

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

VERIDIANA APARECIDA LIMÃO

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE OVOS DE GALINHAS POEDEIRAS COM
RAÇÕES DE DIFERENTES RELAÇÕES DE GRANULOMETRIAS DE CALCÁRIO**

UBERLÂNDIA

2018

VERIDIANA APARECIDA LIMÃO

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE OVOS DE GALINHAS POEDEIRAS COM
RAÇÕES DE DIFERENTES RELAÇÕES DE GRANULOMETRIAS DE CALCÁRIO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal de Uberlândia, como exigência para obtenção do título de Doutor em Ciências Veterinárias.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Prof^o. Dr^o. Evandro de Abreu Fernandes

UBERLÂNDIA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

L732p
2018 Limão, Veridiana Aparecida, 1984
 Produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras com rações de diferentes relações de granulometrias de calcário [recurso eletrônico] / Veridiana Aparecida Limão. - 2018.

Orientador: Evandro de Abreu Fernandes.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.1205>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Veterinária. 2. Galinha - Alimentação e rações. 3. Cálcio. 4. Nutrição animal. I. Fernandes, Evandro de Abreu, 1949, (Orient.) II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. III. Título.

CDU: 619

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias
BR 050, Km 78, Campus Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6811 - www.ppgcv.famev.ufu.br - mesvet@ufu.br



ATA

Ata da defesa de **TESE DE DOUTORADO** junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia.

Defesa de: **TESE DE DOUTORADO Nº PPGCV/ 024/ 2018**

Data: 04/12/2018 Hora início: 8:30

Discente: **VERIDIANA APARECIDA LIMÃO BARBERO** - Matrícula – 11413MEV025

Título da Tese: Produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras com rações de diferentes relações de granulometrias de calcário

Área de concentração: **PRODUÇÃO ANIMAL**

Linha de pesquisa: Produção de forragens, nutrição e alimentação animal

Projeto de Pesquisa de vinculação: Avaliação de alimentos para animais

Reuni-se no Bloco 1C, sala 216 - Campus Glória da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, assim composta: Professores(as) Doutores(as): **Ana Luísa Neves Alvarenga Dias** – UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA; **Robson Carlos Antunes** – UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, **Ana Carolina Portella Silveira** - INSTITUTO FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO, **Brenda Carla Luquetti** - INSTITUTO MASTER DE ENSINO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – IMEPAC e **Evandro de Abreu Fernandes** orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da comissão Dr./Dra. **Evandro de Abreu Fernandes** concedeu a palavra ao(a) candidato(a) para uma exposição do seu trabalho, contando com o tempo máximo de 50 minutos. A seguir o(a) senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a argüir o(a) candidato(a), durante o prazo máximo de (30) minutos, assegurando-se ao mesmo igual prazo para resposta. Ultimada a argüição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Comissão Julgadora, em sessão secreta, considerou a candidato Aprovado (a).

Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou a candidata aprovada.

Esta defesa de Tese de Doutorado é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme Regulamento do Programa, Legislação e a Regulamentação Interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar o(a) Presidente encerrou os trabalhos às 12 horas e 15 minutos, lavrou esta ata que será assinada por todos os membros da Comissão Examinadora. Uberlândia, 04 de Dezembro de 2018.

Prof. Dra. Ana Luísa Neves Alvarenga Dias
Dr. Robson Carlos Antunes

Prof.

Profa. Dra. Ana Carolina Portella Silveira
Brenda Carla Luquetti

Profa. Dra.

INSTITUTO FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
ENSINO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – IMEPAC

INSTITUTO MASTER DE

Prof. Dr. Evandro de Abreu Fernandes

ORIENTADOR



Documento assinado eletronicamente por **Evandro de Abreu Fernandes, Presidente**, em 04/12/2018, às 12:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Brenda Carla Luquetti, Usuário Externo**, em 04/12/2018, às 12:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Carolina Portella Silveira, Usuário Externo**, em 04/12/2018, às 12:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Luisa Neves Alvarenga Dias, Professor(a) do Magistério Superior**, em 04/12/2018, às 12:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Robson Carlos Antunes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 04/12/2018, às 15:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0882372** e o código CRC **D100F7D8**.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

VERIDIANA APARECIDA LIMÃO- Nascida em Bauru, São Paulo, em 21 de fevereiro de 1984, filha de Luis Carlos Limão e Ivanide Sardinha Limão. Zootecnista graduada pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) em fevereiro de 2008. Durante a graduação participou de Programa de Iniciação Científica- PIC no período de agosto de 2005 a julho de 2006 e foi bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq- UEM no período de agosto de 2006 a julho de 2007. Em 2008 iniciou o curso de Mestrado pelo Programa de Ciência Animal e Pastagens na Universidade de São Paulo durante o qual foi bolsista pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) de agosto de 2008 a julho de 2010. Foi docente do Curso de Engenharia Agrônômica na Fundação Carmelitana Mário Palmério/ FUCAMP- Monte Carmelo no ano de 2012 e no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro/ IFTM- Uberaba nos anos de 2012 a 2013 ministrando as disciplinas de Nutrição de Ruminantes, Nutrição de Monogástricos, Avicultura, Suinocultura e Zootecnia Geral. Em 2014 iniciou o curso de Doutorado pela Universidade Federal de Uberlândia, foi bolsista de junho de 2014 a março de 2018.

*Aos meus pais Luís Carlos Limão e Ivanide
Sardinha Limão que me deram o bem mais
precioso, a educação.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus avôs que mantêm vivo a força de uma grande família e que me fortalece.

A todos os meus familiares, que me encorajaram nessa caminhada e sempre oram por mim

Ao meu filho Pedro, que trouxe um novo significado para a vida. “Meu pequeno grande homem”

Ao meu marido que me ensinou como enfrentar meus medos e ser firme para conseguir alcançar meus objetivos.

Ao Prof. Evandro de Abreu Fernandes, pela orientação, ensinamentos, amizade, confiança, compreensão, paciência e enorme competência.

Ao Prof. Ednaldo Carvalho Magalhães pelo seu parecer durante a análise estatística dos dados.

À minha amiga Fernanda Litz que sempre me apoiou durante todo o tempo de convivência, nas alegrias e nas tristezas acadêmicas.

À minha amiga Raquel Faria Dias, companheira de experimento e análises laboratoriais. Aluna dedicada e comprometida que me ajudou imensamente nos trabalhos.

A toda equipe do Aviex, pela colaboração durante a pesquisa e pelo companheirismo, em especial à Samela, Brenda e Carol Caires pelos turnos de fim de semana na granja.

À Universidade Federal de Uberlândia e ao Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias por ter possibilitado condições para a realização do curso de Doutorado e do presente trabalho.

À FAPEMIG pela concessão da bolsa de estudos e pelo incentivo à pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós Graduação (PPGCV) pelos ensinamentos proporcionados.

**“Ando devagar porque já tive pressa
E levo esse sorriso porque já chorei demais
Hoje me sinto mais forte, mais feliz quem sabe
Só levo a certeza de que muito pouco sei, ou nada sei...
Conhecer as manhas e as manhãs
O sabor das massas e das maçãs
É preciso amor pra poder pulsar
É preciso paz pra poder sorrir
É preciso a chuva para florir
Penso que cumprir a vida seja simplesmente
Compreender a marcha e ir tocando em frente
Como um velho boiadeiro
Levando a boiada eu vou tocando os dias
Pela longa estrada eu vou, estrada eu sou
Todo mundo ama um dia, todo mundo chora
Um dia a gente chega no outro vai embora
Cada um de nós compõe a sua história
Cada ser em si carrega o dom de ser capaz
e ser feliz”**

(Almir Sater e Renato Teixeira)

RESUMO

A recomendação de calcário pedrisco na alimentação de galinhas poedeiras visa melhorar a biodisponibilidade do cálcio. Esta prática de manejo nutricional tem como objetivo uma casca de melhor qualidade, considerando que as partículas maiores de calcário influenciam o tempo de residência do alimento ao longo do trato gastrointestinal proporcionando uma melhora na taxa de solubilidade *in vivo* do cálcio. Esta tese está subdividida em três capítulos. O primeiro capítulo aborda as considerações gerais do tema proposto. No segundo capítulo objetivou-se avaliar o uso de diferentes níveis de inclusão de calcário pedrisco na dieta de galinhas poedeiras. Os tratamentos foram: T1: 100% calcário fino (FL- 0,103 mm); T2: 50% FL e 50% pedrisco (CL- 2,867 mm); T3: 40% FL e 60% CL; T4: 30% FL e 70% CL; T5: 20% FL e 80% CL. Foi avaliado desempenho zootécnico, qualidade interna e da casca do ovo e a digestibilidade dos minerais. As diferentes relações granulométricas de calcário avaliadas não tiveram efeito nas variáveis taxa de postura, peso do ovo, conversão alimentar, índice de albumen e Unidade Haugh. Foi observada maior percentagem de matéria mineral na casca dos ovos nos tratamentos 60%, 70% e 80% de inclusão do calcário pedrisco, não demonstrando melhoria nas outras variáveis de qualidade da casca. A partir desse estudo não foi possível definir uma relação ótima da inclusão do calcário pedrisco nas dietas de galinhas poedeiras comerciais em produção. No capítulo III, objetivou-se comparar diferentes granulometrias de pedrisco de calcário na ração de galinhas poedeiras avaliando a qualidade das cascas de ovos, além da qualidade interna e produtividade. Os tratamentos foram T1: 100% calcário fino (FL- 0,103 mm); T2: 50% FL e 50% calcário médio 1 (ML-1 0,555 mm); T3: 50% FL e 50% calcário médio 2 (1,836 mm); T4: 50% FL e 50% calcário pedrisco (CL- 2,867 mm). As diferentes relações granulométricas e tamanhos de partículas do calcário não determinaram diferenças nas variáveis de qualidade da casca ovo. Foram observadas diferenças na quantidade de minerais retidos no trato gastrointestinal das aves sendo a associação de calcário fino e o calcário médio 1 que resulta nas maiores taxas de retenção da matéria mineral, cálcio e fósforo. As diferentes inclusões de calcário pedrisco podem ter modificado a capacidade de absorção dos minerais no organismo da ave, mas a partir dos resultados encontrados nesse estudo não é possível afirmar uma relação direta com o tamanho de partículas. No geral, a partir desse estudo não foi possível definir uma relação ideal de granulometria do calcário nas dietas de galinhas poedeiras.

Palavras-chave: biodisponibilidade, cálcio, manejo nutricional, qualidade de casca

ABSTRACT

The recommendation of coarse limestone in feeding commercial hens aims to improve the bioavailability of calcium. This nutritional management practice aims to improve the quality of the eggshell, considering that the larger particles of limestone influence the residence time of the food along the gastrointestinal tract, providing an improvement in the *in vivo* solubility rate of calcium. This thesis is subdivided into three chapters. The first chapter approaches general considerations about the theme. In the second chapter, the objective was to evaluate the use of different levels of coarse limestone in the laying hens diet. The treatments were: T1: 100% fine limestone (FL- 0,103 mm); T2: 50% FL and 50% coarse limestone (CL- 2,867 mm); T3: 40% FL and 60% CL; T4: 30% FL and 70% CL; T5: 20% FL and 80% CL. It was evaluated performance, internal quality, eggshell quality and the digestibility of minerals. The different granulometrics of limestone evaluated had no effect on the studied variables of performance and internal egg quality. It was observed a higher percentage of mineral matter in the eggshell in the treatments 60%, 70% and 50% of coarse limestone, showing no improvement in the other variables of eggshell quality. From this study it was not possible to define an optimal relation of the inclusion of limestone in the diets of commercial laying hens in production. In chapter III, the objective of this study was to compare different limestone granulometry in laying hens ration evaluating eggshell quality, as well as internal and productive quality. The treatments were T1: 100% fine limestone (FL-0.103 mm); T2: 50% FL and 50% medium limestone 1 (ML-1 0.555 mm); T3: 50% FL and 50% medium limestone 2 (ML-2 1,836 mm); T4: 50% FL and 50% coarse limestone (CL- 2.877 mm). Under these experimental conditions, the different granulometry and particle size of the limestone did not determine differences in eggshell quality variables. Differences were observed in the amount of minerals retained in the gastrointestinal tract of laying, with the association of fine limestone and average limestone 1, which results in the higher retention rates of mineral matter, calcium and phosphorus. The different inclusions of coarse limestone may have altered the absorption capacity of the minerals in the laying's organism, but from the results found in this study it is not possible to assert a direct relation with the particle size. In general, from this study it was not possible to define an ideal relation of limestone granulometry in laying hens diets.

Key words: bioavailability, calcium, eggshell quality, nutritional managememe

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

- Tabela 1.** Taxa de postura, peso do ovo e conversão alimentar de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco 33
- Tabela 2.** Variáveis associadas a qualidade da casca de ovos de galinhas submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco 34
- Tabela 3.** Variáveis relativas aos componentes e qualidade interna de ovos de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco 35
- Tabela 4.** Consumo de ração (MS), produção de excretas (MS), digestibilidade da matéria seca (DMS), digestibilidade da proteína bruta (DPB) e minerais retidos no trato gastrointestinal de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco 36

CAPÍTULO III

- Tabela 1.** Variáveis de desempenho de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes granulometrias da fonte de cálcio (calcário) 45
- Tabela 2.** Variáveis de qualidade da casca de ovos de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes granulometrias da fonte de cálcio (calcário) 45
- Tabela 3.** Variáveis relativas aos componentes e qualidade interna de ovos de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes granulometrias da fonte de cálcio (calcário) 46
- Tabela 4.** Consumo de ração (MS), produção de excretas (MS), digestibilidade da matéria seca (DMS), digestibilidade da proteína bruta (DPB) e minerais retidos no trato gastrointestinal de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes granulometrias da fonte de cálcio (calcário) 47

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1	Introdução.....	12
2	Revisão de literatura.....	14
2.1	Formação do ovo.....	14
2.2	Metabolismo de cálcio na formação da casca do ovo.....	16
2.3	Características físicas e químicas do calcário.....	19
	Referências.....	24

CAPÍTULO II - Produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras com rações de diferentes granulometrias do calcário

	Resumo.....	30
	Abstract.....	30
	Introdução.....	31
	Material e métodos.....	32
	Resultados e discussão.....	34
	Conclusão.....	38
	Referências.....	38

CAPÍTULO III- Influência do tamanho de partícula e de diferentes relações de granulometrias do calcário sobre o desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras

	Resumo.....	41
	Abstract.....	41
	Introdução.....	42
	Material e métodos.....	43
	Resultados e discussão.....	45
	Referências.....	48

CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS
(Redigido de acordo com as normas da Biblioteca-UFU)

1. INTRODUÇÃO

O ovo é uma proteína animal de baixo custo e de excelente qualidade nutricional, contém em torno de 6 gramas de proteína, sendo que metade se encontra na gema e em média possui 75 calorias. Um ovo pode conter até 13 nutrientes essenciais, em quantidades variáveis, que atuam no funcionamento do organismo como colina, selênio, vitaminas A, B e E, ácido fólico, ferro e zinco (BRAZILIAN POULTRY ASSOCIATION –UBABEF, 2012).

O Brasil é maior exportador mundial de carne de frango e atualmente busca posição de destaque como produtor e exportador de ovos frescos. Em 2017, a produção de ovos do Brasil chegou a 39,9 bilhões de unidades, com um consumo *per capita* (unidades/ano) de 192 ovos. As exportações brasileiras chegaram a 6.045 toneladas gerando uma receita de 8,7 milhões de dólares, sendo 61% dos ovos exportados *in natura* (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL -ABPA, 2018).

A integridade e resistência da casca do ovo refletem na manutenção de sua propriedade nutricional e microbiológica, características essenciais para garantir um produto de qualidade. Segundo Murata et al. (2009) do total de ovos produzidos, 98,3% foram considerados íntegros; de 1,7% perdidos, 66,3% foram classificados como quebrados, 15,1% trincados, 4,6% deformados, 7,0% com casca fina e 7,0% sem casca (MURATA et al., 2009).

A casca, o albúmen e a gema compreendem em torno de 8,95%, 60,96% e 29,11%, respectivamente, do peso do ovo (RIBEIRO *et al.*, 2007). A composição da casca de ovos é em sua maioria carbonato de cálcio (98%), no qual 38% deste elemento são compostos por cálcio (ETCHES, 1996) e a maior parte resulta da ração oferecida às aves. Considerando a casca do ovo com peso médio de 5 a 6 gramas o cálcio representa 2 gramas (ELAROUSSI et al., 1994), o que justifica a importância da nutrição mineral na qualidade da casca do ovo.

O estudo das fontes de cálcio utilizadas nas dietas de galinhas poedeiras é importante especialmente visando melhorias na qualidade dos ovos e desempenho das aves. Há inúmeras opções de fontes de cálcio (casca de ostras, conchas, fosfato bicálcico, calcário calcítico, calcário dolomítico, entre outros), entretanto, a fonte de cálcio comumente utilizada para galinhas poedeiras é o calcário calcítico por ser encontrado facilmente na indústria e ter menor custo dentre as fontes de cálcio.

Para as linhagens modernas de galinhas de postura comercial é recomendado em seus programas nutricionais no período de postura o uso de fontes de cálcio de diferentes granulometrias. As recomendações variam de 50% a 85% de inclusão do calcário pedrisco caracterizado por partículas de 1,5 mm a 4,0 mm (HY LINE W-36, 2015; LOHMANN LSL LITE- POEDEIRAS, 2016). A maior taxa de solubilidade *in vitro* do calcário pedrisco em

relação ao calcário fino sugere um maior tempo de retenção na moela (ZHANG; COON, 1997). Com a liberação mais lenta e constante dos nutrientes, os gastos energéticos com a deposição óssea desse mineral seriam reduzidos, permitindo melhor fluxo deste mineral para a casca do ovo e economia de energia no metabolismo.

Durante a deposição da casca do ovo, a galinha de postura apresenta o pico de consumo de cálcio do organismo. Nesse período, é importante que a ave receba uma dieta em quantidades suficientes de cálcio para que haja disponibilidade do mineral (WITT; KULEILE, 2009). Para tanto é importante considerar o nível de cálcio, a fonte utilizada e sua taxa de solubilidade.

Rao e Roland (1990) demonstraram uma maior taxa de solubilidade *in vivo* e percentagem de retenção do cálcio com o uso de calcário pedrisco (2 a 5 mm) em relação ao calcário fino (0,5 mm a 0,8 mm) demonstrando uma relação inversa entre a taxa de solubilidade *in vitro* e taxa de solubilidade *in vivo* do calcário. Como a formação da casca do ovo ocorre de forma mais intensa durante a noite, período que as aves não se alimentam, o calcário pedrisco atuaria como reservatório de cálcio, evitando mobilização óssea (GARCIA et al., 2012).

Inúmeros são os fatores que afetam a utilização do cálcio pelas aves, que em conjunto podem determinar a qualidade do ovo e produtividade da ave. Esses estão relacionados a características físicas e químicas da fonte de cálcio, idade, fisiologia e estado nutricional da ave, fatores ambientais, entre outros. Por isso, a complexidade em controlar todos os fatores envolvidos para se determinar uma recomendação acertada do uso de calcário na alimentação de galinhas poedeiras (ZHANG; COON, 1997).

Assim, considerando a importância do tamanho da partícula, solubilidade do calcário e consumo de cálcio na nutrição de galinhas de postura comercial e com o intuito de fornecer informações que possibilitem uma recomendação mais acertada para os programas nutricionais de galinhas poedeiras os objetivos neste estudo foram:

- Avaliar qual o melhor nível de inclusão (50%, 60%, 70% e 80%) de calcário pedrisco (2,8 mm), visando uma melhor produtividade de ovos e melhor qualidade interna e externa do ovo de galinhas poedeiras.

- A partir do melhor nível de inclusão do calcário pedrisco avaliar o efeito de diferentes granulometrias do calcário (0,555 mm, 0,636 mm, 1,836 mm e 2,867 mm) sobre o desempenho e qualidade dos ovos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Formação do ovo

As linhagens modernas de galinhas de postura podem produzir mais de 300 ovos por ano totalizando até 500 ovos durante sua vida reprodutiva. Do total de 12.000 oócitos presentes no ovário apenas 250 a 500 irão desenvolver-se em folículos ovulatórios maduros para dar origem à formação de ovos (NYS; GUYOT, 2011; FLOCK; HAVENSTEIN, 2015).

Dentre os componentes da gema têm-se 17% de proteína e 36% de gordura, sendo que 65% a 70% são triacilgliceróis, 25% a 31% de fosfolípidios e 4% a 5% de colesterol. A fração protéica é composta por α -livetina (14%), β -livetina (41%) e γ -livetina (45%). Carboidratos, vitaminas e compostos inorgânicos representam menos de 1%. Os carotenóides, em particular as xantofilas determinam a cor característica da gema. Tanto as gorduras como as proteínas da gema são sintetizadas no fígado, um processo induzido pelo estrogênio e testosterona secretados a partir de folículos em maturação no ovário (NIMPF; SCHNEIDER, 1991).

A formação da membrana vitelina e da primeira camada de albumina do ovo ocorre no infundíbulo. Neste momento forma-se uma membrana no óvulo semelhante à zona pelúcida nos mamíferos, que separa o óvulo do albúmen. Esse processo leva em média uma hora e pelo menos 137 proteínas participam da formação da membrana vitelina, além da presença de peptídeos antimicrobianos como defensina β , lisozima e proteases que juntos formam uma barreira interna contra infecções (MANN; MANN 2008).

