

HALLEF RIEGER SALGADO

**BIODISPONIBILIDADE DE UMA FONTE ORGÂNICA DE ZINCO PARA
FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino

Coorientadores: Arele Arlindo Calderano
Horácio Santiago Rostagno

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2020**

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

T

Salgado, Hallef Rieger, 1993-
S164b Biodisponibilidade de uma fonte orgânica de zinco para frangos de
2020 corte / Hallef Rieger Salgado. - Viçosa, MG, 2020.
37 f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.31-35.

1. Nutrição animal. 2. Biodisponibilidade. 3. Zinco. 4. Desempenho. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed 636.08527

HALLEF RIEGER SALGADO

**BIODISPONIBILIDADE DE UMA FONTE ORGÂNICA DE ZINCO PARA
FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 27 de fevereiro de 2020.

Assentimento:


Hallef Rieger Salgado
Autor


Luiz Fernando Teixeira Albino
Orientador

Aos meus pais, Sanderli e Raimundo, aos meus irmãos, Halibe e Luiza, e a minha
sobrinha que me ajudaram a chegar até aqui e fazer das minhas escolhas, momentos
inesquecíveis.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, sem ele não teria chegado até aqui, e a minha fé que me dá forças em acreditar e continuar esta jornada, pela oportunidade divina de viver e estar evoluindo dia após dia.

À toda minha família, em especial minha mãe, Sanderli, por ser uma guerreira e me apoiar em todas as minhas escolhas, ao meu padrasto, Raimundo, por representar uma peça fundamental na minha educação, as minhas irmãs Halibe e Luiza, por todo o companheirismo e respeito, a minha sobrinha Isabele, por trazer toda alegria.

À Universidade Federal de Viçosa e o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade concedida. E também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq), pela concessão da bolsa e Auxílio Financeiro durante todo o curso.

Ao Prof. Dr Luiz Fernando Teixeira Albino pela orientação, incentivo, aprendizado, apoio e amizade durante todo o curso.

Aos professores Horácio Santiago Rostagno e Luiz Fernando Teixeira Albino, pelos ensinamentos transmitido, incentivo à pesquisa, apoio na execução deste trabalho.

Aos Professores do Departamentos de Zootecnia UFV, Arele Arlindo Calderano, Melissa Izabel Hannas, Luciana Navajas Rennó, Luiz Fernando Teixeira Albino, pelas disciplinas ofertadas, conhecimentos passados, paciência em ensinar, reuniões, cobranças e participação no meu desenvolvimento acadêmico. E também ao professor Marcelo Dias da Silva por aceitar a participar da banca deste trabalho.

Aos amigos do coração, Victor, Beatriz, Ronã, Jacyara, Thiago, Warley, Jorge, Rayane, Mylena, Amanda, Gabriela, Glenda, Junnia, Rodrigo, Bruna, por tamanha amizade, confiarem no meu potencial, me deram força e ajuda com todos as ferramentas para eu chegar até aqui, com toda certeza sou grato a todos os passeios e cervejas brindadas.

A todos os amigos, estagiários e funcionários do setor de Avicultura da UFV, que me ajudaram deixando os dias mais tranquilos, e apoiando nas realizações dos experimentos e análises laboratoriais.

A empresa Yes pela contribuição com material para elaboração do experimento

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, sem vocês, nada disso seria possível!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

BIOGRAFIA

Hallef Rieger Salgado, filho de Sanderli Maria Salgado e Raimundo Felix, nasceu no dia 14 de Outubro de 1993, em Ponte Nova, Minas Gerais, Brasil. Ingressou no curso Bacharel em Zootecnia no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas *Campus* Rio Pomba em março de 2012 com término em junho de 2017. Em de Agosto deste mesmo ano ingressou no programa pós-graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, atuando na área de Nutrição e Produção de Monogástricos, com linha de pesquisa em Avicultura, submetendo-se à defesa da dissertação em 27 de fevereiro de 2020.

“O único limite da imaginação é a que você impor a sua mente.”
Crys Rangel

RESUMO

SALGADO, Hallef Rieger, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2020. **Biodisponibilidade de uma fonte orgânica de zinco para frangos de corte.** Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino. Coorientadores: Arele Arlindo Calderano e Horácio Santiago Rostagno.

Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação do mineral zinco de diferentes fontes, orgânica (quelato de zinco) e inorgânica (sulfato de zinco), sob o desempenho, o balanço e a biodisponibilidade relativa (BDR) em frangos de corte. Os animais foram criados de 1 a 9 dias recebendo uma dieta basal contendo, milho, farelo de soja e fitase, suplementada com 50% da recomendação de Rostagno et al. (2017), para o mineral zinco. Em seguida, de 10 a 20 dias, considerou-se o período experimental, onde as aves receberam as dietas experimentais, constituídas por suplementações de níveis de zinco, em, 0; 20; 40; e 80 mg/ Kg ração. Os demais microminerais foram fornecidos atendendo o recomendado pelo mesmo autor. Foram utilizados 400 pintos de corte machos distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizados (DIC) com 8 tratamentos, 10 repetições e 5 aves por unidade experimental. Todos animais e rações foram pesados no início e final do experimento, para mensuração do ganho de peso, peso final, consumo de ração e conversão alimentar. No 15º ao 20º dia, foi realizada a coleta total de excretas, para determinar o consumo, excreção, retenção (mg/ave/dia) e balanço (%) de zinco. Os resultados indicaram que a suplementação de 32,5 mg/kg de zinco de fonte inorgânica maximiza o peso final dos animais (sendo este a necessidade mínima para que as aves melhorem seu desempenho). Foi observada menor excreção e maior retenção ($P < 0,05$) de zinco pelas aves submetidas aos tratamentos com a fonte orgânica, principalmente para os níveis de 40 e de 80 mg/kg, assim como para o balanço de Zn ($P < 0,05$). Os maiores valores de balanço (%) foram obtidos com 69,6 e 52,8 mg/kg, respectivamente para fontes inorgânica e orgânica. A BDR do zinco fonte orgânica, foi estimada em 165,6 % considerando o zinco inorgânico com biodisponibilidade de 100%.

Palavras-chave: Biodisponibilidade. Quelato de zinco. Desempenho animal. Nutrição animal.

ABSTRACT

SALGADO, Hallef Rieger, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2020. **Bioavailability of an organic zinc source for broilers.** Adviser: Luiz Fernando Teixeira Albino. Co-advisers: Arele Arlindo Calderano and Horácio Santiago Rostagno.

It was objectified to evaluate the effect of supplementation of the zinc from different sources, organic (zinc chelate) and inorganic (zinc sulfate), underperformance, balance, and relative bioavailability (BDR) in broilers. The animals were bred from 1 to 9 days receiving a basal diet containing corn, soybean meal, and phytase, supplemented with 50% of the recommendation by Rostagno et al. (2017), for the mineral zinc. Then, from 10 to 20 days, the experimental period was considered, where the birds received the experimental diets, constituted by supplementations of zinc levels, in, 0; 20; 40; and 80 mg/kg feed. The other micro minerals were supplied in compliance with the recommendations of the same author. 400 male broiler chicks were used in a completely randomized design (DIC) with 8 treatments, 10 repetitions, and 5 birds per experimental unit. All animals and rations were weighed at the beginning and end of the experiment, to measure weight gain, final weight, feed consumption, and feed conversion. On the 15th to the 20th day, the total collection of excreta was carried out to determine the consumption, excretion, retention (mg/bird/day), and zinc balance (%). The results indicated that the supplementation of 32.5 mg/kg of inorganic zinc maximizes the final weight of the animals (this being the minimum need for birds to improve their performance). Less zinc excretion and greater retention ($P < 0.05$) were observed in birds submitted to treatments with the organic source, mainly for the levels of 40 and 80 mg/kg, as well as for the Zn balance ($P < 0, 05$). The highest balance values (%) were obtained with 69.6 and 52.8 mg/kg, respectively for inorganic and organic sources. The BDR of organic source zinc was estimated at 165.6% considering inorganic zinc with 100% bioavailability.

Keywords: Bioavailability. Zinc chelate. Animal performance. Animal nutrition.

