suplementação crônica de glutamina sobre a performance de atletas de futebol da categoria juvenil. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 13, p. 55-64, 2005.
- DEWAR, W. A. et al. Toxic effects of high concentrations of zinc oxide in the diet of the chick and laying hens. **Brazilian Poultry Science**, v. 24, p. 397-404, 1983.
- ENSMINGER, M. E.; OLDFIELD, J. E.; HEINEMANN, W. W. **Feeds and Nutrition**. The Ensminger Publishing Company, Clovis, CA. p. 8-120. 1990.
- FASINA, Y. O. Et al. Effect of dietary glutamine supplementation on Salmonella colonization in the ceca of young broiler chicks. **Poultry Science**, v. 89, p. 1042-1048, 2010.
- FLARING, U. B. et al. Glutamine attenuates post-traumatic glutathione depletion in human muscle. **Clinic Science**, v. 104, p. 275 – 82, 2003
- FUKATSU, K.; KUDSK, K. A. Nutrition and gut immunity. **Surgical Clinics of North America** v.91, p. 755-770, 2011.
- GATLIN, D. M.; WILSON, R. P. Zinc supplementation of practical Channel catfish diets. **Aquaculture**, v. 41, p. 31-36, 1984.
- GHAZALAH, A. A.; ABD-ELSAMEE, M. O.; ALI, A. M. Influence of dietary energy and poultry fat on the response of broiler chicks to heat therm. **International Journal of Poultry Science**, v. 7, p. 355-359, 2008.
- GROSS, W. B.; SIEGEL, H. S. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. **Avian Disease**, v. 27, p. 972-979, 1983.
- GUIMARÃES, E. B. et al. Porcentagem de parênquima e índice apoptótico da bolsa cloacal em frangos de corte ambiente de conforto e estresse térmico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, p. 178-186, 2003.

HAI, L.; RONG, D.; ZHANG, Z.Y. The effect of thermal environment on the digestion of broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 83, p. 57-64, 2000.

HAUSSINGER, D.; LANG, F.; GEROK, W. Regulation of cell function by cellular hydration state. **The American Journal Physiology**, v. 267, p. E343-E355, 1994.

JORGE NETO, G.; DARI, R. N. Produtos químicos alternativos para promotores de crescimento. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, v. 2, p. 217-239, 2000.

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. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.99, p.50-58, 2015.

JAZIDEH, F.; FARHOOMAND, P.; DANESHYAR, M.; NAJAFI, G. The effects of dietary glutamine supplementation on growth performance and intestinal morphology of broiler chickens reared under hot conditions. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences**, v. 38, p. 264–270, 2014.

KHAN, J. et al. Alanyl-glutamine-supplemented parenteral nutrition increases luminal mucus gel and decreases permeability in the rat small intestine. **Journal Parenteral and Enteral Nutrition**, v. 23, p. 24-31, 1999.

KHEMPAKA, S. et al. Influence of Supplemental Glutamine on Nutrient Digestibility and Utilization, Small Intestinal Morphology and Gastrointestinal Tract and Immune Organ Developments of Broiler Chickens. **World Academy of Science Engineering Technology**, v. 80, p. 606-608, 2011.

LADD, F. V. L. et al. Zinc and glutamine improve brain development in suckling mice subjected to early postnatal malnutrition, **Nutrition**, v. 26, p. 662–670, 2010.

LAI, P. W. et al. Effects of varying dietary zinc levels and environmental temperatures on the growth performance, feathering score and feather mineral concentrations of broiler chicks. **Asian – Australasian Journal of Animal Science**, v. 23, p. 937-945, 2010.

LI, X. et al. Composition of amino acids in feed ingredients for animal diets. **Amino Acids**, v. 40, p. 1159- 1168, 2010.

LIMA, A. A. M. 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**, v. 68, p. 351-358, 2013.

LOBLEY, G. E.; S. O. HOSKIN; C. J. MCNEIL. Glutamine in animal science and production. **The Journal of Nutrition**, v. 131, p. 255S-2531S, 2001.

LOPES, J. C. O. et al. Zinc and vitamin E in diets for broilers reared under heat stress. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, p. 350-364, 2015.

LUND, P.; WILLIAMSON, D. H. Inter-tissue nitrogen fluxes. **British Medical Bulletin**, v. 41, p. 251–256, 1985.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP- UNESP, 1994. 296p.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZÁLES, E. Ingestão de alimentos: Mecanismos regulatórios. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. p. 209-228.

MAIORKA, A. et al. Influência da suplementação de glutamina sobre o desempenho e o desenvolvimento de vilos e criptas do intestino delgado de frangos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, p. 487-490, 2000.

MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de Minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 375p.

MAQBOOL, A. et al. Effects of ascorbic acid and acetylsalicylic acid supplementation on performance of broiler chicks exposed to heat stress. **Pakistan Veterinary Journal**, v. 24, p. 109-112, 2004.

MARCHINI, C. F. P. et al. Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. **Archives of Veterinary Science**, v. 12, p. 41-46, 2007.

McDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academy Press, 1992. 524 p.

McDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. 2.ed. Netherlands: Elsevier Science, 2003. 644p.

MEDEIROS, M. M. et al. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, v. 13, p. 277-286, 2005.

MORRISON, A. L. et al. Glutamine's protection against cellular injury is dependent on heat shock factor-1. **American Journal Physiology Cell Physiology**, v. 290, p. 1625-1632, 2006.

NASCIMENTO, G. M. et al. Performance and intestinal characteristics of broiler chicken fed diet with glutamine in the diet without anticoccidials agents. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, p. 637-648, 2014.

NRC. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9th rev. ed., Washington: National Academy Press. 1994.

OLIVEIRA, W. P. et al. Redução do nível de proteína bruta em rações para frangos de corte em ambientes de estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1092-1098, 2010.

PECHOVÁ, A; PAVLATA, L; LOKAJOVÁ, E. Zinc supplementation and somatic cell count in milk of dairy cows. **Acta Veterinaria Brno**, v. 75, p. 355-361, 2006.

PINEL, C. et al. Alterations in glutamine synthetase activity in rat skeletal muscle are associated with advanced age. **Nutrition**, v. 22, p. 778-785, 2006.

QUINTEIRO-FILHO, W. M. et al. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 89, p. 1905–1914, 2012.

RHOADS, J. M.; KEKU, E. O.; WOODDRAD, J. P. L-glutamine and D-glucose stimulate oxidative metabolism and NaCl absorption in piglet jejunum. **The American Journal Physiology**, v. 263, p. G960- G966, 1992.

RHOADS, J. M. et al. Lglutamine and L-asparagine stimulate Na<sup>+</sup> /H<sup>+</sup> exchange in porcine jejunal enterocytes. **The American Journal Physiology**, v. 266, p. G828 -838, 1994.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. –Viçosa, MG: UFV, 2011, 252p.

SAHIN, K., et al. Supplementation of zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat-distressed quail. **Poultry Science**, v. 84, p. 882-887, 2005.

SAHIN, K. et al. Role of dietary zinc in heat-stressed poultry: a review. **Poultry Science**, v. 88, p. 2176-2183, 2009.

SAKAMOTO, M. I. et al. Influence of glutamine and vitamin E on the performance and the immune response of broiler chickens. **Brazilian Journal Poultry Science**, v. 8, p. 243-249, 2006.

SALABI, F. et al. Effects of Different Levels of Zinc on the Performance and Carcass Characteristics of Broiler Reared under Heat Stress Condition. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 10, p. 1332-1335, 2011.

SANTOS, R. V. T; CAPERUTO, E. C.; COSTA ROSA, L. F. B. P. Effects of acute exhaustive physical exercise upon glutamine metabolism of lymphocytes from trained rats. **Life Science**, v. 80, p. 573-788, 2007.

SARTORI, J. R. et al. Tipos de fibras musculares no músculo flexor do hálux de frangos de corte submetidos ao estresse pelo calor e frio e alimentados em “pair-freeding”. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 918-925, 2003.

SILVA, S. R. G. et al. Desempenho e resposta imune de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com cromo na forma orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Veterinária**, v. 21, p. 199-203, 2014.

SMITH, R. J. Glutamine metabolism and its physiologic importance. **Journal of Parenteral Enteral Nutrition**, v. 14, p. 40S-44S, 1990.

SOLTAN, M. A. Influence of Dietary Glutamine Supplementation on Growth Performance, Small Intestinal Morphology, Immune Response and Some Blood Parameters of Broiler Chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 8, p. 60-68, 2009.

SOUBA, W. W. et al. Gut glutamine metabolism. **Journal of parenteral and enteral nutrition**, v. 14, p. 45 -50, 1990.

SOUZA, M. G. et al. Utilização das vitaminas C e E em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 2192-2198, 2011.

SPEARS, J. W.; WEISS, W. P. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. **The Veterinary Journal**, v. 176, p. 70-76, 2008.

SUNDER, G. S. et al. Effects of higher levels of zinc supplementation on performance, mineral availability, and immune competence in broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, p. 79-86, 2008.

WATFORD, M.; WU, G. Glutamine metabolism in uricotelic species: variation in skeletal muscle glutamine synthetase, L-glutaminase, glutamine levels and rates of protein synthesis. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 140, p. 607- 614, 2005.

WU, G. et al. Glutamine and glucose metabolism in enterocytes of the neonatal pig. **The American Journal Physiology**, v. 37, p. R334-R342, 1995.

YI, G. F. et al. Impact of glutamine and oasid hatching supplement on growth performance, small intestinal morphology and immune response of broiler vaccinated and challenged with *Eimeria maxima*. **Poultry Science**, v. 84, p. 283-293, 2005.

ZHOU, J. et al. Tumor necrosis factor attenuates glutamine-enhanced skeletal muscle protein synthesis in rats. **Nutrition Research**, v. 27, p. 772-777, 2007.