A maioria do albúmen é produzido no magnum e esse processo leva em torno de 3 a 4 horas, sendo a água seu principal constituinte (88%) e 90% da matéria seca são proteínas, 6% são minerais e 3,5% é glicose livre. As glândulas tubulares secretam ovalbumina, ovotransferrina, ovomucóide e lisozima, enquanto as células caliciformes fornecem ovomucina e avidina. A síntese destas proteínas é regulada pelo estrogênio e progesterona (ETCHES, 1996). Ao mesmo tempo, as chalazas se formam, em um processo que começa no infundíbulo. Trata-se de compostos de proteínas que conectam a gema e a membrana da casca e, assim, garantem a posição central da gema. Devido à rotação do ovo em formação durante a passagem para baixo do magnum, as fibras se enrolam e forma a estrutura característica (KASPERS, 2016).

No istmo, ocorre formação das membranas interna e externa da casca por meio de uma malha de proteína. Estas membranas são espaçadas na maior parte do ovo, mas segregam na extremidade para formar a câmara de ar, onde são impermeáveis à clara do ovo, permitindo

troca de água, gás (em particular oxigênio) e minerais. Em sua superfície externa, formam-se projeções que são chamadas de núcleos mamilares compostos de proteínas, carboidratos e mucopolissacarídeos (KASPERS, 2016). São nessas estruturas onde a calcificação da casca do ovo é iniciada.

O processo de formação da casca do ovo leva até 20 horas e é caracterizado pela secreção de uma matriz orgânica de glicoproteínas e mucopolissacarídeos que se torna calcificado a partir da casca do ovo (NYS et al., 1999). A formação da casca é mais intensa durante 12 a 18 horas após a ovulação, depois diminui demonstrando que o processo não é constante (CLUNIES; LEESON, 1995). Durante o processo de calcificação são utilizados aproximadamente 2 a 2,5 g de cálcio por ovo para formar os cristais de calcita, uma forma altamente estável de carbonato de cálcio (CaCO_3). As estruturas cristalinas crescem dos núcleos mamilares para formar a camada paliçada altamente organizadas (KASPERS, 2016).

A porção orgânica da casca é constituída pelas membranas da casca, sítios mamilares de nucleação e cutícula. A fração calcificada é composta pela camada mamilar, camada paliçada e camada de cristal vertical. Esta estrutura confere resistência à casca e contribui na proteção do ovo contra microrganismos (PARSONS, 1982). A camada paliçada apresenta a maior porção calcificada entre as camadas que constituem a estrutura da casca do ovo, por isso é a porção mais associada a resistência da casca (CARNARIUS et al., 1996)

O último processo antes da oviposição é a deposição de uma membrana de cera na casca do ovo chamada cutícula. É composta de polissacarídeos, lipídios e mais de 50 proteínas, muitas delas com atividades antimicrobianas que tem por função proteger o ovo da perda de água e impedir a penetração de microrganismos, além disso, funcionam como um mecanismo de comunicação física entre o ovo e o meio ambiente, na qual possibilita as trocas gasosas entre o meio interno e externo do ovo (BENITES; FURTADO; SEIBEL, 2005).

O processo de ovoposição é iniciado pelo relaxamento do esfíncter uterino e pela contração dos músculos lisos uterinos. É regulada pelos hormônios neuro-hipofisários, principalmente a ocitocina e a arginina-vasotocina, bem como as prostaglandinas sintetizadas localmente dentro do trato reprodutivo (KASPERS, 2016).

Todo o processo de formação do ovo leva 24 a 27 horas com a maior parte do tempo necessário para a formação da casca em torno de 20 horas (KASPERS, 2016).

2.2 Metabolismo de cálcio na formação da casca do ovo

A regulação periférica da ingestão de alimentos nas aves envolve o trato gastrintestinal e fígado. A ingestão de alimentos provoca o estiramento, e essas forças mecânicas são monitoradas por receptores sensíveis à distensão tanto no papo como na moela. A distensão está associada ao término da refeição, e a moela parece desempenhar papel mais significativo do que o papo (TRAMPEL; DUKE, 2006). O nível mais alto de controle do consumo de alimento é realizado pelo hipotálamo, porém há uma teoria de controle do consumo de alimento relacionado ao nível plasmático de cálcio (teoria ionostática), porém ainda é questionável (GONZALES, 2002)

Para manter uma produção média de 300 ovos por ano as galinhas poedeiras comerciais necessitam em torno de 1,8 kg de cálcio, o que corresponde ao seu próprio peso corporal. Considerando um nível de 3,6% a 4,0% de cálcio na dieta, cerca de 60 a 80% do cálcio absorvido pelo intestino durante a formação da casca seria proveniente da alimentação. O restante do cálcio é mobilizado a partir dos ossos e será reabsorvido quando o útero estiver vazio e o cálcio absorvido no intestino estiver totalmente disponível para a formação da matriz óssea (KASPERS, 2016). O cálcio é excretado pelos rins, que estabelece níveis plasmáticos regulares e quando necessário, o tamponamento ocorre por meio, principalmente, do cálcio dos ossos (CHANG *et al.*, 2008).

O metabolismo do cálcio implica na ação de hormônios e vitaminas. O estrógeno e a calcitonina ocasionam a deposição do cálcio nos ossos, apresentando função antagônica do paratormônio, que estimula a reabsorção óssea. A reabsorção de cálcio é regulada pela 1,25-di-hidroxivitamina D3, enquanto a mobilização de cálcio do osso está sob controle da 1,25-di-hidroxivitamina D3 e do paratormônio (PTH) (BAIÃO; LÚCIO, 2005).

A deposição do cálcio na casca do ovo ocorre devido à ação da enzima anidrase carbônica, presente na mucosa da glândula da casca (útero). Esta enzima apresenta grande importância na formação das cascas de ovos (PERSSON, 2009), produzindo ácido carbônico por meio da hidratação do gás carbônico, proveniente do metabolismo das aves ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$). O ácido carbônico se dissocia formando íons bicarbonato ($\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$). Provenientes dos íons bicarbonato (HCO_3^-), os íons carbonato (CO_3) no lúmen da glândula da casca se ligam ao cálcio formando carbonato de cálcio (CaCO_3) (BAIÃO; LÚCIO, 2005).

A deposição dos cristais de CaCO_3 ocorre na região dos núcleos mamilares, na região da membrana externa, até formar uma camada mais espessa. Para ocorrer uma calcificação

eficaz é necessária quantidade suficiente de zinco, visto que como cofator da anidrase carbônica, a redução das suas concentrações gera alterações no processo enzimático (BAIÃO; CANÇADO, 1997), reduzindo a liberação de íons dióxido de carbono e prejudicando o processo de formação da casca do ovo (NYS *et al.*, 2001).

Durante o processo de produção de ovos, as poedeiras podem atingir concentrações plasmáticas de cálcio de até 30 mg/100 mL. O transporte do cálcio no sangue pode ocorrer na forma iônica, a qual é aproveitada para deposição óssea e formação da casca de ovo ou por meio do complexo cálcio-fosfolipoproteína vitelogenina, sendo que ambas as formas apresentam uma relação equilibrada e dinâmica no organismo (ARAÚJO; ALBINO, 2011). A maior concentração de vitelogenina no plasma é identificada as 18 horas pós ovulação, ou seja, quando a calcificação da casca está no ponto de máxima. Os níveis mais altos de vitelogenina no plasma pode facilitar a transferência do cálcio entre o trato gastrintestinal e o osso medular para armazenamento de cálcio e em seguida, entre o osso medular e a glândula da casca durante a formação da casca (CLUNIES; LEESON, 1995).

É importante ressaltar que as galinhas desenvolvem uma forma única de matriz óssea chamada osso medular (KASPERS, 2016). Este tipo de osso secundário formado na cavidade medular tem por função servir de fonte lábil de cálcio para formação da casca do ovo (DACKE; ARKLE, 1993). O osso medular é responsável por até 12% do total de cálcio ósseo, mas fornece pouco suporte para a estabilidade óssea. No entanto, a mobilização nesse osso é 10 vezes mais rápida que a do osso cortical e, portanto, pode compensar rapidamente a falta de reabsorção de cálcio pelo intestino (JHONSON; STEPHENS; GILES, 2015).

A galinha regula o consumo de cálcio conforme a demanda fisiológica. Galinhas com deficiência de cálcio na dieta respondem com aumento da taxa de solubilização *in vivo* do cálcio (RAO; ROLAND, 1990). As galinhas de postura comercial são capazes de ajustar a quantidade de cálcio solubilizado de acordo com as exigências ao longo do dia. Mongin (1976) relata um aumento na secreção de HCl no proventrículo e maior concentração de Ca^{2+} e Cl^- na moela no período de formação da casca.

Embora sugere-se a habilidade da galinha em ajustar o consumo de ração à necessidade de cálcio, resultados sugerem que o nível de cálcio na dieta tem pouco efeito sobre o consumo de ração. Porém, o momento do dia é importante, se a ave está ou não no processo de formação da casca (CLUNIES; LEESON, 1995). De acordo com a fase de formação dos constituintes do ovo, as exigências nutricionais diferem em cada uma das etapas. No período da manhã ocorre a síntese e deposição de albúmen já a formação da casca do ovo ocorre mais intensamente durante o período da noite. Após a ovulação, a demanda

nutricional da ave está diretamente relacionada a energia e proteína. Por outro lado, no período da formação da casca, que ocorre preferencialmente no período noturno, esta ração estaria suprindo a demanda de cálcio, evitando mobilização óssea (MOLNÁR, et al., 2017).

O maior consumo de cálcio não necessariamente implica em qualidade de casca. O aumento de consumo de cálcio não só influencia o consumo de ração como pode causar antagonismo durante a absorção de outros minerais (P, Mg, Mn, Zn), diminuindo sua utilização (SELLE; COWIESON; RAVINDRAN, 2009).

Nos programas nutricionais para galinhas poedeiras, os níveis de cálcio são ajustados de acordo com a idade e consumo de ração. No caso de aves mais velhas, utiliza-se como ferramenta de manejo alimentar, para estimular o consumo de cálcio, o calcário pedrisco diretamente nos comedouros, como uma fonte extra, poucas horas antes de apagar as luzes para permitir a absorção intestinal de cálcio durante a noite. Outro manejo que pode ser adotado para estimular o consumo de cálcio é a “alimentação da meia noite” no qual as luzes são acesas por uma hora durante o período de escuro para estimular o consumo (FERNANDES; LITZ, 2016).

Com o avanço da idade das aves a qualidade da casca tende a piorar, por questões geriátricas, pela menor capacidade de absorção intestinal e mobilização óssea do cálcio. Além da idade e tamanho da partícula do cálcio, a grande variação na exigência de cálcio pelas galinhas de postura se deve a fatores como ciclo de postura, produção acumulada de massa de ovos, temperatura ambiente, sanidade, se passou ou não por processo de muda e solubilidade da fonte de cálcio (ZHANG; CALDAS; COON, 2017).

Diferentes níveis de cálcio e solubilidade do calcário não afetam desempenho, o que sugere que as aves alimentadas com níveis elevados de cálcio conseguem reduzir o consumo de ração e possivelmente regular o peso do ovo. Galinhas que não passaram por muda (77 semanas de idade) ou galinhas no segundo ciclo de produção (94 semanas de idade) necessitam de maior consumo de cálcio com menor solubilidade *in vitro* comparado a aves jovens (36 semanas de idade) para maximizar a qualidade da casca e dos ossos (ZHANG; CALDAS; COON, 2017).

A idade das aves não influencia a percentagem de retenção de cálcio, apenas a de fósforo, sendo que aves mais jovens apresentam maior retenção de fósforo. Já o tamanho da partícula não influencia as porcentagens de retenção de cálcio e fósforo. A disponibilidade de cálcio no duodeno no momento da formação da casca do ovo parece ser mais importante do que a quantidade de cálcio retido. Independente da idade das aves, o desempenho e qualidade do ovo se mostram mais favoráveis ao uso de calcário pedrisco, porém nas aves mais velhas

esse efeito é mais pronunciado para as variáveis de desempenho do que para as variáveis de qualidade da casca (SKRIVAN et al., 2010). Esses resultados suportam a hipótese de uma liberação lenta e subsequente maior digestibilidade de partículas grosseiras de cálcio em comparação com partículas finas (ANWAR et al., 2017).

2.3 Características físicas e químicas do calcário

O calcário é caracterizado como um grupo de rochas compostos por níveis superiores de 50% de carbonato e sua composição pode variar na solubilidade, nível de cálcio e granulometria. Essas variações podem interferir no metabolismo do cálcio pela ave e, conseqüentemente, interferir na qualidade da casca. Como fonte de cálcio para poedeiras, o calcário calcítico contém aproximadamente 38% de cálcio (BERTECHINI; FASSANI, 2001 apud BUENO, 2013 p. 12).

De acordo com Roland (1986) já na década de 20 estudos sobre fonte de cálcio e tamanho de partículas começavam a presumir que partículas maiores poderiam de alguma forma modificar a solubilidade do cálcio e conseqüentemente sua biodisponibilidade para formação da casca do ovo, resultando em uma casca de melhor qualidade. O objetivo em se misturar fontes de calcário pedrisco e fino é que a ave tenha sempre disponível o cálcio para a formação da casca do ovo (PHIRINYANE et al., 2011).

Com o aumento do consumo de cálcio, a percentagem de cálcio retido no trato gastrintestinal diminui assim como a taxa de solubilização *in vivo* do cálcio. Porém, essa queda na taxa de solubilidade é mais sutil quando se trata de calcário com partículas maiores (2 a 5 mm) (RAO; ROLAND, 1990). O consumo de partículas maiores de calcário (2 a 5 mm) resulta nas maiores taxas de retenção de cálcio do que o consumo de partículas menores de calcário (0,55 a 0,80 mm). Para o mesmo tamanho de partículas (0,55 a 0,80 mm), porém com taxas de solubilidades *in vitro* diferentes (4% e 10%), há diferença na taxa de solubilização *in vivo* e retenção de cálcio. Portanto, a interação tamanho de partícula e nível de cálcio influencia a solubilização *in vivo* do cálcio (RAO; ROLAND, 1990).

A percentagem de cálcio absorvido é inversamente relacionada com o consumo de cálcio. Sendo que níveis de cálcio de 1,0; 3,0 e 6,0 g/ave/dia correspondem a 85%, 65% e 55% de taxa de solubilidade *in vivo* desse mineral (RAO; ROLAND, 1989). Além disso, fontes de cálcio com tamanhos de partículas semelhantes podem apresentar uma grande variação na solubilidade *in vitro* (15% a 27%) (RABON JÚNIOR; ROLAND, 1985).

Partículas de calcário finamente moídas apresentam maior taxa de passagem através da moela para o duodeno e intestino delgado, não só pela alta solubilidade mas pela forma física da partícula (ZHANG; COON, 1997). Este fenômeno é acompanhado por menor desenvolvimento de moela, maior desenvolvimento do intestino delgado e menor pH do quimo intestinal. Quando as partículas são mais grosseiras, a degradação no intestino anterior é mais lenta, aumentando os movimentos antiperistálticos, permitindo uma maior ação enzimática e dos sucos digestivos promovidos por um pH mais alto do quimo intestinal e mais baixo na moela, melhorando a disponibilidade dos nutrientes (NIR; MELCION.; PICARD, 1990).

A quantidade de calcário retido na moela aumenta conforme o aumento no tamanho da partícula considerando o mesmo nível e fonte de cálcio. Porém, o potencial de solubilização do calcário pode ser afetado pela capacidade de armazenamento da moela no caso de partículas maiores de calcário. Aumento da ingestão de calcário de menor solubilidade *in vitro* pode levar à maior excreção de calcário íntegro, sem digestão. O consumo é maior que a capacidade de retenção na moela, podendo levar a uma saturação e o calcário passar direto no tratogastrintestinal e ser excretado sem aproveitamento (ZHANG; COON, 1997). Roland e Bryant (1999) recomendam que a inclusão de calcário pedrisco não deve ultrapassar 50%. O consumo de cálcio pode ser limitado devido à capacidade intrínseca de absorção de cálcio no tratogastrintestinal. O cálcio disponível a partir das fontes com maior solubilidade *in vitro* pode ser absorvido completamente devido a liberação mais lenta dos íons cálcio. Partículas maiores podem passar pelo tratogastrintestinal mais lentamente devido ao maior tempo de retenção na moela o que permite que o calcário permaneça num ambiente ácido por uma maior período de tempo favorecendo a dissociação do CaCO_3 em íons Ca^{2+} para absorção (SCOTT; HULL; MULLENDORF, 1971). Portanto, a solubilidade nem sempre está relacionada diretamente com a retenção de cálcio (ZHANG; COON, 1997).

A classificação do calcário em granulometrias fina, média e grossa ocorre em função do tamanho médio das partículas que pode ser definido por diversas metodologias. Em cada classe, há uma faixa de variação no tamanho médio. O que pode ocorrer é que duas fontes com mesma classificação podem apresentar maior ou menor variação entre partículas (variação na faixa granulométrica) e que, na média, resultam em tamanho semelhante o que afetaria a solubilidade. Além disso, não há um consenso nessa classificação, variando entre os trabalhos os tamanhos médio de calcário fino, médio e pedrisco, o que dificulta a comparação de resultados.

A taxa de solubilidade *in vivo* do cálcio não depende apenas do tamanho de partícula, mas também da fonte de cálcio devido a características de área específica (m^2/g) e porosidade ($\mu\text{L}/\text{g}$) das partículas. Guinotte e Nys (1991) utilizando tamanho de partículas semelhantes com diferentes fontes de cálcio (conchas, casca de ostra e calcário) observaram que as cascas de ostras, no geral, apresentavam partículas maiores. Na análise de granulometria, 93,9% das partículas ficaram retidas acima de 1,18 mm, enquanto esse número foi de 80,3% e 56,2% para calcário e conchas, respectivamente, o que afetou diretamente a área específica, porosidade e solubilidade aparente do cálcio. Apesar das diferenças relatadas no tamanho de partícula, solubilidade e área específica das diversas fontes de cálcio, Guinotte e Nys (1991) relataram poucos efeitos na qualidade da casca do ovo. Segundo os autores, as respostas de qualidade de casca de ovo à mudanças no tamanho de partícula seriam aumentadas apenas em condições estressantes (deficiência de cálcio, alta temperatura ambiental) (GUINOTTE; NYS, 1991).

As variáveis mais comuns associadas à resistência da casca são espessura da casca e gravidade específica. Porém, resultados de Phirinyane et al. (2011) demonstram que a granulometria do calcário não influenciou características de desempenho e qualidade da casca em aves de 18 a 24 semanas de idade. Elevados níveis de cálcio na dieta (4,15% e 4,55%) aumentaram linearmente a espessura da casca, acompanhado de uma redução na produção de ovos o que pode ser devido a maior disponibilidade de cálcio para a formação da casca. No entanto a casca mais fina apresentou maior resistência no sistema *split feeding*, o que indica que nesse sistema a ave é capaz de um ajuste nas camadas de estruturação da casca quando comparado ao sistema convencional (MOLNÁR et al., 2017).

Murata et al. (2009) relata que a substituição do calcário fino pelo pedrisco não gerou efeito sobre as características de qualidade do ovo. Os resultados demonstram que a utilização de 44,79% de calcário pedrisco proporcionou maior peso dos ovos quando fornecido maior nível de cálcio (4,55%). Já para os níveis de substituição de 50%, 75% e 100% do calcário pedrisco, o ponto de máximo para peso de ovo ocorreu no nível de 4,10% de cálcio. No entanto, a substituição crescente do calcário fino pelo pedrisco na ração de poedeiras no final de produção (56 semanas de idade) afetou negativamente o desempenho, sem efeitos sobre a qualidade dos ovos. (GARCÍA et al., 2012).

As dietas com partículas maiores de calcário resultam em ovos com maior proporção de fósforo e menor proporção de magnésio na casca, porém o conteúdo de cálcio não é afetado. Imagens de microscopia eletrônica demonstram uma estrutura de casca mais densa e estruturada dos ovos de patos alimentados com calcário pedrisco. No geral, calcário com

partículas maiores melhoram o desempenho e qualidade dos ovos e óssea (WANG et al., 2014).

Segundo Cheng e Coon (1990), a solubilidade do calcário pode explicar melhor as variações na qualidade da casca do que apenas o tamanho da partícula. Calcários com granulometrias semelhantes podem apresentar subcomponentes de vários tamanhos, resultando em diferentes taxas de solubilidade.

A solubilidade é tão importante quanto a quantidade ofertada de cálcio já que ao longo do trato gastrointestinal é preciso liberar e solubilizar esse mineral para posterior absorção intestinal. A solubilização do cálcio pode ser influenciada pelo consumo de cálcio e tamanho de partículas. Zhang e Coon (1997) recomendaram formular as dietas com base na solubilidade *in vitro* da fonte de cálcio utilizado, no entanto, o uso de diferentes metodologias para determinar a solubilidade *in vitro* do cálcio dificulta a aplicação dos resultados de pesquisa.

Neste contexto, ensaios de metabolismo tornam-se ferramentas para se determinar a solubilidade do cálcio pela diferença entre o ofertado e excretado (RAO; ROLAND, 1989). Os resultados de digestibilidade dos nutrientes e qualidade da casca podem ser determinados pela fonte de cálcio e sua taxa de solubilidade. Resultados apresentados por Lichovnikova (2007) sugerem melhores resultados de digestibilidade dos nutrientes para as fontes de solubilidade *in vitro* mediana (44,0% e 49,5%). O maior nível de cálcio na dieta não determinou uma casca de melhor qualidade e a maior retenção de cálcio ao longo do trato gastrointestinal não resultou em ovos de maior espessura de casca, sendo observada uma relação inversa. A menor retenção de cálcio no trato gastrointestinal resultou em maior deposição de cálcio na casca a partir do cálcio dietético (96,5%). O autor demonstrou que do total de cálcio ingerido, 73,9% a 96,5% é a proporção depositada na casca do ovo. Provavelmente, a ave demonstra uma capacidade de utilizar o cálcio a partir do cálcio retido da dieta para a formação de casca de ovo (LICHOVNIKOVA, 2007). A deposição de cálcio na casca do ovo foi eficiente independente da granulometria do calcário (JARDIM FILHO, et al., 2005).