SUMÁRIO

Introdução	10
Material e Métodos	11
Resultados.....	16
Discussão	25
Conclusão.....	30
Bibliografia	31
Anexo.....	36

INTRODUÇÃO

O zinco é um elemento inorgânico presente em quantidades mínimas nos tecidos, essencial ao crescimento, saúde e desenvolvimento corporal de frangos de corte. Ele atua na modulação do sistema imune, reprodução e no metabolismo de macromoléculas orgânicas como carboidratos, lipídios e proteínas, além de participar da calcificação óssea, tornando-se indispensável a homeostase (Richards et al., 2010; Liu et al., 2011).

Na avicultura a suplementação de zinco é uma prática imprescindível, comumente realizada com fontes inorgânicas como óxidos e ou sulfatos (Zhao et al., 2010). Entretanto, os minerais que apresentam fontes orgânicas, possuem maior biodisponibilidade em comparação aos de fontes inorgânicos, visto que são compostos ligados a aminoácidos, peptídeos ou complexos polissacarídeos acarretando em melhor absorção intestinal (MA, Y et al., 2011). Decorrente disso, estudos têm sido realizados com objetivo de reduzir a suplementação de zinco na dieta com a utilização das fontes orgânicas em substituição as tradicionais fontes inorgânicas, sem prejuízos ao desempenho, com melhora na qualidade da carcaça e estrutura óssea, além de menor excreção.

No estudo de Liu et al., (2011), observaram que independente da fonte do zinco, este promoveu o crescimento e a melhora no desempenho dos animais. Porém, o nível de inclusão do zinco orgânico foi menor que o inorgânico. Tem sido mostrado na literatura respostas positivas da suplementação de zinco na deposição óssea. Medeiros et al., (2012) ao estudar diferentes níveis de zinco orgânico, encontrou que a concentração de 85,30 ppm na dieta, teve melhor resultado em quantidade de zinco estocada na tíbia dos frangos de corte. Resultados semelhantes foram encontrados por Ao et al., (2009) ao avaliar

diferentes inclusões de zinco de fontes orgânicas nas dietas, pois a suplementação orgânica aumentou linearmente o conteúdo total deste mineral na tíbia dos frangos de corte, evidenciando que a fonte orgânica, não causa antagonismo no organismo dos animais, diferente do que pode acontecer com os minerais de fontes inorgânicas e favorece o crescimento animal.

A suplementação de zinco tem propiciado efeito benéfico, mas é importante salientar a necessidade de uma avaliação bioquímica aprofundada para determinar o nível ideal deste mineral nas dietas das aves, e sua biodisponibilidade em fontes orgânica e inorgânica. Visto que, o fornecimento em excesso acarreta em interação negativa com outros minerais, podendo prejudicar a saúde do animal, e também a necessidade de balancear as dietas das aves de forma adequada para que respondam de modo eficiente no desenvolvimento corporal e também econômico.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a digestibilidade de diferentes fontes de zinco, inorgânica e orgânica, sendo estes o sulfato de zinco e o quelato de aminoácidos-zinco sobre o desempenho de frangos de corte, bem como a biodisponibilidade relativa das fontes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de Julho a Agosto de 2019. Todos os procedimentos do presente estudo seguiram os padrões do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA e foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética no uso de animais de Produção, CEUAP - UFV (Registro nº 33/2019).

ANIMAIS E HABITAÇÃO

Foram utilizados 400 frangos de corte machos da linhagem genética Cobb 500[®]. Durante o período inicial (1 a 9 dias) as aves foram alojadas em círculo de proteção e manejadas seguindo recomendações do manual de manejo de frangos de corte Cobb (Cobb Vantress Inc., 2016).

Aos dez dias de idade, as aves foram pesadas individualmente (peso médio de 213,4 g) e transferidas para um galpão de alvenaria, alojadas em gaiolas plásticas de 49 cm x 27cm x 33cm (comprimento x altura x profundidade) providas de comedouros tubulares de plásticos, bebedouros tipo nipple e bandejas forradas com lona plástica para a coleta de excretas, evitando assim qualquer contaminação mineral externa. O período experimental foi 10 aos 21 dias de idade. O fornecimento de água e ração foi *ad libitum*. A água de bebida passou por processo de desmineralização para impedir contaminação externa. O programa de luz adotado foi de 22:2, com 22 horas de luz (natural + artificial) e 2 horas de escuro, durante todo o período experimental. A temperatura interior do galpão foi aferida diariamente (08:00 e 16:00 h) por meio de termômetros posicionados a altura das aves e mantida por manejo das lâmpadas infravermelhas de 250 watts e manejo das cortinas nas laterais do galpão de acordo com o conforto térmico para esta idade. As médias da temperatura e umidade no interior do galpão durante o período experimental foram de respectivamente: $27,9 \pm 1,11$ °C e $66 \pm 2,79$ UR.

DIETAS EXPERIMENTAIS

De 1 a 9 dias de idade, todas as aves receberam uma dieta única a base de milho e de farelo de soja e fitase 500 FTU (Tabela 1), formulada segundo as recomendações preconizadas por Rostagno et al. (2017), exceto para o mineral zinco que foi

suplementado visando garantir 34,4 mg/Kg ração, sendo 50% das recomendações propostas pelo mesmo autor. Esta menor suplementação teve como objetivo consumir as reservas corporais evitando a influência dos resultados.

Tabela 1- Composição da dieta experimental calculada/analísada utilizada no período de 1 a 21 dias de idade.

Ingredientes ¹	%	Nutriente	Valores Calculados
Milho	52,218	Energia Metabolizável (kcal/kg)	3025
Farelo de soja, (45%)	40,000	Proteína bruta (%)	22,83
Óleo de soja	3,230	Cálcio (%)	0,900
Fosfato bicálcico	1,200	Fósforo disponível (%)	0,430
Calcário	0,950	Sódio (%)	0,218
Sal comum	0,490	Lisina digestível (%)	1,256
DL-Metionina, (99%)	0,310	Met. + Cis. Digestível (%)	0,929
Lisina HCl, (79%)	0,150	Metionina digestível (%)	0,624
L-Treonina, (98%)	0,042	Treonina digestível (%)	0,829
Cloreto de Colina (60%)	0,100	Triptofano digestível (%)	0,265
Anticoccidiano (Salinomocina 12%)	0,055	Valina digestível (%)	0,967
Fitase (500 FTU/kg)	0,005	Isoleucina digestível (%)	0,900
BHT	0,010	Arginina digestível (%)	1,424
Suplemento Vitamínico ²	0,130	Gli + Ser digestível (%)	1,851
Suplemento Microminerais ³	0,100		
Promotor Avilamicina (10%)	0,010		
Indicador (Celite)	1,000		
Amido ou Zn Inor/Org, (%)	Variável		

¹ Todos os ingredientes e a composição nutricional estão expressos na matéria natural.

²Suplemento vitamínica por kg de ração: vitamina A – 12.216 UI; vitamina D3 – 3.054 UI; vitamina E – 45,8 UI; vitamina B1 – 3,28 mg; vitamina B2 – 8,17 mg; vitamina B6 – 4,58 mg; vitamina B12 – 19,9 mg; vitamina K – 2,44 mg; ác. nicotínico – 49,6 mg; ác. pantotênico – 16,42 mg; ác.fólico – 1,145 mg; biotina – 0.1145 mg.

³ Suplemento mineral inorgânica por kg de ração: Período 1 a 10 dias: Cu, 13,7 mg; Fe, 68,7 mg; I, 1,4 mg; Mn, 96,2 mg; Se, 0,412 mg; Zn, 34,4 mg (50% das Tabelas Brasileiras 2017). Período 10 a 21 dias: Cu, 13,7 mg; Fe, 68,7 mg; I, 1,4 mg; Mn, 96,2 mg; Se, 0,412 mg; Zn (ver Tabela 2).

Para o período experimental, 10 a 21 dias, foi utilizado a mesma dieta da ração basal (fase inicial) e suplementada com os demais microminerais (Cu, Fe, I, Mn, Se) em forma inorgânica para atender os requisitos nutricionais dos animais conforme recomendação de Rostagno et al.(2017), exceto para os níveis de zinco, sendo que as relações de suplementações para cada tratamento foram obtidas pela inclusão de zinco em duas fontes, orgânica e inorgânica em substituição ao amido (Tabela 1).

