



SARAH CONCEIÇÃO ANDRADE

**INJEÇÃO “*IN OVO*” DE MINERAIS PARA FRANGOS DE
CORTE: UMA META-ANÁLISE**

**LAVRAS – MG
2023**

SARAH CONCEIÇÃO ANDRADE

**INJEÇÃO “*IN OVO*” DE MINERAIS PARA FRANGOS DE CORTE:
UMA META-ANÁLISE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Fisiologia e Metabolismo Animal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo
Orientador

Prof. Dr. Edison José Fassani
Coorientador

Profa. Dra. Renata Ribeiro Alvarenga
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Andrade, Sarah Conceição.

Injeção “*in ovo*” de minerais para frangos de corte: uma meta-análise / Sarah Conceição Andrade. – 2022.

70 p. : il.

Orientador: Márcio Gilberto Zangeronimo.

Coorientadores: Edison José Fassani; Renata Ribeiro Alvarenga.

Dissertação (Mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Avicultura. 2. Inoculação *in ovo*. 3. Minerais. I. Zangeronimo, Márcio Gilberto. II. Fassani, Edison José. III. Alvarenga, Renata Ribeiro. IV. Título.

SARAH CONCEIÇÃO ANDRADE

**INJEÇÃO “*IN OVO*” DE MINERAIS PARA FRANGOS DE CORTE:
UMA META-ANÁLISE**

***IN OVO* INJECTION OF MINERALS OF BROILER CHICKENS:
A META-ANALYSIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Fisiologia e Metabolismo Animal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 19 de outubro de 2022.

Prof. Dr. Edison José Fassani UFLA

Profa. Dra. Renata Ribeiro Alvarenga UFLA

Prof. Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo
Orientador

**LAVRAS - MG
2023**

Dedico este trabalho a todos os que contribuíram para que o mesmo fosse concretizado!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder a vida, saúde, perseverança e fé para concretizar meus objetivos.

Aos meus pais, Rosilene e Francisco pelo apoio, incentivo, amparo, amor e dedicação durante toda a minha vida.

A todos os meus demais familiares e amigos pelo apoio e palavras de carinho.

Agradeço ao meu companheiro Luiz Alfredo por ser meu maior incentivador. Sua presença foi fundamental para muitas de minhas conquistas.

Aos professores que participaram deste trabalho, em especial ao professor Dr. Márcio Zangeronimo pela sua dedicação para com todos os seus alunos, competência em seu trabalho e por realizar com maestria a função de orientador.

Ao grupo de estudos NEPAVI (extensivo aos seus membros), todos os funcionários do Departamento de Fisiologia e Metabolismo animal, companheiros de pós-graduação e equipe de pós-graduação do Programa de Ciências Veterinárias que foram essenciais para que o período de mestrado fosse uma fase de grande aprendizado.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras, pela excelência de todo suporte acadêmico oferecido.

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

RESUMO GERAL

O objetivo desta meta-análise foi avaliar o efeito da inoculação de minerais em ovos fertilizados nas características de eclosão e pós-eclosão de frangos de corte. A busca dos artigos deu-se em julho de 2021 utilizando-se as palavras-chave “in ovo” AND “mineral OR “minerals”. Os dados utilizados foram extraídos de artigos científicos selecionados de acordo com critérios de classificação. A meta-análise foi realizada seguindo modelo de efeitos aleatórios, considerando diferenças entre grupos placebo e tratado. Algumas variáveis podem influenciar os resultados dos trabalhos como a forma química e quantidade da substância, concentração, pH, osmolaridade, etc. Portanto, estudos demonstraram resultados controversos em relação a solução de minerais inoculadas “*in ovo*” isolados ou associados a outras substâncias. Melhores resultados foram observados ($P < 0,05$) com o zinco e cálcio. Quanto às demais variáveis, observou-se que substâncias injetadas no albúmen ($P < 0,05$), com PBS como veículo ($P < 0,05$) tiveram melhores resultados. Quanto a idade durante a injeção, ovos inoculados no 1º dia ($P < 0,05$) tiveram melhora no peso a eclosão e ganho de peso, já até o 10º dia ($P < 0,05$) no ganho de peso e conversão alimentar. Além desses, ovos oriundos de matrizes com idade entre 27-38 semanas tiveram melhor desempenho. Os resultados demonstraram que a injeção “*in ovo*” de minerais melhora o desempenho pós-eclosão, mas piora a eclodibilidade em frangos de corte.

Palavras-chave: Avicultura. Inoculação. Desenvolvimento pós-eclosão. Eclosão.

GENERAL ABSTRACT

The aim of this meta-analysis was to evaluate the effect of mineral inoculation in fertilized eggs on the hatching and post-hatching characteristics of broiler chickens. The search for articles took place in July 2021 using the keywords “in ovo” AND “mineral OR “minerals”. The data used were extracted from scientific articles selected according to classification criteria. The meta-analysis was carried out following a random effects model, considering differences between placebo and treated groups. Some variables may influence the results of the work, such as the chemical form and quantity of the substance, concentration, pH, osmolarity, etc. Therefore, studies have shown controversial results in relation to mineral solutions inoculated “in ovo”, isolated or associated with other substances. Better results were observed ($P<0.05$) with zinc and calcium. As for the other variables, it was observed that substances injected into the albumen ($P<0.05$), with PBS as vehicle ($P<0.05$) had better results. As for the age during the injection, eggs inoculated on the 1st day ($P<0.05$) had an improvement in weight at hatching and weight gain, up to the 10th day ($P<0.05$) in weight gain and conversion to feed. In addition to these, eggs from breeders aged between 27-38 weeks performed better. The results demonstrated that the “in ovo” injection of minerals improves post-hatch performance, but worsens hatchability in broilers.

Key words: Poultry. Inoculation. Pos-hatch development. Hatchability.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

- Figura 1 - Representação esquemática de um embrião de frango de corte e anexos embrionários com aproximadamente quatro dias de incubação. 18

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

- Figura 1 - Fluxograma de busca e seleção de artigos com base na seguinte combinação de palavras: mineral OR minerais AND “*in ovo*”. Nenhum outro artigo foi adicionado durante a redação desta revisão. 61
- Figura 2 - Variação (Δ) na eclodibilidade dos ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular). 62
- Figura 3 - Resumo da variação (Δ) na eclodibilidade dos ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular), considerando os subgrupos qualidade de evidência, mineral inoculado, linhagem utilizada, local e veículo de inoculação, número de ovos/tratamento e idade de inoculação. 63
- Figura 4 - Gráfico de funil com pseudolimites de confiança de 95% obtidos com o modelo de efeito aleatório linear para eclodibilidade, peso ao nascer, ganho de peso e conversão alimentar como resultado. 64
- Figura 5 - Variação (Δ) do peso à eclosão dos pintinhos provenientes de ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular). 65
- Figura 6 - Resumo da variação (Δ) do peso na eclosão dos pintinhos de ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular), considerando os subgrupos qualidade da evidência, mineral inoculado, linhagem utilizada, local e veículo de inoculação, número de ovos/tratamento e idade de inoculação. 66
- Figura 7 - Variação (Δ) no ganho de peso após a eclosão de frangos de corte provenientes de ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular). 67

Figura 8 - Resumo da variação (Δ) no ganho de peso pós-eclosão de frangos de corte provenientes de ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular), considerando os subgrupos qualidade de evidência, mineral inoculado, linhagem utilizada, local e veículo de inoculação, número de ovos/tratamento e idade de inoculação.	68
Figura 9 - Variação (Δ) na conversão alimentar pós-eclosão de frangos de corte de ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular).	69
Figura 10 - Resumo da variação (Δ) da conversão alimentar pós-eclosão de frangos de corte de ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular), considerando os subgrupos qualidade da evidência, mineral inoculado, linhagem utilizada, local de inoculação e veículo, número de ovos/tratamento e idade de inoculação.	70

LISTA DE TABELAS

PRIMEIRA PARTE

Tabela 1 - Valores médios de minerais e oligominerais do ovo de galinha (em mg/100g) 20

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Tabela 1 - Caracterização dos estudos selecionados..... 55

Tabela 2 - Escore dos artigos de acordo com os critérios para avaliar a qualidade da evidência 56

Tabela 3 - Principais resultados dos testes avaliados..... 57

Tabela 4 - Resumo dos principais resultados (e número de estudos) da meta-análise, considerando o tipo de mineral e a metodologia utilizada. 59

LISTA DE ABREVIATURAS

A	Âmnio
AA	Arbor Acres
AL	Albúmen
C	Ácido cítrico
CA	Câmara de ar
CA	Conversão alimentar
Cb	Cobb
CH	Membrana corioalantóide
CR	Consumo de ração
DW	Água deionizada
E	Eclodibilidade
GP	Ganho de peso
LS	Lohman Strain
NA	Não avaliado
NI	Não informado
NS	Não significativo
PE	Peso a eclosão
R	Ross
SC	Saco da gema
SS	Solução salina
SW	Água esterilizada
VC	VenCobb
I2	Teste da Inconsistência
n	Tamanho da mostra
IC	Intervalo de confiança
SD	Desvio padrão
SE	Erro padrão
SMD	Diferença média padrão
UR	Umidade relativa do ar

LISTA DE SÍMBOLOS

%	porcentagem
g	grama
g/d	gramas/dia
mg	miligrama
mg/ovo	miligrama /ovo
ml/ovo	mililitros/ovo
µg	microgramas

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	14
1	INTRODUÇÃO	14
2	IMPORTÂNCIA DE ESTUDOS RELACIONADOS A NUTRIÇÃO EMBRIONÁRIA EM FRANGOS DE CORTE	16
2.1	Alimentação “<i>in ovo</i>” em aves	16
2.2	Desenvolvimento embrionário e relação com os anexos embrionários	17
2.3	Minerais no desenvolvimento e crescimento das aves	19
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
	REFERÊNCIAS	23
	SEGUNDA PARTE – ARTIGO	27
	ARTIGO 1 – INJEÇÃO “<i>IN OVO</i>” DE MINERAIS PARA FRANGOS DE CORTE: UMA META-ANÁLISE	27

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a produção industrial de aves é um dos setores que tem se destacado no Brasil. No ano de 2020 a produção brasileira de carne de frango foi de aproximadamente 13.845 mil toneladas, sendo o destino dessas 69,0% para o mercado interno e 31% para exportação.

Devido aos avanços quanto ao melhoramento genético das aves, as linhagens criadas para corte têm se tornado mais exigentes quanto a questões de manejo e alimentação. Por isso, para melhorar a produção e atingir o peso de abate adequado, a implantação de biotecnologias envolvendo manejos durante o período de desenvolvimento embrionário tornam-se cada vez mais importantes. Visto que o período de desenvolvimento embrionário dura de 18 a 21 dias (cerca de 30% do período do ciclo de vida das aves) a fase de incubação torna-se uma alternativa para manejos que visam melhorar o desenvolvimento dos animais durante a fase de criação (42 dias).

A injeção de substâncias exógenas “*in ovo*” encontra-se atualmente como uma das biotecnologias utilizadas com várias finalidades, dentre elas a melhora do desenvolvimento pós-eclosão.

Durante o desenvolvimento embrionário o pintinho se restringe ao aproveitamento dos nutrientes presentes no ovo. Apesar de ser um alimento considerado completo, pode haver alguma diferença em relação aos seus componentes influenciada pelas condições as quais as matrizes são submetidas, o que acarreta níveis mínimos ou talvez insuficientes devido a exigência do embrião. Outro fato importante é o gasto de suas reservas nutricionais pelo pintinho no momento da eclosão, que também pode prejudicar seu desenvolvimento posteriormente. Levando-se em considerações tais justificativas observa-se a importância do fornecimento de certos nutrientes a serem aproveitados antes mesmo da eclosão.

Nesse sentido, destaca-se a importância dos minerais no desenvolvimento embrionário e pós-eclosão das aves. Os mesmos além de serem importantes na formação e sustentação do esqueleto das aves também contribuem como cofatores enzimáticos, metabolismo endócrino, sistema muscular, entre outras funções.

A injeção “*in ovo*” de minerais mostra-se como uma alternativa para diminuir prejuízos no desenvolvimento embrionário de frangos de corte com bons resultados dependendo do mineral. Resultados controversos são encontrados e há discussão sobre os

fatores que podem melhorar o aproveitamento dos mesmos relacionado a: idade do embrião no momento da injeção; veículo de diluição; concentração; forma química e quantidade do mineral; pH da solução e osmolaridade. Ainda assim, bons resultados são descritos, principalmente pós-eclosão. Portanto, o objetivo desta meta-análise foi avaliar o efeito da inoculação mineral em ovos fertilizados nas características de eclosão e pós-eclosão de frangos de corte e propor uma metodologia padronizada para melhor aproveitamento desses nutrientes.

2 IMPORTÂNCIA DE ESTUDOS RELACIONADOS A NUTRIÇÃO EMBRIONÁRIA EM FRANGOS DE CORTE

A avicultura brasileira, apesar dos impactos causados pela pandemia, tem tido efeito significativo relacionado a economia nacional. Em virtude dos preços relacionados a carne, o frango é um dos alimentos atualmente mais consumidos. O Brasil produziu somente no ano de 2020 cerca de 13.845 mil toneladas de carne de frango, sendo 69% dessa produção para abastecimento do mercado interno (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA, 2021).

Melhora de índices zootécnicos, sanidade, genética e nutrição das aves destacam-se entre as linhas de pesquisa relacionadas a criação de frangos. O rápido desenvolvimento das aves industriais com conseqüente redução do tempo de abate faz com que o tempo de vida embrionária corresponda a cerca de 30% do total de seu ciclo. Destaca-se devido a esse fato a importância do período de desenvolvimento embrionário assim como o manejo relacionado a tal fase.

Segundo Torres *et al.* (1992) fatores relacionados a quantidade de nutrientes podem restringir o desenvolvimento embrionário, já que as aves são restritas aos mesmos durante essa fase. Sendo assim, problemas relacionados a nutrição das matrizes durante a fase de formação do ovo podem influenciar no acesso a quantidade de nutrientes oferecidos através do ovo.

O acesso do embrião a nutrientes pode contribuir para melhora em seu desenvolvimento, principalmente relacionado ao sistema digestório (FOYE; FERKET; UNI, 2005), já que o mesmo tem o início do seu funcionamento (digestão intestinal de substâncias deglutidas pelo embrião) por volta do 17º dia de incubação (MAIORKA, 2001; MAIORKA *et al.*, 2003). Sendo assim, a nutrição precoce através de inoculação de substâncias exógenas “*in ovo*” pode ter efeito benéfico sobre o desenvolvimento do sistema digestório, peso vivo, estado nutricional pós-eclosão e eclodibilidade das aves (UNI; FERKET, 2004).

2.1 Alimentação “*in ovo*” em aves

Do inglês “*in egg feeding*” a tecnologia consiste na administração de substâncias exógenas em ovos durante o período de desenvolvimento embrionário. A tecnologia de suplementação foi desenvolvida e sua patente registrada nos Estados Unidos (registro nº 6.592.878) em nome de Uni e Ferket (2003) e sua finalidade foi melhorar o estado nutricional

dos embriões, com melhora da eficiência digestiva, redução da mortalidade embrionária e pós-eclosão, além de melhorar o sistema imunológico das aves (UNI; FERKET, 2004).

Segundo Uni e Ferket (2003) as aves enfrentam uma série de desafios durante o período final de desenvolvimento embrionário e imediatamente pós-eclosão. Os pintinhos eclodem com um trato gastrintestinal imaturo e não utilizam bem os nutrientes da dieta, sendo assim, gastam suas reservas corporais durante os primeiros dias pós-eclosão para ajustar suas necessidades. Devido a carência de recursos corporais, os pintinhos podem ficar susceptíveis a um estado nutricional negativo que, associado ao tempo de acesso para alimentação e água pós-eclosão culminam em problemas como perda de peso, susceptibilidade a doenças, desenvolvimento crítico de tecidos, etc.

Diversos nutrientes contribuem para que o crescimento e desenvolvimento dos tecidos ocorram de forma adequada e dê origem a uma ave hígida pós-eclosão. Associado a tal fato, observa-se na literatura trabalhos relacionados a inoculação “*in ovo*” de diversas substâncias como: minerais e vitaminas (CAMPOS *et al.*, 2011; SHOKRANEH *et al.*, 2020; TEYMOURI *et al.*, 2020), carboidratos (NEVES *et al.*, 2020), aminoácidos (HAN *et al.*, 2020), além de pré e probióticos (VILLALUENGA *et al.*, 2004; TAKO *et al.*, 2014)

Ressalta-se que a técnica pode ser benéfica para as aves levando-se em consideração a variedade de substâncias a serem suplementadas, porém deve-se atentar aos cuidados relacionados ao local de inoculação, idade do embrião, veículo a ser inoculado, osmolaridade e ph da solução e características físicas e químicas da solução injetável.