O uso de cálcio em partícula maiores permite uma dosagem constante de cálcio no trato gastrointestinal durante a calcificação da casca do ovo (SCOTT; HULL; MULLENDORF, 1971) e mantém maior nível sanguíneo de cálcio quando utilizado como fonte concha de ostra. Consequentemente, a reabsorção óssea é menor confirmado pelo aumento na concentração plasmática de fósforo com o uso de calcário fino. No entanto, a fonte de cálcio não tem influência na mineralização óssea, mas partículas maiores desse

mineral melhoram a resistência óssea e o teor de cinzas nas tíbias (GUINOTTE; NYS, 1991). Tamanho da partícula e fonte de cálcio não afetam a concentração de cálcio e fósforo plasmático, porém o tamanho da partícula determina qualidade óssea (WANG et al., 2014).

De maneira geral os resultados de pesquisas ainda se mostram contraditórios e inconsistentes o que é justificado pela grande variação nas características físicas e químicas entre as fontes de cálcio. Dentre os motivos, Roland (1986) sugere que as pesquisas não relacionam fontes de cálcio de mesmo tamanho de partícula e solubilidade, além de garantir o consumo de cálcio adequado (3,75 a 4,75 g/dia) pelas aves.

REFERÊNCIAS

ANWAR, M. N. et al. Effect of calcium source and particle size on the true ileal digestibility and total tract retention of calcium in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 224, p. 39–45, feb. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.12.002>

ARAÚJO, W. A. G; ALBINO, L. F. T. Importância de qualidade da casca do ovo em matriz pesada. In: ARAÚJO, W. A. G; ALBINO, L. F. T. Incubação comercial. Kerala: Transworld Research Network, p. 123 -137, 2011. Disponível em: http://issuu.com/ResearchSignpost/docs/araujo_e-book/23 acesso em 13 ago. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual ABPA 2018**. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>. Acesso em: 07/08/2018.

BAIÃO, N.C.; CANÇADO, S.V. Fatores que afetam a qualidade da casca do ovo. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária**, Belo Horizonte, n.21, p.43- 59, 1997.

BAIÃO, N. C.; LÚCIO, C. G. Nutrição de matrizes pesadas. In MACARI, M.; MENDES, A. A. Manejo de matrizes de corte. 1. ed. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, p. 197-212, 2005.

BENITES, C. I.; FURTADO, P. B. S.; SEIBEL, N. F. Características e aspectos nutricionais do ovo. In: SOUZ-SOARES, L. A.; SIEWERDT, F. (org.). Aves e ovos. Pelotas: UFPEL, p. 57-64, 2005.

BRASILIAN POULTRY ASSOCIATION (UBABEF). Eggs, an expanding market. Brazil's production aims to provide guaranteed safety to consumers. **Brazilian Poultry Magazine**, n. 1, p. 26-27, 2012.

BUENO, I.J.M. Influência da granulometria do calcário em ovos de matrizes avícolas de segundo ciclo. Dissertação (mestrado)-Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

CARNARIUS, K.M. et al. Relationship of eggshell ultrastructure and shell strength to the soundness of shell eggs. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 5, p. 656-663, 1996. <https://doi.org/10.3382/ps.0750656>

CHANG, W. et al. The extracellular calcium-sensing receptor (CaSR) is a critical modulator of skeletal development. **Science Signaling**, v. 1, n.35, sep. 2008 Disponível em <http://stke.sciencemag.org/content/1/35/ra1> acesso em 09 Ago. 2018.

CHENG, T.K.; COON, C.N. Effect of calcium source, particle size, limestone solubility in vitro, and calcium intake level on layer bone status and performance. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n.12, p. 2214-2219, 1990. <https://doi.org/10.3382/ps.0692214>

CLUNIES, M.; LEESON, S. Effect of dietary calcium level on plasma proteins and calcium flux occurring during a 24 h ovulatory cycle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, Canada, v. 75, n. 3, 1995. <https://doi.org/10.4141/cjas95-064>

COON, C.; LESKE, K.; SEO, S. The availability of calcium and phosphorus in feedstuffs. In: **McNAB**, J.M.; **Boorman**, K.N. (ed.). Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value. CABI Publishing. 2002. p. 151-180.

DACKE, C.; ARKLE, S. Medullary bone and avian calcium regulation. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 184, p.63–88, 1993.
Disponível em <http://jeb.biologists.org/content/jexbio/184/1/63.full.pdf> Acesso em 13 ago. 2018.

ELAROUSSI, M.A. et al. Calcium homeostasis in the laying hen. 1. Age and dietary calcium effects. **Poultry Science**, Champaign, v.73, p.1581-1589, 1994.
<https://doi.org/10.3382/ps.0731581>

ETCHES, R.J. Reproduction in poultry. Wallingford: CAB International, 1996, 328 p., 1996.

FERNANDES, E. A.; LITZ, F. H. . The eggshell and Its Commercial and Production Importance. In: HESTER, P.Y. (ed.). Egg innovations and strategies for improvements. 1ed.: Oxford: Academic Press, p. 261-270, 2017.

FLOCK, D. K.; HAVENSTEIN, G. B. Demand Driven Productivity in the Egg Business: Combining Advances in Genetics, Health Control and Nutrition to Meet Changing Consumer Preferences. **Lohmann Information**. v. 49, n. 1, p. 30-37, 2015.

GARCIA, E.R.M. et al. Granulometria do calcário: desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras em final de produção. **Zootecnia Tropical**, Maracay, Venezuela, v. 30, n. 4, 2012.

GONZALES, E. Ingestão de alimentos: Mecanismos regulatórios. In: MACARI, M.; FURLAM, R.L.; GONZALES, E. Fisiologia Aviária aplicada a frangos de corte. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 187-199.

GUINOTTE, F.; NYS, Y. Effects of particle size and origin of calcium sources on eggshell quality and bone mineralization in egg laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, n. 3, p. 583-592, 1991. <https://doi.org/10.3382/ps.0700583>

HESTER, P.Y. A qualidade da casca do ovo. **Avicultura industrial**, Porto Feliz, n. 1072, p. 20-30, 1999.

HURWITZ, S.; BAR, A. Calcium Reserves in Bones of Laying Hens: Their Presence and Utilization. **Poultry Science**, Champaign, v.48, n. 4, p.1391–1396, July 1969.
<https://doi.org/10.3382/ps.0481391>

HYLINE W-36 POEDEIRAS COMERCIAIS. Manual de Manejo. Hy Line International, 2015, 44 p.

JARDIM FILHO, R.M. et al. Influência das fontes e granulometria do calcário calcítico sobre desempenho e a qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.27, n.1, p.35-41, 2005.

<http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v27i1.1239>

JHONSON, P. A.; STEPHENS, C. S.; GILES, J. R. The domestic chicken: Causes and consequences of an egg a day. **Poultry Science**, Champaign, v. 94, n. 4, p. 816–820, 2015.

<http://dx.doi.org/10.3382/ps/peu083>

KASPERS, B. An egg a day– The physiology of egg formation. *Lohmann Information*. v. 50, n. 2, 2016.

KUSSAKAWA, K.C.K.; MURAKAMI, A.E.; FURLAN, A.C. Combinações de fontes de cálcio em rações de poedeiras na fase final de produção e após muda forçada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.3, p.572-578, 1998.

LICHOVNIKOVA, M. The effect of dietary calcium source, concentration and particle size on calcium retention, eggshell quality and overall calcium requirement in laying hens. **British Poultry Science**, London, 2007, v. 48, n. 1 p.71-75, 2007.

<https://doi.org/10.1080/00071660601148203>

LOHMANN LSL-LITE POEDEIRAS. Manual de Manejo – Alojamento em Gaiolas. Lohmann Tierzucht, 2016, 48 p.

MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. Fisiologia Aviária aplicada a frangos de corte. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 167-173.

MANN, K.; MANN, M. The chicken egg yolk plasma and granule proteomes. **Proteomics**, Weinheim, v. 8, n. 1, p. 178-191, jan. 2008. Available from <https://scihub.tw/10.1002/pmic.200700790> access on 09 Aug. 2018.

MOLNÁR, A.; MAERTENS, L.; AMPE, B. BUYSE, J.; ZOONS J.; DELEZIE E. Supplementation of fine and coarse limestone in different ratios in a split feeding system: Effects on performance, egg quality, and bone strength in old laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 96, n. 6, p. 1659-1671, 2017.

<https://doi.org/10.3382/ps/pew424>

MONGIN, P. Composition of crop and gizzard contents in the laying hen. **British Poultry Science**, London, v. 17, n. 5, p. 499-507, 1976. Disponível em <https://scihub.tw/10.1080/00071667608416305> acesso em 09 Ago. 2018.

MURATA, L.S. et al. Níveis de cálcio e granulometria do calcário sobre o desempenho e a qualidade da casca de ovos de poedeiras comerciais. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 103-110, ago. 2009. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n1p103>.

NIMPE, J.; SCHNEIDER, W. J. Receptor-Mediated Lipoprotein Transport in Laying Hens. **The Journal of Nutrition**. v. 121, n. 9, p. 1471–1474, sept. 1991.

<https://doi.org/10.1093/jn/121.9.1471>

- NIR, I.; MELCION, J.P.; PICARD, M. Effect of particle size of sorghum grains on feed intake and performance of young broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.69, n.12, p. 2177-2184, dec. 1990. <https://doi.org/10.3382/ps.0692177>
- NYS Y. et al. Biochemical and functional characterisation of eggshell matrix proteins in hens. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 57, p. 401–413, 2001
<https://doi.org/10.1079/WPS20010029>
- NYS Y.; GUYOT N. Egg formation and chemistry. In: NYS Y., BAIN M., VAN IMMERSEEL F., (eds). *Improving the safety and quality of eggs and egg products*. vol. 1: *Egg Chemistry, Production and Consumption*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd; 2011. p. 83–126.
- NYS, Y. et al. Avian eggshell mineralization. **Avian and Poultry Biology Reviews**, v. 10, p. 143-166, 1999.
- PARSONS, A.H. Structure of the eggshell. **Poultry Science**, Champaign, v.61, n. 10, p.2013-2021, 1982. <https://doi.org/10.3382/ps.0612013>
- PERSSON, K. The effect of sodium chloride on eggshell quality in laying hens – A Review. Uppsala: Department of Anatomy, Physiology and Biochemistry, 2009, 10 p. Disponível em: http://stud.epsilon.slu.se/228/1/persson_k_090602.pdf . Acesso em: 05 ago 2018.
- PHIRINYANE, T. B. et al. Effect of dietary different ratios of coarse and fine limestone particles on egg production and eggshell quality of laying hens at peak production. **Research Opinions in Animal & Veterinary Sciences**, Izatnagar, v. 1, n. 6, p. 334-338, 2011.
- RABON JÚNIOR, H. M.; ROLAND, D. A. Solubility comparisons of limestones and oyster shells from different companies, and the short term effect of switching limestones varying in solubility on egg specific gravity. **Poultry Science**, Champaing, v. 64, p. 37-38, 1985. (Suppl. 1).
- RAO, K. S.; ROLAND, D. A. Influence of dietary calcium level and particle size of calcium source on in vivo calcium solubilization by commercial Leghorns. **Poultry Science**, Champaign, v.68, n.11, p. 1499-1505, nov. 1989.
<https://doi.org/10.3382/ps.0681499>
- RAO, K.S.; ROLAND, D.A. In vivo limestone solubilization in commercial Leghorns: Role of dietary calcium level, limestone particle size, in vitro limestone solubility rate and the calcium status of the hen. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 12, p. 2170-2176, dec. 1990.
<https://doi.org/10.3382/ps.0692170>
- RIBEIRO, B.R.C. et al . Efeito do nível de ácido linoléico na ração de matrizes pesadas sobre o peso, composição e eclosão dos ovos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 3, p. 789-796, June 2007.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352007000300034>
- ROLAND, D. Eggshell quality IV: oystershell versus limestone and the importance of particle size or solubility of calcium source. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v.42, n.2, p.166-171, 1986.

ROLAND, D. A.; BRYANT, M. Optimal shell quality possible without oyster shell. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 71, n. 15, p. 18-19, Apr. 1999.

SCOTT, M.L.; HULL, S. J.; MULLENDORF, P.A. The calcium requirements of laying hens and effects of dietary oyster shell upon egg shell quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 50, n.4, p. 1055-1063, jul 1971. <https://doi.org/10.3382/ps.0501055>

SELLE, P. H.; COWIESON, A. J.; RAVINDRAN, V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. **Livestock Science**, Netherlands, v. 124, n. 1-3, p. 126-141, sep. 2009.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.01.006>

SKŘIVAN, M.; MAROUNEK, M.; BUBANCOVA, I.; PODSEDNÍČEK, M. Influence of limestone particle size on performance and egg quality in laying hens aged 24–36 weeks and 56–68 weeks. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 158 p.110–114, 2010

TRAMPEL, D.W.; DUKE, G.E. Digestão Aviária. In: REECE, W.O. (ed.). *Dukes Fisiologia dos animais domésticos*. Tradução Cid Figueiredo, Idilia Ribeiro Vanzellotti, Ronaldo Frias Zanon. 12 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006, p 450-461.

WALK, C.L.; BEDFORD, M.R.; McELROY, A.P. Influence of limestone and phytase on broiler performance, gastrointestinal pH, and apparent ileal nutrient digestibility. **Poultry Science**, Champaign, v.91, n.6 p.1371–1378, jun. 2012.
<https://doi.org/10.3382/ps.2011-01928>

WANG, S. et al. Influence of particle size and calcium source on production performance, egg quality, and bone parameters in laying ducks. **Poultry Science**, Champaign, v. 93, n. 10, p. 2560–2566, oct 2014. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03962>

WITT, F.; KULEILE, N. Effect of limestone particle size on egg production and eggshell quality of hens during late production. **South African Journal of Animal Science**, Pretoria, v.39, n. 5 p.37–40, jan. 2009.
Available from < <http://www.scielo.org.za/pdf/sajas/v39n5/v39n5a09.pdf> >. access on 09 Aug. 2018.

ZHANG, B.; CALDAS, J. V.; COON, C. N. Effect of dietary calcium intake and limestone solubility on egg shell quality and bone parameters for aged laying hens. **International Journal of Poultry Science**, Faisalab, v. 16, n. 4, p. 132-138, 2017
Disponível em <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/ijps/2017/132-138.pdf> acesso em 14 ago. 2018.

ZHANG, B.; COON, C.N. The relationship of calcium intake, source, size solubility in vitro and in vivo, and gizzard limestone retention in laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, p. 1702-1706, dec. 1997. <https://doi.org/10.1093/ps/76.12.1702>

CAPÍTULO II

(Redigido de acordo com as normas da Enciclopédia Biosfera: Ciências Agrárias)

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE OVOS DE GALINHAS POEDEIRAS COM RAÇÕES DE DIFERENTES RELAÇÕES DE GRANULOMETRIAS DE CALCÁRIO

Veridiana Aparecida Limão¹, Raquel Faria Dias², Fernanda Heloisa Litz¹, Sâmela Keila Almeida dos Santos¹, Evandro de Abreu Fernandes³

¹ Discente de doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, FAMEV-UFU, MG, Brasil. (verilimao@gmail.com)

² Discente do curso de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, FAMEV-UFU, MG, Brasil.

³ Professor associado, Universidade Federal de Uberlândia, FAMEV-UFU, Brasil

Resumo

A recomendação de calcário pedrisco na alimentação de galinhas de postura comercial tornou-se necessária nas rações de postura com o objetivo de melhorar a digestibilidade dos nutrientes e proporcionar uma maior biodisponibilidade do cálcio para a formação da casca do ovo. Avaliou-se o uso de diferentes níveis de inclusão de calcário pedrisco na dieta de galinhas poedeiras. Para o estudo foram utilizadas 180 galinhas poedeiras da linhagem Lohmann LSL no período de 39 a 49 semanas de idade. As aves foram distribuídas de maneira aleatória, sendo divididas em cinco tratamentos e seis repetições, com cinco aves em cada. Os tratamentos foram: T1: 100% calcário fino (FL- 0,103 mm); T2: 50% FL e 50% pedrisco (CL- 2,867 mm); T3: 40% FL e 60% CL; T4: 30% FL e 70% CL; T5: 20% FL e 80% CL. Foi avaliado variáveis de desempenho zootécnico, qualidade interna e da casca do ovo e a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e mineral da ração. Independente da proporção do calcário fino e pedrisco as aves apresentaram a mesma percentagem de mineral retido no trato gastrointestinal. As diferentes relações granulométricas de calcário avaliadas não tiveram efeito nas variáveis estudadas de desempenho e qualidade interna do ovo. Foi observada maior percentagem de matéria mineral na casca dos ovos nos tratamentos 60%, 70% e 80% de calcário pedrisco, não demonstrando melhoria nas outras variáveis de qualidade da casca. A partir desse estudo não foi possível definir uma relação ótima da inclusão do calcário pedrisco nas dietas de galinhas poedeiras comerciais em produção.

Palavras-chave: biodisponibilidade, cálcio, manejo nutricional, qualidade de casca.

PRODUCTION AND EGG QUALITY OF LAYING HENS WITH FEEDS OF DIFFERENT RATIOS OF LIMESTONE GRANULOMETRY

Abstract

The recommendation of coarse limestone to feed laying hens became necessary in laying feed with the objective of improving nutrient digestibility and providing a greater bioavailability of calcium for the eggshell formation. Evaluated the use of different levels of inclusion of coarse limestone in the diet of laying hens. The study used 180 Lohmann LSL laying hens in the period from 39 to 49 weeks of age. The hens were randomly distributed and divided into five treatments and six replicates, with five hens per replicate. The treatments were: T1: 100% fine limestone (FL- 0,103 mm); T2: 50% FL and 50% coarse limestone (CL- 2,867 mm); T3: 40% FL and 60% CL; T4: 30% FL and 70% CL; T5: 20% FL and 80% CL. It was evaluated performance, internal quality, eggshell quality and the digestibility of dry matter, crude protein and mineral of diet. Regardless of the proportion of fine and coarse limestone, laying hens presented the same percentage of mineral retained

in the gastrointestinal tract. The different relationships of fine and coarse limestone evaluated had no effect on the performance and internal quality of the egg. It was observed a higher percentage of mineral matter in the eggshell in the treatments 60%, 70% and 80% of coarse limestone, not showing improvement in the other quality variables of the eggshell. From this study it was not possible to define an optimal ratio of the inclusion of the coarse limestone in the diets of commercial laying hens in production.

Key words: bioavailability, calcium, eggshell quality, nutritional management

Introdução

As linhagens modernas de galinhas de postura comercial recomendam em seus programas nutricionais ao longo do ciclo de postura o uso de fontes de cálcio de diferentes granulometrias. Estas recomendações variam de 50% a 85% de inclusão do calcário pedrisco caracterizado por partículas de 1,5 mm a 4,0 mm (HY LINE W-36, 2015; LOHMANN LSL LITE, 2016). O objetivo dessa prática de manejo nutricional visa melhorar a qualidade da casca, considerando-se que as partículas maiores influenciariam o tamanho do trato gastrintestinal das aves bem como o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes, proporcionando uma melhor biodisponibilidade do cálcio.

O fornecimento de cálcio em quantidades efetivas na alimentação de galinhas poedeiras é importante, visto que a maior parte do cálcio envolvido na formação da casca do ovo está sob a forma de carbonato de cálcio (CaCO_3) e é decorrente da ração oferecida às aves. Por isso, é de grande interesse estudos que esclareçam os fatores que afetam a solubilidade do CaCO_3 e, conseqüentemente, a liberação de cálcio para a absorção intestinal. Rao e Roland (1990) compararam a taxa de solubilidade *in vivo* e percentagem de retenção do cálcio envolvendo calcário pedrisco (2 a 5 mm) em relação ao calcário fino (0,5 mm a 0,8 mm) demonstrando uma relação inversa entre a percentagem de solubilidade *in vitro* e percentagem de solubilidade *in vivo* do calcário.

A maior solubilidade *in vitro* do calcário pedrisco em relação ao calcário fino sugere um maior tempo de retenção na moela, com a liberação mais lenta e constante do cálcio, os gastos energéticos com a deposição óssea desse mineral seriam reduzidos, permitindo melhor fluxo deste para a casca do ovo otimizando o uso da energia do metabolismo. A retenção de calcário na moela aumenta na razão direta do tamanho das partículas quando comparada em mesmo nível e fonte de cálcio. Quando a fonte de cálcio tem alta taxa de solubilidade *in vitro*, a capacidade de absorção intestinal fica limitada devido ao menor tempo de permanência do cálcio na moela. Calcário com maior granulometria reside em maior tempo na moela e estimula uma produção mais continuada de ácido clorídrico no proventrículo, criando um ambiente mais efetivo para a dissociação do CaCO_3 em íons Ca^{2+} e sua absorção intestinal (ZHANG; COON, 1997).

A formação da casca do ovo ocorre de forma mais intensa no período noturno, assim o calcário pedrisco presente na moela atuaria como reservatório de cálcio, evitando mobilização óssea (GARCIA et al., 2012). Daí a hipótese de que uma relação calcário pedrisco/calcário fino poderia influenciar na digestão dos demais nutrientes da dieta e conseqüentemente na disponibilização do cálcio.