A fonte de zinco inorgânico avaliada foi o sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) com 22,95% de Zn, sendo a dieta basal suplementada com os níveis de 0, 20, 40, e 80 mg de Zn/kg provenientes da fonte inorgânica. A fonte orgânica de zinco utilizada foi o quelato de aminoácidos - zinco (QZn) com conteúdo avaliado de 15,7% de zinco sendo a dieta basal suplementada com os níveis de 0, 20, 40 e 80 mg de Zn/kg provenientes da fonte orgânica (Tabela 2).

Tabela 2- Tratamentos Experimentais, suplementação com os níveis crescentes do mineral Zinco na ração basal. Conteúdo total analisado de zinco nas dietas experimentais valores na matéria natural.

	Zinco (mg/kg/ração)	
	Inclusão	Analisado
Fonte Inorgânica de Zn Sulfato de Zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)	T 1 - 00 mg/kg	28,36 mg/kg
	T 2 - 20 mg/kg	41,95 mg/kg
	T 3 - 40 mg/kg	56,21 mg/kg
	T 4 - 80 mg/kg	90,17 mg/kg
Fonte Orgânica de Zn Quelato de Aminoácidos (QZn)	T 5 - 00 mg/kg	28,36 mg/kg
	T 6 - 20 mg/kg	44,44 mg/kg
	T 7 - 40 mg/kg	56,54 mg/kg
	T 8 - 80 mg/kg	93,39 mg/kg

TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado (DIC) composto por 8 tratamentos, 10 repetições e 5 aves por unidade experimental, em um arranjo fatorial 2x4, sendo duas fontes de zinco (fonte inorgânica e orgânica) e quatro níveis de suplementação do mineral (00, 20, 40, 80 mg/kg de zinco na ração). Todos os tratamentos dietéticos foram a base de uma dieta basal, contendo milho e farelo de soja e fitase (Tabela 1).

PARÂMETROS AVALIADOS

Durante os 10 dias do período experimental (10 a 20 dias de vida), os parâmetros de desempenho avaliados foram: Ganho de peso (GP), Consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA). O consumo de ração foi calculado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida inicialmente no décimo dia, e as sobras das rações no 20º dia. Para avaliação do ganho de peso, as aves foram também pesadas ao final do período experimental. E a partir dos dados de consumo de ração e de ganho de peso foi calculado a conversão alimentar dos animais.

Do 15º ao 20º dias de idade foram colocadas as bandejas cobertas com lona de plástico para a coleta total de excretas e avaliação do equilíbrio mineral. As coletas foram realizadas duas vezes ao dia (08:00 e 16:00 h). As excretas foram homogeneizadas após cada coleta e congeladas a -10°C, posteriormente uma amostra representativa de 200 gramas foi retirada ao final do período experimental e levada para estufa de ventilação forçada à temperatura de 55° C por 72 horas, para a pré-secagem e em seguida moídas em moinho tipo bola e enviadas para análise de quantificação total de zinco no laboratório CBO de Campinas/SP.

O balanço do zinco das diferentes fontes foi calculado através dos resultados de zinco analisado de cada dieta experimental, segundo metodologia recomendada por Sakomura e Rostagno (2016), sendo a retenção do mineral zinco calculada pela diferença entre a ingestão e a excreção. E o balanço, representado por percentual (%) do mineral retido no organismo das aves em relação ao consumido.

A biodisponibilidade, quando possível, foi calcula pelo método da relação dos coeficientes de regressão – Slope Ratio, segundo recomendação Sakomura e Rostagno

(2016). Utilizou-se os parâmetros que tiveram uma resposta linear simples, sendo então elaborada equação linear para a fonte padrão, sulfato de zinco, ($Y = a + b_{SZn} X_{SZn}$) e para fonte testada, quelato de zinco, ($Y = a + b_{QZn} X_{QZn}$), sendo Y as variáveis e X (consumo de zinco). A biodisponibilidade relativa do zinco (BDZN) foi calculada pela relação dos coeficientes de regressão (b), considerando o b da fonte padrão, sulfato de zinco, equivalente a 100%.

$$BDZN = \frac{b_{QZn}}{b_{SZn}} \times 100$$

ANALISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a ANOVA utilizando o procedimento MIXED do SAS (SAS, 9.4) para medir os efeitos dos níveis e fontes de zinco. Cada gaiola foi considerada como uma unidade experimental. As respostas para os níveis de zinco de fonte inorgânico e orgânico foram avaliadas segundo o teste-F e utilizados contrastes ortogonais para respostas lineares e quadráticas em função dos níveis de suplementação. O critério de resposta foi considerado significativo para p-valor <0.05. Quando possível, a estimativa da máxima / mínima resposta ao total de zinco dietético foi obtida usando o modelo polinomial quadrático (QP). O modelo QP ($Y = \beta_0 + \beta_1 * X_{Zn} + \beta_2 X_{Zn}^2$) tem Y como a variável dependente em função dos níveis suplementados de Zn; “ β_0 ” como o intercepto; “ β_1 ” como o coeficiente linear; e “ β_2 ” como o coeficiente quadrático. A concentração máxima de resposta foi obtida por: $-\beta_1 / (2 * \beta_2)$.

RESULTADOS

Não ocorreu mortalidade ou retirada de aves durante o estudo. As premissas de homogeneidade das variâncias e distribuição normal dos resíduos da ANOVA foram

cumpridas por todas as variáveis segundo análise do gráfico de Box Cox (1 faz parte do intervalo de confiança) e teste de Cramer-Von Mises ($p>0,05$), respectivamente. Todos os parâmetros avaliados, exceto conversão alimentar, apresentaram interação significativa ($P>0,05$) entre os fatores em estudo, fontes de zinco, e níveis de suplementação.

DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

O peso final das aves (PF) e o ganho de peso (GP) apresentaram comportamento quadrático aos níveis de suplementação para fonte inorgânica e linear crescente para fonte orgânica (Tabela 3; $P<0,05$). Desta forma, o nível estimado de suplementação de zinco inorgânico que maximiza o PF foi de 32,5 mg/kg ração e para o GP foi de 35 mg/kg ração.

As equações de regressão significativas para cada parâmetro em cada fonte podem ser observadas na Tabela 4. Ao nível 80 mg/kg de ração os animais alimentados com a fonte orgânica, apresentaram melhor ganho de peso ($P<0,001$). O CR não foi influenciado pela fonte inorgânica ($P<0,05$), contudo, a fonte orgânica promoveu efeito quadrático. Este resultado sugere que a suplementação de 35 mg de zinco orgânico por kg de ração propicia o menor consumo. Contudo não foi observado diferenças de CR entre os níveis estudados. As aves suplementadas com fonte orgânica, tiveram a menor conversão alimentar (CA) ($p:0,0452$). Esta variável apresentou resposta quadrática aos níveis, tendo que o nível estimado para menor CA foi de 62,5 mg/kg ração, independente da fonte testada.

Tabela 3 - Efeito do mineral zinco de duas fontes diferentes, orgânica e inorgânica, sobre o desempenho de frangos de corte, alimentados em quatro níveis diferentes de suplementação dos 10 aos 20 dias de idade.²

Parâmetro	Fonte	Níveis de Suplementação de Zinco (mg/kg)				Média	SEM	p_ valor	
		0	20	40	80			Linear	Quadrático
Peso Final (PF) (Kg/ave)	Inorgânica	0,744	0,767	0,772 a	0,753 b	0,759	0,007	0,3383	0,0037
	Orgânica	0,741	0,761	0,747 b	0,781 a	0,758		0,0013	0,3176
	Média	0,743	0,746	0,760	0,767				
	p_ Valor	0,7783	0,5736	0,0146	0,0053	0,8132			
Ganho de Peso (GP) (Kg/ave)	Inorgânica	0,526	0,547	0,558 a	0,539 b	0,542	0,004	0,0586	0,0009
	Orgânica	0,525	0,552	0,544 b	0,574 a	0,549		<0,0001	0,8873
	Média	0,525	0,549	0,551	0,556				
	p_ Valor	0,811	0,535	0,083	<0,001	0,1633			
Consumo de Ração (CR) (Kg/ave)	Inorgânica	0,669	0,677	0,679	0,668	0,673	0,004	0,9211	0,2056
	Orgânica	0,671	0,664	0,661	0,687	0,671		0,1762	0,0196
	Média	0,670	0,670	0,670	0,677				
	p_ Valor	0,8296	0,2059	0,0814	0,0583	0,6529			
Conversão Alimentar (CA)	Inorgânica	1,272	1,238	1,217	1,239	1,241b	0,008	0,0278	0,0255
	Orgânica	1,278	1,203	1,215	1,197	1,223a		0,0018	0,0689
	Média	1,275	1,221	1,216	1,218			0,0012	0,0057
	p_ Valor	0,7157	0,0910	0,9859	0,0516	0,0452			

¹ Cada valor representa a média de 10 gaiolas com 5 animais cada;

² Interação Fonte*Nível significativa = PF: p_valor 0,0035; GP: p_valor 0,0007; CR: p_valor 0,0480; CA: p_valor 0,4238;

^{a-b} Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste F da ANOVA a 5% de significância;

SEM: Erro padrão da Média.