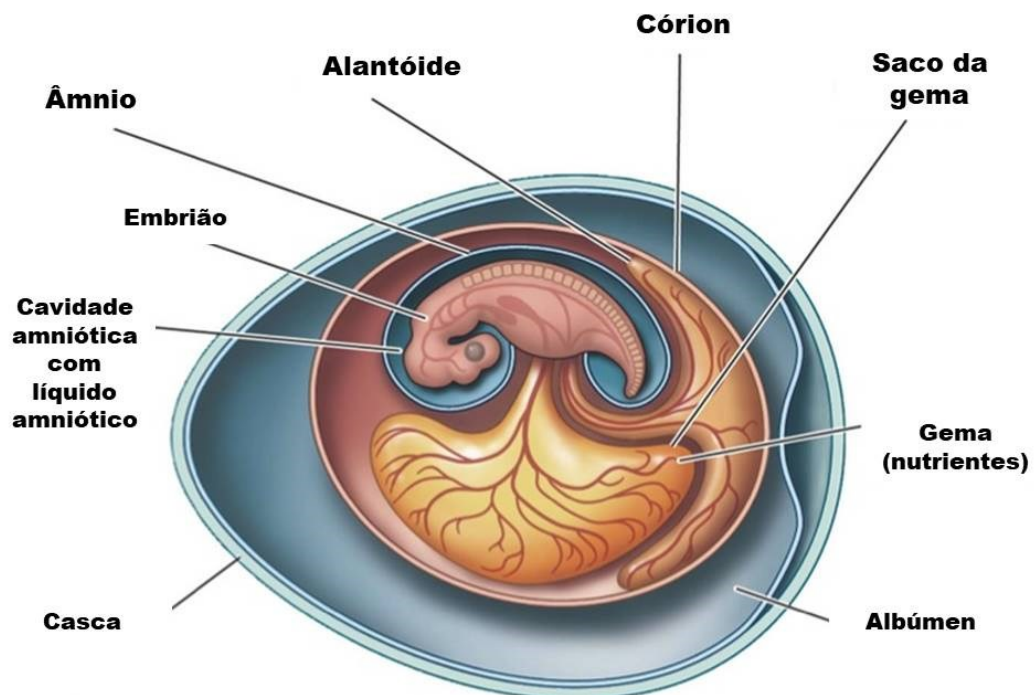
2.2 Desenvolvimento embrionário e relação com os anexos embrionários

O desenvolvimento embrionário das aves ocorre restrito aos nutrientes depositados no ovo. O início do desenvolvimento se dá através da fertilização do ovo, processo que ocorre no infundíbulo da galinha. Ao passo que o ovo percorre o trato reprodutivo da ave há um processo de incorporação de substâncias e formação de estruturas e o ovo é expelido através da cloaca no estágio de pré-gástrula ou estágios iniciais da gastrulação (BARBOSA, 2011).

Segundo Gonzales (2005) o pintinho se desenvolve em período aproximadamente 21 dias, desde as condições adequadas para a incubação sejam promovidas. Durante esse período há uma divisão de fases, as quais a primeira delas corresponde a morfogênese e organogênese, a fase de integração e fase funcionalidade dos órgãos e a maturação embrionária, que ocorrem aproximadamente até o 10º dia, a partir do 14º dia e ao 20º dia de incubação, respectivamente (DEEMING, 2002; WILLIER, 1954).

O desenvolvimento do embrião faz com que ocorram modificações e todos os compartimentos do ovo quanto a seus constituintes, que na proporção que o embrião cresce, diminuem. As reservas de nutrientes e água disponíveis para o embrião estão distribuídas no saco da gema, albúmen, alantoide e casca (FIGURA 1) e conforme o embrião cresce, devido a modificações relacionadas a formação dos tecidos as reservas são recrutadas pelo mesmo.

Figura 1 - Representação esquemática de um embrião de frango de corte e anexos embrionários com aproximadamente quatro dias de incubação.



Fonte: Imagem da internet. (2022).

O embrião estabelece relação com o saco da gema através do pedículo vitelino. As paredes do saco vitelino são extremamente vascularizadas e este anexo tem a função de órgão nutricional do embrião. O conteúdo nutritivo do mesmo é absorvido pelos capilares, transportado pelas veias umbilicais vitelinas até a veia onfalomesentérica e distribuído para o embrião e tecidos extraembrionários (HOUILLON, 1925; LORDY, 1940). Sua principal função é armazenar reservas nutritivas e energia para o embrião (SANTOS, 2007) já que o mesmo é internalizado na cavidade celomática da ave no terço final da incubação.

Já o alantoide inicia seu desenvolvimento nas primeiras 60 horas de incubação e envolve o embrião por volta dos 14 dias (COSTA, 1950; LILLIE, 1951) apesar de discutidas, o mesmo é associado a diversas funções como: permitir trocas respiratórias devido a sua

vascularização e relação com o córion (formando a membrana corioalantóidea) através dos poros da casca; absorção de minerais da casca como o cálcio através do contato da membrana; é um órgão de armazenamento de excretas produzidas pelos rins (EPLLE *et al.*, 1997).

O âmnio, membrana que envolve completamente o embrião na cavidade amniótica, possui a função de protegê-lo e separá-lo do meio, além da presença do líquido amniótico que hidrata o embrião e é totalmente absorvido pela ave até o final da incubação (HOUILLO, 1925; LORDY, 1940).

2.3 Minerais no desenvolvimento e crescimento das aves

Os minerais são moléculas de grande importância na homeostase do organismo para diversas espécies. Os mesmos podem ser divididos em macro-minerais (enxofre, cálcio, fósforo, potássio, sódio, cloro e magnésio) e micro-minerais (ferro, zinco, cobre, cobalto, molibdênio, selênio, cromo, cobalto, etc.), os quais os primeiros estão geralmente relacionados em funções estruturais ou fisiológicas e os outros possuem funções metabólicas relacionadas ao crescimento, resposta imune e reprodução (VIEIRA, 2004).

Devido a importância de suas funções metabólicas, os minerais são necessários para o desenvolvimento normal de embriões de aves, a exemplo observa-se a necessidade em pequenas quantidades de zinco, ferro, cobre, manganês e iodo citadas na literatura (SAVAGE, 1968). Segundo Ridgway e Karnofsky (1952) deve-se atentar para efeitos embriotóxicos e teratogênicos relacionados a quantidade de soluções de minerais injetados em ovos no início do desenvolvimento, a fim de suprir possíveis carências do embrião.

Existem duas possíveis formas de incorporação de minerais no ovo. A primeira delas é através da relação ovário e formação da gema, na qual observa-se principalmente a incorporação associada a proteínas plasmáticas transmitidas para a gema. A segunda ocorre via transferência envolvendo o oviduto e sua síntese de albúmen, casca e membrana da casca (RICHARDS, 1997). A casca é a principal fonte de cálcio, manganês e selênio, enquanto o albúmen fornece sódio e potássio e a gema, por sua vez, cobre, ferro, molibdênio, fósforo e zinco (RICHARDS, 1997; SCHAAFSMA *et al.*, 2000; UNI; YADGARY; YAIR, 2012; YAIR; UNI, 2011).

As quantidades de minerais depositadas no ovo podem ser modificadas por questões relacionadas as matrizes (quantidade ofertada e forma química, principalmente). Os níveis de minerais depositados nos ovos pelas aves estão diretamente relacionados com sua forma química e quantidades ofertadas a elas. Formas inorgânicas e orgânicas do mesmo mineral

podem ser depositadas em compartimentos diferentes, sendo influenciadas pelas ligações relacionadas a proteínas presentes em cada um deles. O selênio, por exemplo, como selenometionina e levedura selenizada deposita-se em maior quantidade no albúmen, já como selenito deposita-se mais na gema em relação a albumina. Isso também se deve a quantidade e forma a ser depositada no ovo (LATSHAW, 1975; LATSHAW; BIGGERT, 1981; LATSHAW; OSMAN, 1975; SWANSON, 1987).

De forma geral, quantidades menores são depositadas no albúmen, enquanto a maior parte dos minerais é depositada na gema conforme demonstram alguns trabalhos na literatura (Tabela 1). Geralmente são demonstrados estudos relacionados a quantificação de nutrientes no ovo voltados para a nutrição humana e pouco evidenciados levando-se em conta seu aproveitamento para o pintinho. Segundo Romanoff e Romanoff (1949), a casca do ovo é uma importante fonte de minerais como cálcio, magnésio, fósforo, assim como de cobre, zinco, manganês e ferro, os quais contribuem para o desenvolvimento do embrião (RICHARDS, 1997), complementando assim as fontes acessíveis ao pintinho de acordo com a disponibilidade relacionada ao seu desenvolvimento.

Tabela 1 - Valores médios de minerais e oligominerais do ovo de galinha (em mg/100g)

Elemento	Ovo inteiro, cru	Gema de ovo, crua	Clara de ovo, crua	Casca do ovo
Cálcio	56	129	7	30263,72
Cobre	0,072	0,077	0,023	<0,0001
Iodo	0,021	0,18	0,002	<0,8
Ferro	1,75	2,73	0,08	1,5
Magnésio	12	5	11	351,1
Manganês	0,028	0,055	0,011	0,031
Fósforo	198	390	15	98,2
Potássio	138	109	163	41,971
Selênio	0,030	0,056	0,020	0,01
Sódio	142	48	166	117,475
Zinco	1.29	2.30	0,03	0,083
Cádmio	*	*	*	<0,02

*Não constam dados sobre o elemento no compartimento citado.

Fonte: Dados adaptados dos valores listados por National Nutrient Database for Standard Reference, French Agency for Food (2018) e do estudo de Vilar *et al.* (2010).

Trabalhos demonstram que o estresse das aves criadas em diferentes sistemas também pode interferir na quantidade de minerais depositados no ovo. A exemplo, Küçükyılmaz *et al.* (2012) demonstraram que galinhas criadas ao ar livre produzem ovos com concentrações reduzidas de P e Zn, mesmo com acesso a dietas balanceadas.

Quanto ao tamanho do ovo, não há estudos que relatam a relação de diferenças entre o conteúdo mineral e o tamanho do ovo. Porém tal dado contrasta com a relação do impacto da idade da galinha sobre o teor de nutrientes do ovo. A porcentagem de sólidos totais e tamanho da gema aumentam com a idade das aves e associa-se, portanto, que aves mais velhas tendem a produzir ovos com maior conteúdo de mineral (FLETCHER *et al.*, 1981).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica de inoculação “*in ovo*” de substâncias exógenas apresenta-se como uma alternativa relacionada a nutrição das aves para melhorar o desempenho a eclosão e pós-eclosão.

Os conhecimentos sobre o aproveitamento de minerais inoculados durante o período de incubação em frangos de corte é uma área a ser explorada devido as questões envolvidas como exigência do embrião, tipo de mineral a ser utilizado (forma química), quantidade e outros fatores envolvendo a relação da matriz e a composição do ovo.

Sendo assim, busca-se melhorar a técnica e padronizar os métodos para que os benefícios sejam aplicados a prática e índices zootécnicos sejam melhorados.

REFERÊNCIAS

AMNIOTIC egg: 4 extra membranes: amnion yolk sac, chorion, allantois: amniotic cavity/shell/albumin. Disponível em: <https://in.pinterest.com/pin/333336809889706095/>. Acesso em: 10 mar. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Disponível em: <https://abpa-br.org/>. Acesso em: 10 dez. 2021.

BARBOSA, V. M. **Fisiologia da incubação e desenvolvimento embrionário**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2011.

BURLEY, R. W.; VADEHRA, D. V. **The avian egg: chemistry and biology**. New York: John Wiley, 1989.

CAMPOS, A. M. de A. *et al.* Efeito da inoculação de soluções nutritivas in ovo sobre a eclodibilidade e o desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, p. 1712-1717, 2011.

COSTA, A. C. **Manual de embriologia**. Lisboa: Luso Espanhola, 1950. 318 p.

DEEMING, D. C. **Avian incubation: behaviour, environment, and evolution**. Lincoln: Oxford University Press, 2002. 440 p.

ESTADOS UNIDOS. Departamento f Agriculture. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 1; **Department of Agriculture**. Food Group: Dairy and Egg Products: Beltsville, MD, USA, 2018.

EPLLE, A. *et al.* Stress responses in aves embryos. **American Zoologist**, Seattle, v. 37, p. 534-545, 1997.

FLETCHER, D. *et al.* A influência da idade do lote de poedeiras na produção de componentes do ovo e teor de sólidos peru. **Science**, New York, v. 60, p. 983-987, 1981.

FOYE, O.; FERKET, P.; UNI, Z. The effects of in ovo feeding of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) and arginine on jejunal expression and function in turkeys. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, p. 41, Jan. 2005.

GONZALES, E. Análise de problemas de eclodibilidade e fertilidade de plantéis avícolas por métodos de embriodiagnóstico. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA, 10., 2005, Campo Grande. **Anais eletrônicos [...]**. Campo Grande: ABZ, 2005. Disponível em: http://www.abz.org.br/files.php?file=documentos/Elisabeth_910013612. Acesso em: 8 ago. 2022.

HAN, G. *et al.* Effects of L-leucine in ovo feeding on thermotolerance, growth and amino acid metabolism under heat stress in broilers. **Animal**, Cambridge, v. 14, n. 8, p. 1701-1709, 2020.

HOUILLON, C. **Embriologia**. São Paulo: Edgar Blücher, 1972.

HOUILLON, C. **Embriologia**. São Paulo: EDUSP, 1925. 160 p.

KÜÇÜKYILMAZ, K. *et al.* Efeito de um sistema de criação orgânico e convencional sobre o conteúdo mineral de ovos de galinha. **Química Alimentar**, Santa Maria, v. 132, p. 989-992, 2012.

LATSHAW, J. D. Natural and Selenite Selenium in the hen and the egg. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 105, p. 32-37, 1975.

LATSHAW, J. D.; BIGGERT, M. D. Incorporation of selenium into egg proteins after feeding selenomethionine or sodium selenite. **Poultry Science**, Champaign, v. 60, p. 1309-1313, 1981.

LATSHAW, J. D.; OSMAN, M. Distribution of selenium in egg white and yolk after feeding natural and synthetic selenium compounds. **Poultry Science**, Champaign, v. 54, p. 1244-1252, 1975.

LILLIE, F. R. **Development of the chick**. 3rd ed. New York: Henry Holt, 1952. 624 p.

LORDY, C. **Embriologia humana e comparada**. São Paulo: Melhoramentos, 1940. 810 p.

MAIORKA, A. Adaptações digestivas pós-eclosão. *In*: CONFERÊNCIA APICO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 2001, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: FACTA, 2001. p. 1-17.

MAIORKA, A. *et al.* Posthatching water and feed deprivation affect the gastrointestinal and intestinal mucosa development of broiler chicks. **Journal of Applied Poltry Research**, Athens, v.12, p. 483-492, 2003.

NEVES, D. G. das *et al.* In ovo injection with glycerol and insulin-like growth factor (IGF-I): hatchability, intestinal morphometry, performance, and carcass characteristics of broilers. **Archives of Animal Nutrition**, Montreux, v. 74, n. 4, p. 325-342, 2020.

RICHARDS, M. P. Trace mineral metabolism in the avian embryo. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 152-164, 1997.

RIDGWAY, L. P.; KARNOFSKY, D. A. The effects of metals on the chick embryo: toxicity and production of abnormalities in development. **Annals of the New York Academy of Sciences**, New York, v. 55, n. 2, p. 203-215, 1952.

ROMANOFF, A. L.; ROMANOFF, A. J. **The avian egg**. New York: John Willey, 1949. 918 p.

ROMANOFF, A. L.; ROMANOFF, A. J. **The avian embryo**. New York: MacMillan, 1960. 1305 p.

ROTH-MAIER, D. A.; KIRCHGESSNER, M.; REITHMAYER, F. Distribution and contents of various trace elements in eggs. **Archiv für Geflügelkunde**, Berlin, v. 5, p. 188-190, 1985.

- SANTOS, T. T. **Influência da inoculação de ingredientes intra ovo em aspectos produtivos e morfológicos de frangos de corte oriundos de distintos pesos de ovos.** 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007.
- SAVAGE, J. E. Trace minerals and avian reproduction. **Federation Proceedings**, Washington, DC, v. 27, p. 927-931, 1968.
- SCHAAFSMA, A. *et al.* Mineral, amino acid, and hormonal composition of chicken eggshell powder and the evaluation of its use in human nutrition. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, p. 1833-1838, 2000.
- SHOKRANEH, M. *et al.* Effects of in ovo injection of nano-selenium and nano-zinc oxide and high eggshell temperature during late incubation on antioxidant activity, thyroid and glucocorticoid hormones and some blood metabolites in broiler hatchlings. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 42, n. 1, 2020. DOI: 10.4025/actascianimsci.v42i1.46029.
- SWANSON, C. A. Comparative utilization of selenite, selenomethionine, and selenized yeast by the laying hen. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 7, p. 529-537, 1987.
- TAKO E, *et al.* The effect of wheat prebiotics on the gut bacterial population and iron status of iron deficient broiler chickens. **Nutrition Journal**; 13:58, 2014.
- TEYMOURI, B. *et al.* Effect of in ovo feeding of the vitamin B12 on hatchability, performance and blood constituents in broiler chicken. **International Journal of Peptide Research and Therapeutics**, New York, v. 26, n. 1, p. 381-387, 2020.
- TORRES, B. L. *et al.* The nutrition of the fetus with intestinal atresia: studies in the chick embryo model. **Journal of Pediatric Surgery**, Kansas, v. 27, n. 10, p. 1325-1328, Oct. 1992.
- UNI, Z.; FERKET, P. R. **Enhancement of development of oviparous species by in ovo feeding.** US Patent nº 6592878. Publication: 14 Feb. 2002. Disponível em: <http://patentscope.wipo.int/search/en/WO2002012436>. Acesso em: 8 ago. 2022.
- UNI, Z.; FERKET, P. R. Methods for early nutrition and their potential. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 60, p. 101-111, 2004.
- UNI, Z.; YADGARY, L.; YAIR, R. Nutritional limitations during poultry embryonic development. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 21, p. 175-184, 2012.
- VIEIRA, S. L. Minerais quelatados na nutrição animal. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2004, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: CBNA, 2004. p. 51-70.
- VILLALUENGA C.M. *et al.* Utilization of the chicken embryo model for assessment of biological activity of different oligosaccharides. **Folia Biologica (Krakow)** v. 52, n. 3-4, p. 135-142, 2004.
- VILAR, J. S. *et al.* Composição química da casca de ovo de galinha em pó. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 28, n. 2, 2010.