Phirinyane et al. (2011) não verificaram efeito da granulometria do calcário na qualidade da casca de galinhas no pico de produção (24 semanas de idade). Entretanto, Skřivan, et al. (2010), observaram efeito positivo nas variáveis de desempenho e na qualidade da casca independentemente da idade das aves, sendo esse efeito mais evidente nas aves no final do ciclo de produção (56-68 semanas de idade) o que pode ser justificado por um decréscimo na taxa de retenção dos íons cálcio e mobilização óssea com a idade (KESHAVARZ; NAKAJIMA, 1993).

Rao e Roland (1990) fizeram inferências sobre a solubilidade *in vivo* do calcário na dieta de galinhas poedeiras e mostraram que a solubilização do cálcio ao longo do trato gastrointestinal é influenciada pelo tamanho de partícula e consumo de cálcio. A partir daí diversos autores vem estudando o efeito do tamanho de partícula das fontes de cálcio sobre o desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras. Mas ainda hoje os resultados são contraditórios e inconsistentes, o que impossibilita uma recomendação ótima para os programas nutricionais de galinhas poedeiras.

Este trabalho buscou avaliar diferentes níveis de inclusão de calcário pedrisco na dieta de galinhas poedeiras visando produtividade e qualidade dos ovos por meio de análises de desempenho zootécnico, qualidade interna e da casca do ovo e de digestibilidade dos minerais. A partir de diferentes relações granulométricas do calcário determinar o nível ótimo de inclusão do calcário pedrisco nos programas nutricionais das galinhas em produção.

Material e Métodos

O estudo foi realizado nos meses de janeiro a março de 2016 na Granja de Experimentação de Aves, na Fazenda do Glória da Universidade Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia-MG. O experimento foi conduzido durante oito semanas e foi dividido em dois ciclos de produção de 28 dias com um intervalo de 15 dias entre ciclos. Os procedimentos experimentais utilizados no estudo foram aprovados pela Comissão de Ética na Utilização de Animais sob o protocolo de registro CEUA/UFU 110/15.

Foram utilizadas 180 galinhas poedeiras da linhagem Lohmann LSL com 39 semanas de idade. As aves foram distribuídas de maneira aleatória, sendo divididas em cinco tratamentos e seis repetições, com cinco aves cada. As gaiolas eram de arame galvanizado nas dimensões 50 cm x 45 cm, resultando numa densidade de 450 cm² ave⁻¹, equipadas com comedouro linear na região frontal e bebedouros do tipo Nipple na porção superior. As aves receberam 17 horas de luz entre luz natural e artificial (12 lux m⁻²) e água *ad libitum*.

Os tratamentos foram: T1: 100% calcário fino (FL- DGM 0,103 mm); T2: 50% FL e 50% calcário grosso (CL- DGM 2,867 mm); T3: 40% FL e 60% CL; T4: 30% FL e 70% CL; T5: 20% FL e 80% CL, sendo utilizada a mesma fonte de calcário para todos os tratamentos. As rações foram isoenergéticas e isonutrientes observando as recomendações da linhagem: Energia metabolizável 2780 kcal/kg, Proteína bruta 17%, Metionina digestível 0,45%, Met+cis digestível 0,68%, Lisina digestível 0,80%, Treonina digestível 0,59%, Triptofano digestível 0,18%, Ca 3,80% e Pd 0,46%. As aves receberam oferta diária de 110 gramas de ração fracionada em 40% no período da manhã e 60% no período da tarde.

Os ovos foram colhidos duas vezes ao dia, contados e pesados diariamente. Para o cálculo dos indicadores de desempenho tomou-se como base o somatório de todo o período experimental (56 dias). A taxa de postura foi calculada em relação ao total de ovos produzidos dividido pelo número total de aves e assim determinado o percentual médio de ovos produzidos por tratamento. O peso médio dos ovos foi calculado em gramas de ovos produzidos pelo número total de ovos produzidos.

Durante a última semana de cada ciclo de produção foi conduzido um ensaio de metabolismo para determinar a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e mineral das rações de cada tratamento. Coletou-se diariamente excreta total durante cinco dias consecutivos de quatro repetições (gaiola) por tratamento em bandejas metálicas instaladas abaixo de cada gaiola. O consumo de ração foi determinado pela diferença entre a quantidade total de ração oferecida ao longo do ensaio e a sobra nos comedouros retirada no último dia de coleta. As sobras ao longo do ensaio eram pesadas diariamente, retornando ao comedouro de onde foi retiradas completando a oferta diária de 110 g. A

conversão alimentar foi expressa em gramas de ração por dúzia e massa (g) de ovos produzidos.

Foram determinados os teores de matéria seca, proteína bruta, matéria mineral, cálcio e fósforo das rações e das excretas segundo metodologia proposta pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (BRASIL, 2009). Na metodologia de determinação do cálcio na ração e excretas adotou-se a equação:

$$\%Ca = \frac{0,05 * 4,008 * V}{P}$$

Onde,

V= volume gasto de EDTA para titulação,

P= peso da amostra.

Foram utilizadas as amostras de cinzas das rações e excretas que foram diluídas em 20 mL de solução de HCl 1:1, transferida para balão volumétrico de 100 mL e completado o volume com água destilada. Após foi retirado alíquota de 20 mL transferido para béquer de 40 mL para repouso e posteriormente filtrado em um Erlemayer de 500 mL, completado o volume até 300 mL para titulação com solução de EDTA 0,02 N. Para a determinação do fósforo nas rações e excretas foi feita a mesma diluição inicial na determinação do cálcio, utilizado balão volumétrico de 100 mL, porém foi pipetado a alíquota de 5 mL e transferido para o balão volumétrico de 50 mL. Para determinação do fósforo utilizou-se a equação:

$$\%P = \frac{A * 1000 * DT * FC}{10000}$$

Onde,

A= absorvância em espectrofotômetro a 420 nm,

DT= diluição total,

$$DT = D1 * D2 \left(D1 = \frac{20}{100} = 0,2 \text{ e } D2 = \frac{5}{50} = 0,1 \text{ (} D = \frac{V1}{V2} \text{)} \right)$$

FC= fator de correção (0,0282).

No último dia de cada ciclo de produção todos os ovos íntegros produzidos por cada repetição foram imersos em baldes plásticos com soluções salinas de densidades 1.070, 1.075, 1.080, 1.085, 1.090, 1.095 e 1.100, para determinar a gravidade específica (Hamilton, 1982). A seguir foram recolhidos e identificados três ovos de cada repetição, num total de 18 ovos por tratamento, para as análises no Laboratório de Análise de Matéria Prima e Ração da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia (LAMRA). Os ovos foram individualmente pesados em balança de precisão (0,05 g), posteriormente quebrados e seu conteúdo (gema+albúmen) colocado numa superfície plana. Com o auxílio de um paquímetro digital determinou-se a altura da gema (mm), altura do albúmen denso (mm), diâmetro da gema (mm) e diâmetro do albúmen denso (mm). Após as medidas, foram pesados separadamente casca e gema e por diferença entre o peso do ovo e o somatório do peso da casca e gema determinou-se o peso do albúmen. O índice de albúmen foi calculado pela relação diâmetro e altura. As medidas de peso do ovo (W) e altura do albúmen denso (H) foram utilizadas para o cálculo de Unidade Haugh (HAUGH, 1937) a partir da fórmula:

$$UH = 100 * H^2 + 7,51 - 1,7 * W$$

Com o auxílio de um micrômetro foi feita a medida da espessura dos polos maior, menor e meridiano do ovo para determinar a espessura média da casca. O número médio de poros foi determinado após a remoção da membrana interna das cascas e coloração da parte interna com solução de azul de metileno para facilitar a visualização dos poros. Fragmentos de casca de 1x1 cm² foram delimitados dos polos maior, menor e meridiano, e com auxílio de uma lupa foi feita a contagem dos poros. A partir dos valores obtidos nos polos maior, menor e meridiano foi calculada a média aritmética de poros de cada ovo. O teor de matéria mineral da casca foi determinado segundo metodologia proposta pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (BRASIL, 2009).

Os dados foram analisados quanto a normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias, ambos a 0,05 de significância. Em seguida foram submetidos à análise de variância ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey considerando significativo $p < 0,05$. Para os dados que não seguiram a premissa de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias foi aplicado teste não paramétrico de Kruskal Wallis considerando significativo $p < 0,05$.

Resultados e Discussão

O desempenho produtivo das galinhas ao longo do teste, taxa de postura, peso médio dos ovos e conversão alimentar estão demonstrados na tabela 1. A substituição parcial do calcário fino por níveis crescentes de calcário pedrisco, 50% a 80%, nas dietas experimentais não influenciou as variáveis de desempenho estudadas. Em concordância com esses resultados Murata et al. (2009) trabalhando com níveis crescentes de calcário pedrisco (0% a 100%) em substituição ao calcário fino, não relatou diferenças para as variáveis produção de ovo, peso dos ovos e conversão alimentar. Os mesmos autores apontam efeito positivo apenas nos níveis de cálcio da dieta para as variáveis de desempenho. Há que destacar, que ao iniciar o experimento as aves se encontravam com 39 semanas de idade e mantiveram ao longo do teste uma taxa de produção média de 93,60%.

Tabela 1. Taxa de postura, peso do ovo e conversão alimentar de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco

Tratamento	Postura (%)	Peso ovo (g)	CA* (g/g ovos)	CA (kg/dz ovos)
100% FL: 0% CL	94,36±1,45	59,88±1,23	1,93±0,06	1,39±0,02
50% FL: 50% CL	94,44±1,66	60,82±1,61	1,94±0,05	1,41±0,04
40% FL: 60% CL	93,78±2,71	61,28±0,92	1,92±0,06	1,42±0,04
30% FL: 70% CL	92,96±2,32	59,93±0,59	1,96±0,10	1,44±0,07
20% FL: 80% CL	92,46±3,96	60,79±1,06	1,92±0,11	1,42±0,06
P-valor	0,643	0,175	0,489	0,721
%CV	2,795	1,881	-	3,714

Médias±desvio padrão *Medianas±desvio padrão.

Partiu-se da premissa de que com a inclusão do calcário pedrisco haveria um maior tempo de permanência do alimento no interior da moela, melhorando a digestibilidade dos nutrientes, porém os resultados demonstraram não haver efeitos sobre os índices zootécnicos de produção daquelas aves o que sugere que as galinhas ajustaram o consumo de cálcio de acordo com as exigências nutricionais independente da granulometria do calcário.

As variáveis tomadas como referência para ilustrar o padrão de qualidade da casca dos ovos neste experimento, gravidade específica, espessura da casca, número de poros e matéria mineral, são demonstradas na tabela 2. As variáveis, gravidade específica e espessura da casca mantiveram-se iguais entre os tratamentos sugerindo que a ausência ou a presença de calcário pedrisco não afetaram a qualidade da casca dos ovos. Segundo Roland (1986), a biodisponibilidade de cálcio é diretamente influenciada pela quantidade consumida e a granulometria do calcário, todavia os dados de gravidade específica e espessura da casca nos tratamentos com calcário fino e a associação do calcário fino com o calcário pedrisco não evidenciam nenhuma diferença. Murata et al. (2009) demonstraram que elevados níveis de cálcio na dieta aumentam linearmente a espessura da casca, independentemente das relações granulométricas do calcário nas dietas, resultados que demonstram não haver efeito positivo no uso de calcário pedrisco para essa variável de qualidade da casca dos ovos.

Ao avaliar a espessura da casca, Carnarius et al. (1996) verificaram que em ovos com casca íntegra tem-se uma menor dispersão (0,35mm a 0,41mm) do que em ovos trincados ou quebrados (0,28mm a 0,40mm), caracterizando uma perda de qualidade da casca respondendo por trincas e quebras, independente do tamanho da partícula e fontes de calcário, bem como níveis nutricionais de cálcio nas dietas. Os autores relatam que uniformidade da espessura da casca dos ovos é indicativo de qualidade da casca.

No presente estudo, tivemos uma espessura variando de 0,375 mm a 0,389 mm, ou seja, uma variabilidade com um intervalo menor daquele encontrado por Carnarius et al. (1996) o que nos leva a concluir uma uniformidade de espessura da casca, ratificando que a participação percentual do pedrisco não afetou a qualidade da casca ao longo do período estudado.

Para a variável número médio de poros observa-se que somente o tratamento com 70% de inclusão do pedrisco foi diferente do tratamento zero de inclusão, enquanto todos os demais tratamentos foram iguais, demonstrando que o número de poros não foi influenciado pela inclusão crescente do calcário pedrisco nas rações com 50%, 60%, 70% e 80%. Podemos afirmar que este item relativo à qualidade da casca, responsável por equilibrar a perda de líquido interno, não sofre influencia positiva devido às participações percentuais de pedrisco nas rações das galinhas poedeiras.

Tabela 2. Variáveis associadas a qualidade da casca de ovos de galinhas submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco

Tratamento	Gravidade Específica	Espessura (mm)	Poros (poros/cm ²)	Matéria mineral (%)
100 FL: 0 CL	1089±3,06	0,379±0,013	126±3,68 b	96,66±0,17 c
50 FL: 50 CL	1088±1,16	0,375±0,006	135±6,88 ab	96,80±0,18 bc
40 FL: 60 CL	1090±2,33	0,382±0,008	136±3,33 ab	97,09±0,15 a
30 FL: 70 CL	1090±1,37	0,389±0,010	138±4,00 a	97,06±0,07 ab
40 FL: 80 CL	1089±1,43	0,385±0,012	136±7,96 ab	97,01±0,13 ab
P-valor	0,323	0,198	0,018	<0,01
%CV	0,184	2,757	4,143	0,155

Médias±desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste Tukey a 0,05 de significância.

O calcário pedrisco influenciou a matéria mineral das cascas aumentando sua deposição, principalmente quando comparados o tratamento zero de inclusão com os tratamentos 60%, 70% e 80% de inclusão do calcário pedrisco, consistindo em num

resultado esperado quando da utilização do calcário. Lichovnikova (2007) sugeriu que o uso correto da fonte e do tamanho das partículas tem um efeito positivo na qualidade da casca.

A formação da casca é um processo dinâmico e dependente de vários fatores. Estudos (CHENG; COON, 1990; ZHANG; COON, 1997; RAO; ROLAND, 1990, LICHOVNIKOVA, 2007) evidenciam que, do ponto de vista nutricional, solubilidade *in vitro*, solubilidade *in vivo*, tamanho da partícula e fonte de cálcio interferem diretamente na qualidade da casca. O que se nota é que as ações conjuntas desses fatores resultam em uma casca de melhor qualidade. A deposição de matéria mineral no presente estudo ratifica o efeito da fonte, tamanho e solubilidade do calcário, mas a dependência de possíveis fatores não controlados podem ter influenciado os resultados encontrados para espessura, gravidade específica e deposição de cálcio nas cascas.

As diferentes relações de granulometrias do calcário não afetaram as variáveis de qualidade interna do ovo (tabela 3). O peso médio do ovo apresentado na tabela 3 corresponde à média de pesos individuais de todos os ovos íntegros coletados no último dia do final de cada ciclo de produção. Observa-se que o peso médio dos ovos de cada tratamento foi igual, demonstrando uma uniformidade no comportamento produtivo das galinhas. Há que destacar que as rações experimentais foram isoenergéticas e isonutrientes com o mesmo nível de cálcio (3,92%). Diferentemente, Murata et al. (2009) confirmaram efeito positivo no peso do ovo combinando diferentes níveis de cálcio e de calcário pedrisco. Os autores relataram que a utilização de 44,79% de calcário pedrisco e 4,55% de cálcio dietético resultou em maior peso do ovo. Como o calcário foi a principal fonte de cálcio oferecido, a despeito da qualidade da casca observa-se que a percentagem de casca manteve-se constante (12,38%) e assim podemos afirmar não ter havido um efeito do pedrisco sobre a deposição de casca. Este resultado corrobora com os resultados demonstrados na tabela 2, onde se verifica que a gravidade específica e a espessura da casca não variaram com as inclusões do calcário pedrisco.

Tabela 3. Variáveis relativas aos componentes e qualidade interna de ovos de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco

Tratamento	Peso ovo (g)	Casca (%)	Gema (%) [*]	Albúmen (%) [*]	IAlbúmen	UH
100 FL: 0 CL	59,80±1,27	12,40±0,39	26,85±1,31	61,49±3,71	0,770±0,03	85,08±1,20
50 FL: 50 CL	60,85±2,38	12,18±0,24	27,77±1,32	60,42±1,22	0,758±0,08	82,91±3,75
40 FL: 60 CL	60,67±2,60	12,42±0,38	26,15±2,15	61,28±1,88	0,777±0,10	83,28±4,10
30 FL: 70 CL	60,10±1,23	12,42±0,39	27,89±1,28	60,55±1,02	0,729±0,07	82,16±2,61
20 FL: 80 CL	60,54±1,75	12,50±0,50	27,24±1,30	60,15±1,63	0,781±0,06	83,87±2,48
P-valor	0,819	0,687	0,405	0,275	0,778	0,539
%CV	3,211	3,166	-	-	9,987	3,612

Médias± desvio padrão *Medianas± desvio padrão.

Na tabela 4, estão apresentados dados referentes ao comportamento digestivo das aves frente às diferentes granulometrias do calcário. O consumo de ração assim como a produção de excretas não foram afetadas pelas inclusões crescentes do calcário pedrisco. A digestibilidade da matéria seca e digestibilidade da proteína bruta foram similares independentes do tratamento. Boleli et al. (2002) propõem que a distensão da moela pela presença de partículas maiores de calcário na ração leva a um maior tempo de exposição das partículas do alimento à ação dos fluidos estomacais, resultando em uma maior taxa de digestibilidade ao longo do intestino delgado. No entanto, os resultados do presente estudo questionam a hipótese de que um maior tempo de residência de alimentos no interior da moela, determinado pela presença de grânulos de

calcário nas rações poderia melhorar a biodisponibilidade dos nutrientes presentes na ração.

Tabela 4. Consumo de ração (MS), produção de excretas (MS), digestibilidade da matéria seca (DMS), digestibilidade da proteína bruta (DPB) e minerais retidos no trato gastrointestinal de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco

Tratamentos	C.Ração (g)	Excreta (g)	D.MS (%)	DPB (%)	MM retido (%)	Ca retido (%)	P retido (%)
100FL:0 CL	2932,13±45,94	648,37±42,44	77,88±1,25	87,85±0,37	90,89±0,88	92,44±0,64	72,17±3,82
50 FL: 50 CL	2891,09±97,83	657,88±36,42	77,15±1,42	87,82±0,96	91,02±0,91	92,34±0,66	77,22±3,23
40 FL: 60 CL	2854,99±124,31	668,79±10,53	77,92±2,08	86,71±0,18	91,24±1,84	92,68±1,39	76,66±3,89
30 FL: 70 CL	2960,21±33,35	687,05±52,88	77,80±2,40	86,16±0,77	91,38±1,20	93,15±0,89	73,35±0,77
20 FL: 80 CL	2946,21±30,16	648,53±67,49	77,99±2,13	86,54±1,41	90,23±1,59	91,95±1,61	73,81±5,14
P-valor	0,382	0,808	0,970	0,083	0,775	0,642	0,274
%CV	2,694	7,135	2,457	1,050	1,477	1,203	4,918

Médias±desvio padrão.

Independente da proporção do calcário fino e pedrisco as aves apresentaram a mesma quantidade de minerais retidos no trato gastrointestinal (Tabela 4). Nas condições experimentais em se tratando da mesma fonte de cálcio, a menor solubilidade *in vitro* das partículas maiores não correspondeu a uma maior solubilidade *in vivo* dessa fonte mineral. Esses resultados contestam Rao e Roland (1990) que demonstraram uma relação inversa entre a percentagem de solubilidade *in vitro* e percentagem de solubilidade *in vivo* do calcário.

Nas aves mais velhas o efeito do calcário pedrisco foi maior para as variáveis de desempenho do que para as variáveis de qualidade da casca (SKRIVAN et al., 2010). Para os níveis de cálcio de 3,75%, 4,15% e 4,55% o calcário pedrisco não demonstrou efeito positivo no desempenho das aves e qualidade da casca dos ovos (Murata et al., 2009). No entanto, Zhang et al. (2017), sugerem que uma menor solubilidade *in vivo* (30% a 40%) e maior consumo de cálcio (3,9 g – 4,89 g hen⁻¹ dia⁻¹) tem um efeito positivo na qualidade da casca dos ovos no caso de aves mais velhas (77-94 semanas de idade). Segundo Garcia et al. (2012) a inclusão crescente do calcário pedrisco na ração de poedeiras em final de produção influenciaram negativamente as características de desempenho das aves (taxa de postura e conversão alimentar), sem efeito sobre a qualidade da casca dos ovos (espessura e gravidade específica). A partir dessas pesquisas utilizando diferentes níveis de cálcio e granulometrias do calcário não é possível padronizar uma recomendação do uso de calcário pedrisco na dieta de galinhas poedeiras.

Os resultados reforçam que diferentes granulometrias do calcário em uma dieta que atenda as exigências nutricionais das aves, principalmente com o nível de cálcio adequado a cada fase de produção não influenciaram diretamente na qualidade da casca. O que se nota é que as ações conjuntas de fatores como idade, condição fisiológica da ave, condição ambiental, solubilidade *in vitro* do calcário, a fonte e o nível de cálcio, entre outros, resultam em uma casca de melhor qualidade. Podemos conjecturar que o nível de cálcio e a composição nutricional da ração somado à condição fisiológica da ave podem ser mais determinantes do que o tamanho da partícula na residência do alimento no trato gastrointestinal.