Tabela 4 - Equações de regressão para parâmetros de desempenho dos frangos de corte

Parâmetro	Fonte	Contrastes	Equações de Regressão	PF*	R ²
Peso Final (PF) (Kg/ave/dia)	Inorgânica	Linear	NS	-	-
		Quadrática	$Y = -0,00002x^2 + 0,0013x + 0,7447$	32,5	98,85
	Orgânica	Linear	$Y = 0,0004x + 0,7422$	-	70,63
		Quadrática	NS	-	-
Ganho de Peso (GP) (Kg/ave/dia)	Inorgânica	Linear	NS	-	-
		Quadrática	$Y = -0,00002x^2 + 0,0014x + 0,5259$	35	24,28
	Orgânica	Linear	$Y = 0,5443x + 529,54$	-	83,09
		Quadrática	NS	-	-
Consumo de Ração (CR) (Kg/ave)	Inorgânica	Linear	NS	-	-
		Quadrática	NS	-	-
	Orgânica	Linear	NS	-	-
		Quadrática	$Y = 0,00001x^2 - 0,0007x + 0,6721$	35	18,28
Conversão Alimentar (CA)	Inorgânica	Linear	$Y = -0,4459x + 1259,2$	-	28,82
		Quadrática	$Y = 0,0278x^2 - 2,7491x + 1281,5$	62,5	23,26
	Orgânica	Linear	$Y = -0,7471x + 1248,6$	-	16,5
		Quadrática	NS	-	-

NS: Não significativo ($p < 0,005$);

*Ponto de Flexão obtido por: $-\beta_1 / (2 \times \beta_2)$.

BALANÇO

Aos 20 dias de idade, foi mensurado o consumo e excreção do zinco (mg/ave/dia) das diferentes fontes e dos níveis em estudo apresentados na tabela 5, resultando em variáveis de retenção (mg/ave/dia) pela diferença e balanço (%) do zinco no organismo dos frangos de corte. As equações de regressão significativas para cada parâmetro em cada fonte podem ser observadas na Tabela 6.

Os níveis de zinco no presente estudo, afetaram de forma linear e quadrática ($P < 0,05$) o consumo (CZn) e excreção (ExZn) de zinco (mg/ave/dia) pelos frangos de corte, nas duas fontes. Contudo não foi possível estimar um nível que maximize seu consumo e excreção. Isto porque, o nível estimado é distante do intervalo de níveis estudado e não condizente com o fisiológico. Evidenciando que, mesmo tendo ajuste quadrático, é claramente observado resposta fisiológica linear crescente. Nos níveis de suplementação 20 e 80 mg/kg ração o consumo de zinco foram maiores na fonte orgânica em relação a fonte inorgânica ($p < 0,05$). Esta resposta se inverte no nível de 40 mg/kg

($p:0,0416$). Nos maiores níveis estudados (40 e 80 mg/kg de zinco) a excreção de zinco (ExZn) foi maior para fonte inorgânica ($p<0,05$).

Tabela 5 - Balanço de zinco (mg/ave/dia) da dieta de diferentes fontes, orgânica e inorgânica, em quatro níveis diferentes de suplementação em dietas para frangos de corte de 15 a 20 dias de idade. ²

Parâmetro	Fonte	Níveis de Suplementação de Zinco (mg/kg)				Média	SEM	p_ valor	
		0	20	40	80			Linear	Quadrático
Consumo de Zinco (CZn) (mg/ave/dia)	Inorgânica	2,454	3,642 b	4,925 a	7,758 b	4,697b	0,317	<0,0001	<0,0001
	Orgânica	2,445	3,786 a	4,783 b	8,263 a	4,816a		<0,0001	<0,0001
	Média	2,450	3,714	4,854	8,010				
	p_ valor	0,9004	0,0389	0,0416	<0,0001	0,0005			
Excreção de Zinco (ExZn) (mg/ave/dia)	Inorgânica	1,406	3,136	4,993 a	8,616 a	4,498a	0,304	<0,0001	<0,0001
	Orgânica	1,402	2,957	3,939 b	6,517 b	3,743b		<0,0001	0,0075
	Média	1,404	3,047	4,466	7,566				
	p_ valor	0,9879	0,4978	0,0001	<0,0001	<0,0001			
Retenção de Zinco (RetZn) (mg/ave/dia)	Inorgânica	1,048	0,506	- 0,068 b	- 0,858 b	0,199a	0,089	<0,0001	0,4999
	Orgânica	1,043	0,829	0,844 a	1,746 a	1,073b		0,0131	0,0035
	Média	1,045	0,667	0,388	0,431				
	p_ valor	0,9903	0,2224	0,0009	<0,0001	<0,0001			
Balanço (Bal) (%)	Inorgânica	42,706	13,768	-1,328 b	-11,017 b	12,713b	1,986	<0,0001	0,0041
	Orgânica	42,658	21,866	17,551 a	21,061 a	24,070a		<0,0001	0,0003
	Média	42,682	17,817	8,112	5,022				
	p_ valor	0,9590	0,0790	<0,0001	<0,0001	<0,0001			

¹Cada valor representa a média de 10 gaiolas com 5 animais cada

² Interação Fonte*Nível significativa CZn: p_Valor :<0,0001; ExZn: p_Valor: <0,0001; RetZn: p_Valor: <0,0001 ; Bal: p_Valor:<0,0001;

^{a-b} Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste F da ANOVA a 5% de significância.

SEM: Erro padrão da Média

Tabela 6 - Equações de regressão para parâmetros de digestibilidade e balanço do zinco

Parâmetro	Fonte	Contrastes	Equações de Regressão	PF*	R ²
Consumo de Zinco(CZn) (mg/ave/dia)	Inorgânica	Linear	$Y = 0,0666x + 2,3625$	-	99,16
		Quadrática	$Y = 0,0001x^2 + 0,0572x + 2,4533$	-286	99,33
	Orgânica	Linear	$Y = 0,0724x + 2,2855$	-	98,47
		Quadrática	$Y = 0,0003x^2 + 0,0488x + 2,5138$	-81,3	99,35
Excreção de Zinco(ExZn) (mg/ave/dia)	Inorgânica	Linear	$Y = 0,0904x + 1,3735$	-	99,37
		Quadrática	$Y = 0,00002x^2 + 0,0884x + 1,3932$	-2210	93,71
	Orgânica	Linear	$Y = 0,0627x + 1,5086$	-	95,71
		Quadrática	$Y = 0,00005x^2 + 0,0672x + 1,4657$	- 672	95,75
Retenção de Zinco (RetZn) (mg/ave/dia)	Inorgânica	Linear	$Y = -0,0237x + 0,9867$	-	99,11
		Quadrática	NS	-	-
	Orgânica	Linear	$Y = 0,0096x + 0,7795$	-	58,61
		Quadrática	$Y = 0,0003x^2 - 0,0186x + 1,0519$	31	99,94
Balanço(Bal) (%)	Inorgânica	Linear	$Y = -0,6276x + 32,945$	-	84,22
		Quadrática	$Y = 0,0112x^2 - 1,5595x + 41,943$	69,6	99,77
	Orgânica	Linear	$Y = - 0,2252x + 33,685$	-	45,19
		Quadrática	$Y = 0,01x^2 - 1,0565x + 41,711$	52,8	96,74

NS: Não significativo ($p < 0,005$);

*Ponto de Flexão obtido por: $-\beta_1 (2 \times \beta_2)$.