WAHEED, S. *et al.* Trace element concentration in egg-yolk and egg-white of farm and domestic eggs. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, London, v. 21, p. 333-344, 1985.

WILLIER, B. H. Phases in embryonic development. **Journal of Cellular and Comparative Physiology**, Amsterdam, v. 43, p. 307-317, 1954.

YAIR, R.; UNI, Z. Content and uptake of minerals in the yolk of broiler embryos during incubation and effect of nutrient enrichment. **Poultry Science**, Champaign, v. 90, n. 7, p. 1523-1531, 2011.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

**ARTIGO 1 – INJEÇÃO “*IN OVO*” DE MINERAIS PARA FRANGOS DE CORTE:
UMA META-ANÁLISE**

**ARTICLE 1 - *IN OVO INJECTION OF MINERALS OF BROILER CHICKENS:
A META-ANALYSIS***

(VERSÃO PRELIMINAR)

Artigo preparado para submissão ao periódico
Animal Feed Science and Technology.

INJEÇÃO “*IN OVO*” DE MINERAIS PARA FRANGOS DE CORTE: UMA META-ANÁLISE

Márcio Gilberto Zangeronimo^{a*}, Sarah Conceição Andrade^b

^a Department of Veterinary Medicine, Federal University of Lavras, University Campus, s/n, 37200-900 Lavras-MG, Brazil.

^b Department of Animal Science, Federal University of Lavras, University Campus, s/n, 37200-900 Lavras-MG, Brazil.

*Author for correspondence: Department of Veterinary Medicine, Federal University of Lavras, Lavras, University Campus, Minas Gerais, MG 37200-900, Brazil. Tel +55 35 38291471. Email: zangeronimo@ufla.br

Highlights

“Inoculação de minerais “*in ovo*” melhora parâmetros pós-eclosão”

“Minerais são moléculas essenciais para o desenvolvimento de embriões de aves”

“Inoculação “*in ovo*” de cálcio mostrou-se benéfica ao ganho de peso pós-eclosão”

“A idade da matriz é um fator que influencia na deposição de minerais em ovos”

“As características das substâncias inoculadas são extremamente importantes”

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação de minerais em ovos fertilizados nas características de eclosão e pós-eclosão de frangos de corte. Para isso, realizamos uma revisão sistemática e usamos uma meta-análise para estimar o efeito da inoculação “*in ovo*” de minerais isolados sobre parâmetros de eclodibilidade e pós-eclosão. Foram incluídos 14 artigos que avaliaram a eclodibilidade, o peso á eclosão e o desenvolvimento pós-eclosão (ganho de peso e conversão alimentar). A análise geral mostrou que a inoculação de minerais reduz ($P < 0,05$) a eclodibilidade, mas aumenta o ganho de peso pós-eclosão, sem influenciar ($P < 0,05$) a conversão alimentar. A análise de subgrupos mostrou que cádmio e zinco pioraram ($P < 0,01$) a eclodibilidade, enquanto que o cálcio aumentou ($P < 0,05$) o peso á eclosão. Cálcio, prata e zinco foram elementos que aumentaram ($P < 0,05$) o ganho de peso. Conclui-se que a inoculação “*in ovo*” de minerais melhora o desempenho pós-eclosão de frangos de corte, mas prejudica a eclodibilidade, sendo observado entre os principais resultados que zinco e cálcio mostraram bons resultados em relação aos parâmetros

pós-eclosão, albúmen o local mais adequado, solução fisiológica o melhor veículo, como melhor dia para inoculação o primeiro dia de incubação, a linhagem Cobb e ovos oriundos de matrizes com idade entre 27-38 semanas com melhor desempenho.

Palavras-chave: Eclodibilidade. Desenvolvimento embrionário. Alimentação *in ovo*. Desempenho. Aves.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of mineral inoculation in fertilized eggs of broiler chickens on hatching and post-hatch traits. To do so, we conducted a systematic review and used meta-analysis to estimate the effect of inoculating isolated minerals in the egg on hatchability and post-hatch parameters. We included 14 papers that evaluated hatchability, hatch weight, and post-hatch development (weight gain and feed conversion). The overall analysis showed that the mineral inoculation reduced the hatchability ($P < 0.05$). However, it increased post-hatch weight gain while having no effect on feed conversion ($P < 0.05$). According to the subgroup analysis, calcium and cadmium increased hatch weight while silver injection improved hatchability ($P < 0.01$). Silver, calcium, and zinc were the components that boosted weight gain ($P < 0.05$). According to the findings, adding minerals to eggs enhanced broiler performance after hatching but decreased hatchability. The main results indicated that zinc and calcium presented good outcomes regarding post-hatch parameters; egg albumen was the most appropriate site to inoculate; the saline solution was the best vehicle; and the first day of incubation was the best day for inoculation; the Cobb breed and eggs from breeder hens aged between 27 and 38 weeks presented the best performance.

Keywords: Embryo. Hatchability. Embryonic development. *In ovo* feeding. Performance. Poultry.

FINANCIAMENTO: “This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001”.

DECLARATIONS OF INTEREST: none

1 INJEÇÃO “*IN OVO*” DE MINERAIS PARA FRANGOS DE CORTE: UMA META- 2 ANÁLISE

4 1 INTRODUÇÃO

5 Atualmente na avicultura, a nutrição *in ovo* tem se mostrado como uma das
6 ferramentas para melhorar a produtividade, pois nutrientes essenciais injetados podem
7 melhorar o desenvolvimento pós-eclosão das aves (Tako et al., 2004). Embora o ovo seja
8 considerado uma importante fonte de nutrientes para embriões de aves nos primeiros dias
9 após a eclosão, as reservas de minerais da gema podem ser limitadas (Yair and Uni, 2011),
10 principalmente se for considerado o melhoramento genético de frangos de corte, levando-se
11 em consideração a exigência dessas aves. A deficiência de qualquer elemento pode limitar o
12 desenvolvimento do embrião, além de predispor as aves a diferentes padrões de crescimento
13 após a eclosão.

14 Dentre os nutrientes que podem ser utilizados através do método de injeção “*in ovo*”,
15 destacam-se os minerais por serem importantes componentes estruturais de órgãos e tecidos,
16 além de reguladores de sistemas enzimáticos e hormonais. Estudos demonstraram que a
17 deficiência mineral durante o desenvolvimento das aves pode comprometer todo o
18 desempenho durante a produção (Liu et al., 1994; Soloman, 2016). Essa deficiência
19 normalmente pode estar relacionada à idade e nutrição dos reprodutores (Oliveira et al.,
20 2015).

21 Na literatura, os resultados são contraditórios. Estudos mostram que a inoculação de
22 óxido de zinco (Biria et al., 2020), selênio (El-Deep et al., 2020) e cálcio (Mustafa et al.,
23 2019) melhoram a eclodibilidade dos ovos, enquanto o sulfato de zinco (Sun et al., 2018b),
24 cádmio (Džugan et al., 2012) e boro (King et al., 1991) reduzem. Resultados controversos são
25 encontrados para o mesmo elemento (Jose et al., 2017; Biria et al., 2020). A variação nestes
26 resultados está relacionada não só ao tipo, forma química e quantidade de mineral utilizado,

27 mas também à metodologia utilizada como volume de solução inoculada, local de inoculação
28 no ovo, idade embrionária, linhagem genética, entre outros.

29 Nesse sentido, a padronização de métodos de inoculação in ovo para minerais pode
30 trazer resultados mais promissores, orientando futuras pesquisas sobre o assunto. Portanto, o
31 objetivo desta meta-análise foi avaliar o efeito da inoculação mineral em ovos fertilizados nas
32 características de eclosão e pós-eclosão de frangos de corte e propor uma metodologia
33 padronizada para melhor aproveitamento desses nutrientes.

34

35 **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

36 **2.1 Estratégias de pesquisa**

37 Em julho de 2021, foi iniciada a realização das pesquisas por três diferentes
38 pesquisadores, uma busca eletrônica nas seguintes bases de dados: Embase
39 (<https://embase.com/>), Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>), Scielo (<https://scielo.org/>),
40 Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>), Scopus
41 (<https://www.scopus.com/>), Periodicos Capes (<https://www.periodicos.capes.gov.br/>),
42 PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) e Web of Science (<http://isiknowledge.com/>). Foi
43 utilizada a seguinte combinação de palavras-chave: [(mineral OR minerals) AND "*in ovo*"]. A
44 princípio, nenhum filtro foi aplicado. No entanto, devido ao grande número de estudos
45 devolvidos em algumas bases, a busca por termos presentes apenas no título foi feita na base
46 de dados Google Acadêmico, enquanto que na base Science Direct e Scopus apenas o termo
47 "*in ovo*" foi restrito ao "título, resumo e palavras-chave". Ao todo, foram retornados 519
48 estudos em todas as bases utilizadas (FIGURA 1).

49 2.2 Seleção e caracterização dos artigos

50 Todos os estudos foram importados para o EndNote© - X9 (Clarivate Analytics -
51 Filadélfia, EUA, 2018). Teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso, capítulos de
52 livros foram descartados. Em seguida, foram excluídos duplicatas e estudos que não tinham
53 natureza experimental (estudos não randomizados). A questão PICO foi definida para
54 comparar ovos fertilizados de frangos de corte (População) que foram inoculados com
55 minerais (Intervenção) comparado com a solução placebo (Controle), tendo como resultado
56 eclodibilidade, peso à eclosão, ganho de peso e conversão alimentar (Outcome). Assim, com
57 base nas informações contidas no título e no resumo, apenas estudos que avaliaram os efeitos
58 da inoculação de minerais isolados em ovos fertilizados de frangos de corte sobre a
59 eclodibilidade, peso à eclosão, ganho de peso ou taxa de conversão alimentar foram
60 selecionados. Não houve restrições quanto à data e idioma de publicação, sendo encontrados
61 artigos em vários idiomas. Após a busca e seleção, 14 estudos foram selecionados, os quais
62 também tiveram suas referências avaliadas nas bases de dados. Após buscas nas referências
63 desses estudos, nenhum outro artigo foi adicionado. O fluxograma de seleção foi elaborado
64 seguindo as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-
65 Análises (PRISMA). A Tabela 1 contém as principais características dos artigos selecionados.
66 Para obtenção dos resultados, os dados extraídos dos artigos foram tabelados conforme grupos
67 experimentais - grupo controle (inoculados com placebo) e tratamentos, comparados através
68 de análises envolvendo o teste Q e a medida de inconsistência (I²) para avaliar a presença e o
69 grau de heterogeneidade. Posteriormente, avaliou-se através de uma meta-regressão as
70 variáveis explicativas segundo os critérios de evidência dos artigos.

71 2.3 Critérios de Qualidade da Evidência

72 Após a caracterização dos estudos, foi realizada a pontuação uma análise de qualidade
73 das evidências, conforme mostrado na Tabela 2. Os itens pontuados foram estabelecidos de
74 acordo com os seguintes critérios utilizados para randomização dos estudos:

- 75 a) Tamanho da amostra: estudos que utilizaram mais de 100 ovos por tratamento
76 receberam 2 pontos e quando o número de ovos foi inferior a 100 ou quando este
77 fato não foi claramente descrito no texto, receberam 1 ponto;
- 78 b) Randomização: estudos que demonstraram randomização receberam 2 pontos e
79 aqueles que não foram randomizados, ou a randomização não estava claramente no
80 texto, 1 ponto;
- 81 c) Volume inoculado: os estudos que mencionaram o volume inoculado receberam 2
82 pontos, e quando esse fato não foi relatado ou quando não estava claro no texto, 1
83 ponto;
- 84 d) Veículo de diluição utilizado: estudos que detalhassem o diluente utilizado
85 receberam 2 pontos e quando este fato não foi relatado ou quando não estava claro
86 no texto, 1 ponto;
- 87 e) Local de injeção: estudos que mencionaram o local de inoculação receberam 2
88 pontos e quando este fato não foi relatado ou quando não foi claramente, 1 ponto;
- 89 f) Idade do embrião: os estudos que mencionaram a idade do embrião no momento
90 da inoculação receberam 2 pontos e quando esse fato não foi relatado ou quando
91 não foi claramente, 1 ponto;
- 92 g) Idade da matriz: os estudos que caracterizaram a idade dos criadores receberam 2
93 pontos e quando esse fato não foi evidenciado ou não claramente, 1 ponto;
- 94 h) Peso do ovo: os estudos que mostraram o peso do ovo no início da incubação
95 receberam 2 pontos e os que não descreveram receberam 1 ponto;

- 96 i) Linhagem das aves: os estudos que descrevem a linhagem receberam 2 pontos e os
97 que não relataram essa informação receberam 1 ponto;
- 98 j) Condições de incubação: os estudos que relataram temperatura e umidade durante
99 a incubação receberam 2 pontos e os que não informaram, 1 ponto;
- 100 k) Osmolaridade da solução: estudos que relataram a osmolaridade da solução
101 inoculada receberam 2 pontos e os que não informaram, 1 ponto;
- 102 l) pH da solução inoculada: estudos que relataram o ph da solução inoculada
103 receberam 2 pontos e os que não informaram, 1 ponto.

104 A pontuação máxima que um estudo poderia receber era de 24 e no mínimo 12 pontos.

105

106 **2.4 Meta-análise**

107 **2.4.1 Formação de banco de dados**

108 As informações necessárias para o banco de dados foram obtidas nas seções de
109 material e métodos e resultados dos estudos selecionados. Foram extraídos dados sobre
110 eclodibilidade, peso à eclosão, ganho de peso e conversão alimentar desde o primeiro até o
111 quadragésimo segundo dia de vida. A metodologia aplicada para a construção do banco de
112 dados seguiu o modelo descrito na literatura (Sauvant et al., 2008).

113 Os grupos foram comparados com o grupo controle (ovos inoculados somente com
114 veículo – placebo) e com grupos inoculados com minerais. Para os estudos com dois ou mais
115 grupos (por exemplo, diferentes tipos ou quantidades diferentes de minerais), mais de uma
116 comparação foi registrada. Em cada comparação foram selecionados o tamanho da amostra
117 (n), média e erro padrão (EP). Nos casos em que os valores de SE não estavam disponíveis, o
118 desvio padrão foi utilizado para estimativa, usando a equação $SE = SD \times \sqrt{n}$, onde n = número
119 de repetições, ou o coeficiente de variação (CV), usando a equação $SE = (CV \times Média) / \sqrt{n \times 100}$. Nos casos em que o desvio padrão ou o coeficiente de variação também foi omitido, foi

121 utilizada a média do SE dos demais estudos utilizados para o estabelecimento de tal parâmetro
122 (Idris and Robertson, 2009).

123 As informações extraídas dos estudos foram registradas como dados brutos (conforme
124 apresentados nos artigos originais), exceto ganho de peso, cujos valores foram padronizados
125 em g/dia. Três categorias foram utilizadas para avaliar o número de ovos por tratamento
126 (estudos que utilizaram entre 25 e 50 ovos, estudos que utilizaram entre 51 e 100 ovos e
127 estudos que utilizaram mais de 100 ovos por tratamento), a idade de inoculação (inoculado no
128 1º dia de incubação, entre o 3º e o 10º dia e estudos que inocularam no 17º dia) e qualidade da
129 evidência (evidência alta - estudos que receberam entre 20 e 24 pontos nos critérios de
130 qualidade; evidência moderada - estudos que receberam entre 16 e 19 pontos e baixa
131 evidência – estudos que receberam entre 12 e 15 pontos). Os critérios para avaliação das
132 evidências foram estabelecidos conforme sugerido pelo sistema GRADE (Grading of
133 Recommendations Assessment, Development and Evaluation).

134

135 **2.5 Análise estatística**

136 Os dados foram analisados usando o software STATA 16 (Stata Corp, College Statio
137 Tex). A diferença média padrão (SMD) entre o grupo inoculado com minerais e o grupo
138 controle foi considerada na análise. O teste Q e a medida de inconsistência (I2) foram
139 utilizados para avaliar a presença e o grau de heterogeneidade, respectivamente. Na existência
140 de heterogeneidade ($P < 0,05$), utilizou-se o modelo de efeito aleatório para calcular o SMD,
141 sendo 95% do intervalo de confiança (IC 95%) apresentado em “forest plots”. Os dados foram
142 então particionados em subanálises e submetidos à meta-regressão de acordo com as seguintes
143 variáveis explicativas: classificação do artigo segundo critérios de qualidade da evidência;
144 tipo de mineral inoculado; país onde o experimento foi realizado; linhagem utilizada; idade
145 embrionária no momento da inoculação; veículo de solução; local de inoculação do ovo;

146 número de ovos utilizados/tratamento e idade das matrizes. O viés de publicação foi avaliado
147 usando o gráfico de funil e o teste de Egger.