Conclusões

As relações granulométricas testadas nesse estudo não foram capazes de gerar respostas consistentes na melhora da qualidade da casca dos ovos. Por isso questiona-se a viabilidade da inclusão de calcário pedrisco nos programas nutricionais de galinhas poedeiras comerciais. Mais trabalhos são necessários para elucidar a capacidade fisiológica da ave em ajustar a quantidade de cálcio absorvido de acordo com suas necessidades metabólicas.

Referências

- Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. Associação Brasileira da Indústria de Alimentação Animal. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. Métodos analíticos. In: *Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal*. São Paulo: Sindirações, 2009.
- Boleli, I. C.; Maiorka, A.; Macari, M. Estrutura funcional do trato digestório. In: Macari, M.; Furlan, R. L.; Gonzales, E. (Org.) **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jabotical: FUNEP/UNESP, 2002. p. 75-92.
- Carnarius, K. M.; Conrad, K. M.; Mast, M. G., Macneil, J. H. Relationship of eggshell ultrastructure and shell strength to the soundness of shell eggs. *Poultry Science*, Champaign, v. 75, n. 5, p. 656-663, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0750656>
- Cheng, T. K.; Coon, C. N. Effect of calcium source, particle size, limestone solubility in vitro, and calcium intake level on layer bone status and performance. *Poultry Science*, Champaign, v. 69, n. 12, p. 2214-2219, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0692170>
- Garcia, E. R. M., Batista, N. R., Cruz, F. K. da, Barbosa Filho, J. A. Granulometria do calcário: desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras em final de produção. *Zootecnia Tropical*, Maracay, v. 30, n. 4, p. 311-316, 2012
- Hamilton, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. *Poultry Science*, Champaign, v. 61, n. 10, p. 2022-2039, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0612022>
- Haugh, R. R. The Haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg & Poultry Magazine*, Mount Morris, v.43, p. 552-555, 1937.
- HyLine W-36 Poedeiras Comerciais. Manual de Manejo. HyLine International. 2015. 44 p.
- Keshavarz, K. Nakajima, S. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. *Poultry Science*, Champaign. v. 72, n. 1, p. 144-153, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0720144>
- Lichovnikova, M. The effect of dietary calcium source, concentration and particle size on calcium retention, eggshell quality and overall calcium requirement in laying hens. *British Poultry Science*, London, 2007, v. 48, n. 1 p.71-75, 2007. Disponível em : <https://doi.org/10.1080/00071660601148203>
- Lohmann LSL-LITE Poedeiras. Manual de Manejo – Alojamento em Gaiolas. Lohmann TierzuchtGmbH. 2016. 48 p.
- Murata, L. S.; Arikí, J.; Santana, A. P.; Jardim Filho, R. M. Níveis de cálcio e granulometria do calcário sobre o desempenho e a qualidade da casca de ovos de poedeiras comerciais. *Biotemas*, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 103-110, ago. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n1p103>

Phirinyane, T. B.; Moreki, J. C.; Van der Merwe, H. J.; Hayes, J. P. Effect of dietary different ratios of coarse and fine limestone particles on egg production and eggshell quality of laying hens at peak production. *Research Opinions in Animal & Veterinary Sciences*, Izatnagar, v. 1, n. 6, p. 334-338, 2011.

Rao, K. S.; Roland, D. A. *In vivo* limestone solubilization in commercial Leghorns: Role of dietary calcium level, limestone particle size, *in vitro* limestone solubility rate and the calcium status of the hen. *Poultry Science*, Champaign, v. 69, n. 12, p. 2170-2176, 1990.
<https://doi.org/10.3382/ps.0692170>

Roland, D. Eggshell quality IV: oystershell versus limestone and the importance of particle size or solubility of calcium source. *World's Poultry Science Journal*, Cambridge, v.42, n.2, p.166-171, 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.1079/WPS19860013>

Skřivan, M.; Marounek, M.; Bubancova, I.; Podsedníček, M. Influence of limestone particle size on performance and egg quality in laying hens aged 24–36 weeks and 56–68 weeks. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 158, n. 1-2, p.110–114, 2010.
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.018>

Zhang, B.; Coon, C.N. The relationship of calcium intake, source, size solubility in vitro and in vivo, and gizzard limestone retention in laying hens. *Poultry Science*, Champaign. v. 76, n. 12, p. 1702-1706, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ps/76.12.1698>

CAPÍTULO III

(Redigido de acordo com as normas do periódico Semina: Ciências Agrárias)

1 **INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE PARTÍCULA E DE DIFERENTES RELAÇÕES**
 2 **GRANULOMÉTRICAS DO CÁLCÁRIO SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE**
 3 **GALINHAS POEDEIRAS**

4 **INFLUENCE OF THE PARTICLE SIZE AND DIFFERENT GRANULOMETRIC RATIO OF THE**
 5 **LIMESTONE ON THE PERFORMANCE AND QUALITY OF EGGS OF LAYING HENS**

6
 7 Veridiana Aparecida Limão¹, Evandro de Abreu Fernandes², Raquel Faria Dias³
 8

9 **Resumo**

10 A biodisponibilidade do cálcio ao longo do tubo gastrintestinal da ave pode variar dependendo da fonte e
 11 tamanho de partículas utilizadas na ração. A recomendação do uso de partículas maiores das fontes de cálcio
 12 para galinhas é antiga, porém os resultados de pesquisa ainda se mostram inconsistentes. Este trabalho
 13 objetivou comparar diferentes granulometrias de pedrisco de calcário calcítico na ração de galinhas poedeiras
 14 avaliando a qualidade das cascas de ovos, além da qualidade interna e produtividade. Foram avaliadas 120
 15 galinhas poedeiras da linhagem Lohmann LSL no período de 56 a 63 semanas de idade. As aves foram
 16 distribuídas de maneira aleatória, sendo divididas em quatro tratamentos e seis repetições, com cinco aves
 17 por repetição. Os tratamentos foram T1: 100% calcário fino (FL- 0,103 mm); T2: 50% FL e 50% calcário
 18 médio 1 (ML-1 0,555 mm); T2: 50% FL e 50% calcário médio 2 (1,836 mm); T4: 50% FL e 50% calcário
 19 pedrisco (CL- 2,867 mm). As diferentes relações granulométricas e tamanhos de partículas do calcário não
 20 determinaram diferenças nas variáveis de qualidade da casca do ovo entretanto observou-se diferenças na
 21 quantidade de minerais retidos no trato gastrintestinal das aves. As diferentes inclusões de calcário pedrisco
 22 podem ter modificado a capacidade de absorção dos minerais no organismo da ave, mas a partir dos
 23 resultados encontrados nesse estudo não é possível afirmar uma relação direta com o tamanho de partículas,
 24 mas deixa evidências de que a granulometria do calcário deve estar num nível médio (DGM 0,555mm), para
 25 se obter o melhor resultado em relação ao incremento do tamanho das partículas.

26
 27 **Palavras-chave:** biodisponibilidade, cálcio, manejo nutricional, qualidade de casca

28
 29 **Abstract**

30 The bioavailability of calcium along the gastrointestinal tube of the laying may vary depending on the source
 31 and particle size used in the feed. The recommendation for the use of larger particles of calcium sources for
 32 layers is old, but the research results are still inconsistent. The objective of this work was to compare
 33 different granulometry of coarse limestone in the laying hens ration, evaluating the eggshell quality, as well
 34 as internal quality and productivity. A total of 120 laying hens of the Lohmann LSL line were evaluated from
 35 56 to 63 weeks of age. The laying were randomly distributed and divided into four treatments and six
 36 replicates, with five birds per replicate. The treatments were T1: 100% fine limestone (FL-0.103 mm); T2:
 37 50% FL and 50% medium limestone 1 (ML-1 0.555 mm); T3: 50% FL and 50% medium limestone 2 (ML-2
 38 1,836 mm); T4: 50% FL and 50% coarse limestone (CL- 2.877 mm). The different granulometry and particle
 39 size of the limestone did not determine differences in eggshell quality variables, with differences in the
 40 amount of minerals retained in the gastrointestinal tract of laying. The different inclusions of coarse
 41 limestone may have altered the absorption capacity of the minerals in the laying's organism, but from the
 42 results found in this study it is not possible to assert a direct relation with the particle size, but cue evidence
 43 that the limestone granulometry must be at a medium level (DGM 0.555mm), in order to obtain the best
 44 result in relation to the increase of the particle size.

45
 46 **Key words:** bioavailability, calcium, eggshell quality, nutritional management
 47
 48
 49
 50

51 **Introdução**

52 Os primeiros estudos com a utilização de casca de ostras como fonte alternativa de cálcio
53 mostraram que a forma física dessa fonte de cálcio poderiam de alguma forma influenciar a taxa de
54 solubilidade do cálcio e conseqüentemente sua biodisponibilidade para formação da casca do ovo
55 (ROLAND, 1986). Entretanto, o que se nota é que ainda hoje não existe consistência nos resultados de
56 pesquisa em mostrar melhora na produtividade e qualidade dos ovos com o uso de diferentes fontes de cálcio
57 e tamanhos de partículas.

58 A relação inversa entre a taxa de solubilidade *in vitro* e taxa de solubilidade *in vivo* do calcário,
59 mostrou-se determinante na absorção dos íons cálcio ao longo do intestino delgado (RAO; ROLAND, 1990).
60 A liberação mais lenta e constante do cálcio ao longo do trato gastrintestinal resulta em diminuição dos
61 gastos energéticos com a deposição óssea, permitindo melhor fluxo deste mineral para a casca do ovo e
62 economia de energia no metabolismo (ZHANG; COON, 1997a). Esse processo indica uma flexibilidade do
63 sistema digestório da galinha em adaptar-se a diferentes granulometrias das dietas, em especial da fonte de
64 cálcio, mostrando ser possível mudança nas características morfofuncionais do trato gastrintestinal para
65 maximizar áreas de digestão e absorção (BOLELI et. al, 2002).

66 A biodisponibilidade de cálcio é diretamente influenciada pela quantidade consumida e granulometria
67 do calcário e pode ser afetada, entre outros fatores, pela relação com outros nutrientes especialmente o
68 fósforo e a vitamina D3, pela solubilidade do carbonato de cálcio e pela habilidade da ave em ajustar o
69 consumo de ração para atender suas exigências de cálcio (ROLAND, 1986). Galinhas poedeiras recebendo
70 fontes de cálcio com diferentes taxas de solubilidades *in vitro* (14% a 85%) apresentaram diferenças na
71 utilização do cálcio proveniente da ração para a formação da casca do ovo. O uso de diferentes fontes de
72 cálcio (calcário fino e pedrisco, casca de ovo e casca de ostra) resultou em diferentes proporções de cálcio
73 depositado na casca, sendo a fonte de menor taxa de solubilidade *in vitro* a que resulta em maior participação
74 do cálcio da ração na casca do ovo (LICHOVNIKOVA, 2007).

75 Os hormônios paratormônio e calcitonina e a forma ativa da vitamina D atuam na regulação dos
76 níveis plasmáticos de cálcio por meio da interação com o tecido ósseo, intestinal e renal para uma eficiente
77 homeostase do cálcio no organismo. O epitélio intestinal é a principal via de absorção do cálcio proveniente
78 da ração, os rins regulam a excreção de íons cálcio e fosfato na urina e os ossos longos atuam como um
79 reservatório ativo de cálcio no organismo (MUNDY; GUISE, 1999; HOENDEROP et al., 2005; GYNTON,
80 2006). Uma rápida solubilização do cálcio ao longo do trato gastrintestinal pode promover uma elevação do
81 nível plasmático desse mineral estimulando a secreção de calcitonina, que atua inibindo a reabsorção renal
82 resultando na excreção aumentada de cálcio (GOFF, 2006).

83 Este trabalho objetivou comparar diferentes granulometrias de calcário calcítico pedrisco na ração de
84 galinhas poedeiras avaliando a qualidade das cascas de ovos, além da qualidade interna e produtividade.

85

86

87

88 **Material e Métodos**

89 O estudo foi realizado nos meses de abril a junho de 2016 na Granja de Experimentação de Aves, na
90 Fazenda do Glória da Universidade Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia-MG. O experimento
91 foi conduzido durante oito semanas e foi dividido em dois ciclos de produção de 28 dias com um intervalo de
92 15 dias entre ciclos. Os procedimentos experimentais utilizados no estudo foram aprovados pela Comissão
93 de Ética na Utilização de Animais sob o protocolo de registro CEUA/UFU 110/15.

94 Foram alojadas 120 galinhas poedeiras da linhagem Lohmann LSL com 56 semanas de idade. As
95 aves foram distribuídas de maneira aleatória, sendo divididas em quatro tratamentos e seis repetições, com
96 cinco aves cada. As gaiolas eram de arame galvanizado nas dimensões 50 x 45 cm, resultando numa
97 densidade de 450 cm² ave⁻¹, equipadas com comedouro linear na região frontal e bebedouros do tipo Nipple
98 na porção superior. As aves receberam 17 horas de luz entre luz natural e artificial (12 lux m⁻²) e água *ad*
99 *libitum*.

100 Os tratamentos foram baseados na granulometria comercial de calcários: T1: 100% calcário fino
101 (FL- 0,103 mm); T2: 50% FL e 50% calcário médio 1 (ML-1 0,555 mm); T3: 50% FL e 50% calcário médio
102 2 (ML-2 1,836 mm); T4: 50% FL e 50% calcário pedrisco (CL- 2,867 mm), sendo utilizado calcários
103 originários da mesma fonte industrial. A partir da análise granulométrica, determinou-se diâmetro geométrico
104 médio das partículas do calcário fino e pedrisco e das rações experimentais com auxílio do software
105 GranuCalc® da Embrapa. Foi tomada como referência a metodologia de Zhang e Coon (1997b) para
106 determinação da taxa de solubilidade *in vitro* dos calcários fino e pedrisco. As rações foram isoenergéticas e
107 isonutrientes tendo como referência às recomendações da linhagem: Energia metabolizável 2740 kcal/kg,
108 Proteína bruta 17%, Metionina digestível 0,31%, Met+cis digestível 0,54%, Lisina digestível 0,81%,
109 Treonina digestível 0,59%, Triptofano digestível 0,18%, Ca 3,92% e Pd 0,43%. As aves receberam uma
110 oferta diária de 110 gramas de ração fracionada em 40% no período da manhã e 60% no período da tarde.

111 Os ovos eram colhidos duas vezes ao dia, contados e pesados diariamente. Para o cálculo dos
112 indicadores de desempenho tomou-se como base o somatório de todo o período experimental (56 dias). A
113 taxa de postura foi calculada em relação ao total de ovos produzidos dividido pelo número total de aves e
114 assim determinado o percentual médio de ovos produzidos por tratamento. O peso médio dos ovos foi
115 calculado em gramas de ovos produzidos pelo número total de ovos produzidos.

116 Durante a última semana de cada ciclo de produção foi conduzido um ensaio de metabolismo para
117 determinar a digestibilidade das frações protéicas e mineral das rações de cada tratamento. Coletaram-se as
118 excretas por cinco dias consecutivos de quatro repetições (gaiola) por tratamento. As gaiolas eram equipadas
119 com uma bandeja de aço previamente preparada e revestida com plástico para o recolhimento das excretas e
120 o método utilizado foi o de coleta total de excretas.

121 O consumo de ração foi determinado pela diferença entre a quantidade total de ração oferecida ao
122 longo do ensaio e a sobra nos comedouros retirada no último dia de coleta. As sobras ao longo do ensaio
123 eram pesadas diariamente, mas não era descartada apenas completava-se para a oferta diária de 110 g. A
124 conversão alimentar foi expressa em gramas de ração por dúzia e massa (g) de ovos produzidos.

125 Foram determinados os teores de matéria seca, proteína bruta, matéria mineral, cálcio e fósforo das
 126 rações e das excretas tendo como referência o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (BRASIL,
 127 2009). Na metodologia de determinação do cálcio nas rações e excretas adotou-se a equação:
 128

$$\text{Ca} = \frac{0,05 * 4,008 * V}{P}$$

129

130 Onde,

131 V= volume gasto de EDTA para titulação,

132 P= peso da amostra.

133

134 Foram utilizadas as amostras de cinzas das rações e excretas que foram diluídas em 20 mL de
 135 solução de HCl 1:1, transferida para balão volumétrico de 100 mL e completado o volume com água
 136 destilada. Após foi retirado alíquota de 20 mL transferido para béquer de 40 mL para repouso e
 137 posteriormente filtrado em um Erlemayer de 500 mL, completado o volume até 300 mL para titulação com
 138 solução de EDTA 0,02 N. Para a determinação do fósforo nas rações e excretas foi feita a mesma diluição
 139 inicial na determinação do cálcio, transferida para balão volumétrico de 100 mL e completado o volume com
 140 água destilada. Após foi pipetado a alíquota de 5 mL e transferido para o balão volumétrico de 50 mL
 141 completado o volume com água destilada. Foi feita a leitura de absorvância das amostras com auxílio de
 142 espectrofotômetro de absorção atômica. Para determinação do fósforo utilizou-se a equação:
 143

$$P = \frac{A * 1000 * DT * FC}{10000}$$

144

145 Onde,

146 A= absorvância em espectrofotômetro a 420 nm,

147 DT= diluição total,

148 DT= D1* D2 ($D1 = \frac{300}{20}$, $D2 = \frac{50}{5} = 10$),

149 FC= fator de correção (0,0282).

150

151 No último dia de cada ciclo de produção todos os ovos íntegros produzidos por cada repetição foram
 152 imersos em baldes plásticos com soluções salinas de densidades 1.070, 1.075, 1.080, 1.085, 1.090, 1.095 e
 153 1.100. Por fim, determinou-se a gravidade específica tendo como referência a metodologia de Hamilton
 154 (1982). Foram separados e devidamente identificados três ovos por repetição, num total de 18 ovos por
 155 tratamento para as análises no Laboratório de Análise de Matéria Prima e Ração da Faculdade de Medicina
 156 Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia (LAMRA). Os ovos foram individualmente pesados em
 157 balança de precisão (0,05 g), posteriormente quebrados e seu conteúdo (gema+albúmen) colocado numa
 158 superfície plana. Com o auxílio de um paquímetro digital determinou-se a altura da gema (mm), altura do

159 albúmen denso (mm), diâmetro da gema (mm) e diâmetro do albúmen denso (mm). Após as medidas foram
 160 pesados separadamente casca, gema e por diferença entre o peso do ovo e o somatório do peso da casca e
 161 gema determinou-se o peso do albúmen. O índice de albúmen foi calculado pela relação diâmetro e altura. As
 162 medidas de peso do ovo (W) e altura do albúmen denso (H) foram utilizadas para o cálculo de Unidade
 163 Haugh (HAUGH, 1937) a partir da fórmula:

$$UH = 100 * \log\left(\frac{W}{H} + 7,51 - 1,7 * \frac{W}{H}\right)$$

165
 166 Com o auxílio de um micrômetro foi feita a medida da espessura dos pólos maior, menor e meridiano
 167 do ovo para determinar a espessura média da casca. O número médio de poros foi determinado após a
 168 remoção da membrana interna das cascas e coloração da parte interna com solução de azul de metileno para
 169 facilitar a visualização dos poros. Fragmentos de casca de 1x1 cm² foram delimitados dos pólos maior,
 170 menor e meridiano, e com auxílio de uma lupa foi feita a contagem dos poros. A partir dos valores obtidos
 171 nos pólos maior, menor e meridiano foi calculada a média aritmética de poros de cada ovo.

172 O teor de matéria mineral das cascas foi determinado segundo metodologia proposta pelo
 173 Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (BRASIL, 2009). O teor de cálcio da casca foi determinado
 174 pelo método de digestão nitro-perclórica no Laboratório de Análises de Solo (LABAS) da Universidade
 175 Federal de Uberlândia. As amostras foram moídas, pesados 0,1 gramas e adicionados 6 mL da solução nitro-
 176 perclórica na proporção de 8:1 (ácido nítrico: ácido perclórico) para ao final da digestão obter um extrato
 177 claro com mais ou menos 1 mL. Depois de resfriados foram acrescentados a cada extrato 50 mL de água
 178 destilada a 60°C e homogeneizado. Em sequência, preparou-se uma solução com 0,5 mL do extrato, 2,5 mL
 179 de óxido de lantano a 5% e 22 mL de água destilada para leitura do mineral cálcio em espectrofotômetro de
 180 absorção atômica, modalidade chama. Para calibração do espectro foi utilizado um padrão foliar.

181 Os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias,
 182 ambos a 0,05 de significância. Em seguidas foram submetidos à análise de variância ANOVA e as médias
 183 comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Para os dados que não seguiram a premissa de
 184 normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal
 185 Wallis a 0,05 de significância.

186 187 **Resultados e Discussão**

188
 189 Os diferentes tamanhos de partículas do calcário pedrisco nas dietas experimentais não influenciaram
 190 o desempenho produtivo das galinhas poedeiras, avaliados por meio da taxa de postura, peso do ovo e
 191 conversão alimentar (Tabela 1). Considerando a média de idade das aves de 60 semanas, independente do
 192 tratamento, foi possível manter o índice produtivo de acordo com o manual da linhagem (média geral de
 193 90,99%).

194 A partir desses resultados não é possível afirmar que as partículas maiores de calcário têm efeito
 195 positivo para as variáveis de desempenho. Iqbal et al. (2017) confirmam que variáveis como percentual de
 196 casca, espessura da casca e gravidade específica são influenciadas pelo peso do ovo, corroborando com os
 197 resultados deste estudo, onde não foram encontradas diferenças entre o peso dos ovos (Tabela 2). Murata et
 198 al. (2009), utilizando níveis de cálcio de 3,75% a 4,55%, verificaram que apenas o uso de calcário pedrisco
 199 não proporcionou aumento do peso médio dos ovos, e sim a interação entre níveis de cálcio e as diferentes
 200 relações granulométricas do calcário. Cabe ressaltar que as rações deste experimento tinham o mesmo de
 201 nível de cálcio (3,92%).