A diferença entre a ingestão e excreção de zinco foi considerada a retenção de zinco (RetZn), e esta foi influenciado de forma linear na fonte inorgânica e linear descendente e quadrática com ponto de mínima na orgânica pelos níveis de suplementação ($p < 0,05$). Com tudo, os níveis de suplementação estudados (20, 40 e 80 mg/kg) propiciaram retenção menor que a observada nos tratamentos sem suplementação (00 mg/kg). Sendo que, a retenção de zinco pelas aves nos tratamentos com suplementação de 40 e 80 mg de zinco inorgânico foram negativas, (-0,068 e -0,858 respectivamente). No entanto, na fonte orgânica, os valores observados foram de 0,844 e 1,746 para os mesmo níveis, 40 e 80 mg/kg respectivamente.

O balanço (Bal), representado por percentual (%) do mineral retido no organismo das aves em relação ao consumido, assim como a retenção (RetZn), foi maior no tratamento sem suplementação (00 mg/kg) em contrastes aos demais tratamentos suplementados (20, 40 e 80 mg/kg). Nos níveis de suplementação 40 e 80 mg/zinco inorgânico o balanço foi de -1,328 e -11,017 %, e na fonte orgânica de 17,551 e 21,061 % respectivamente. Para ambas as fontes, foi observado ajuste linear descendente e

quadrática com ponto de mínima aos níveis de suplementação ($p < 0,05$) sendo para fonte inorgânica 69,6 e orgânica 52,8.

BIODISPONIBILIDADE

A biodisponibilidade relativa média (BDRM) foi calculada através das equações lineares- Slope Ratio usando como referência o zinco proveniente da fonte inorgânica (sulfato de zinco) com valor de 100% de disponibilidade (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores de biodisponibilidade relativa sob equações lineares- Slope Ratio para os parâmetros significativos ($P \leq 0,05$).

Parâmetro	Biodisponibilidade (%)	
	Fonte Inorgânica ¹	Fonte Orgânica
Conversão Alimentar ²	100	167,5
Zinco na Excreta (MS) ³	100	120,1
Consumo de Zinco (mg/ave/dia) ⁴	100	108,7
Excreção de Zinco (mg/ave/dia) ⁵	100	144,2
Retenção de Zinco (mg/ave/dia) ⁶	100	NP
Balço (%) ⁷	100	287,7
Disponibilidade Média (BDRM)	100	165,6

¹ Atribui-se a fonte inorgânica, Sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 5H_2O$) o valor de 100% de disponibilidade

² Inorg: $Y = -0,4459x + 1259,2$ $R^2 : 28,82$ Org: $Y = -0,7471x + 1248,6$ $R^2 : 16,50$;

³ Inorg: $Y = 4,2192x + 68,576$ $R^2 = 9,57$ Org: $Y = 3,5125x + 68,462$ $R^2 : 96,49$;

⁴ Inorg: $Y = 0,0666x + 2,3626$ $R^2 : 99,83$ Org: $Y = 0,0724x + 2,2855$ $R^2 : 98,47$;

⁵ Inorg: $Y = 0,0904x + 1,3735$ $R^2 : 9,37$ Org: $Y = 0,0627x + 1,5086$ $R^2 : 95,71$;

⁶ Inorg: $Y = -0,0237x + 0,9867$ $R^2 : 99,16$ Org: $Y = 0,0096x + 0,7795$ $R^2 : 58,61$;

⁷ Inorg: $Y = -0,6276x + 32,945$ $R^2 : 84,22$ Org: $Y = -0,2252x + 33,685$ $R^2 : 45,19$;

NP: não foi possível calcular.

A biodisponibilidade (BDRM) estimada da fonte orgânica (quelato de aminoácidos-Qzn) é de 165% em média. Em comparação prática, 100 mg/kg de Zn inorgânico pode ser substituído por 60,4 mg/kg de Zn de fonte orgânica. Os parâmetros de desempenho e balanço que apresentaram respostas lineares significativos ($P \leq 0,05$) para ambas fontes, sendo estes apresentados na figura 1: A) conversão alimentar, B) excreção de zinco na matéria seca, C) consumo de zinco (mg/ave/dia), D) excreção de zinco (mg/ave/dia), E) retenção de zinco (mg/ave/dia) e F) balanço de zinco (%), foi usado os valores estimados e realizado teste de média.

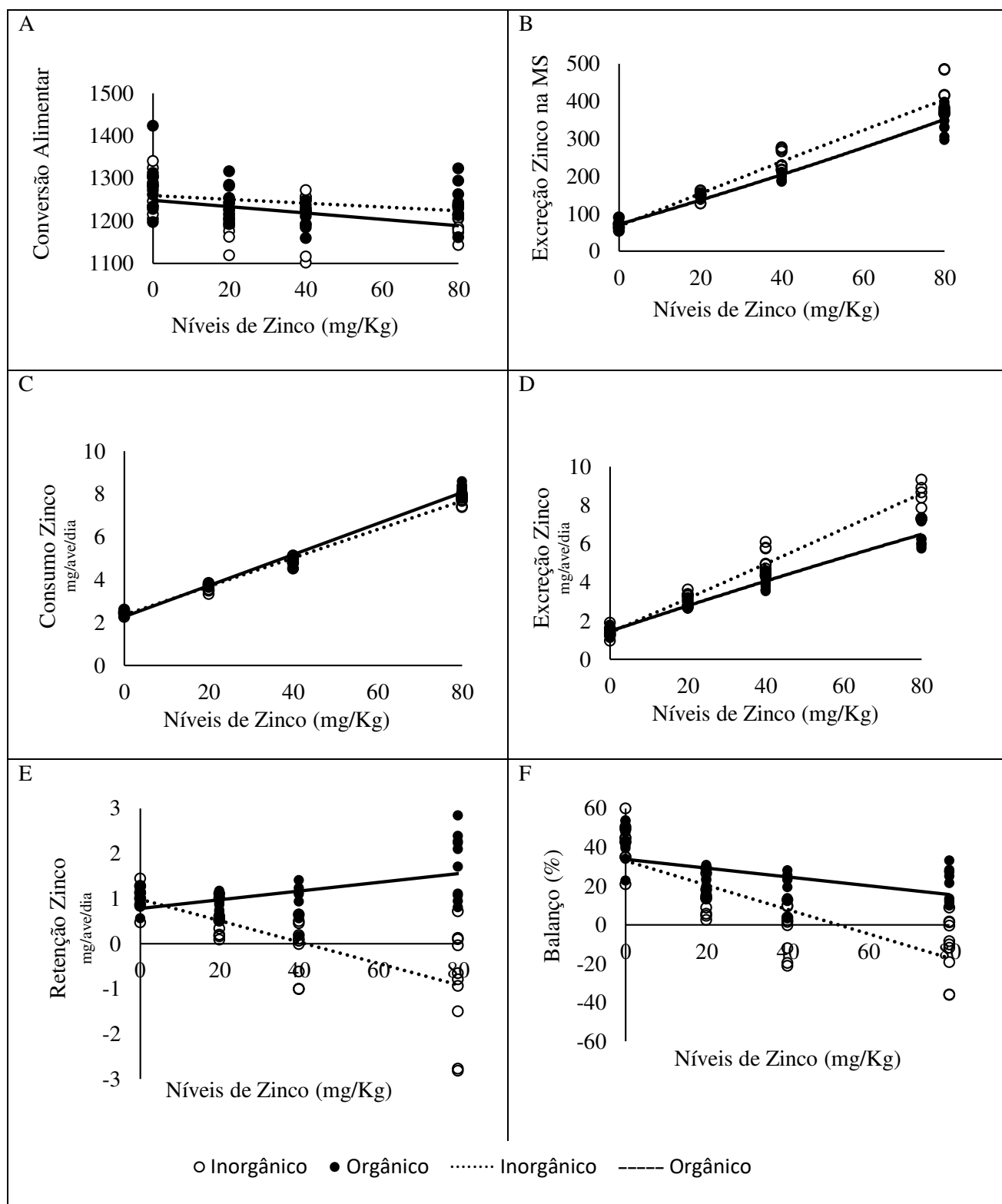


Figura 1- Relação linear de respostas aos níveis estudados entre as fontes de zinco (inorgânica e orgânica) sob parâmetros significativos ($p < 0,005$).