148

149 **3 RESULTADOS**

150 **3.1 Características dos estudos selecionados**

151 Dos 14 estudos selecionados, 6 obtiveram alta pontuação para os critérios de
152 qualidade. A maior pontuação (21) foi obtida por Mustafa *et al.* (2019), seguido por Biria *et*
153 *al.* (2020). Salary *et al.* (2017), Joshua *et al.* (2016), Sun *et al.* (2018a) e Hee-Jin *et al.* (2022)
154 receberam 20 pontos cada. Pelos critérios metodológicos de qualidade, 6 estudos foram
155 classificados como alta qualidade de evidência (19 pontos ou mais nos critérios de qualidade)
156 e 8 estudos como evidência intermediária (entre 16 e 19 pontos).

157 Ross (4 estudos), Cobb (2 estudos) e Arbor Acres (2 estudos) foram as linhagens mais
158 utilizadas. O VenCobb e Lohman foram usados em 1 estudo cada e os demais não relataram a
159 linhagem utilizada. Nove estudos não relataram a idade das matrizes. Os demais (5 estudos)
160 relataram o uso de matrizes com idade variando de 27 a 58 semanas.

161 O peso do ovo no início do experimento foi informado em apenas 3 estudos. Em todos
162 os artigos foi possível identificar o número de ovos inoculados em cada tratamento. Em 7
163 estudos o número de ovos por tratamento foi igual ou superior a 100 ovos.

164 Em relação à idade embrionária de inoculação, observou-se grande variedade entre os
165 estudos. Em 2 artigos a inoculação ocorreu no 1º dia de incubação. As inoculações nos dias 3,
166 4, 5, 7 e 8 foram relatadas em 1 estudo cada. Em 2 artigos a inoculação foi realizada entre o 9º
167 e 10º dia em 5 estudos no 18º dia.

168 Em 3 estudos a solução foi inoculada no âmnio e em outros 3 no albúmen; 2 estudos
169 inoculados na membrana corioalantóidea; outros 2 no saco da gema e 2 estudos na câmara de
170 ar. Em 2 estudos o local de inoculação não foi evidenciado.

171 A solução salina foi o principal veículo utilizado (8 estudos), seguido de água
172 deionizada (2 estudos) ou esterilizada (2 estudos); ácido cítrico (devido a insolubilidade das
173 em outros veículos) e solução tamponada de fosfato (PBS) um estudo cada. O volume
174 inoculado de 0,1 foi utilizado em 5 estudos e 0,5 mL em 4 estudos. Em 2 estudos foi aplicado
175 0,05 mL e em 1 estudo 1,0 mL. Em dois estudos não foi informado o volume utilizado.

176 O zinco foi o principal mineral testado (8 estudos), seguido pelo selênio (3 estudos) e
177 cálcio (2 estudos), prata, boro e cádmio (1 estudo). Cinco diferentes formas químicas de zinco
178 foram avaliadas: óxido de nano zinco, zinco inorgânico, sulfato de zinco, acetato de zinco e
179 zinco quelatado. Quanto aos demais minerais, o cálcio foi usado na forma de carbonato de
180 cálcio em um artigo; prata e selênio na forma de nano partículas em um artigo cada e os
181 demais artigos não evidenciaram a forma química do mineral utilizado.

182 A eclodibilidade foi medida em todos os estudos, porém em um estudo foi apresentada
183 de forma geral, não evidenciando a separação por tratamento. O peso à eclosão foi avaliado
184 em 10 e o desempenho pós-eclosão (ganho de peso, consumo de ração e/ou conversão
185 alimentar) foi avaliado em 9 estudos.

186

187 **3.2 Principais resultados e testes avaliados**

188 A eclodibilidade foi melhorada com a inoculação de selênio (El-Deep et al., 2020),
189 cálcio (Mustafa et al., 2019), óxido de zinco (Birria et al., 2020) e quelato de zinco (Sun et al.,
190 2018a). Em 4 estudos avaliando zinco, selênio, prata e cálcio, não houve efeito sobre o
191 parâmetro de eclodibilidade. Efeito negativo foi observado com boro (King et al., 1991),
192 cádmio (Džugan et al., 2012) e também com óxido de zinco (José et al., 2017), acetato de
193 zinco (Shahbandi et al., 2019) e zinco sulfato (Sun et al., 2018b).

194 Em relação ao peso na eclosão, Sun et al. (2018a) encontraram um resultado melhor
195 quando 100 µg de zinco quelato foi inoculado por ovo, mas o mesmo efeito não foi observado

196 com 50 µg. Nenhum efeito significativo sobre o peso á eclosão foi observado nos outros
197 estudos que avaliaram essa característica.

198 Hassan (2018) observou melhores resultados para ganho de peso, consumo de ração e
199 conversão alimentar na 1ª semana de idade quando 7,5 µg de nano-selênio foram inoculados
200 em cada ovo. Resultados semelhantes no ganho de peso (de maneira geral) foram observados
201 com a inoculação de 20 µg deste elemento (El-Deep et al., 2020), e a conversão alimentar
202 reduzida em todos os grupos tratados.

203 Maior ganho de peso sem afetar o consumo de ração ou a taxa de conversão alimentar
204 foi observado com 0,05 µg de óxido de nano-zinco (Birria et al., 2020). Maior ganho de peso e
205 menor taxa na conversão alimentar na 1º semana, foi observado com 1600 ou 2300 µg de
206 acetato de zinco (Shahbandi et al., 2019). Resultados semelhantes foram observados por
207 Joshua et al. (2016) na 5ª semana após a eclosão, com 40 µg de acetato de nano-zinco, em
208 relação a conversão alimentar. Maior ganho de peso, mas também na conversão alimentar, foi
209 observado com 7,5 µg de selênio (Hassan, 2018). Nos demais estudos não foi observado
210 efeito significativo no desempenho pós-eclosão.

211 Os resultados referentes aos artigos selecionados podem ser melhor visualizados na
212 Tabela 3.

213

214 **3.3 Meta-análise**

215 **3.3.1 Eclodibilidade**

216 De 13 estudos os quais informaram dados sobre eclodibilidade, foram analisadas 48
217 comparações entre a inoculação mineral e o controle (solução placebo) (FIGURA 2). A
218 análise geral mostrou que a inoculação de minerais reduziu (SMD = -0,75%, IC 95% = -1,22 a -
219 0,28; P = 0,00) a eclodibilidade quando comparado ao grupo placebo. No entanto, a análise de
220 subgrupos mostrou que em estudos classificados como alta evidência (que forneceram todas

221 as informações sobre metodologia) houve efeito ($P < 0,05$) da injeção *in ovo* de minerais na
222 eclodibilidade (SMD = -0,57%, IC_{95%} = 0,09 a 1,05; $P = 0,020$) (FIGURA 3).

223 Heterogeneidade significativa ($I^2 = 99,9\%$; $P < 0,001$) foi observada entre os estudos.
224 A análise de meta-regressão mostrou ($P < 0,001$) que 68% dessa heterogeneidade foi
225 explicada pelo modelo considerando o tipo de mineral, linhagem, local e idade de inoculação,
226 veículo de diluição, número de ovos/tratamento e pontuação de qualidade. A covariável que
227 mais influenciou ($P < 0,05$) a heterogeneidade foi o veículo de diluição ($R^2 = 57\%$). O
228 número de ovos/tratamentos, idade embrionária e local de inoculação tiveram pouca
229 influência ($R^2 < 10\%$; $P < 0,05$), enquanto o tipo de mineral e linhagem não influenciaram
230 ($P > 0,05$) a heterogeneidade.

231 A análise de subgrupos também mostrou que nenhum elemento melhorou a
232 eclodibilidade ($P > 0,05$); (FIGURA 3). Boro, cálcio, cobre, selênio e prata não influenciaram
233 ($P > 0,05$), enquanto cádmio e zinco pioraram ($P < 0,05$) a eclodibilidade.

234 Em relação à metodologia utilizada, observou-se aumento na eclodibilidade ($P < 0,05$)
235 em estudos classificados com alto escore de qualidade ($P < 0,05$); quando as matrizes
236 relacionadas aos ovos tiveram idade entre 27 e 38 semanas ($P < 0,05$) e quando utilizou-se
237 água estéril como veículo ($P < 0,05$); Quanto ao local de inoculação, câmara de ar, albúmen,
238 membrana corioalantóide e gema não influenciaram a eclodibilidade ($P > 0,05$), sendo o
239 âmnio foi o pior local ($P = 0,00$) para inoculação. As linhagens Arbor Acres, Lohman e Ross
240 não influenciaram ($p > 0,05$) na eclodibilidade, porém a linhagem VenCobb e Cobb pioraram
241 ($P < 0,05$) a eclodibilidade. Não houve diferenças na eclodibilidade ($p > 0,05$) quando foi
242 utilizada solução salina, PBS como veículo. Menor eclodibilidade ($p < 0,01$) foi observada
243 utilizou-se ácido cítrico e água deionizada, assim como quando as soluções foram inoculadas
244 a partir do 17º dia de incubação.

245 O gráfico de gráfico de funil apresentou ampla distribuição assimétrica (FIGURA 4),
246 embora nenhum viés de publicação tenha sido identificado ($P = 0,33$).

247

248 3.3.2 Peso na eclosão

249 Um total de 35 comparações foram analisadas. A análise geral mostrou que a
250 inoculação mineral não influenciou o peso à eclosão ($SMD = 0,35$, $IC_{95\%} = -0,07$ a $0,77$; $P =$
251 $0,11$) (FIGURA 5). Considerando apenas estudos de alta qualidade metodológica, esse efeito
252 também não foi observado ($SMD = 3,19$, $IC_{95\%} = -0,75$ a $7,33$; $P = 0,11$) (FIGURA 6).

253 Heterogeneidade significativa ($I_2 = 99,9\%$; $P < 0,01$) foi observada entre os estudos. A
254 análise de meta-regressão mostrou que 83% dessa heterogeneidade foi explicada pelo modelo.
255 A idade de inoculação foi a principal responsável ($P < 0,01$) pela heterogeneidade
256 ($R_2 = 40\%$), seguida do local de inoculação ($R_2 = 15\%$) e tipo de mineral ($R_2 = 9\%$).

257 A análise de subgrupo mostrou que apenas cálcio ($SMD = 8,10$, $IC_{95\%} = 0,97$ a $15,23$;
258 $P = 0,026$) aumentaram o peso na eclosão (FIGURA 6). Nenhum efeito ($P > 0,05$) foi
259 observado quando boro, cádmio, prata, selênio e zinco foram usados.

260 Em relação à metodologia utilizada, observou-se maior peso à eclosão ($P < 0,05$)
261 quando utilizadas as linhagens Cobb e Ross e menor peso ($P < 0,05$) na linhagem VenCobb.
262 Não houve diferença ($P > 0,05$) na linhagem Arbor Acres. O local de inoculação não
263 influenciou ($P > 0,05$) o peso à eclosão. Quanto ao veículo, observou-se maior peso na
264 eclosão ($P < 0,05$) quando se utilizou PBS. Não houve diferença ($P > 0,05$) quando se utilizou
265 água deionizada, soro fisiológico ou água esterilizada. O peso à eclosão também aumentou (P
266 $< 0,05$) quando as soluções foram inoculadas no 1º dia de incubação. Não houve diferença (P
267 $> 0,05$) quando inoculados no 10º dia ou 17º dia.

268 Uma ampla distribuição assimétrica pode ser observada no gráfico de funil (FIGURA
269 4), com viés de publicação significativo ($P < 0,01$) identificado.

270 3.3.3 Ganho de peso

271 Foram analisadas 29 comparações (FIGURA 7). A análise geral mostrou que a
272 inoculação mineral aumentou o ganho de peso dos frangos após a eclosão
273 (SMD = 1,75, IC_{95%} = 0,69 a 2,81; P < 0,001). Esse resultado foi observado (P < 0,05) tanto
274 em estudos de qualidade metodológica alta quanto intermediária (FIGURA 8).

275 Heterogeneidade significativa ($I_2 = 99,7\%$; P < 0,01) foi observada entre os estudos. A
276 análise de meta-regressão mostrou que 74% dessa heterogeneidade foi explicada pelo modelo.
277 O número de ovos/tratamento foi o principal responsável (P < 0,01) pela heterogeneidade
278 ($R^2 = 36\%$), seguido do veículo utilizado ($R^2 = 21\%$).

279 A análise de subgrupos mostrou que cálcio, prata e zinco foram os elementos que
280 aumentaram (P < 0,01) o ganho de peso após a eclosão (FIGURA 7). Não houve diferença
281 (P > 0,05) quando utilizou-se cobre e selênio.

282 Em relação à metodologia utilizada, houve aumento (P < 0,01) no ganho de peso pós-
283 eclosão em todas as linhagens utilizadas, exceto VenCobb (P > 0,05). Maior ganho de peso
284 também ocorreu (P < 0,05) quando as soluções foram inoculadas no albúmen (P < 0,05), já
285 quando foram inoculadas na câmara de ar, membrana corioalantóidea e âmnio (P > 0,05) não
286 houve interferência. Resultados semelhantes (P < 0,05) foram observados com os veículos
287 utilizados, exceto (P > 0,05) quando foi utilizada água estéril (P > 0,05) a qual não
288 influenciou no ganho de peso pós-eclosão. Quanto a idade a inoculação, observou-se que ovos
289 inoculados no primeiro dia (P < 0,05) e até o décimo (P < 0,05) de inoculação contribuíram
290 para o ganho de peso, ao contrário de ovos inoculados após o 17º dia (P > 0,05). O ganho de
291 peso foi melhorado em todas as fases de criação estudadas, antes e após 21 dias de idade ((P <
292 0,05) com a inoculação de minerais.

293 Foi observada ampla distribuição assimétrica no gráfico de gráfico de funil (FIGURA
294 4), com viés de publicação identificado (P = 0,11).

295 3.3.4 Taxa de conversão alimentar

296 Foram analisadas 28 comparações. A análise geral mostrou que a inoculação mineral
297 não influenciou a conversão alimentar das aves após a eclosão (SMD = 0,07, IC_{95%} = -0,05 a
298 0,19; P = 0,26) (FIGURA 9). No entanto, a análise de subgrupo demonstrou (P = 0,01) que a
299 maior taxa de conversão alimentar foi observada em frangos de corte após 21 dias de idade
300 (FIGURA 10). A qualidade dos estudos baseadas no escore não influenciou (P > 0,05) na taxa
301 de conversão alimentar.

302 Heterogeneidade significativa (I₂ = 99,8%; P < 0,01) foi observada entre os estudos. A
303 análise de meta-regressão mostrou que 69% dessa heterogeneidade foi explicada pelo modelo.
304 O veículo de diluição foi o principal responsável (P < 0,05) pela heterogeneidade (R₂ = 51%),
305 seguido do número de ovos inoculados (R₂ = 50%) e da idade de inoculação (R₂ = 13%).

306 A análise de subgrupo mostrou que nenhum mineral influenciou (P > 0,05) a taxa de
307 conversão alimentar (FIGURA 9). Valores maiores foram observados com VenCobb, não
308 sendo detectadas diferenças (P > 0,05) nas demais linhagens. Também observou-se valores
309 maiores quando as soluções foram inoculadas no âmnio (p < 0,01), utilizando-se solução
310 salina (p < 0,01) como veículo e inoculando as soluções durante o nas etapas finais do
311 desenvolvimento embrionário (a partir do 17º dia de incubação) (P < 0,01). Valores menores
312 para conversão alimentar foram observados quando água deionizada (p < 0,01) foi utilizada.
313 Não houve efeito (P > 0,05) na conversão alimentar quando as soluções foram inoculadas no
314 albúmen e na câmara de ar, no 1º dia de incubação e utilizando PBS (P > 0,05) como veículo.

315 Uma ampla distribuição assimétrica pode ser observada no gráfico de gráfico de funil
316 (FIGURA 4), embora não tenha sido identificado viés de publicação (P = 0,24) pelo teste
317 utilizado.

318 A Tabela 4 mostra os principais resultados obtidos com a meta-análise, considerando o
319 tipo de mineral e a metodologia *in ovo* utilizada.

320 4 DISCUSSÃO

321 Na criação de frangos de corte leva-se em consideração uma série de fatores
322 relacionados a alimentação e manejo, que associados as linhagens genéticas atuais fazem com
323 que a produtividade e lucratividade se tornem cada vez melhor.

324 A eclodibilidade é um dos parâmetros mais importantes em um incubatório. No
325 presente estudo, verificou-se que, em geral, a inoculação de minerais reduz a eclodibilidade,
326 com algumas exceções. Boro, cálcio, cobre, selênio e prata não influenciaram ($P > 0,05$),
327 enquanto cádmio e zinco pioraram, ($P < 0,05$) a eclodibilidade dos ovos (FIGURA 3).