202

203 **Tabela 1.** Variáveis de desempenho de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes granulometrias
 204 da fonte de cálcio (calcário)

Tratamento	Postura (%)	Peso ovo (g)	CA (g/g ovos)	CA* (kg/dz ovos)
100 FL	91,84±6,55	62,90±1,01	2,58±0,21	1,88±0,14
FL: ML-1	86,65±9,21	62,13±1,98	2,63±0,21	1,88±0,13
FL: ML-2	92,42±5,51	60,49±2,20	2,60±0,15	1,90±0,12
FL: CL	92,91±6,90	63,18±1,32	2,37±0,14	1,87±0,16
P-valor	0,421	0,083	0,123	0,882
%CV	7,886	2,716	7,321	-

205 Médias± desvio padrão *Medianas± desvio padrão.

206

207 As variáveis relativas à qualidade da casca dos ovos, gravidade específica, espessura da casca,
 208 número de poros, matéria mineral e cálcio são demonstradas na tabela 2. A casca dos ovos no tratamento FL:
 209 ML-2 apresentou número de poros inferior aos demais tratamentos, comparados daquelas dietas com calcário
 210 de granulometria maior (FL: ML-1 e FL: CL). Os resultados não nos permitem afirmar que a variável
 211 número de poros na casca sofreu influência direta do tamanho de partículas do calcário.

212

213 **Tabela 2.** Variáveis de qualidade da casca de ovos de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes
 214 granulometrias da fonte de cálcio (calcário)

Tratamento	Gravidade Específica	Espessura (mm)	Poros (poros/cm ²)	Matéria mineral (%)	Cálcio* (%)
100 FL	1085±2,50	0,390±0,008	134±8,10 a	96,97±0,21	41,24±1,16 b
FL: ML-1	1085±3,10	0,395±0,008	136±4,87 a	97,00±0,13	46,27±3,04 a
FL: ML-2	1087±1,35	0,402±0,008	124±7,78 b	96,99±0,16	43,88±0,83 ab
FL: CL	1086±1,03	0,401±0,005	135±2,85 a	96,92±0,09	45,07±1,56 a
P-valor	0,255	0,056	0,012	0,817	<0,01
%CV	0,199	1,977	4,742	0,161	-

215 Médias± desvio padrão. *Medianas± desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem
 216 pelo teste Tukey a 0,05 de significância. *Medianas seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste
 217 Kruskal Wallis a 0,05 de significância.

218

219 A substituição de 50% de calcário fino (DGM 0,103 mm) para a inclusão de um calcário com
 220 granulometria maior (DGM 0,555) influenciou a deposição de cálcio na casca. O mesmo foi observado nos
 221 tratamentos FL: ML-2 (DGM 1,836) e FL: CL (DGM 2,867) que, por outro lado, foram semelhantes entre si,
 222 demonstrando assim que o incremento da concentração de cálcio na casca observada com o calcário de DGM
 223 0,555 foi mantida mesmo com o aumento do tamanho do pedrisco, sugerindo que não há motivo para o uso

224 de granulometrias ML-1 e ML-2, já que granulometrias maiores no calcário pedrisco são de grande
 225 abrasividade para os equipamentos de mistura de ração. A casca do ovo é composta de 94% de carbonato de
 226 cálcio na forma de calcita, 1% de carbonato de magnésio, 1% de fosfato de cálcio e 4% de material orgânico
 227 (HUNTON, 2005), ou seja, o cálcio é o mineral de maior proporção na composição mineral da casca do ovo.
 228 Os resultados indicam que nas condições experimentais apresentadas neste trabalho o aumento no tamanho
 229 de partículas do calcário não foi eficaz para determinar diferenças naquelas variáveis de qualidade da casca
 230 do ovo, exceto na concentração de cálcio.

231 Nos últimos anos, as empresas de genética de galinhas poedeiras comerciais tem recomendado
 232 inclusive o uso de pedrisco nas rações com o avançar da idade. O presente experimento contradiz essa
 233 recomendação que leva em consideração uma menor taxa de solubilidade *in vivo* do calcário pedrisco e uma
 234 maior absorção dos íons cálcio ao longo do tubo gastrintestinal que resultaria em maior biodisponibilidade
 235 do cálcio para formação da casca do ovo.

236 As variáveis relativas aos componentes estruturais dos ovos (tabela 3), casca, albúmem e gema
 237 mantiveram-se constantes em relação ao peso do ovo, assim, como as variáveis relativas a qualidade interna
 238 unidade Haugh e índice de albúmem demonstrando que as diferentes granulometrias do calcário não
 239 influenciaram os seus constituintes e a qualidade interna dos ovos.

240

241 **Tabela 3.** Variáveis relativas aos componentes e qualidade interna de ovos de galinhas poedeiras submetidas
 242 a rações com diferentes granulometrias da fonte de cálcio (calcário)

Tratamento	Peso ovo (g)	Casca (%)	Gema (%)	Albúmen (%)	IAlbúmen	UHaugh
100 FL	62,17±2,14	12,64±0,63	28,00±0,74	59,35±1,00	0,689±0,02	80,04±1,75
50 FL: 50 ML-1	61,87±2,69	12,70±0,62	27,44±0,85	59,85±0,69	0,694±0,04	79,18±2,09
50 FL: 50 ML-2	61,61±2,21	13,17±0,43	27,56±1,04	59,25±1,06	0,707±0,04	80,35±2,19
50 FL: 50 CL	63,45±1,70	12,69±0,33	27,08±1,24	60,22±1,03	0,699±0,06	79,88±2,20
P-valor	0,504	0,279	0,471	0,292	0,919	0,793
%CV	3,564	4,085	3,599	1,612	6,753	2,589

243 Estas variáveis são relativas as amostras trabalhadas no laboratório. Médias± desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem
 244 pelo teste Tukey a 0,05 de significância.

245

246 Na tabela 4 estão apresentados dados relativos ao comportamento digestivo das aves frente às
 247 diferentes granulometrias do calcário, que de forma direta também influenciaram o DGM das rações em cada
 248 tratamento, haja vista, que o calcário tinha uma parcela de 8% das rações. A partir da análise granulométrica
 249 da ração foram encontrados DGM de 1127µm, 1165µm, 1309 µm e 1322 µm e para os resultados de taxa de
 250 solubilidade *in vitro* do calcário foi encontrado os valores de 87,70%, 66,80%, 63,09% e 63,14%
 251 respectivamente na ordem dos tratamentos apresentados na tabela.

252 Este experimento partia da hipótese de que a presença de pedrisco de tamanhos crescentes poderia
 253 influenciar no transito intestinal concorrendo para um maior aporte de cálcio e um incremento no coeficiente
 254 de digestibilidade da ração, no entanto, as variáveis consumo de ração, produção de excretas, digestibilidade
 255 da matéria seca e da proteína mantiveram constantes independentemente da participação de calcário pedrisco
 256 de tamanhos crescentes, substituindo 50% do calcário formulado nas rações.

257 Observa-se que o tamanho das partículas do calcário influenciou na quantidade de minerais retidos
 258 por meio do trato gastrintestinal das aves, com destaque para a associação de calcário fino (FL) e o calcário

259 médio (ML-1 0,555 mm), tratamento FL: ML-1, que ratifica o resultado de maior concentração de cálcio na
 260 casca observado na tabela 2. Mais uma vez este resultado vem demonstrar que a associação (50:50) com o
 261 calcário de granulometria média baixa é o essencial para aumentar a taxa de retenção da matéria mineral do
 262 cálcio e fósforo. Por outro lado, demonstra ainda que granulometrias maiores acabam comprometendo a taxa
 263 de retenção como está evidenciado no tratamento FL:CL que apresentam a menor taxa de retenção de
 264 matéria mineral e cálcio (Tabela 4).

265
 266 **Tabela 4.** Consumo de ração (MS), produção de excretas (MS), digestibilidade da matéria seca (DMS),
 267 digestibilidade da proteína bruta (DPB) e minerais retidos no trato gastrointestinal de galinhas poedeiras
 268 submetidas a rações com diferentes granulometrias da fonte de cálcio (calcário)

Tratamento	CR* (g)	Excreta (g)	DMS (%)	DPB (%)	MM.r (%)	Ca.r (%)	P.r (%)
100 FL	2507,0±12,5	590,0±52,0	76,4±2,11	88,6±1,83	90,3±1,83ab	92,9±1,38a	71,7±4,17b
FL: ML-1	2513,9±13,7	589,7±43,8	76,4±1,65	89,8±1,31	91,5±1,45a	93,6±0,88a	78,6±2,22a
FL: ML-2	2502,6±4,9	644,9±26,4	74,2±1,01	87,6±0,77	88,7±0,97ab	91,4±0,82ab	72,8±1,83ab
FL: CL	2493,2±4,6	625,4±62,3	74,9±2,46	87,7±1,74	87,2±2,07b	89,9±1,68b	72,9±3,65ab
P-valor	0,238	0,325	0,291	0,177	0,016	<0,01	0,034
%CV	-	8,222	2,506	1,646	1,832	1,352	4,222

269 Médias± desvio padrão *Medianas± desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste Tukey a 0,05 de significância.

270

271 ROLAND (1986) afirmou que o maior aproveitamento do cálcio da dieta está intimamente ligado a
 272 quantidade consumida e granulometria do calcário e conclui que o fornecimento de calcário pedrisco na
 273 ração possibilitaria maior disponibilidade de cálcio para a formação da casca do ovo, evitando a mobilização
 274 óssea e reduzindo os gastos energéticos com a deposição óssea. Este achado corrobora com a hipótese
 275 proposta no presente estudo, mas deixa evidências de que a granulometria do calcário deve estar num nível
 276 médio, como por exemplo um DGM 0,555mm, para se obter o melhor resultado em relação ao incremento
 277 do tamanho das partículas.

278 Vale ainda ressaltar a dificuldade na padronização das metodologias de determinação de minerais,
 279 pouco elucidadas nos trabalhos científicos que dificultam a unificação dos resultados para comparação e
 280 discussão. Também o grau de fragilidade dessas metodologias que utilizam uma pequena fração de amostra,
 281 sendo sequencial com várias diluições.

282 Conclui-se com este trabalho a necessidade de mais estudos para elucidar a capacidade fisiológica da
 283 ave em ajustar a quantidade de cálcio da ração para a formação da casca do ovo.

284

285 Referências

- 286 Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação
 287 Animal. Associação Brasileira da Indústria de Alimentação Animal. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal.
 288 Métodos analíticos. In: *Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal*. São Paulo: Sindirações, 2009.
- 289 Boleli, I. C.; Maiorka, A.; Macari, M. Estrutura funcional do trato digestório. In: Macari, M.; Furlan, R. L.;
 290 Gonzales, E. (Org.) **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jabotical: FUNEP/UNESP, 2002. p. 75-
 291 92.
- 292 Goff, J. P. *Minerais. Fisiologia dos Animais Domésticos*. Editado por Reece, W. O. Guanabara Koogan,
 293 2006, 532-555 p.

- 294 Guyton, A. C.; Hall, A. J. E. *Tratado de Fisiologia Médica* – 11^a ed. Elsevier: Rio de Janeiro, 2006. 632 p.
- 295 Hamilton, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. *Poultry Science*,
296 Champaign, n. 61, p. 2022-2039, 1982.
- 297 Haugh, R. R. The Haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg& Poultry Magazine*, Mount
298 Morris, v.43, p. 552-555, 1937.
- 299 Hoenderop, J. G. L.; Nilius, B.; Bindels, R. J. M. Calcium absorption across epithelia. *Physiological*
300 *Reviews*, Baltimore, n.35, p.373-422, 2005.
- 301 Hunton, P. Research on eggshell structure and quality: an historical overview. *Brazilian Poultry Science*,
302 Champaign, n. 7, p. 67-71, 2005.
- 303 Iqbal, J.; Mukhtar, N.; Rehman, Z. U.; Khan, S. H.; Ahmad, T.; Anjum, M. S.; Pasha, R. H.; Umar, S. Effects
304 of egg weight on egg quality, chick quality and broiler performance at the later stages of production (week
305 60) in broiler breeders. *Journal of Applied Poultry Research*, Champaign, v. 26, n. 2, p. 183- 191, 2017.
- 306 Lichovnikova, M. The effect of dietary calcium source, concentration and particle size on calcium retention,
307 eggshell quality and overall calcium requirement in laying hens. *British Poultry Science*, London, v. 48, n. 1
308 p.71-75, 2007.
- 309 Mundy, G. R.; Guise, T. A. Hormonal control of calcium homeostasis. *Clinical Chemistry*, Baltimore, v.45,
310 p.1347-1352, 1999.
- 311 Murata, L. S.; Joji, A.; Santana, A. P.; Jardim Filho, R. M. Níveis de cálcio e granulometria do calcário sobre
312 o desempenho e a qualidade da casca de ovos de poedeiras comerciais. *Biotemas*, Florianópolis, v. 22 n. 1, p.
313 103- 110, 2009.
- 314 Rao, K. S.; Roland, D. A. *In vivo* limestone solubilization in commercial Leghorns: Role of dietary calcium
315 level, limestone particle size, *in vitro* limestone solubility rate and the calcium status of the hen. *Poultry*
316 *Science*, Champaign, n. 69, p. 2170-2176, 1990.
- 317 Roland, D. Eggshell quality IV: oystershell versus limestone and the importance of particle size or solubility
318 of calcium source. *World's Poultry Science Journal*, Cambridge, v.42, n.2, p.166-171, 1986.
- 319 Zhang, B.; Coon, C.N. The relationship of calcium intake, source, size solubility *in vitro* and *in vivo*, and
320 gizzard limestone retention in laying hens. *Poultry Science*, Champaign. v. 76, p. 1702-1706, 1997a
- 321 Zhang, B.; Coon, C.N. Improved *in vitro* methods for determining limestone and oyster shell solubility.
322 *Journal of Applied Poultry Research*, Savoy, v. 6, p. 94-99, 1997b
323
- 324
- 325
- 326
- 327
- 328
- 329
- 330
- 331
- 332
- 333
- 334
- 335

ANEXO A

Protocolo de Aprovação do Comitê de ética - UFU



Universidade Federal de Uberlândia
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Comissão de Ética na Utilização de Animais (CEUA)
Rua Ceará, S/N - Bloco 2T, sala 113 – CEP 38405-315
Campus Umuarama – Uberlândia/MG – Ramal (VoIP) 3423;
e-mail: ceua@propp.ufu.br; www.comissoes.propp.ufu.br

ANÁLISE FINAL Nº 193/15 DA COMISSÃO DE ÉTICA NA UTILIZAÇÃO DE ANIMAIS PARA O PROTOCOLO REGISTRO CEUA/UFU 110/15

Projeto Pesquisa: "Produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras submetidas a diferentes granulometrias de calcário na dieta".

Pesquisador Responsável: Prof. Evandro de Abreu Fernandes

O protocolo não apresenta problemas de ética nas condutas de pesquisa com animais nos limites da redação e da metodologia apresentadas. Ao final da pesquisa deverá encaminhar para a CEUA um relatório final.

SITUAÇÃO: PROTOCOLO DE PESQUISA APROVADO.

OBS: O CEUA/UFU LEMBRA QUE QUALQUER MUDANÇA NO PROTOCOLO DEVE SER INFORMADA IMEDIATAMENTE AO CEUA PARA FINS DE ANÁLISE E APROVAÇÃO DA MESMA.

Uberlândia, 11 de novembro de 2015.

Prof. Dr. César Augusto Garcia
Coordenador da CEUA/UFU

ANEXO B

Normas do Periódico: Enciclopédia Biosfera

1) Forma de apresentação: O Trabalho deverá ser apresentado de forma completa – Digitado em formato DOC (**não sendo aceito formato DOCX, PDF ou outro**), contendo Título, nome(s) completo(s) do(s) autor(es) (sem abreviações), e-mail do autor principal, incluindo instituição de origem, cidade e país.

2) O trabalho deve ter: resumo em língua portuguesa, palavras-chave (em ordem alfabética), Título em língua estrangeira, resumo em língua estrangeira (abstract), palavras-chave em língua estrangeira (keywords). O resumo deve ter o máximo de 250 palavras.

3) O artigo científico regular deve apresentar as seções: introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusão (se for o caso), agradecimentos (opcional) e referências bibliográficas. A revisão bibliográfica deve conter as seções: introdução, desenvolvimento, conclusão, agradecimentos (opcional) e referências bibliográficas.

Regras de formatação:

- corpo do texto justificado;
- espaçamento simples;
- margem superior e esquerda de 3 cm, margem inferior e direita de 2 cm;
- fonte: Arial 12;
- as páginas não devem ser numeradas;
- Artigo científico regular: mínimo de sete (7) páginas, máximo de 15 páginas;
- Revisão bibliográfica: mínimo de 15 páginas, máximo de 25 páginas.

4) Figuras: Deverão ser apresentadas em formato jpg, com resolução mínima de 300 dpi. Orientamos para que o trabalho tenha preferencialmente tamanho máximo de 1.000Kb. **As figuras devem informar a fonte.**

5) As situações não previstas devem seguir o que é determinado pelas normas da ABNT. É fundamental observar exemplo de trabalho dentro destas normas, disponível [aqui](#).

Importante:

Para as referências oriundas de artigos científicos, OBRIGATORIAMENTE inserir a URL e o número de identificação de DOI:

Exemplo:

VIJAYARAGHAVAN, K.; JOSHI, U. M. Hybrid Sargassum-sand sorbent: A novel adsorbent in packed column to treat metal-bearing wastewaters from inductively coupled plasma-optical emission spectrometry. Journal of Environmental Science and Health, Part A, v. 48, n. 13, p. 1685-1693, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/10934529.2013.815503>>. doi:10.1080/10934529.2013.815503

6) São aceitos trabalhos nos idiomas: **português, espanhol e inglês.**

7) Para todas as publicações: devem conter, pelo menos, 60% das referências citadas sendo dos últimos cinco anos. Não citar trabalhos oriundos de resumos de congressos, teses e dissertações.

8) TRABALHOS QUE NÃO ESTIVEREM DENTRO DA FORMATAÇÃO INDICADA NO EDITAL PODERÃO SER RECUSADOS SUMARIAMENTE.

9) As submissões de trabalhos devem ser feitas durante o período de vigência do edital,

obedecendo as regras do mesmo.

10) Trabalhos resultantes de pesquisa com pessoas ou animais devem informar o parecer do comitê de ética e número de registro. (esta informação pode ser enviada anexa ao trabalho)

11) Orientações para desenvolvimento do texto:

- Trabalho científico deve ser escrito de forma impessoal.
- Referências no texto devem constar na lista final e vice-versa.

- **NÃO SÃO ACEITOS ARTIGOS DE OPINIÃO.**

- Todos os artigos submetidos recebem resposta dos avaliadores e orientações para que os autores possam melhorar seus trabalhos (quando é o caso).

- Parte de textos de terceiros que não é citada de forma correta é considerado como plágio e o artigo é recusado.

13) Orientamos para a utilização das normas NBR 6023 e NBR 10520 da ABNT.

Normas do Periódico Semina: Ciências Agrárias

Guidelines for Authors

Editorial standards for publishing in *Semina: Ciências Agrárias*, Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Articles can be submitted in Portuguese or English, but will only be published in English.

Articles that are submitted in Portuguese, if accepted for publication, will have to be **translated into English.**

COMMENTS:

1) Original manuscripts submitted for review are initially assessed by the Editorial Committee of *Semina: Ciências Agrárias*. In this assessment, quality requirements for publishing with the journal will be evaluated, such as scope of the article, suitability with regard to the journal standards, quality of writing and theoretical foundation. Additionally, it is also considered literature review update, consistency and accuracy of the methodology, contribution of the results, discussion of the data observed in the study, table and figure depiction, and originality and consistency of conclusions.

If the number of submitted manuscripts exceeds the assessment and publication capacity of *Semina: Ciências Agrárias*, a comparison between submissions will be made, and the works considered to have the highest contribution potential to scientific knowledge will be directed to ad hoc advisors. The manuscripts that are not approved by these criteria are archived, whereas the remaining manuscripts are subjected to assessment by at least two scientific advisors who are experts in the subject area of the manuscript, without identifying the authors. The submission fee will not be returned to authors who have their manuscripts archived.

2) Where appropriate, if the research project that originated the article was performed according to biosafety and ethics technical standards under approval from an ethics committee involving humans and/or an ethics committee involving animals, the commission name, institution, and process number should be stated.

MANUSCRIPTS WILL NOT BE ACCEPTED WHEN:

- a) The attached main article file has the names of the authors and their respective affiliations.
- b) The **complete registration** of all authors has been added to the metadata during submission; **Example:** Full name; Institution/Affiliation; Country; Summary of Biography/Title/Role.

- c) Text explaining the relevance of the work (importance and distinction from previously published works), with a maximum length of 10 lines, is included in the field COMMENTS TO THE EDITOR.
- d) The submission is accompanied by a document proving payment of the submission fee as a supplementary file in the “**Docs. Sup.**” section.
- e) The main article is accompanied by supplementary files, including graphs, figures, photos, and other documents, IN THEIR ORIGINAL VERSION (JPEG, TIFF, or EXCEL formats).
- f) The following information is included in the original manuscript: title, abstract, keywords in Portuguese and English, tables, and figures.

RESTRICTIONS BY SUBJECT AREA:

FOR THE VETERINARY FIELD, THE MANUSCRIPTS WILL NOT BE ACCEPTED IN CASE OF THE FOLLOWING:

- a) Publication of case reports is restricted; only articles with great relevance and originality that make a real contribution to the advance of knowledge in the field will be selected for processing.