DISCUSSÃO

No presente estudo, ao avaliar o efeito do mineral zinco comumente utilizado na suplementação das dietas de frangos de corte na forma de sulfato de zinco, fonte inorgânica, comparado com o quelato de aminoácidos- Zn, fonte orgânica, sob alguns parâmetros considerados importantes para verificação do seu potencial uso comercial, o grupo controle, a qual recebeu uma dieta basal não suplementada com nenhuma fonte de zinco, dos 10 aos 20 dias de idade, não apresentou mortalidade, este resultado pode ser atribuído ao nível de zinco presente no milho e farelo de soja, pois foi suficiente para atender as necessidades básicas das aves (Mwangi et al., 2017) juntamente com o uso da enzima fitase (500 FTU), que conseqüentemente aumentou a disponibilidade do mineral zinco presente nestes alimentos vegetais base da dieta (Yi et al., 1996). De acordo com o NRC, (1994) dietas com níveis alto de fitato reduzem a biodisponibilidade do zinco dietético, devido a formação do complexo Zn-Ca-fitato, o que reduz a absorção do zinco (Yu et al., 2010) resultando numa deficiência nos animais, podendo levar a morte.

A dieta controle do presente estudo continha 28,36 mg/kg de zinco dietético, provinda do milho e farelo de soja, o estudo de Zaghari et al., (2015) fazendo um teste dose resposta com diferentes níveis de zinco, a dieta basal controle formulada com milho e farelo de soja e fitase, continha no total 24 mg/kg zinco, e os autores concluíram que o requerimento de zinco para frangos de corte é de 57,4 mg/kg para alcançar a melhor taxa de crescimento, diferente do preconizado pelo NRC (1994) que seria de 40 mg/kg ração.

Ao et al., (2009) observaram que uma dieta a base de milho e farelo de soja, não possui quantidade necessária de zinco quando não há suplementação do mesmo, para os frangos de corte alcançarem seu máximo desempenho produtivo, considerando seu

potencial genético. Levando a considerar a importância de ser fazer a suplementação, já que este é um elemento essencial, como achado no presente estudo, ao verificar o desempenho dos animais, o grupo controle teve menor ganho comparado com os demais tratamentos, isso porque uma deficiência de zinco resulta em um retardo no crescimento corporal das aves (Mateos et al., 2005, Yu et al., 2013; Naz et al., 2016).

Os frangos que receberam suplementação de zinco nos níveis de 40 e 80 mg/kg, fonte orgânica ou inorgânica, apresentaram melhoria no ganho de peso e peso final, resultados semelhantes no desempenho foram encontrados por Rao et al., (2016), que ao avaliar a suplementação de zinco quelatado no nível de 40 mg/kg, obteve respostas significativas ($<0,05$) para ganho de peso e peso final dos animais até os 21 dias de idade.

Já Varun et al., (2017) constatou que no nível de 80 mg/kg de fonte inorgânica de zinco, as aves apresentaram maior peso final, e ganho de peso, este mesmo comportamento foi observado no nível de 40 mg/kg na fonte orgânica tanto no dia 14 como também no 42 dias de vida. Para Sirri et al., (2016) não foi encontrado diferença para o desempenho de frangos de corte (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar) alimentados com zinco fonte orgânica ou inorgânica aos 31 dias de idade.

Wang et al., (2016) ao estudar o efeito da suplementação do Zn-POS, quelato de oligossacarídeo de pectina e zinco, sob o desempenho e digestibilidade, a dieta continha ao total 80 mg/kg de zinco, e a suplementação de Zn-POS melhorou o crescimento, ganho de peso e eficiência alimentar ($p<0,05$) dos frangos de corte comparado ao grupo controle, levando a conclusão que a alta concentração de zinco pode ter contribuído para o efeito crescente no melhor desempenho dos animais.

A utilização das diferentes fontes de zinco nos demais parâmetros fez com que fossem encontrados melhores valores para o desempenho dos frangos que receberam

dietas suplementadas com o zinco de fonte orgânica, isso pode ser devido a disponibilidade superior que esta fonte possui (Sunder et al., 2013, Medeiros et al., 2012) e também uma maior absorção nos três segmentos intestinais: duodeno, jejuno e íleo (Yu et al., 2017), principalmente o íleo (Yu et al., 2010). De acordo com Varun et al., (2017) por haver característica de uma melhor absorção intestinal, os microminerais de fonte orgânica reduzem a interferência de agentes que formam complexos insolúveis e assim melhoram o ganho de peso e peso final das aves.

Zhao et al., (2016) ao avaliar o efeito da suplementação de zinco de fonte orgânica Zn- Met, e inorgânica ZnSO₄, associada a nível elevado do micromineral Cobre (250 mg/kg) CuSO₄ fonte inorgânica, relataram que o tratamento com ZnSO₄ devido ao alto teor do CuSO₄ na dieta, houve uma redução da biodisponibilidade, formando complexos insolúveis ou competindo por locais de absorção, por esta ser realizada pela mesma proteína metalotioneína, prejudicando o desempenho animal. Este comportamento não foi verificado no tratamento com o uso da fonte orgânica, Zn- Met quelato, evidenciando melhor utilização.

A forma quelatada dos microminerais, após ser consumida via ração, chega ao estômago das aves protegida contra o ácido clorídrico presente, e no processo de digestão é liberado para o duodeno, onde é prontamente transportados e facilmente absorvido pelas células da mucosa (Kiefer, 2005). De acordo com Yu et al., (2017) estes microminerais, quelatado ou complexado, são facilmente absorvido pois ocorre de forma intacta, ou seja, estes permanecem ligados a sua molécula orgânica durante toda a absorção, isso reflete no impedimento de acontecer ligações competitivas com outros compostos, não o tornando indisponível (Zhao et al., 2016).

Levando a considerar que está maior absorção do zinco melhora o desenvolvimento e saúde dos animais, uma vez que o mesmo participa na síntese de proteínas e DNA (Tse et al., 2010), promovendo um melhor aporte nutricional para as aves, dando condições de expressar seu potencial genético, explicando em parte o melhor peso final dos animais, o ganho de peso e melhora na conversão alimentar.

A menor excreção de zinco pelos frangos de corte foi encontrado para o grupo controle, que não recebeu suplementação de zinco, como encontrado por Mwangi et al., (2017), este comportamento reflete na capacidade em que os frangos de corte se adaptam a dieta com níveis baixos de zinco. Pois, o primeiro mecanismo para manter a homeostase dos minerais é a alteração na absorção e excreção no intestino. Neste caso aumentando a absorção do zinco presente nos alimentos base da dieta e na menor excreção, mantendo sua homeostase nas funções vitais do organismo (Bao et al., 2007).

A absorção de um mineral é dependente do tipo de ligantes utilizados, tamanho da partícula, estabilidade do ligante ao meio, além disso, a interação com diferentes nutrientes (Singh et al., 2015), e esta característica dos minerais de fonte inorgânica, resulta em altas taxas de excreção devido ao antagonismo alimentar, causando uma redução significativa na sua biodisponibilidade Saripinar – Aksy et al., (2012). Essa teoria explica a excreção do zinco nos diferentes tratamentos ser maior para os grupos que receberam a fonte inorgânica.

Corroborando com o estudo de Nollet et al., (2007) que demonstrou que a fonte orgânica, pode ser utilizada em menores concentrações quando comparadas a fonte inorgânica sem que haja prejuízos ao desempenho produtivo. Consequentemente possui potencial para reduzir a excreção ambiental, devido a menor concentração de zinco encontrado nas excretas das aves (Zafar, M. H., & Fatima, M. 2018), uma vez que

apresentam maior biodisponibilidade e são transportados facilmente para o organismo animal (MA, Y. et al., 2011; Yu et al. 2017).