328 A toxicidade de um elemento está relacionada não só à quantidade inoculada, mas
329 também à sua forma e natureza química e também à sua inter-relação com outros elementos.
330 O zinco, por exemplo, mostrou-se tóxico em algumas situações. Esse efeito provavelmente
331 pode estar relacionado à biodisponibilidade desse elemento, que depende não apenas de sua
332 forma química (Swain et al., 2016), mas também da quantidade, pois há uma inter-relação
333 entre zinco e cobre – o excesso de zinco faz com que o cobre fique indisponível (Shahbandi et
334 al., 2019). Isso explica por que o uso de grandes quantidades de zinco (500 $\mu\text{g}/\text{ovo}$, 1600-
335 2300 $\mu\text{g}/\text{ovo}$) prejudicou a eclodibilidade em alguns estudos (Jose et al., 2017; Shahbandi et
336 al., 2019). Por outro lado, o uso de sulfato de zinco e quelato de zinco quando usado em doses
337 de 50 a 100 μg resultou em maior eclodibilidade (Sun et al., 2018a) quando comparado a
338 outras formas de zinco (acetato de zinco) (Joshua et al., 2016) (ou óxido de zinco) (Jose et al.,
339 2017), apesar de as quantidades em microgramas diferirem nos estudos. Tratando-se do cobre,
340 tal elemento é importante no desenvolvimento ósseo, visto que o mesmo faz parte da ligação
341 entre a elastina e o colágeno, o que propicia ao osso resistência à tração (Carton and
342 Henderson, 1964). Nenhum mineral melhorou a eclodibilidade de forma geral e nas análises
343 de subgrupos observou-se que cádmio e zinco pioraram tal parâmetro. Na literatura, se
344 tratando de frangos de corte são encontrados alguns resultados contraditórios relacionados ao

345 zinco. Tal elemento é essencial em atividades enzimáticas, para plumagem e crescimento das
346 aves (Park et al., 2004), por exemplo. Devido a sua importância na formação de tecidos
347 embrionários (também como antioxidante na mesma fase) e modulação do sistema imune
348 espera-se um efeito benéfico com sua utilização, o que não observou-se nas análises gerais,
349 fato que pode estar associado a forma química e quantidade inoculada. Já quanto aos efeitos
350 do cádmio, Rahman et al. (2009) relataram sua embriotoxicidade em experimentos utilizando
351 ovos como modelo experimental. Alguns mecanismos de toxicidade foram sugeridos como
352 mimetismo molecular e iônico, interferência na adesão e sinalização celular, estresse
353 oxidativo e distúrbios do ciclo celular (Czeczot and Skrzycki, 2010).

354 Em geral, deve-se levar em consideração a escolha da substância e a quantidade a ser
355 inoculada, pois pode causar um desequilíbrio osmótico capaz de levar o embrião à morte
356 (Rocha and Maiorka, 2013). Além disso, a maioria dos autores também associaram as
357 diferenças relacionadas à eclodibilidade a fatores como as características da solução injetada
358 no ovo (pH e osmolaridade da solução, local de injeção, tempo de injeção, diâmetro do
359 orifício da agulha, entre outros), as quais apenas Dzungan et al. (2012) relatou osmolaridade
360 de 1,5 molar e pH de 10 (sendo ajustado com auxílio de solução de hidróxido de sódio); e
361 Joshua et al. (2016) pH de 8,5. No caso da eclodibilidade, a inoculação de minerais no âmnio e
362 após o 17º dia de incubação piorou tal parâmetro, enquanto nos demais locais e do primeiro
363 até o 10º dia de incubação não influenciaram. Quanto aos locais utilizados para injeção da
364 solução há diferentes resultados. Segundo Yair and Uni (2011), a gema representa o principal
365 local de armazenamento de minerais no ovo, fato que relaciona o período de absorção de
366 substâncias injetadas nesse compartimento com o final do período de incubação, devido a sua
367 internalização e aproveitamento. Uni and Ferket (2003) sugeriram que a injeção de
368 substâncias *in ovo* deve ser aplicada enquanto o embrião consome o líquido amniótico, por
369 volta do 17-18 dias de desenvolvimento embrionário. O fato de as soluções serem inoculadas

370 antes do 10º dia de incubação está relacionado à menor pressão interna no ovo, uma vez que o
371 embrião não está completamente formado, o que pode favorecer os resultados apesar do
372 resultado contrário em relação as análises obtidas.

373 Quanto ao peso a eclosão, o cálcio foi o único elemento associado a sua melhora. Em
374 ensaios utilizando o mesmo mineral também observou-se tal resultado. De acordo com Salary
375 et al. (2017), melhores resultados apenas com cálcio são obtidos quando se utilizam
376 nanopartículas, em especial 200ppm de nanoparículas de carbonato de cálcio/ovo, quantidade
377 com a qual observou-se maior peso a eclosão dos pintinhos. Justifica-se a relação da forma
378 com o aumento da disponibilidade do nutriente e melhorar o desenvolvimento muscular.
379 Durante o período de incubação, na medida em que ocorre o fluxo de gás carbônico
380 juntamente com a enzima anidrase carbônica (em meio ácido) há uma dissolução da casca e
381 transferência de cálcio para a circulação do embrião, o qual auxilia na mineralização do
382 esqueleto do mesmo além de outras funções relacionadas a formação de receptores, contato
383 com mucosa intestinal, etc. (Tazawa et al., 2000). Mustafa et al. (2019) demonstraram em seu
384 trabalho que o uso de 800 µg/ovo melhorou significativamente o ganho de peso e a deposição
385 de músculo, principalmente em região de peito, além de melhorar a qualidade óssea de
386 frangos.

387 Os resultados do presente estudo também mostraram que a inoculação *in ovo* de
388 minerais pode melhorar o desempenho após a eclosão. Maiores ganhos de peso foram
389 observados com cálcio, zinco e prata. Um único estudo observou tal efeito com cálcio
390 (Mustafa et al., 2019). Se tratando de zinco, um estudo com zinco inorgânico demonstrou
391 melhora no ganho (Hee Jin et al., 2022). Não houve influência de nenhum elemento analisado
392 na conversão alimentar.

393 Sabe-se que as linhagens atuais de frangos de corte são selecionadas para maior
394 crescimento muscular (Petracci and Cavani, 2012). Aves destinadas a produção provém de

395 linhagens melhoradas geneticamente selecionadas principalmente para características de
396 desempenho de carcaça, peso vivo e conversão alimentar, tendo em vista que as mesmas
397 atingem a faixa etária para o abate precocemente, o que aumenta a lucratividade do setor
398 (Havenstein et al., 1994). Devido a esse fato, os animais requerem uma quantidade de
399 nutrientes e energia na dieta (Toledo, 2002), o que culmina em muitos gastos. Portanto, os
400 embriões podem ter uma maior exigência de nutrientes. Em alguns casos, as reservas de
401 nutrientes armazenadas nos ovos podem limitar o crescimento e o desenvolvimento máximo
402 das aves (Salary et al., 2017). O cálcio é um mineral cujas funções são essenciais para o
403 desempenho pós-eclosão, formação óssea, coagulação do sangue e desenvolvimento do
404 sistema nervoso (Nordin et al., 1997). Quanto ao zinco, resultados inconsistentes podem ser
405 observados na literatura. Shahbandi et al. (2019), avaliando níveis de 1600 e 2300 µg/ovo de
406 acetato de zinco, observaram maior ganho de peso nas aves quando comparadas aos controles.
407 Esse resultado pode estar relacionado à linhagem, dia e local de inoculação e veículo utilizado
408 para inoculação. Melhores resultados com zinco podem ser observados quando este elemento
409 foi inoculado no albúmen antes do 10º dia de incubação.

410 Alguns estudos observaram que o zinco aumentou a ingestão de ração e aumentou os
411 níveis de hormônio do crescimento (GH) e seus receptores, além do IGF-I em animais (Yu et
412 al., 2005) e humanos (Macdonald, 2000). Em aves, Shahbandi et al. (2019) também
413 observaram aumento da expressão dos genes IGF-I e MYOD com a injeção de acetato de
414 zinco *in ovo*. O IGF-I desempenha um papel em várias etapas, primeiro atuando sobre a
415 proliferação de mioblastos, aumentando o padrão de expressão de fatores envolvidos na
416 progressão do ciclo celular e, em seguida, promovendo a diferenciação miogênica por indução
417 de fatores reguladores miogênicos (Richter, 2002). Isso explica o maior desenvolvimento pós-
418 eclosão das aves a partir de ovos inoculados com zinco.

419 A discrepância entre os resultados dos estudos com inoculação “*in ovo*” de minerais
420 também pode estar relacionada à dieta dos reprodutores. Sabe-se que uma dieta adequada com
421 minerais para matrizes reflete na viabilidade dos embriões e melhor desempenho após a
422 eclosão (Campos et al., 2010). Neste caso, se os reprodutores já suprirem a demanda de
423 nutrientes da prole, provavelmente não haverá resultados positivos da inoculação *in ovo* dos
424 minerais. Na presente revisão, 9 estudos (69% dos artigos) não informaram a idade dos
425 criadores. Segundo Ulmer-Franco et al., (2010), a idade da matriz pode ser um fator que pode
426 afetar o peso do ovo de frango e as proporções de seus constituintes. Sabe-se que os ovos de
427 matrizes mais velhas são mais pesados e possuem maior proporção de gema do que os de
428 matrizes mais jovens (Nangsuay et al., 2016). Além disso, os programas de nutrição e
429 alimentação das matrizes durante os períodos de criação e postura afetam a produção de ovos
430 férteis, as características dos ovos e o conteúdo de nutrientes dos ovos (Robinson et al., 2007;
431 Abbas et al., 2010; Moraes et al., 2011;). Assim, uma diferença na quantidade de nutrientes
432 nos ovos, incluindo minerais, pode ser responsável pela heterogeneidade dos resultados.

433 Além do zinco em relação a melhora do ganho de peso, resultados promissores
434 parecem ser encontrados com outros elementos, como cálcio e prata. No entanto, não há
435 informações suficientes que comprovem a eficácia desses elementos na alimentação *in ovo*.
436 Portanto, estudos com esses e outros elementos, combinados ou não, são necessários para
437 garantir os níveis ideais de cada elemento a ser inoculado *in ovo*, a idade embrionária
438 adequada, local e veículo de inoculação, sempre associados às características das matrizes.

439

440 **5 CONCLUSÃO**

441 A inoculação “*in ovo*” com minerais melhora o desempenho pós-eclosão de frangos de
442 corte, mas prejudica a eclodibilidade. Zinco e cálcio mostraram bons resultados. Quanto as
443 variáveis analisadas, melhores resultados foram observados quando a solução foi inoculada no

444 albúmen e com PBS como veículo. Observou-se melhora quando a substância foi injetada ao
445 1º dia de incubação (com melhora no peso á eclosão e ganho de peso), já quando injetada até
446 o 10º dia foi observada melhora no ganho de peso e conversão alimentar. Os ovos oriundos de
447 matrizes com idade entre 27-38 semanas tiveram melhor desempenho.

448

449 **REFERÊNCIAS**

450 Abbas, S.A., Gasm Elseid, A.A., Ahmed, M.K.A., 2010. Effect of body weight uniformity on
451 the productivity of broiler breeder hens. *Int. J. Poult. Sci.* 9, 225-230.
452 <https://doi.org/10.3923/ijps.2010.225.230>.

453

454 Biria, A., Navidshad, B., Aghjehgheshlag, F.M., Nikbin, S., 2020. The effect of in ovo
455 supplementation of nano zinc oxide particles on hatchability and post-hatch immune system
456 of broiler chicken. *Iran. J. Appl. Anim. Sci.* 10, 547-553.

457

458 Campos, A.M.A., Gomes, P.C., Rostagno, H.S., 2010. Nutrição in ovo de frangos de corte.
459 *Nutritime.* 7, 1304-1313.

460

461 Carlton, W. W.; Henderson, W., 1964 Skeletal lesions in experimental copper-deficiency in
462 chickens. *Avian Diseases*, v. 8, n. 1, p. 48-55.

463

464 Czczot, H., Skrzycki, M., 2010. Cadmium - element completely unnecessary for the
465 organism. *Postep. Hig. Med. Dosw.* 64, 38-49.

466

- 467 Dżugan, M., Lis, M., Nowak, D., Nowak, J., Droba, M., Niedziółka, J.W., 2021. The effect
468 of cadmium injected in ovo on minerals level in tissues of one-day old chicks. *J. Microbiol.*
469 *Biotechnol. Food Sci.* 2, 229-237.
- 470
- 471 El-Deep, M.H., Amber, K.A., Elgendy, S., Dawood, M.A., Zidan, A., 2020. In ovo injection
472 of nano-selenium spheres mitigates the hatchability, histopathology image and immune
473 response of hatched chicks. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 104, 1392-1400.
474 <https://doi.org/10.1111/jpn.13379>.
- 475
- 476 Hassan, A.M., 2018. Effect of in ovo injection with nano- selenium or nano- zinc on post-
477 hatch growth performance and physiological traits of broiler chicks. *Int. J. Environ. Agric.*
478 *Biotech.* 3, 350-357. <https://doi.org/10.22161/ijeab/3.2.6>.
- 479
- 480 Havenstein, G.B., Ferket, P.R., Scheideler, S.E., Rives, D.V., 1994. Carcass composition and
481 yield of 1991 vs 1957 broilers when fed “typical” 1957 and 1991 broiler diets. *Poult. Sci.*
482 v.73, p. 90-97, 1994. <https://doi.org/10.3382/ps.0731795>.
- 483
- 484 Hee-Jin, K., Hwan-Ku, K., 2022. Effects of in ovo injection of zinc or diet supplementation of
485 zinc on performance, serum biochemical profiles, and meat quality in broilers. *Animals.* 12,
486 1-11. <https://doi.org/10.3390/ani12050630>.
- 487
- 488 Idris, N.R.N., Robertson, C., 2009. The effects of imputing the missing standard deviations on
489 the standard error of meta analysis estimates. *Commun. Stat. B: Simul. Comput.* 38, 513-526.
490 <https://doi.org/10.1080/03610910802556106>.
- 491

492 Jose, N., Elangovan, A.V., Awachat, V.B., Shet, D., Ghosh, J., David, C.G., 2017. Response
493 of in ovo administration of zinc on egg hatchability and immune response of commercial
494 broiler chicken. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 102, 591-595.
495 <https://doi.org/10.1111/JPN.12777>.

496

497 Joshua, P.P., Valli, C., Balakrishnan, V., 2016. Effect of in ovo supplementation of nano
498 forms of zinc, copper, and selenium on post-hatch performance of broiler chicken. *Vet.*
499 *World.* 9, 287-294. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.287-294>.

500

501 King, N., Odom, T.W., Sampson, H.W., Pardue, S.L., 1991. In ovo administration of boron
502 alters bone mineralization of the chicken embryo. *Biol. Trace Elem. Res.* 30, 47-58.
503 <https://doi.org/10.1007/BF02990341>.

504

505 Liu, A.C.H., Heinrichs, B.S., Leach Junior, R.M., 1994. Influence of manganese deficiency
506 on the characteristics of proteoglycans of avian epiphyseal growth plate cartilage. *Poult. Sci.*
507 73, 663-669. <https://doi.org/10.3382/ps.0730663>.

508

509 Macdonald, R.S., 2000. The role of zinc in growth and cell proliferation. *J. Nutr.* 130, 1500-
510 1508. <https://doi.org/10.1093/jn/130.5.1500S>.

511

512 Moraes, V.M., Oviedo-Rondón, E.O., Leandro, N.S., Wineland, M.J., Malheiros, R.D.,
513 Eusebio-Balcazar, P., 2011. Broiler breeder trace mineral nutrition and feeding practices on
514 embryo progeny development. *Avian Biol. Res.* 4, 122-132.
515 <https://doi.org/10.3184/175815511X13147937995611>.