Work Categories

- a) Scientific articles: maximum of 20 pages, including figures, tables, and bibliographic references
- b) Scientific communications: maximum of 12 pages, with bibliographic references limited to 16 citations and a maximum of two tables, two figures, or a combination of one table and one figure
- c) Case reports: maximum of 10 pages, with bibliographic references limited to 12 citations and a maximum of two tables, two figures, or one table and one figure
- d) Review articles: maximum of 25 pages, including figures, tables, and bibliographic references

Presentation of the Work

Complete original articles, communications, case reports, and reviews should be written in Portuguese or English using Microsoft Word for Windows, on A4-size paper, with lines numbered per page, 1.5 spacing between lines, Times New Roman font, size 11 normal, 2 cm margins on all sides, with pages numbered on the upper right corner and following the guidelines for the maximum number of pages according to the category of the work.

Figures (drawings, graphics, and photographs) and tables should be numbered with Arabic numerals, should be included at the end of the work immediately after the bibliographic references, and should be cited within the text. In addition, the figures must be of good quality and must be attached in their original format (JPEG, TIFF, etc.) in Docs Sup on the submission page. Figures and tables will not be accepted if they do not comply with the following specifications: width of 8 cm or 16 cm with maximum height of 22 cm. If the figure has greater dimensions, it will be reduced during the editorial process to the above-mentioned dimensions.

Note: Figures (Ex. **Figure 1.** Title) and tables (**Table 1.** Title) should have a width of 8 cm or 16 cm with maximum height of 22 cm. Those with greater dimensions will be reduced during the editorial process to the above-mentioned dimensions. For any tables and figures that are not the author’s original work, a citation to the source consulted is mandatory. Place this citation below the table or figure and indicate using a smaller font (Times New Roman 10).

Ex: “**Fonte**”: IBGE (2017), or **Source**: IBGE (2017).

Manuscript preparation

Scientific article:

Scientific articles should report results of original research on the related areas, with the sections organized in the following way: Title in English; Title in Portuguese; Abstract in English with keywords (maximum six words, in alphabetic order); Abstract in Portuguese with keywords (maximum six words, in alphabetical order); Introduction; Materials and Methods; Results and Discussion, with Conclusions at the end of the Discussion or Results (Discussion and Conclusions should be written separately); Acknowledgements; Suppliers, if applicable; and Bibliographic References. The headings should be in boldface without numbering. If there is a need to include a sub-heading within a section, it should be placed in italics, and if there are further sub-topics to include under a sub-heading, these should be numbered with Arabic numerals. (Example: **Materials and Methods**, *Areas of study*, 1. *Rural area*, 2. *Urban area*.)

The submitted work cannot have been published elsewhere with the same content, except in the form of an Abstract in Scientific Events, Introductory Notes, or Reduced Format.

The work should be presented in the following order:

1. **Title of the work**, accompanied by its translation in Portuguese, if appropriate.
2. **Abstract and Keywords:** An informative abstract with a minimum of 200 words and a maximum of 400 words must be included, in the same language used in the text of the article, accompanied by an English translation (*Abstract and Keywords*) if the text has not been written in English.
3. **Introduction:** The introduction must be concise and contain only the review that is strictly necessary to introduce the topic and support the methodology and discussion.
4. **Materials and Methods:** This section may be presented in a continuous, descriptive way or with sub-headings to allow the reader to understand and be able to repeat the methodology cited with or without the support of bibliographic citations.
5. **Results and Discussion:** *This section* must be presented in a clear way, with the aid of tables, graphs, and figures, so that it does not raise any questions for the reader with regard to the authenticity of the results and points of view discussed.
6. **Conclusions:** *These* must be clear and presented according to the objectives proposed in the work.
7. **Acknowledgements:** People, institutions, and companies that contributed to the work should be mentioned at the end of the text, before the Bibliographic References section.

Note:

Notes: Each note regarding the body of the text must be indicated with a superscripted symbol immediately after the phrase it concerns and must be included as a footnote at the end of the page.

Figures: The figures that are deemed essential will be accepted and should be cited in the text by their numeric order, in Arabic numerals. If any submitted illustrations have already been published, the source and permission for publication should be stated.

Tables: Tables should be accompanied by a header that will allow understanding of the data collected without the need to use the body of the text for reference.

Quantities, units, and symbols:

- a) Manuscripts should be in agreement with the criteria established in the International Codes for each subject area.
- b) Use the International System of Units in all text.
- c) Use the negative power format to note and present related units: e.g., kg ha⁻¹. Do not use the forward slash symbol to relate units: e.g., kg/ha.
- d) Use a simple space between units: g L⁻¹, not g.L⁻¹ or gL⁻¹.
- e) Use 24-hour time representation with four digits for the hours and minutes: 09h00, 18h30.

8. In-text author citations

Citations must be followed by the year of publication, and multiple citations should follow the alphabetical order system, according to the following examples:

- a) The results by Dubey (2017) confirmed that
- b) According to Santos et al. (2017), the effect of nitrogen
- c) Beloti et al. (2017b) assessed the microbiological quality
- d) [...] and inhibit the test for syncytium formation (BRUCK et al., 2017).
- e) [...] compromising the quality of its derivatives (AFONSO; VIANNI, 2017).

Citations with two authors

In citations of sources that have two authors, the authors' names are separated by a semicolon when citing them within parentheses.

Ex: (PINHEIRO; CAVALCANTI, 2017).

Use *and* when the authors are included in the sentence rather than cited in parentheses.

Ex: Pinheiro and Cavalcanti (2017).

Citing more than two authors

Indicate the first author followed by the expression et al.

Within parentheses, separate references with a semicolon when more than one reference is cited.

Ex: (RUSSO et al., 2017) or Russo et al. (2017); (RUSSO et al., 2017; FELIX et al., 2017).

Citing multiple documents by the same author, published in the same year

Add lowercase letters, in alphabetical order, after the date and without a space.

Ex: (SILVA, 2017a, 2017b).

Citing multiple documents by the same author, published in different years

Separate the dates with a comma.

Ex: (ANDRADE, 2015, 2016, 2017).

Citing various documents by various authors, mentioned simultaneously

Place the citations in alphabetical order, separated by a semicolon.

Ex: (BACARAT, 2017; RODRIGUES, 2017).

9. References: The references, according to the standard NBR 6023, Aug. 2000, and reformulation number 14.724 of the Brazilian Technical Standards Association (ABNT), 2011, must be listed in alphabetical order at the end of the manuscript. **All the authors participating in a referenced study must be mentioned, regardless of the number of participants.** The accuracy and adequacy of references for works that have been consulted and mentioned in the text of the article, as well as opinions, concepts, and statements, are entirely the responsibility of the authors.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

VERIDIANA APARECIDA LIMÃO

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE OVOS DE GALINHAS POEDEIRAS COM
RAÇÕES DE DIFERENTES RELAÇÕES DE GRANULOMETRIAS DE CALCÁRIO**

UBERLÂNDIA

2018

VERIDIANA APARECIDA LIMÃO

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE OVOS DE GALINHAS POEDEIRAS COM
RAÇÕES DE DIFERENTES RELAÇÕES DE GRANULOMETRIAS DE CALCÁRIO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal de Uberlândia, como exigência para obtenção do título de Doutor em Ciências Veterinárias.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Prof^o. Dr^o. Evandro de Abreu Fernandes

UBERLÂNDIA

2018

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

VERIDIANA APARECIDA LIMÃO- Nascida em Bauru, São Paulo, em 21 de fevereiro de 1984, filha de Luis Carlos Limão e Ivanide Sardinha Limão. Zootecnista graduada pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) em fevereiro de 2008. Durante a graduação participou de Programa de Iniciação Científica- PIC no período de agosto de 2005 a julho de 2006 e foi bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq- UEM no período de agosto de 2006 a julho de 2007. Em 2008 iniciou o curso de Mestrado pelo Programa de Ciência Animal e Pastagens na Universidade de São Paulo durante o qual foi bolsista pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) de agosto de 2008 a julho de 2010. Foi docente do Curso de Engenharia Agrônômica na Fundação Carmelitana Mário Palmério/ FUCAMP- Monte Carmelo no ano de 2012 e no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro/ IFTM- Uberaba nos anos de 2012 a 2013 ministrando as disciplinas de Nutrição de Ruminantes, Nutrição de Monogástricos, Avicultura, Suinocultura e Zootecnia Geral. Em 2014 iniciou o curso de Doutorado pela Universidade Federal de Uberlândia, foi bolsista de junho de 2014 a março de 2018.

*Aos meus pais Luís Carlos Limão e Ivanide
Sardinha Limão que me deram o bem mais
precioso, a educação.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus avôs que mantêm vivo a força de uma grande família e que me fortalece.

A todos os meus familiares, que me encorajaram nessa caminhada e sempre oram por mim

Ao meu filho Pedro, que trouxe um novo significado para a vida. “Meu pequeno grande homem”

Ao meu marido que me ensinou como enfrentar meus medos e ser firme para conseguir alcançar meus objetivos.

Ao Prof. Evandro de Abreu Fernandes, pela orientação, ensinamentos, amizade, confiança, compreensão, paciência e enorme competência.

Ao Prof. Ednaldo Carvalho Magalhães pelo seu parecer durante a análise estatística dos dados.

À minha amiga Fernanda Litz que sempre me apoiou durante todo o tempo de convivência, nas alegrias e nas tristezas acadêmicas.

À minha amiga Raquel Faria Dias, companheira de experimento e análises laboratoriais. Aluna dedicada e comprometida que me ajudou imensamente nos trabalhos.

A toda equipe do Aviex, pela colaboração durante a pesquisa e pelo companheirismo, em especial à Samela, Brenda e Carol Caires pelos turnos de fim de semana na granja.

À Universidade Federal de Uberlândia e ao Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias por ter possibilitado condições para a realização do curso de Doutorado e do presente trabalho.

À FAPEMIG pela concessão da bolsa de estudos e pelo incentivo à pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós Graduação (PPGCV) pelos ensinamentos proporcionados.

**“Ando devagar porque já tive pressa
E levo esse sorriso porque já chorei demais
Hoje me sinto mais forte, mais feliz quem sabe
Só levo a certeza de que muito pouco sei, ou nada sei...
Conhecer as manhas e as manhãs
O sabor das massas e das maçãs
É preciso amor pra poder pulsar
É preciso paz pra poder sorrir
É preciso a chuva para florir
Penso que cumprir a vida seja simplesmente
Compreender a marcha e ir tocando em frente
Como um velho boiadeiro
Levando a boiada eu vou tocando os dias
Pela longa estrada eu vou, estrada eu sou
Todo mundo ama um dia, todo mundo chora
Um dia a gente chega no outro vai embora
Cada um de nós compõe a sua história
Cada ser em si carrega o dom de ser capaz
e ser feliz”**

(Almir Sater e Renato Teixeira)

RESUMO

A recomendação de calcário pedrisco na alimentação de galinhas poedeiras visa melhorar a biodisponibilidade do cálcio. Esta prática de manejo nutricional tem como objetivo uma casca de melhor qualidade, considerando que as partículas maiores de calcário influenciam o tempo de residência do alimento ao longo do trato gastrointestinal proporcionando uma melhora na taxa de solubilidade *in vivo* do cálcio. Esta tese está subdividida em três capítulos. O primeiro capítulo aborda as considerações gerais do tema proposto. No segundo capítulo objetivou-se avaliar o uso de diferentes níveis de inclusão de calcário pedrisco na dieta de galinhas poedeiras. Os tratamentos foram: T1: 100% calcário fino (FL- 0,103 mm); T2: 50% FL e 50% pedrisco (CL- 2,867 mm); T3: 40% FL e 60% CL; T4: 30% FL e 70% CL; T5: 20% FL e 80% CL. Foi avaliado desempenho zootécnico, qualidade interna e da casca do ovo e a digestibilidade dos minerais. As diferentes relações granulométricas de calcário avaliadas não tiveram efeito nas variáveis taxa de postura, peso do ovo, conversão alimentar, índice de albumen e Unidade Haugh. Foi observada maior percentagem de matéria mineral na casca dos ovos nos tratamentos 60%, 70% e 80% de inclusão do calcário pedrisco, não demonstrando melhoria nas outras variáveis de qualidade da casca. A partir desse estudo não foi possível definir uma relação ótima da inclusão do calcário pedrisco nas dietas de galinhas poedeiras comerciais em produção. No capítulo III, objetivou-se comparar diferentes granulometrias de pedrisco de calcário na ração de galinhas poedeiras avaliando a qualidade das cascas de ovos, além da qualidade interna e produtividade. Os tratamentos foram T1: 100% calcário fino (FL- 0,103 mm); T2: 50% FL e 50% calcário médio 1 (ML-1 0,555 mm); T3: 50% FL e 50% calcário médio 2 (1,836 mm); T4: 50% FL e 50% calcário pedrisco (CL- 2,867 mm). As diferentes relações granulométricas e tamanhos de partículas do calcário não determinaram diferenças nas variáveis de qualidade da casca ovo. Foram observadas diferenças na quantidade de minerais retidos no trato gastrointestinal das aves sendo a associação de calcário fino e o calcário médio 1 que resulta nas maiores taxas de retenção da matéria mineral, cálcio e fósforo. As diferentes inclusões de calcário pedrisco podem ter modificado a capacidade de absorção dos minerais no organismo da ave, mas a partir dos resultados encontrados nesse estudo não é possível afirmar uma relação direta com o tamanho de partículas. No geral, a partir desse estudo não foi possível definir uma relação ideal de granulometria do calcário nas dietas de galinhas poedeiras.

Palavras-chave: biodisponibilidade, cálcio, manejo nutricional, qualidade de casca

ABSTRACT

The recommendation of coarse limestone in feeding commercial hens aims to improve the bioavailability of calcium. This nutritional management practice aims to improve the quality of the eggshell, considering that the larger particles of limestone influence the residence time of the food along the gastrointestinal tract, providing an improvement in the *in vivo* solubility rate of calcium. This thesis is subdivided into three chapters. The first chapter approaches general considerations about the theme. In the second chapter, the objective was to evaluate the use of different levels of coarse limestone in the laying hens diet. The treatments were: T1: 100% fine limestone (FL- 0,103 mm); T2: 50% FL and 50% coarse limestone (CL- 2,867 mm); T3: 40% FL and 60% CL; T4: 30% FL and 70% CL; T5: 20% FL and 80% CL. It was evaluated performance, internal quality, eggshell quality and the digestibility of minerals. The different granulometrics of limestone evaluated had no effect on the studied variables of performance and internal egg quality. It was observed a higher percentage of mineral matter in the eggshell in the treatments 60%, 70% and 50% of coarse limestone, showing no improvement in the other variables of eggshell quality. From this study it was not possible to define an optimal relation of the inclusion of limestone in the diets of commercial laying hens in production. In chapter III, the objective of this study was to compare different limestone granulometry in laying hens ration evaluating eggshell quality, as well as internal and productive quality. The treatments were T1: 100% fine limestone (FL-0.103 mm); T2: 50% FL and 50% medium limestone 1 (ML-1 0.555 mm); T3: 50% FL and 50% medium limestone 2 (ML-2 1,836 mm); T4: 50% FL and 50% coarse limestone (CL- 2.877 mm). Under these experimental conditions, the different granulometry and particle size of the limestone did not determine differences in eggshell quality variables. Differences were observed in the amount of minerals retained in the gastrointestinal tract of laying, with the association of fine limestone and average limestone 1, which results in the higher retention rates of mineral matter, calcium and phosphorus. The different inclusions of coarse limestone may have altered the absorption capacity of the minerals in the laying's organism, but from the results found in this study it is not possible to assert a direct relation with the particle size. In general, from this study it was not possible to define an ideal relation of limestone granulometry in laying hens diets.

Key words: bioavailability, calcium, eggshell quality, nutritional managememe

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

- Tabela 1.** Taxa de postura, peso do ovo e conversão alimentar de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco 33
- Tabela 2.** Variáveis associadas a qualidade da casca de ovos de galinhas submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco 34
- Tabela 3.** Variáveis relativas aos componentes e qualidade interna de ovos de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco 35
- Tabela 4.** Consumo de ração (MS), produção de excretas (MS), digestibilidade da matéria seca (DMS), digestibilidade da proteína bruta (DPB) e minerais retidos no trato gastrointestinal de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco 36

CAPÍTULO III

- Tabela 1.** Variáveis de desempenho de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes granulometrias da fonte de cálcio (calcário) 45
- Tabela 2.** Variáveis de qualidade da casca de ovos de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes granulometrias da fonte de cálcio (calcário) 45
- Tabela 3.** Variáveis relativas aos componentes e qualidade interna de ovos de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes granulometrias da fonte de cálcio (calcário) 46
- Tabela 4.** Consumo de ração (MS), produção de excretas (MS), digestibilidade da matéria seca (DMS), digestibilidade da proteína bruta (DPB) e minerais retidos no trato gastrointestinal de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes granulometrias da fonte de cálcio (calcário) 47

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1	Introdução.....	12
2	Revisão de literatura.....	14
2.1	Formação do ovo.....	14
2.2	Metabolismo de cálcio na formação da casca do ovo.....	16
2.3	Características físicas e químicas do calcário.....	19
	Referências.....	24

CAPÍTULO II - Produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras com rações de diferentes granulometrias do calcário

	Resumo.....	30
	Abstract.....	30
	Introdução.....	31
	Material e métodos.....	32
	Resultados e discussão.....	34
	Conclusão.....	38
	Referências.....	38

CAPÍTULO III- Influência do tamanho de partícula e de diferentes relações de granulometrias do calcário sobre o desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras

	Resumo.....	41
	Abstract.....	41
	Introdução.....	42
	Material e métodos.....	43
	Resultados e discussão.....	45
	Referências.....	48

CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS
(Redigido de acordo com as normas da Biblioteca-UFU)

1. INTRODUÇÃO

O ovo é uma proteína animal de baixo custo e de excelente qualidade nutricional, contém em torno de 6 gramas de proteína, sendo que metade se encontra na gema e em média possui 75 calorias. Um ovo pode conter até 13 nutrientes essenciais, em quantidades variáveis, que atuam no funcionamento do organismo como colina, selênio, vitaminas A, B e E, ácido fólico, ferro e zinco (BRAZILIAN POULTRY ASSOCIATION –UBABEF, 2012).

O Brasil é maior exportador mundial de carne de frango e atualmente busca posição de destaque como produtor e exportador de ovos frescos. Em 2017, a produção de ovos do Brasil chegou a 39,9 bilhões de unidades, com um consumo *per capita* (unidades/ano) de 192 ovos. As exportações brasileiras chegaram a 6.045 toneladas gerando uma receita de 8,7 milhões de dólares, sendo 61% dos ovos exportados *in natura* (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL -ABPA, 2018).

A integridade e resistência da casca do ovo refletem na manutenção de sua propriedade nutricional e microbiológica, características essenciais para garantir um produto de qualidade. Segundo Murata et al. (2009) do total de ovos produzidos, 98,3% foram considerados íntegros; de 1,7% perdidos, 66,3% foram classificados como quebrados, 15,1% trincados, 4,6% deformados, 7,0% com casca fina e 7,0% sem casca (MURATA et al., 2009).

A casca, o albúmen e a gema compreendem em torno de 8,95%, 60,96% e 29,11%, respectivamente, do peso do ovo (RIBEIRO *et al.*, 2007). A composição da casca de ovos é em sua maioria carbonato de cálcio (98%), no qual 38% deste elemento são compostos por cálcio (ETCHES, 1996) e a maior parte resulta da ração oferecida às aves. Considerando a casca do ovo com peso médio de 5 a 6 gramas o cálcio representa 2 gramas (ELAROUSSI et al., 1994), o que justifica a importância da nutrição mineral na qualidade da casca do ovo.

O estudo das fontes de cálcio utilizadas nas dietas de galinhas poedeiras é importante especialmente visando melhorias na qualidade dos ovos e desempenho das aves. Há inúmeras opções de fontes de cálcio (casca de ostras, conchas, fosfato bicálcico, calcário calcítico, calcário dolomítico, entre outros), entretanto, a fonte de cálcio comumente utilizada para galinhas poedeiras é o calcário calcítico por ser encontrado facilmente na indústria e ter menor custo dentre as fontes de cálcio.

Para as linhagens modernas de galinhas de postura comercial é recomendado em seus programas nutricionais no período de postura o uso de fontes de cálcio de diferentes granulometrias. As recomendações variam de 50% a 85% de inclusão do calcário pedrisco caracterizado por partículas de 1,5 mm a 4,0 mm (HY LINE W-36, 2015; LOHMANN LSL LITE- POEDEIRAS, 2016). A maior taxa de solubilidade *in vitro* do calcário pedrisco em

relação ao calcário fino sugere um maior tempo de retenção na moela (ZHANG; COON, 1997). Com a liberação mais lenta e constante dos nutrientes, os gastos energéticos com a deposição óssea desse mineral seriam reduzidos, permitindo melhor fluxo deste mineral para a casca do ovo e economia de energia no metabolismo.

Durante a deposição da casca do ovo, a galinha de postura apresenta o pico de consumo de cálcio do organismo. Nesse período, é importante que a ave receba uma dieta em quantidades suficientes de cálcio para que haja disponibilidade do mineral (WITT; KULEILE, 2009). Para tanto é importante considerar o nível de cálcio, a fonte utilizada e sua taxa de solubilidade.