O zinco retido no organismo do animal é facilmente esgotado, ou seja, utilizado rapidamente para as funções vitais, por isso é comumente suplementado nas dietas das aves (Yu, et al., 2017). No entanto os minerais de fonte inorgânica sofrem perdas consideráveis durante a passagem no trato gastrointestinal devido a substâncias interferentes na dieta, por isso os nutricionistas preferem fazer uma suplementação maior devido uma margem de segurança, pois considera uma baixa taxa de retenção no organismo das aves (Zafar, M. H., & Fatima, M. 2018). Sendo assim, no presente estudo, nos tratamentos com suplementação de zinco fonte inorgânica, a retenção (mg/ave/dia) resultou em valores negativos, podendo concluir que a suplementação nos níveis 40 e 80 mg/kg inorgânico ocorreu antagonismo com os outros microminerais presente na dieta, evidenciando um balanço negativo.

No estudo de De Grande et al., (2020) ao avaliar o desempenho e digestibilidade da fonte de zinco orgânica, complexo de aminoácidos- zn, em relação a inorgânica, sulfato de zinco, relataram que além da fonte orgânica ser mais facilmente absorvida no organismo, gerando um coeficiente de retenção e balanço maior, resultando significativamente em um desempenho superior ($p < 0,05$), o complexo de aminoácidos- zn, apresentou um aumento do comprimento das vilosidades e relação vilo: cripta, indicando uma morfologia intestinal favorável. De acordo com Collet (2012) e Awad et al., (2017), a qualidade e o aumento da superfície intestinal é diretamente proporcional a eficiência digestiva e absorção de nutrientes, gerando um aumento de enzimas nas bordas escovas o que facilita o transporte de nutrientes, portanto isso reflete numa melhor conversão alimentar.

Min et al., (2019), preconizaram a suplementação de zinco a 40 mg/kg fonte orgânica, devido a este grupo obter uma retenção aparente maior, ou seja, uma maior utilização do zinco, do que o grupo da fonte inorgânica a 80 mg/kg. Uma vez que o uso da fonte orgânica de zinco, melhora atividade enzimática digestiva, apresentou ($p < 0,05$) maior digestibilidade aparente de outros nutrientes como por exemplo o cálcio e cobre.

A maioria dos estudos realizados com a fonte orgânica de zinco, como quelato de zinco-metionina (QZn-Met) e Zinco- proprionato, confirmam que esta fonte é melhor que a fonte inorgânica, Óxido de zinco ou Sulfato de Zinco, devido sua maior biodisponibilidade (El-Hack et al., 2017). Além do comportamento de antagonismo comumente observado nas fontes inorgânica (Saripinar – Aksy et al., 2012), o uso do sulfato é altamente solúveis em água, o que promove a formação de radicais livres de íons metálicos, e isso facilita a degradação de vitaminas, gorduras e óleos diminuindo o valor nutritivo da dieta animal (Batal et al., 2001).

A biodisponibilidade superior da fonte orgânica encontrada no presente estudo está coerente ao encontrado na literatura, como achado por Ao et al., (2006) que estimou um valor de 183% no desempenho e 157% com base no total de zinco na tibia e também Star et al., (2012) no valor de 164%.

CONCLUSÃO

A biodisponibilidade da fonte quelato de Zn é de 165% considerando o sulfato de Zn como 100%. A fonte orgânica de zinco, em contraste a fonte inorgânica, melhora o ganho de peso (nível de 80 mg/kg), a conversão alimentar e a retenção e balanço de Zn.

BIBLIOGRAFIA

Ao, T., Pierce, J. L., Power, R., Pescatore, A. J., Cantor, A. H., Dawson, K. A., & Ford, M. J. (2009). Effects of feeding different forms of zinc and copper on the performance and tissue mineral content of chicks. *Poultry Science*, 88(10), 2171-2175.

Ao, T., Pierce, J. L., Power, R., Dawson, K. A., Pescatore, A. J., Cantor, A. H., & Ford, M. J. (2006). Evaluation of Bioplex Zn as anorganic zinc source for chicks. *International Journal of Poultry Science*, 5(9), 808-811.

Awad, W. A., Hess, C., & Hess, M. (2017). Enteric pathogens and their toxin-induced disruption of the intestinal barrier through alteration of tight junctions in chickens. *Toxins*, 9(2), 60.

Azad, S. K., Shariatmadari, F., Torshizi, M. K., & Ahmadi, H. (2018). Effect of zinc concentration and source on performance, tissue mineral status, activity of superoxide dismutase enzyme and lipid peroxidation of meat in broiler chickens. *Animal Production Science*, 58(10), 1837-1846.

Bao, Y. M., Choct, M., Iji, P. A., & Bruerton, K. (2007). Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. *Journal of Applied Poultry Research*, 16(3), 448-455.

Batal, A. B., Parr, T. M., & Baker, D. H. (2001). Zinc bioavailability in tetrabasic zinc chloride and the dietary zinc requirement of young chicks fed a soy concentrate diet. *Poultry Science*, 80(1), 87-90.

COBB-VANTRESS. Manual de manejo de frangos de corte cobb. Guapiaçu, SP: Cobb-Vantress Brasil, 2016. 77p.

Collett, S. R. (2012). Nutrition and wet litter problems in poultry. *Animal feed science and technology*, 173(1-2), 65-75.

De Grande, A., Leleu, S., Delezie, E., Rapp, C., De Smet, S., Goossens, E., & Ducatelle, R. (2020). Dietary zinc source impacts intestinal morphology and oxidative stress in young broilers. *Poultry Science*, 99(1), 441-453.

de Medeiros, I. M., Teixeira, E. N. M., de Araújo, J. P., Sobrinho, A., de Franca, M. J., & dos Santos, R. A. (2012). Efeito do Zinco Orgânico Sobre o Rendimento de Carcaça e Cortes de Frangos de Corte Criados em Cama Nova e Reciclada. *Revista Científica de Produção Animal*, 14(1), 62-64.

El-Hack, M. A., Alagawany, M., Arif, M., Chaudhry, M. T., Emam, M., & Patra, A. (2017). Organic or inorganic zinc in poultry nutrition: a review. *World's Poultry Science Journal*, 73(4), 904-915.

Kiefer, C. (2005). Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, 2(3), 206-220.

Liu, Z. H., Lu, L., Li, S. F., Zhang, L. Y., Xi, L., Zhang, K. Y., & Luo, X. G. (2011). Effects of supplemental zinc source and level on growth performance, carcass traits, and meat quality of broilers. *Poultry science*, 90(8), 1782-1790.

MA, Y. (2011). The effects of lower levels of organically complexed zinc, copper and manganese in broiler diets on performance, mineral concentration of tibia and mineral excretion. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(1).

MATEOS, G. G.; LÁZARO, R.; ASTILLERO J. R.; SERRANO, M. P. Trace mineral: what text books don't tell you. In: *Re-defining mineral nutrition*. Taylor-Pichard and L.A. Tucker. ed. Nottingham University Press, p. 21-62, 2005.

Min, Y. N., Liu, F. X., Qi, X., Ji, S., Cui, L., Wang, Z. P., & Gao, Y. P. (2019). Effects of organic zinc on tibia quality, mineral deposit, and metallothionein expression level of aged hens. *Poultry science*, 98(1), 366-372.

Mwangi, S., Timmons, J., Ao, T., Paul, M., Macalintal, L., Pescatore, A., ... & Dawson, K. A. (2017). Effect of zinc imprinting and replacing inorganic zinc with organic zinc on early performance of broiler chicks. *Poultry science*, 96(4), 861-868.

National Research Council- NRC (1994). *Nutrient requirements of poultry: 1994*. National Academies Press.

Navidshad, B., Jabbari, S., & Mirzaei Aghjeh Gheslugh, F. (2016). The new progresses in Zn requirements of poultry. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 6(4), 763-767.

Naz, S., Idris, M., Khalique, M. A., Alhidary, I. A., Abdelrahman, M. M., Khan, R. U. & Ahmad, S. (2016). The activity and use of zinc in poultry diets. *World's Poultry Science Journal*, 72(1), 159-167.

Nollet, L., Van der Klis, J. D., Lensing, M., & Spring, P. (2007). The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion. *Journal of Applied Poultry Research*, 16(4), 592-597.