516

- 517 Mustafa, M.A., Mustafa, N.A., Rasheed, R.S., 2019. Effect of calcium and cole vit d3 in ovo
518 injection on hatchability, bone and blood biochemical development at posthatch. Iraqi J.
519 Agric. Sci. 50, 850-856. <https://doi.org/10.36103/ijas.v50i3.863>.
- 520
- 521 Nangsuay, A., Meijerhof, R., Van den Anker, I., Heetkamp, M.J.W., Morita, V.D.S., Kemp,
522 B., Van Den Brand, H., 2016. Effects of breeder age, broiler strain, and eggshell temperature
523 on development and physiological status of embryos and hatchlings. Poult. Sci. 95, 1666-
524 1679. <https://doi.org/10.3382/ps/pew080>.
- 525
- 526 Nordin, B.E.C., Gurr, M.I., McIntosh, G.H., Schaafsma, G., Miller, G.D., Groziak, S.M.,
527 Goulding, A., 1997. Dietary calcium in health. Bull. Int. Dairy Fed. 322, 36-40.
- 528
- 529 Oliveira, T.F.B., Bertechini, A.G., Bricka, R.M., Hester, P.Y., Kim, E.J., Gerard, P.D.,
530 Peebles, E.D., 2015. Effects of in ovo injection of organic trace minerals and post-hatch
531 holding time on broiler performance and bone characteristics. Poult. Sci. 94, 2677-
532 2685. <https://doi.org/10.3382/ps/pev249>.
- 533
- 534 Park, S.Y., Birkhold, S.G., Kubena, L.F., Nisbet, D.J., Ricke, S.C., 2004. Review on the role
535 of dietary zinc in poultry nutrition, immunity, and reproduction. Biol. Trace Elem. Res. 101,
536 147–163. <https://doi.org/10.1385/BTER:101:2:147>.
- 537
- 538 Petracci, M., Cavani, C., 2012. Muscle growth and poultry meat quality issues. Nutrients. 4,
539 1-12. <https://doi.org/10.3390/nu4010001>.
- 540

- 541 Rahman, M.S., Mochizuki, M., Mori, M., 2009. In-ovo cadmium toxicity in developing quail
542 embryo (*Coturnix japonica*): sex-dependent responses to ascorbic acid protection. J. Poult.
543 Sci. 46, 334-339. <https://doi.org/10.2141/jpsa.46.334>.
544
- 545 Richter, J.J., 2002. Gene expression during skeletal muscle development: affect of in ovo
546 IGF-1 administration on broiler embryogenesis and postnatal myogenesis in the mouse. 2002.
547 117 p. Thesis (PhD In Animal and Food Science) - University of West Virginia, Morgantown,
548 2002.
549
- 550 Robinson, F.E., Zuidhof, M.J., Renema, R.A., 2007. Reproductive efficiency and metabolism
551 of female broiler breeders as affected by genotype, feed allocation, and age at
552 photostimulation: 1., pullet growth and development. Poult. Sci. 86, 2256-2266.
553 <https://doi.org/10.1093/ps/86.10.2256>.
554
- 555 Rocha, C., Maiorka, A.I., 2013. Nutrição "in ovo", in: Macari, M. (Ed.), Manejo da
556 incubação. FACTA, Jaboticabal, pp. 223-243.
557
- 558 Saki, A.A., Salary, J.J.P.S., 2015. The impact of in ovo injection of silver nanoparticles,
559 thyme and savory extracts in broiler breeder eggs on growth performance, lymphoid-organ
560 weights, and blood and immune parameters of broiler chicks. Poult. Sci. J. 3, 165-172.
561
- 562 Salary, J., Hemati Matin, H.R., Ghafari, K., Hajati, H., 2017. Effect of in ovo injection of
563 calcium carbonate nanoparticles on bone post hatched characteristics and broiler chicken
564 performance. Iran. J. Appl. Anim. Sci. 7, 663-667.
565

- 566 Sauvant, D., Schmidely, P., Daudin, J.J., St-Pierre, N.R., 2008. Meta-analyses of experimental
567 data in animal nutrition. *Int. J. Anim. Biosci.* 2, 1203-1214.
568 <https://doi.org/10.1017/S1751731108002280>.
- 569
- 570 Shahbandi, M.T., Ansari Pirsaraei, Z., Deldar, H., Kazemifard, M., 2019. Effects of in ovo
571 injection of zinc acetate on some gene expression associated with embryonic growth and
572 development, and with growth and carcass characteristics of the resultant chicks. *Iran. J.*
573 *Appl. Anim. Sci.* 9, 135-144.
- 574
- 575 Soloman, H., 2016. Impact of chelated trace minerals on breeder and progeny performance
576 and production. *AFMA Matrix.* 25, 37-41.
- 577
- 578 Sun, X.M., Lu, L., Liao, X., Zhang, L.Y., Lin, X., Ma, Q., 2018b. Effect of in ovo zinc
579 injection on the embryonic development and epigenetics-related indices of zinc-deprived
580 broiler breeder eggs. *Biol. Trace Elem. Res.* 185, 456-464. [https://doi.org/10.1007/s12011-](https://doi.org/10.1007/s12011-018-1260-y)
581 [018-1260-y](https://doi.org/10.1007/s12011-018-1260-y).
- 582
- 583 Sun, X.M., Lu, L., Zhang, L.Y., Ma, Q., Xi, L., Luo, X.G., 2018a. Effect of in ovo zinc
584 injection on the embryonic development, tissue zinc contents, antioxidation, and related gene
585 expressions of broiler breeder eggs. *J. Integr. Agric.* 17, 648-656.
586 [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(17\)61704-0](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(17)61704-0).
- 587
- 588 Swain, P.S., Rao, S.B., Rajendran, D., Dominic, G., Selvaraju, S., 2016. Nano zinc, an
589 alternative to conventional zinc as animal feed supplement: a review. *Anim. Nutr.* 2, 134-141.
590 <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.06.003>

591

592 Tako, E., Ferket, P.R., Uni, Z., 2004. Effects of in ovo feeding of carbohydrates and beta-
593 hydroxy-beta-methylbutyrate on the development of chicken intestine. *Poult. Sci.* 82, 2023-
594 2028. <https://doi.org/10.1093/ps/83.12.2023>.

595

596 Toledo, R.S., 2002. Níveis nutricionais e forma física da ração pré-inicial para frangos de
597 corte. Tese de Mestrado, Viçosa, UFV, 47p.

598

599 *Clin. Exp. Pharmacol.* 32, 273-278. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.2005.04183.x>.

600

601

602 Tabela 1 - Caracterização dos estudos selecionados

Referencias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Biria et al. (2020)	Iran	R	46	48	62.9	1	CA	NI	SS	Óxido de nano zinco	E, GP, CA
Džugan et al. (2012)	Polônia	NI	NI	50	NI	4	AL	0.05	SS	Cádmio	E, PE
El-Deep et al. (2020)	Egito	NI	27	138	NI	18	NI	0.5	SS	Nano selênio	E, PE, GP, CA
Hassan et al. (2018)	Egito	C	NI	100	NI	7	A	NI	PBS	Zinco e Selênio	E,PE,GP,CA
Hee-Jin and Hwan-Ku (2022)	Coreia	R	NI	120	NI	18	CA	0,1	DW	Zinco inorgânico	GP, CA
José et al. (2017)	Índia	C	NI	49	NI	18	A	0.5	C	Óxido de zinco, sulfato de zinco e nano zinco	E
Joshua et al. (2016)	Índia	VC	NI	25	NI	18	A	0.5	SS	Zinco, cobre e Selênio	E,PE,GP,CA
King et al. (1991)	EUA	NI	NI	80	NI	8	CH	0.1	SS	Boro	E, PE
Mustafa et al. (2019)	Iraque	R	58	100	65±2	18	CH	0.1	SW	Cálcio	E,PE,GP
Saki and Salary (2015)	Iran	LS	NI	80	NI	5	AL	1.0	SS	Nano prata	E,GP, CA
Salary et al. (2017)	Iran	R	35	100	57.7	1	NI	0.5	SS	Carbonato de cálcio	E,PE,GP,CA
Shahbandi et al. (2019)	Iran	NI	NI	180	NI	3	AL	0.05	DW	Acetato de zinco	E, PE,GP,CA
Sun et al. (2018a)	China	AA	36-38	132	NI	9-10	SC	0.1	SW	Zinco quelatado	E,PE
Sun et al. (2018b)	China	AA	NI	96	NI	9-10	SC	0.1	DW	Sulfato de zinco	E,PE

603 **1)** País de origem; **2)** Linhagem (C-Cobb; R-Ross; VC-VanCobb; LS-Lohman strain; AA-Arbor Acres); **3)** Idade das matrizes (semanas); **4)**
604 Total de ovos por tratamento; **5)** Peso do ovo (gramas); **6)** Idade da inoculação (dias); **7)** Local de inoculação (A-âmnio; AL-albúmen; CA-
605 câmara de ar; CH- membrana corioalantóide; SC-gema); **8)** Volume inoculado por ovo (mL); **9)** Veículo (SS-solução salina; C -ácido cítrico; SW-
606 água esterilizada; DW-água deionizada; PBS: solução tampão de fosfato); **10)** Mineral; **11)** Variáveis (E-eclodibilidade; PE-peso na eclosão; GP-
607 ganho de peso; CA-conversão alimentar). NI-não informado.

608 Tabela 2 - Escore dos artigos de acordo com os critérios para avaliar a qualidade da evidência

Referência	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Biria et al. (2020)	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	21
Džugan et al. (2012)	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	17
El-Deep et al. (2020)	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	17
Hee-Jin et al. (2022)	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	20
Hassan (2018)	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	18
José et al. (2017)	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	17
Joshua et al. (2016)	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	20
King et al. (1991)	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	18
Mustafa et al. (2019)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	21
Saki and Salary (2015)	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	19
Salary et al. (2017)	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	20
Shahbandi et al. (2019)	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	19
Sun et al. (2018a)	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	20
Sun et al. (2018b)	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	19

- 609 1. Tamanho da amostra: mais de 100 ovos por tratamento (2) menos de 100 ovos (1).
- 610 2. Randomização: Estudos randomizados (2) não randomizados (1).
- 611 3. Volume inoculado: volume informado (2) e não informado (1).
- 612 4. Veículo de diluição: veículo de diluição informado (2) e não reportado (1).
- 613 5. Local de inoculação: local de inoculação informado (2) e não informado (1).
- 614 6. Idade da aplicação: informou a idade do embrião no momento da aplicação (2) e não
- 615 informado (1)
- 616 7. Idade da matriz: informou a idade da matriz (2) não informado (1).
- 617 8. Peso do ovo: informou o peso do ovo durante o início da incubação (2) e não (1)
- 618 9. Linhagem das aves: descreveu a linhagem da ave (2) se não informou (1)
- 619 10. Condições de incubação: informou temperatura e/ou umidade durante a incubação (2) e
- 620 não informado (1).
- 621 11. Osmolaridade: estudos que informaram a osmolaridade da solução inoculada (2) e não
- 622 reportado (1)
- 623 12. Ph da solução inoculada: estudos que informaram o ph da solução (2) e não repostado
- 624 (1)

625

626

627 Tabela 3 - Principais resultados dos testes avaliados

Referências	Mineral	Dose mineral/ovo	Eclodibilidade	Peso a eclosão	GP	CA
Biria et al. (2020)	Óxido de nano zinco	0,025mg/ovo 0,0375mg/ovo	+	NE	+	NS
Dzugan et al. (2012)	Cádmio	0,05mg/ovo 0,006mg/ovo	-	NS	NE	NE
El-Deep et al. (2020)	Nano selênio	0,01mg/ovo 0,02mg/ovo 0,03mg/ovo	+	NE	+	-
Hee-Jin et al. (2022)	Zinco inorgânico	60mg/ovo	-	NE	+	+
Hassan et al. (2018)	Nano zinco	0,0705mg/ovo	NS	NS	+	-
Hassan et al. (2018)	Nano selênio	0,075mg/ovo	+	+	+	+
Jose et al. (2017)	Nano zinco	0,04mg/ovo 0,08mg/ovo	+	NS	NS	NS
Joshua et al. (2016)	Acetato de zinco	0,02mg/ovo 0,04mg/ovo 0,06mg/ovo 0,08mg/ovo	NS	NE	NE	+
Joshua et al. (2016)	Cobre	0,0004mg/ovo 0,0008mg/ovo 0,00012mg/ovo 0,00016mg/ovo 0,0000075 mg/ovo	NS	NE	NE	+
Joshua et al. (2016)	Selênio	0,00015mg/ovo 0,000225 mg/ovo 0,0003mg/ovo	NS	NE	NE	+
King et al. (1991)	Boro	0,1mg/ovo 0,5mg/ovo	-	NE	NE	NE
Mustafa et al. (2019)	Cálcio	0,1mg/ovo 0,8mg/ovo	+	NE	+	NE

Saki and Salary (2015)	Nano prata	30mg/ovo 45mg/ovo	+	NE	NS	NS
Salary et al. (2017)	Nano carbonato de cálcio	1 x 10 ⁻⁶ mg/ovo 2 x 10 ⁻⁶ mg/ovo	NS	NS	NS	NS
Shahbandi et al. (2019)	Acetato de zinco	1600 µg/ovo 2300 µg/ovo	-	NE	NS	+
Sun et al. (2018a)	Sulfato de zinco inorgânico e inorgânico	50 µg/ovo 100 µg/ovo 50 µg/ovo 100 µg/ovo	+	+	NE	NE
Sun et al. (2018b)	Sulfato de zinco	150 µg/ovo 200 µg/ovo 250 µg/ovo	-	NS	NE	NE

628 Nota: PE-Peso a eclosão; GP-Ganho de peso; CA-Taxa de conversão alimentar; NS – Não significativo; NE –Não avaliado; + efeito positivo

629 (melhorou); - efeito negativo (piorou).

630

631 Tabela 4 - Resumo dos principais resultados (e número de estudos) da meta-análise, considerando o tipo de mineral e a metodologia utilizada.

	Eclodibilidade	Peso a eclosão	Ganho de peso	Conversão alimentar
Mineral				
Boro	NS (3 comparações)	NS (3 comparações)	NE	NE
Cádmio	- (apenas 1 comparação)	NS (apenas 1 comparação)	NE	NE
Cálcio	NS (3 comparações)	+ (3 comparações)	+ (3 comparações)	NS (2 comparisions)
Cobre	NS (4 comparações)	- (4 comparações)	NS (4 comparações)	NS (4 comparações)
Selênio	NS (8 comparações)	NS (8 comparações)	NS (8 comparações)	NS (8 comparações)
Prata	+ (2 comparações)	NE	+ (4 comparações)	NS (4 comparações)
Zinco	- (27 comparações)	NS (16 comparações)	+ (10 comparações)	NS (10 comparações)
Local de inoculação				
Câmara de ar	NS (3 comparações)	NE	NS (3 comparações)	NS (3 comparações)
Albumen	NS (5 comparações)	NS (3 comparações)	+ (6 comparações)	NS (6 comparações)
Âmnio	- (22 comparações)	NS (14 comparações)	NS (14 comparações)	- (14 comparações)
Membrana coriolantóidea	NS (4 comparações)	+ (4 comparações)	NS (apenas comparação)	¹ NE
Gema	NS (9 comparações)	NS (9 comparações)	NE	NE
Veículo de inoculação				
Ácido cítrico	- (8 comparações)	NE	NE	NE
Água deionizada	- (7 comparações)	NS (14 comparações)	+ (2 comparações)	+ (2 comparações)
PBS	NS (2 comparações)	+ (2 comparações)	+ (2 comparações)	NS (2 comparações)
Solução fisiológica	NS (26 comparações)	NS (21 comparações)	+ (24 comparações)	- (2 comparações)
Água estéril	+ (5 comparações)	NS (5 comparações)	NS (apenas comparação)	¹ NE
Idade da inoculação				
1° dia	NS (5 comparações)	+ (2 comparações)	+ (5 comparações)	NS (5 comparações)
Até 10 dias	NS (19 comparações)	NS (17 comparações)	+ (8 comparações)	+ (8 comparações)
17° dia	- (24 comparações)	NS (16 comparações)	NS (16 comparações)	- (15 comparações)
Linhagem				

Arbor Acres	NS (9 comparações)	NS (9 comparações)	NE	NE
Cobb	- (10 comparações)	+ (2 comparações)	+ (2 comparações)	+ (2 comparações)
Lohman	+ (2 comparações)	NE	NE	NS (4 comparações)
Ross	NS (6 comparações)	+ (3 comparações)	+ (6 comparações)	NS (5 comparações)
VennCobb	- (12 comparações)	- (12 comparações)	+ (5 comparações)	- (12 comparações)

Idade das matrizes

Entre 27 e 38 semanas	+ (9 comparações)	NS (9 comparações)	+ (5 comparações)	NS (5 comparações)
Entre 46 e 58 semanas	- (9 comparações)	NS (apenas 1 comparação)	NS (4 comparações)	NS (4 comparações)

632 Fonte: Da autora (2022).

633 NS: não significativo; (-): redução; (+): aumento; NE: não avaliado

634

635

636

637

LEGENDA DAS FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de busca e seleção de artigos com base na seguinte combinação de palavras: mineral OR minerais AND “*in ovo*”. Nenhum outro artigo foi adicionado durante a redação desta revisão.

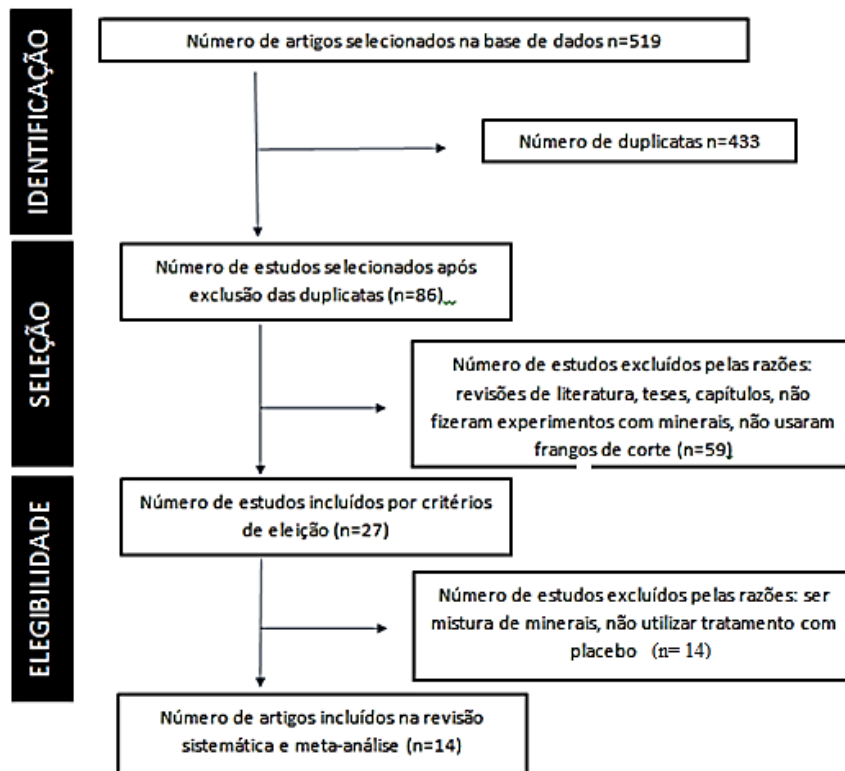
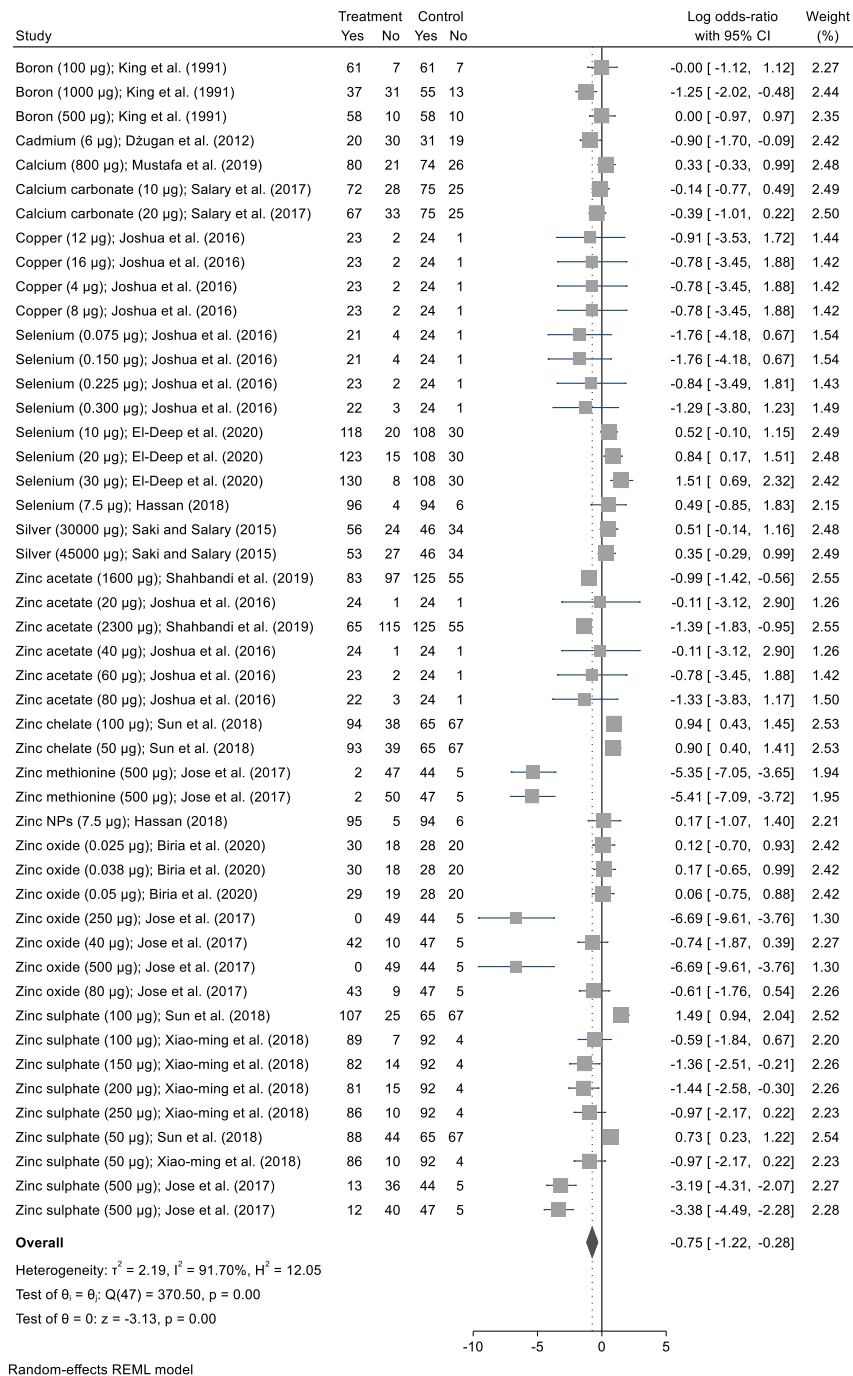


Figura 2 - Variação (Δ) na eclodibilidade dos ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular).



Legenda: Cada símbolo representa a comparação entre os grupos avaliados dentro de cada estudo. Cada linha representa um estudo com seu respectivo mineral e dose (quantidade/ovo) inoculado.

Figura 3 - Resumo da variação (Δ) na eclodibilidade dos ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular), considerando os subgrupos qualidade de evidência, mineral inoculado, linhagem utilizada, local e veículo de inoculação, número de ovos/ tratamento e idade de inoculação.

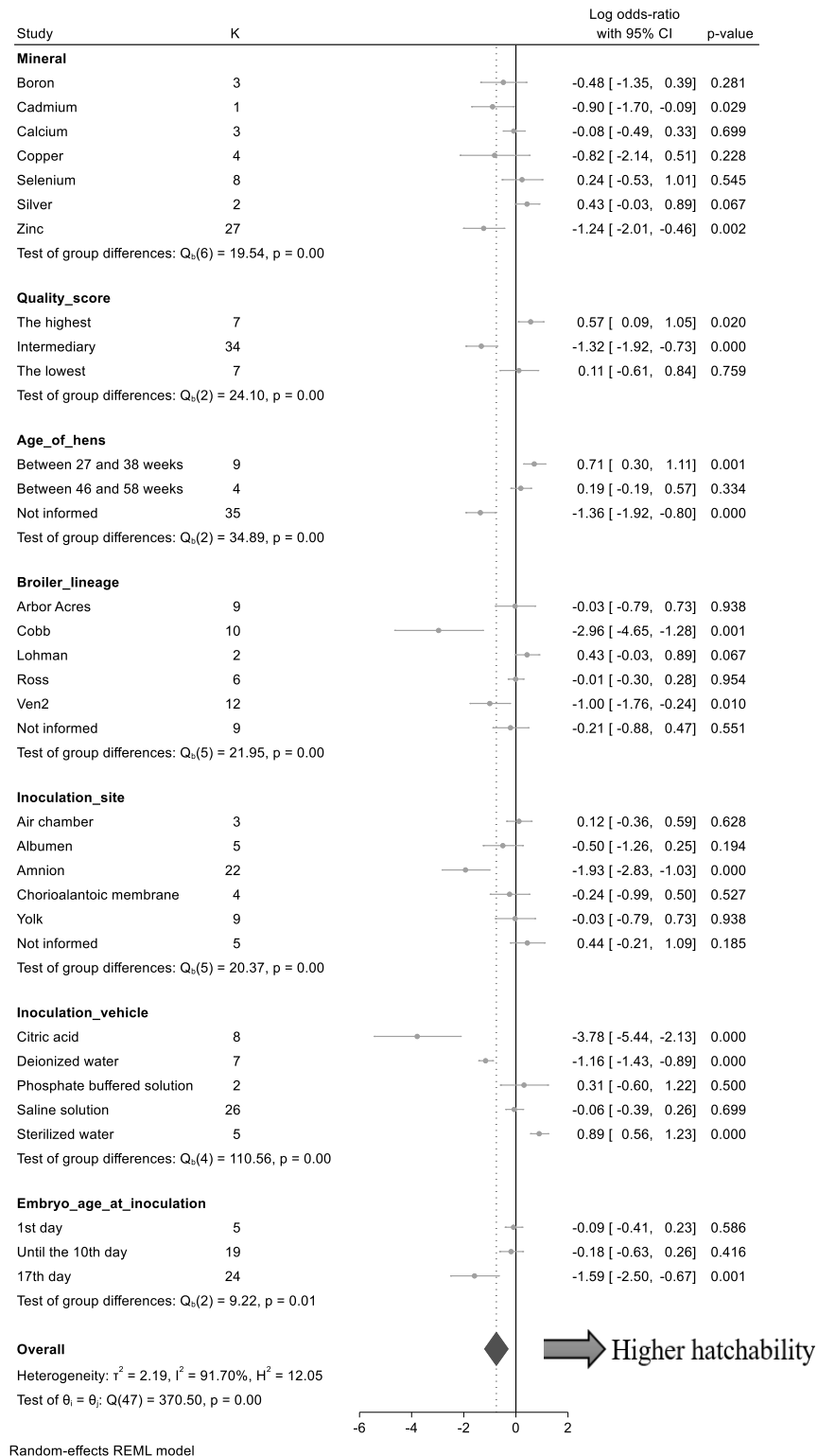


Figura 4 - Gráfico de funil com pseudolimites de confiança de 95% obtidos com o modelo de efeito aleatório linear para eclodibilidade, peso ao nascer, ganho de peso e conversão alimentar como resultado.

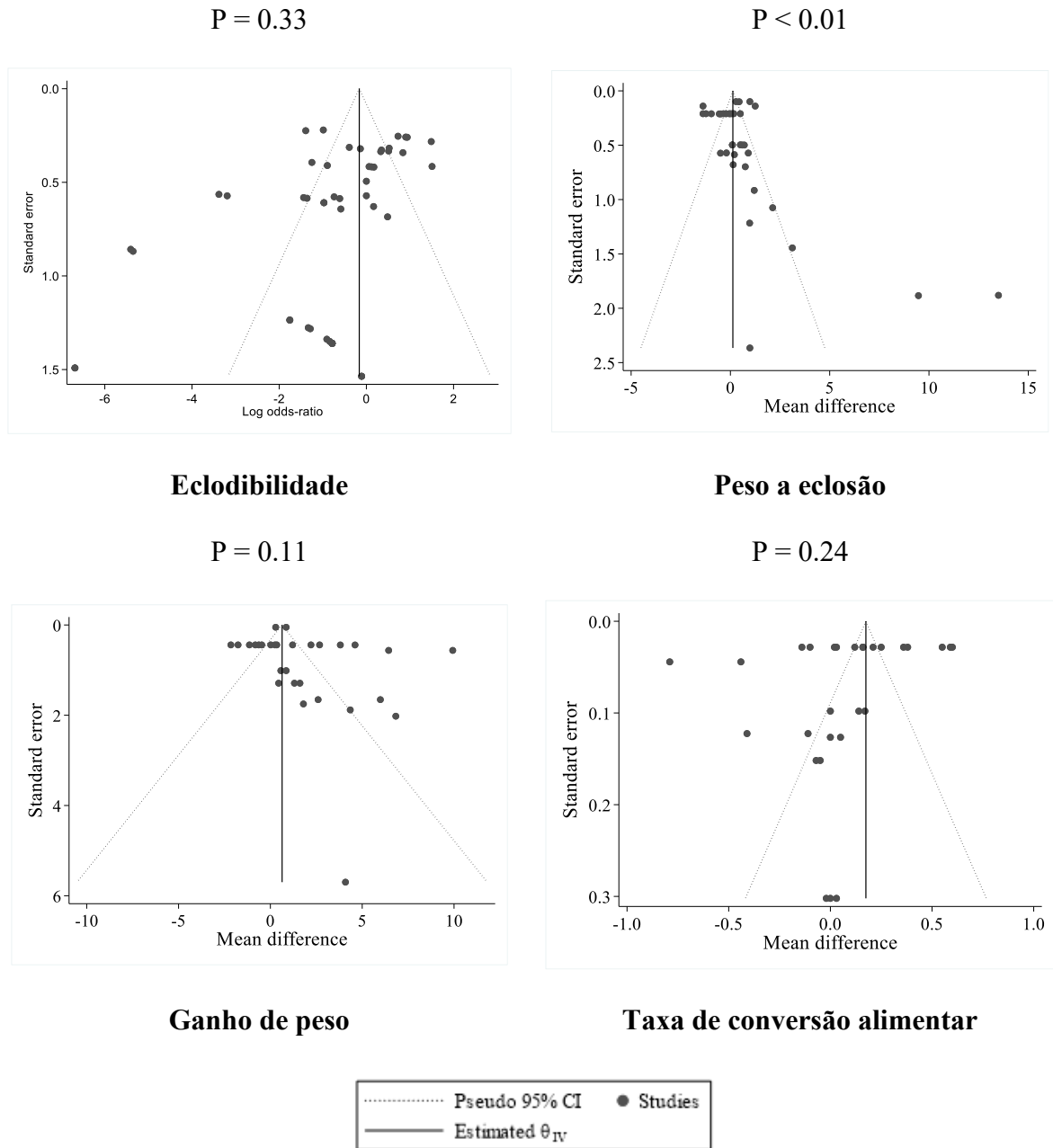
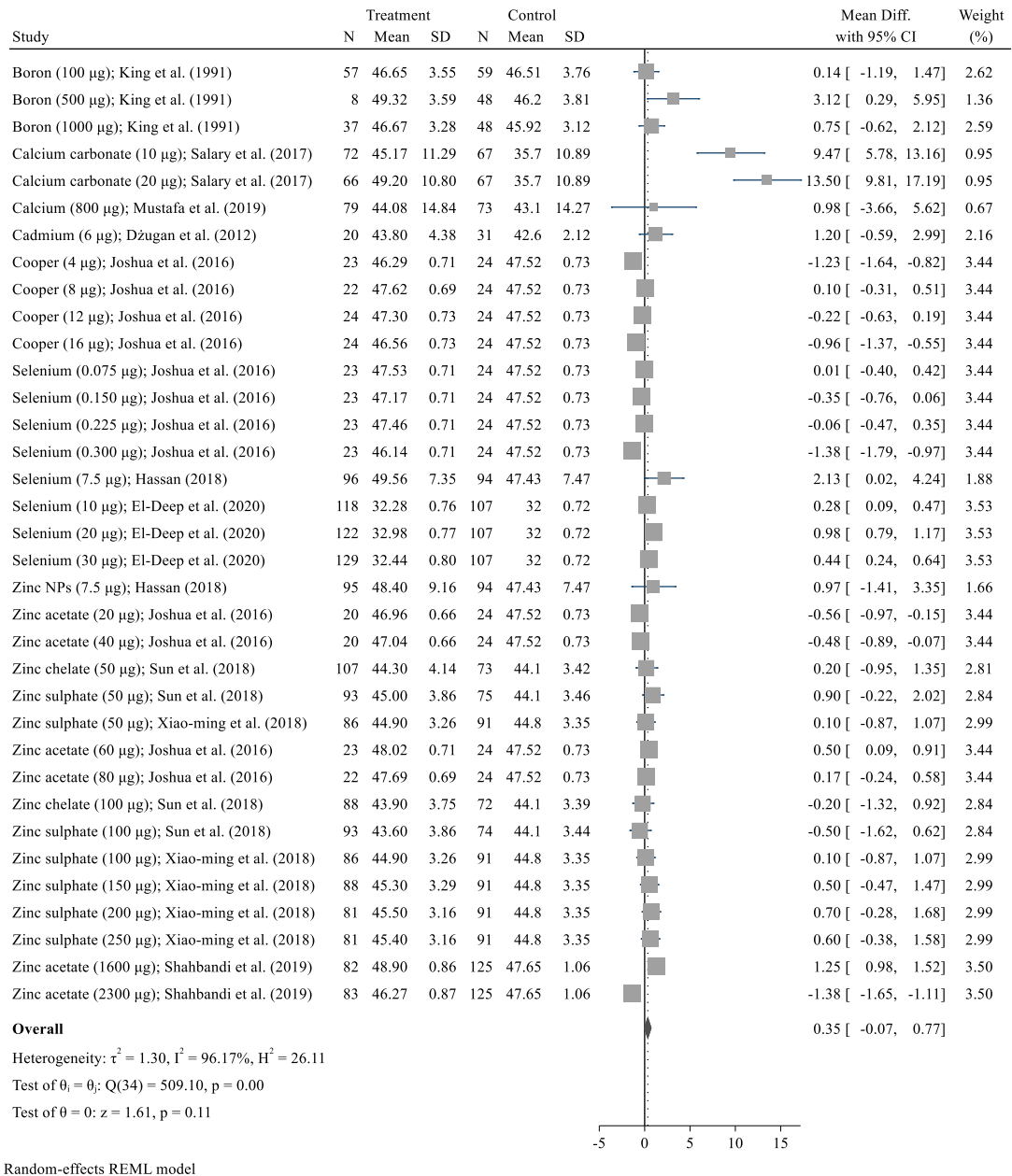
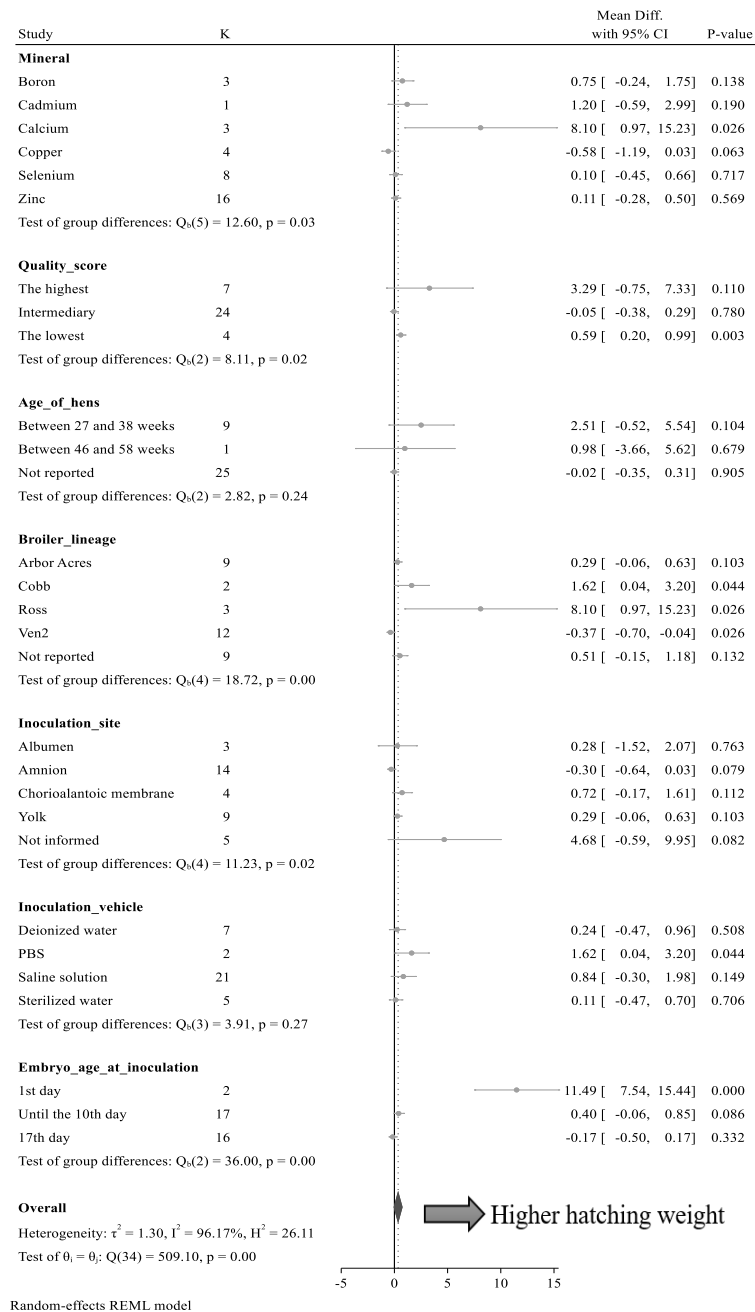


Figura 5 - Variação (Δ) do peso à eclosão dos pintinhos provenientes de ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular).