Rao, S. R., Prakash, B., Raju, M. V. L. N., Panda, A. K., Kumari, R. K., & Reddy, E. P. K. (2016). Effect of supplementing organic forms of zinc, selenium and chromium on performance, anti-oxidant and immune responses in broiler chicken reared in tropical summer. *Biological trace element research*, 172(2), 511-520.

Richards, J. D., Zhao, J., Harrell, R. J., Atwell, C. A., & Dibner, J. J. (2010). Trace mineral nutrition in poultry and swine. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(11), 1527-1534.

Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Hannas, M. I., Donzele, J. L., Sakomura, N. K., Perazzo, F. G., ... & Barreto, S. L. T. (2017). Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4a Edição. Viçosa/Departamento de Zootecnia, UFV, Viçosa, Brazil.

Sakomura, N. K., & Rostagno, H. S. (2016). Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos (p. 283). Jaboticabal: Funep.

Saripinar-Aksu, D., Aksu, T., & Önel, S. E. (2012). Does inclusion at low levels of organically complexed minerals versus inorganic forms create a weakness in performance or antioxidant defense system in broiler diets?. *International Journal of Poultry Science*, 11(10), 666.

SAS, SAS. "STAT 9.3 User's guide." Cary, NC: SAS Institute Inc (2011).

Singh, AK, Ghosh, TK e Haldar, S. (2015). Efeitos do suplemento de cobre, ferro, manganês e zinco à base de quelato de metionina ou proteína de levedura no desempenho do crescimento de frangos de corte, sua distribuição na tíbia e excreção no ambiente. *Pesquisa biológica de oligoelementos*, 164 (2), 253-260.

Star, L., Van der Klis, J. D., Rapp, C., & Ward, T. L. (2012). Bioavailability of organic and inorganic zinc sources in male broilers. *Poultry Science*, 91(12), 3115-3120.

Sunder, G. S., Kumar, C. V., Panda, A. K., Raju, M. V. L. N., & Rao, S. R. (2013). Effect of supplemental organic Zn and Mn on broiler performance, bone measures, tissue mineral uptake and immune response at 35 days of age. *Poultry Science*, 3(1), 1-11.

Tse, M. L. P., Costa, L. B., Braz, D. B., Garcia, A. N., Berenchtein, B., & Miyada, V. S. (2010). Leitões recém-desmamados alimentados com dietas contendo proteína láctea e zinco suplementar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(9), 2006-2016.

Varun, A., Karthikeyan, N., Muthusamy, P., Raja, A., Vijayarani, K., & Ruban, S. W. (2017). Growth performance and carcass traits as influenced by dietary supplementation of zinc in broiler chicken. *Int. J. Chem. Studies*, 5, 101-105.

Vieira, M. M., Ribeiro, A. M. L., Kessler, A. M., Moraes, M. L., Kunrath, M. A., & Ledur, V. S. (2013). Different sources of dietary zinc for broilers submitted to immunological, nutritional, and environmental challenge. *Journal of Applied Poultry Research*, 22(4), 855-861.

Yi, Z., Kornegay, E. T., & Denbow, D. M. (1996). Supplemental microbial phytase improves zinc utilization in broilers. *Poultry Science*, 75(4), 540-546.

Yu, Y., Lu, L., Li, S. F., Zhang, L. Y., & Luo, X. G. (2017). Organic zinc absorption by the intestine of broilers in vivo. *British Journal of Nutrition*, 117(8), 1086-1094.

Yu, Y., Lu, L., Wang, R. L., Xi, L., Luo, X. G., & Liu, B. (2010). Effects of zinc source and phytate on zinc absorption by in situ ligated intestinal loops of broilers. *Poultry Science*, 89(10), 2157-2165.

Yu, Y., Wu, A., Zhang, Z., Yan, G., Zhang, F., Zhang, L., ... & Wang, F. (2013). Characterization of the GufA subfamily member SLC39A11/Zip11 as a zinc transporter. *The Journal of nutritional biochemistry*, 24(10), 1697-1708.

Zafar, M. H., & Fatima, M. (2018). Efficiency Comparison of Organic and Inorganic Minerals in Poultry Nutrition: A Review. *PSM Veterinary Research*, 3(2), 53-59.

Zaghari, M., Ganjkanlou, M., & Avazkhanloo, M. (2015). Reevaluation of male broiler zinc requirement by dose-response trial using practical diet with added exogenous phytase. *J. Agr. Sci. Tech.* Vol. 17: 333-343

Zhao, J., Shirley, R. B., Dibner, J. J., Wedekind, K. J., Yan, F., Fisher, P., ... & Vazquez-Añon, M. (2016). Superior growth performance in broiler chicks fed chelated compared to inorganic zinc in presence of elevated dietary copper. *Journal of animal science and biotechnology*, 7(1), 13.

Zhao, J., Shirley, R. B., Vazquez-Anon, M., Dibner, J. J., Richards, J. D., Fisher, P., & Giesen, A. F. (2010). Effects of chelated trace minerals on growth performance, breast meat yield, and footpad health in commercial meat broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 19(4), 365-372.

ANEXO

Tabela 8 - Características Físico-Química da fonte orgânica de zinco: Quelato de aminoácidos zinco- QZn

Perfil de aminoácidos:	(%)		(%)
Ácido Aspártico	0,15	Tirosina	0,80
Ácido Glutâmico	0,79	Valina	1,40
Serina	0,52	Metionina	0,64
Glicina	0,53	Cistina	0,64
Histidina	0,11	Isoleucina	0,11
Taurina	ND	Leucina	1,35
Arginina	0,63	Fenilalanina	1,71
Treonina	0,49	Lisina	1,31
Alanina	0,90	Triptofano	0,25
Prolina	0,89		

ND: Não detectado



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

Campus Universitário – Viçosa, MG – 36570-900 – Telefone: (31) 3899.3275 – e-mail: ceuap@ufv.br – site: www.ceuap.ufv.br

Viçosa, 18 de junho de 2019

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "Avaliação de duas fontes de zinco sobre o desempenho de frangos de corte, sobre a digestibilidade e do o balanço do zinco", protocolo nº 033/2019, sob a responsabilidade de **Luiz Fernando Teixeira Albino** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo chordata, subfilo vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo conselho nacional de controle da experimentação animal (concea), e foi apreciado pela comissão de ética no uso de animais de produção da universidade federal de viçosa (ceuap-ufv) em reunião de **17 de Mai. de 2019**.

Finalidade: Pesquisa Ensino

Vigência do Projeto: de **18 de junho de 2019** a **20 de Agosto de 2019**

Espécie/linhagem: **Frango de corte (*Gallus domesticus*)** Nº de animais: **1000**

Peso: **0,04 Kg** Idade: **01 dia** Sexo: **Macho** Origem: **Incubatorio Rivelli Cnpj/CPF: 478.715.616 49**
 /Endereço: **Ru a Leão José, 257 Mateus Leme, MG Responsável : Maria Cecília CRMV: 10595**

CERTIFICATE

We certify that the project entitled "Evaluation of two sources of zinc on the performance of broiler chickens, on digestibility and on zinc balance", protocol nº 033/2019, under the responsibility of **Luiz Fernando Teixeira Albino** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum chordata, subphylum vertebrata (except man), for scientific research purposes (or education) - is in accordance with the law nº. 11.794, of October 8, 2008, Decree nº. 6899 of July 15, 2009, and the rules issued by the Brazilian National Council for Animal Experimentation Control (CONCEA), and was approved by the Ethics Commission on the use of farm animals of Universidade Federal de Viçosa (CEUAP-UFV) in its meeting on **May, 17th, 2019**.

Finality: Research Education

Duration of the Project: from **Jun, 18th, 2019** to **Aug, 20th, 2019**.

Species / strain: **Broiler (*Gallus domesticus*)** Nº of animals: **1000**

Weight: **0,04 Kg** Age: **01 day** Sex: **Male** Source: **Incubatorio Rivelli Cnpj/CPF: 478.715.616 49**
 /Endereço: **Ru a Leão José, 257 Mateus Leme, MG Responsável : Maria Cecília CRMV: 10595**

Luciana Navajas Rennó

Coordenadora da CEUAP/UFV