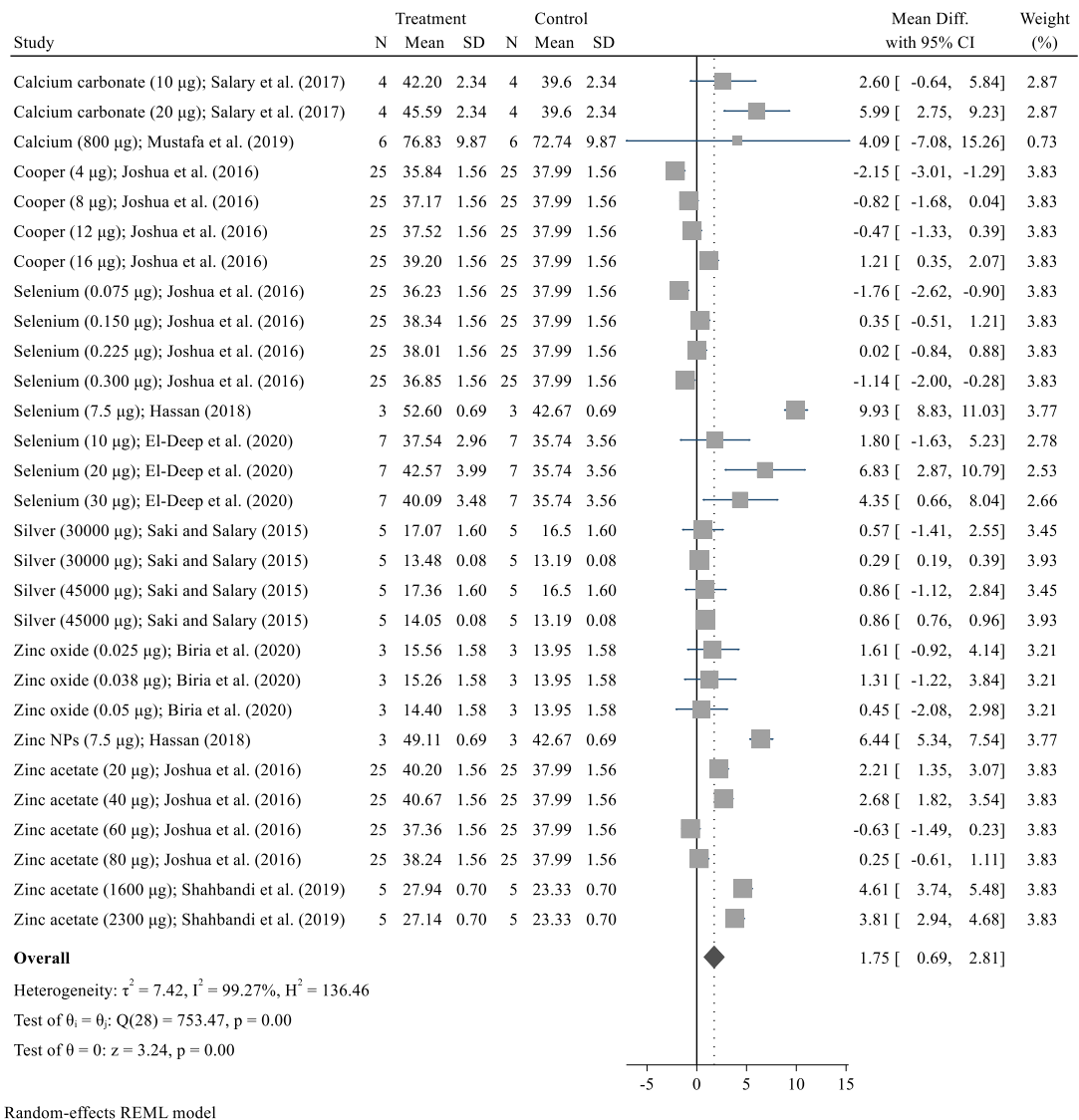
Legenda: Cada símbolo representa a comparação entre os grupos avaliados dentro de cada estudo. Cada linha representa um estudo com seu respectivo mineral e dose (quantidade/ovo) inoculado.

Figura 6 - Resumo da variação (Δ) do peso na eclosão dos pintinhos de ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular), considerando os subgrupos qualidade da evidência, mineral inoculado, linhagem utilizada, local e veículo de inoculação, número de ovos/tratamento e idade de inoculação.



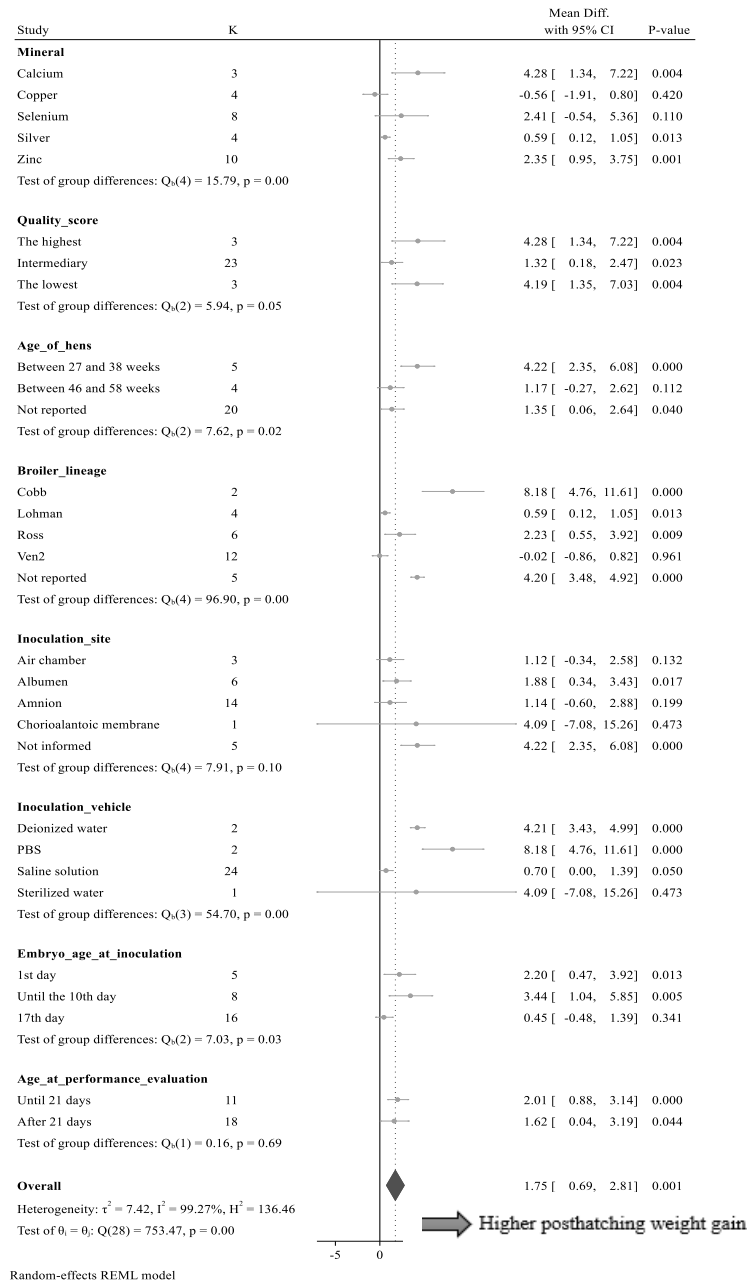
Legenda: Cada símbolo representa a comparação entre os grupos avaliados dentro de cada estudo. Cada linha representa um estudo com seu respectivo mineral e dose (quantidade/ovo) inoculado

Figura 7 - Variação (Δ) no ganho de peso após a eclosão de frangos de corte provenientes de ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular).



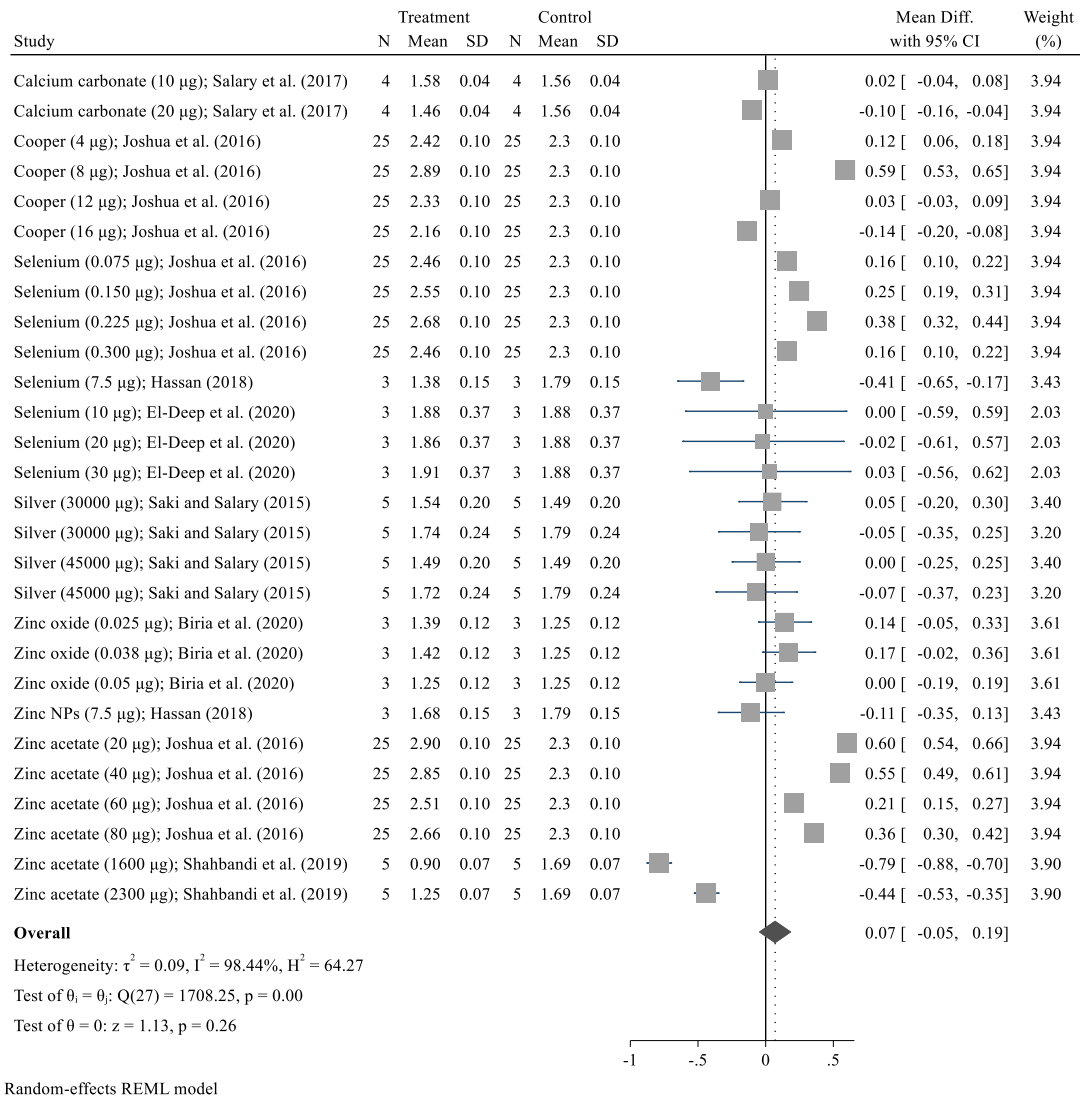
Legenda: Cada símbolo representa a comparação entre os grupos avaliados dentro de cada estudo. Cada linha representa um estudo com seu respectivo mineral e dose (quantidade/ovo) inoculado.

Figura 8 - Resumo da variação (Δ) no ganho de peso pós-eclosão de frangos de corte provenientes de ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular), considerando os subgrupos qualidade de evidência, mineral inoculado, linhagem utilizada, local e veículo de inoculação, número de ovos/tratamento e idade de inoculação.



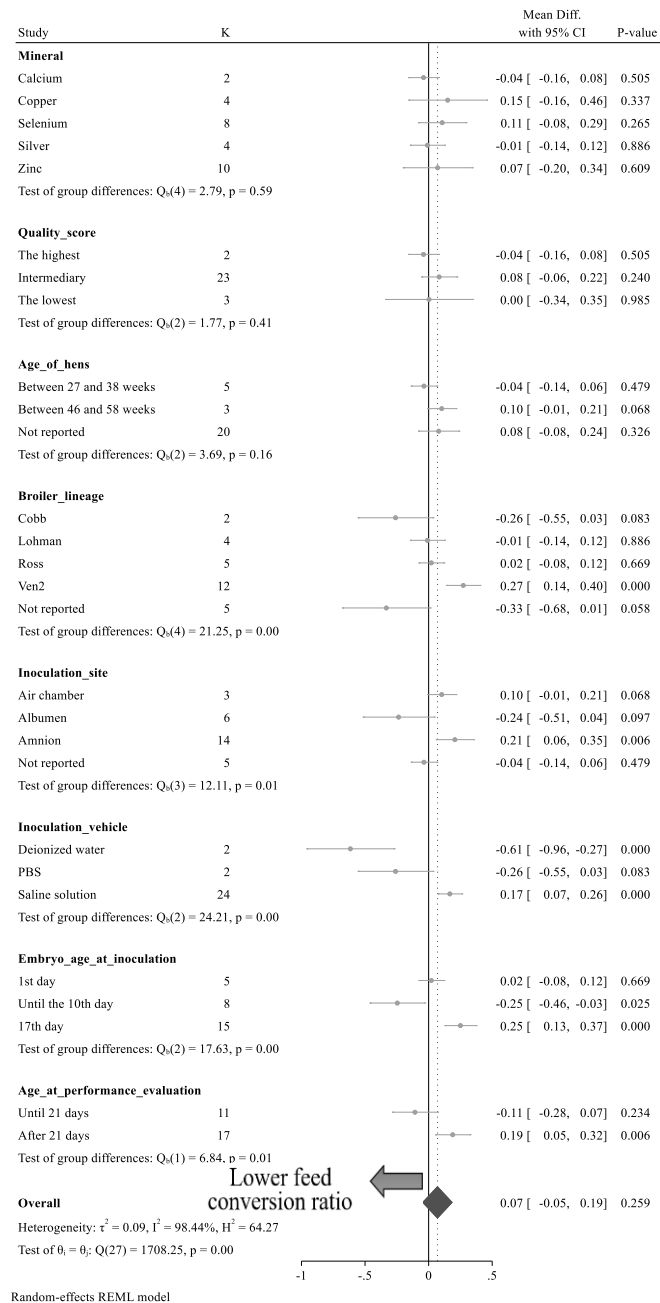
Legenda: Cada símbolo representa a comparação entre os grupos avaliados dentro de cada estudo. Cada linha representa um estudo com seu respectivo mineral e dose (quantidade/ovo) inoculado.

Figura 9 - Variação (Δ) na conversão alimentar pós-eclosão de frangos de corte de ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular).



Legenda: Cada símbolo representa a comparação entre os grupos avaliados dentro de cada estudo. Cada linha representa um estudo com seu respectivo mineral e dose (quantidade/ovo) inoculado.

Figura 10 - Resumo da variação (Δ) da conversão alimentar pós-eclosão de frangos de corte de ovos inoculados com minerais em relação ao respectivo tratamento controle (inoculação veicular), considerando os subgrupos qualidade da evidência, mineral inoculado, linhagem utilizada, local de inoculação e veículo, número de ovos/tratamento e idade de inoculação.



Legenda: Cada símbolo representa a comparação entre os grupos avaliados dentro de cada estudo. Cada linha representa um estudo com seu respectivo mineral e dose (quantidade/ovo) inoculado.