Rao e Roland (1990) demonstraram uma maior taxa de solubilidade *in vivo* e percentagem de retenção do cálcio com o uso de calcário pedrisco (2 a 5 mm) em relação ao calcário fino (0,5 mm a 0,8 mm) demonstrando uma relação inversa entre a taxa de solubilidade *in vitro* e taxa de solubilidade *in vivo* do calcário. Como a formação da casca do ovo ocorre de forma mais intensa durante a noite, período que as aves não se alimentam, o calcário pedrisco atuaria como reservatório de cálcio, evitando mobilização óssea (GARCIA et al., 2012).

Inúmeros são os fatores que afetam a utilização do cálcio pelas aves, que em conjunto podem determinar a qualidade do ovo e produtividade da ave. Esses estão relacionados a características físicas e químicas da fonte de cálcio, idade, fisiologia e estado nutricional da ave, fatores ambientais, entre outros. Por isso, a complexidade em controlar todos os fatores envolvidos para se determinar uma recomendação acertada do uso de calcário na alimentação de galinhas poedeiras (ZHANG; COON, 1997).

Assim, considerando a importância do tamanho da partícula, solubilidade do calcário e consumo de cálcio na nutrição de galinhas de postura comercial e com o intuito de fornecer informações que possibilitem uma recomendação mais acertada para os programas nutricionais de galinhas poedeiras os objetivos neste estudo foram:

- Avaliar qual o melhor nível de inclusão (50%, 60%, 70% e 80%) de calcário pedrisco (2,8 mm), visando uma melhor produtividade de ovos e melhor qualidade interna e externa do ovo de galinhas poedeiras.

- A partir do melhor nível de inclusão do calcário pedrisco avaliar o efeito de diferentes granulometrias do calcário (0,555 mm, 0,636 mm, 1,836 mm e 2,867 mm) sobre o desempenho e qualidade dos ovos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Formação do ovo

As linhagens modernas de galinhas de postura podem produzir mais de 300 ovos por ano totalizando até 500 ovos durante sua vida reprodutiva. Do total de 12.000 oócitos presentes no ovário apenas 250 a 500 irão desenvolver-se em folículos ovulatórios maduros para dar origem à formação de ovos (NYS; GUYOT, 2011; FLOCK; HAVENSTEIN, 2015).

Dentre os componentes da gema têm-se 17% de proteína e 36% de gordura, sendo que 65% a 70% são triacilgliceróis, 25% a 31% de fosfolípidios e 4% a 5% de colesterol. A fração protéica é composta por α -livetina (14%), β -livetina (41%) e γ -livetina (45%). Carboidratos, vitaminas e compostos inorgânicos representam menos de 1%. Os carotenóides, em particular as xantofilas determinam a cor característica da gema. Tanto as gorduras como as proteínas da gema são sintetizadas no fígado, um processo induzido pelo estrogênio e testosterona secretados a partir de folículos em maturação no ovário (NIMPF; SCHNEIDER, 1991).

A formação da membrana vitelina e da primeira camada de albumina do ovo ocorre no infundíbulo. Neste momento forma-se uma membrana no óvulo semelhante à zona pelúcida nos mamíferos, que separa o óvulo do albúmen. Esse processo leva em média uma hora e pelo menos 137 proteínas participam da formação da membrana vitelina, além da presença de peptídeos antimicrobianos como defensina β , lisozima e proteases que juntos formam uma barreira interna contra infecções (MANN; MANN 2008).

A maioria do albúmen é produzido no magnum e esse processo leva em torno de 3 a 4 horas, sendo a água seu principal constituinte (88%) e 90% da matéria seca são proteínas, 6% são minerais e 3,5% é glicose livre. As glândulas tubulares secretam ovalbumina, ovotransferrina, ovomucóide e lisozima, enquanto as células caliciformes fornecem ovomucina e avidina. A síntese destas proteínas é regulada pelo estrogênio e progesterona (ETCHES, 1996). Ao mesmo tempo, as chalazas se formam, em um processo que começa no infundíbulo. Trata-se de compostos de proteínas que conectam a gema e a membrana da casca e, assim, garantem a posição central da gema. Devido à rotação do ovo em formação durante a passagem para baixo do magnum, as fibras se enrolam e forma a estrutura característica (KASPERS, 2016).

No istmo, ocorre formação das membranas interna e externa da casca por meio de uma malha de proteína. Estas membranas são espaçadas na maior parte do ovo, mas segregam na extremidade para formar a câmara de ar, onde são impermeáveis à clara do ovo, permitindo

troca de água, gás (em particular oxigênio) e minerais. Em sua superfície externa, formam-se projeções que são chamadas de núcleos mamilares compostos de proteínas, carboidratos e mucopolissacarídeos (KASPERS, 2016). São nessas estruturas onde a calcificação da casca do ovo é iniciada.

O processo de formação da casca do ovo leva até 20 horas e é caracterizado pela secreção de uma matriz orgânica de glicoproteínas e mucopolissacarídeos que se torna calcificado a partir da casca do ovo (NYS et al., 1999). A formação da casca é mais intensa durante 12 a 18 horas após a ovulação, depois diminui demonstrando que o processo não é constante (CLUNIES; LEESON, 1995). Durante o processo de calcificação são utilizados aproximadamente 2 a 2,5 g de cálcio por ovo para formar os cristais de calcita, uma forma altamente estável de carbonato de cálcio (CaCO_3). As estruturas cristalinas crescem dos núcleos mamilares para formar a camada paliçada altamente organizadas (KASPERS, 2016).

A porção orgânica da casca é constituída pelas membranas da casca, sítios mamilares de nucleação e cutícula. A fração calcificada é composta pela camada mamilar, camada paliçada e camada de cristal vertical. Esta estrutura confere resistência à casca e contribui na proteção do ovo contra microrganismos (PARSONS, 1982). A camada paliçada apresenta a maior porção calcificada entre as camadas que constituem a estrutura da casca do ovo, por isso é a porção mais associada a resistência da casca (CARNARIUS et al., 1996)

O último processo antes da oviposição é a deposição de uma membrana de cera na casca do ovo chamada cutícula. É composta de polissacarídeos, lipídios e mais de 50 proteínas, muitas delas com atividades antimicrobianas que tem por função proteger o ovo da perda de água e impedir a penetração de microrganismos, além disso, funcionam como um mecanismo de comunicação física entre o ovo e o meio ambiente, na qual possibilita as trocas gasosas entre o meio interno e externo do ovo (BENITES; FURTADO; SEIBEL, 2005).

O processo de ovoposição é iniciado pelo relaxamento do esfíncter uterino e pela contração dos músculos lisos uterinos. É regulada pelos hormônios neuro-hipofisários, principalmente a ocitocina e a arginina-vasotocina, bem como as prostaglandinas sintetizadas localmente dentro do trato reprodutivo (KASPERS, 2016).

Todo o processo de formação do ovo leva 24 a 27 horas com a maior parte do tempo necessário para a formação da casca em torno de 20 horas (KASPERS, 2016).

2.2 Metabolismo de cálcio na formação da casca do ovo

A regulação periférica da ingestão de alimentos nas aves envolve o trato gastrintestinal e fígado. A ingestão de alimentos provoca o estiramento, e essas forças mecânicas são monitoradas por receptores sensíveis à distensão tanto no papo como na moela. A distensão está associada ao término da refeição, e a moela parece desempenhar papel mais significativo do que o papo (TRAMPEL; DUKE, 2006). O nível mais alto de controle do consumo de alimento é realizado pelo hipotálamo, porém há uma teoria de controle do consumo de alimento relacionado ao nível plasmático de cálcio (teoria ionostática), porém ainda é questionável (GONZALES, 2002)

Para manter uma produção média de 300 ovos por ano as galinhas poedeiras comerciais necessitam em torno de 1,8 kg de cálcio, o que corresponde ao seu próprio peso corporal. Considerando um nível de 3,6% a 4,0% de cálcio na dieta, cerca de 60 a 80% do cálcio absorvido pelo intestino durante a formação da casca seria proveniente da alimentação. O restante do cálcio é mobilizado a partir dos ossos e será reabsorvido quando o útero estiver vazio e o cálcio absorvido no intestino estiver totalmente disponível para a formação da matriz óssea (KASPERS, 2016). O cálcio é excretado pelos rins, que estabelece níveis plasmáticos regulares e quando necessário, o tamponamento ocorre por meio, principalmente, do cálcio dos ossos (CHANG *et al.*, 2008).

O metabolismo do cálcio implica na ação de hormônios e vitaminas. O estrógeno e a calcitonina ocasionam a deposição do cálcio nos ossos, apresentando função antagônica do paratormônio, que estimula a reabsorção óssea. A reabsorção de cálcio é regulada pela 1,25-di-hidroxivitamina D3, enquanto a mobilização de cálcio do osso está sob controle da 1,25-di-hidroxivitamina D3 e do paratormônio (PTH) (BAIÃO; LÚCIO, 2005).

A deposição do cálcio na casca do ovo ocorre devido à ação da enzima anidrase carbônica, presente na mucosa da glândula da casca (útero). Esta enzima apresenta grande importância na formação das cascas de ovos (PERSSON, 2009), produzindo ácido carbônico por meio da hidratação do gás carbônico, proveniente do metabolismo das aves ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$). O ácido carbônico se dissocia formando íons bicarbonato ($\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$). Provenientes dos íons bicarbonato (HCO_3^-), os íons carbonato (CO_3) no lúmen da glândula da casca se ligam ao cálcio formando carbonato de cálcio (CaCO_3) (BAIÃO; LÚCIO, 2005).

A deposição dos cristais de CaCO_3 ocorre na região dos núcleos mamilares, na região da membrana externa, até formar uma camada mais espessa. Para ocorrer uma calcificação

eficaz é necessária quantidade suficiente de zinco, visto que como cofator da anidrase carbônica, a redução das suas concentrações gera alterações no processo enzimático (BAIÃO; CANÇADO, 1997), reduzindo a liberação de íons dióxido de carbono e prejudicando o processo de formação da casca do ovo (NYS *et al.*, 2001).

Durante o processo de produção de ovos, as poedeiras podem atingir concentrações plasmáticas de cálcio de até 30 mg/100 mL. O transporte do cálcio no sangue pode ocorrer na forma iônica, a qual é aproveitada para deposição óssea e formação da casca de ovo ou por meio do complexo cálcio-fosfolipoproteína vitelogenina, sendo que ambas as formas apresentam uma relação equilibrada e dinâmica no organismo (ARAÚJO; ALBINO, 2011). A maior concentração de vitelogenina no plasma é identificada as 18 horas pós ovulação, ou seja, quando a calcificação da casca está no ponto de máxima. Os níveis mais altos de vitelogenina no plasma pode facilitar a transferência do cálcio entre o trato gastrintestinal e o osso medular para armazenamento de cálcio e em seguida, entre o osso medular e a glândula da casca durante a formação da casca (CLUNIES; LEESON, 1995).

É importante ressaltar que as galinhas desenvolvem uma forma única de matriz óssea chamada osso medular (KASPERS, 2016). Este tipo de osso secundário formado na cavidade medular tem por função servir de fonte lábil de cálcio para formação da casca do ovo (DACKE; ARKLE, 1993). O osso medular é responsável por até 12% do total de cálcio ósseo, mas fornece pouco suporte para a estabilidade óssea. No entanto, a mobilização nesse osso é 10 vezes mais rápida que a do osso cortical e, portanto, pode compensar rapidamente a falta de reabsorção de cálcio pelo intestino (JHONSON; STEPHENS; GILES, 2015).

A galinha regula o consumo de cálcio conforme a demanda fisiológica. Galinhas com deficiência de cálcio na dieta respondem com aumento da taxa de solubilização *in vivo* do cálcio (RAO; ROLAND, 1990). As galinhas de postura comercial são capazes de ajustar a quantidade de cálcio solubilizado de acordo com as exigências ao longo do dia. Mongin (1976) relata um aumento na secreção de HCl no proventrículo e maior concentração de Ca^{2+} e Cl^- na moela no período de formação da casca.

Embora sugere-se a habilidade da galinha em ajustar o consumo de ração à necessidade de cálcio, resultados sugerem que o nível de cálcio na dieta tem pouco efeito sobre o consumo de ração. Porém, o momento do dia é importante, se a ave está ou não no processo de formação da casca (CLUNIES; LEESON, 1995). De acordo com a fase de formação dos constituintes do ovo, as exigências nutricionais diferem em cada uma das etapas. No período da manhã ocorre a síntese e deposição de albúmen já a formação da casca do ovo ocorre mais intensamente durante o período da noite. Após a ovulação, a demanda

nutricional da ave está diretamente relacionada a energia e proteína. Por outro lado, no período da formação da casca, que ocorre preferencialmente no período noturno, esta ração estaria suprindo a demanda de cálcio, evitando mobilização óssea (MOLNÁR, et al., 2017).

O maior consumo de cálcio não necessariamente implica em qualidade de casca. O aumento de consumo de cálcio não só influencia o consumo de ração como pode causar antagonismo durante a absorção de outros minerais (P, Mg, Mn, Zn), diminuindo sua utilização (SELLE; COWIESON; RAVINDRAN, 2009).

Nos programas nutricionais para galinhas poedeiras, os níveis de cálcio são ajustados de acordo com a idade e consumo de ração. No caso de aves mais velhas, utiliza-se como ferramenta de manejo alimentar, para estimular o consumo de cálcio, o calcário pedrisco diretamente nos comedouros, como uma fonte extra, poucas horas antes de apagar as luzes para permitir a absorção intestinal de cálcio durante a noite. Outro manejo que pode ser adotado para estimular o consumo de cálcio é a “alimentação da meia noite” no qual as luzes são acesas por uma hora durante o período de escuro para estimular o consumo (FERNANDES; LITZ, 2016).

Com o avanço da idade das aves a qualidade da casca tende a piorar, por questões geriátricas, pela menor capacidade de absorção intestinal e mobilização óssea do cálcio. Além da idade e tamanho da partícula do cálcio, a grande variação na exigência de cálcio pelas galinhas de postura se deve a fatores como ciclo de postura, produção acumulada de massa de ovos, temperatura ambiente, sanidade, se passou ou não por processo de muda e solubilidade da fonte de cálcio (ZHANG; CALDAS; COON, 2017).

Diferentes níveis de cálcio e solubilidade do calcário não afetam desempenho, o que sugere que as aves alimentadas com níveis elevados de cálcio conseguem reduzir o consumo de ração e possivelmente regular o peso do ovo. Galinhas que não passaram por muda (77 semanas de idade) ou galinhas no segundo ciclo de produção (94 semanas de idade) necessitam de maior consumo de cálcio com menor solubilidade *in vitro* comparado a aves jovens (36 semanas de idade) para maximizar a qualidade da casca e dos ossos (ZHANG; CALDAS; COON, 2017).

A idade das aves não influencia a percentagem de retenção de cálcio, apenas a de fósforo, sendo que aves mais jovens apresentam maior retenção de fósforo. Já o tamanho da partícula não influencia as porcentagens de retenção de cálcio e fósforo. A disponibilidade de cálcio no duodeno no momento da formação da casca do ovo parece ser mais importante do que a quantidade de cálcio retido. Independente da idade das aves, o desempenho e qualidade do ovo se mostram mais favoráveis ao uso de calcário pedrisco, porém nas aves mais velhas

esse efeito é mais pronunciado para as variáveis de desempenho do que para as variáveis de qualidade da casca (SKRIVAN et al., 2010). Esses resultados suportam a hipótese de uma liberação lenta e subsequente maior digestibilidade de partículas grosseiras de cálcio em comparação com partículas finas (ANWAR et al., 2017).

2.3 Características físicas e químicas do calcário

O calcário é caracterizado como um grupo de rochas compostos por níveis superiores de 50% de carbonato e sua composição pode variar na solubilidade, nível de cálcio e granulometria. Essas variações podem interferir no metabolismo do cálcio pela ave e, conseqüentemente, interferir na qualidade da casca. Como fonte de cálcio para poedeiras, o calcário calcítico contém aproximadamente 38% de cálcio (BERTECHINI; FASSANI, 2001 apud BUENO, 2013 p. 12).

De acordo com Roland (1986) já na década de 20 estudos sobre fonte de cálcio e tamanho de partículas começavam a presumir que partículas maiores poderiam de alguma forma modificar a solubilidade do cálcio e conseqüentemente sua biodisponibilidade para formação da casca do ovo, resultando em uma casca de melhor qualidade. O objetivo em se misturar fontes de calcário pedrisco e fino é que a ave tenha sempre disponível o cálcio para a formação da casca do ovo (PHIRINYANE et al., 2011).

Com o aumento do consumo de cálcio, a percentagem de cálcio retido no trato gastrintestinal diminui assim como a taxa de solubilização *in vivo* do cálcio. Porém, essa queda na taxa de solubilidade é mais sutil quando se trata de calcário com partículas maiores (2 a 5 mm) (RAO; ROLAND, 1990). O consumo de partículas maiores de calcário (2 a 5 mm) resulta nas maiores taxas de retenção de cálcio do que o consumo de partículas menores de calcário (0,55 a 0,80 mm). Para o mesmo tamanho de partículas (0,55 a 0,80 mm), porém com taxas de solubilidades *in vitro* diferentes (4% e 10%), há diferença na taxa de solubilização *in vivo* e retenção de cálcio. Portanto, a interação tamanho de partícula e nível de cálcio influencia a solubilização *in vivo* do cálcio (RAO; ROLAND, 1990).

A percentagem de cálcio absorvido é inversamente relacionada com o consumo de cálcio. Sendo que níveis de cálcio de 1,0; 3,0 e 6,0 g/ave/dia correspondem a 85%, 65% e 55% de taxa de solubilidade *in vivo* desse mineral (RAO; ROLAND, 1989). Além disso, fontes de cálcio com tamanhos de partículas semelhantes podem apresentar uma grande variação na solubilidade *in vitro* (15% a 27%) (RABON JÚNIOR; ROLAND, 1985).

Partículas de calcário finamente moídas apresentam maior taxa de passagem através da moela para o duodeno e intestino delgado, não só pela alta solubilidade mas pela forma física da partícula (ZHANG; COON, 1997). Este fenômeno é acompanhado por menor desenvolvimento de moela, maior desenvolvimento do intestino delgado e menor pH do quimo instestinal. Quando as partículas são mais grosseiras, a degradação no intestino anterior é mais lenta, aumentando os movimentos antiperistálticos, permitindo uma maior ação enzimática e dos sucos digestivos promovidos por um pH mais alto do quimo instestinal e mais baixo na moela, melhorando a disponibilidade dos nutrientes (NIR; MELCION.; PICARD, 1990).

A quantidade de calcário retido na moela aumenta conforme o aumento no tamanho da partícula considerando o mesmo nível e fonte de cálcio. Porém, o potencial de solubilização do calcário pode ser afetado pela capacidade de armazenamento da moela no caso de partículas maiores de calcário. Aumento da ingestão de calcário de menor solubilidade *in vitro* pode levar à maior excreção de calcário íntegro, sem digestão. O consumo é maior que a capacidade de retenção na moela, podendo levar a uma saturação e o calcário passar direto no tratogastrintestinal e ser excretado sem aproveitamento (ZHANG; COON, 1997). Roland e Bryant (1999) recomendam que a inclusão de calcário pedrisco não deve ultrapassar 50%. O consumo de cálcio pode ser limitado devido à capacidade intrínseca de absorção de cálcio no tratogastrintestinal. O cálcio disponível a partir das fontes com maior solubilidade *in vitro* pode ser absorvido completamente devido a liberação mais lenta dos íons cálcio. Partículas maiores podem passar pelo tratogastrintestinal mais lentamente devido ao maior tempo de retenção na moela o que permite que o calcário permaneça num ambiente ácido por uma maior período de tempo favorecendo a dissociação do CaCO_3 em íons Ca^{2+} para absorção (SCOTT; HULL; MULLENDORF, 1971). Portanto, a solubilidade nem sempre está relacionada diretamente com a retenção de cálcio (ZHANG; COON, 1997).

A classificação do calcário em granulometrias fina, média e grossa ocorre em função do tamanho médio das partículas que pode ser definido por diversas metodologias. Em cada classe, há uma faixa de variação no tamanho médio. O que pode ocorrer é que duas fontes com mesma classificação podem apresentar maior ou menor variação entre partículas (variação na faixa granulométrica) e que, na média, resultam em tamanho semelhante o que afetaria a solubilidade. Além disso, não há um consenso nessa classificação, variando entre os trabalhos os tamanhos médio de calcário fino, médio e pedrisco, o que dificulta a comparação de resultados.

A taxa de solubilidade *in vivo* do cálcio não depende apenas do tamanho de partícula, mas também da fonte de cálcio devido a características de área específica (m^2/g) e porosidade ($\mu\text{L}/\text{g}$) das partículas. Guinotte e Nys (1991) utilizando tamanho de partículas semelhantes com diferentes fontes de cálcio (conchas, casca de ostra e calcário) observaram que as cascas de ostras, no geral, apresentavam partículas maiores. Na análise de granulometria, 93,9% das partículas ficaram retidas acima de 1,18 mm, enquanto esse número foi de 80,3% e 56,2% para calcário e conchas, respectivamente, o que afetou diretamente a área específica, porosidade e solubilidade aparente do cálcio. Apesar das diferenças relatadas no tamanho de partícula, solubilidade e área específica das diversas fontes de cálcio, Guinotte e Nys (1991) relataram poucos efeitos na qualidade da casca do ovo. Segundo os autores, as respostas de qualidade de casca de ovo à mudanças no tamanho de partícula seriam aumentadas apenas em condições estressantes (deficiência de cálcio, alta temperatura ambiental) (GUINOTTE; NYS, 1991).

As variáveis mais comuns associadas à resistência da casca são espessura da casca e gravidade específica. Porém, resultados de Phirinyane et al. (2011) demonstram que a granulometria do calcário não influenciou características de desempenho e qualidade da casca em aves de 18 a 24 semanas de idade. Elevados níveis de cálcio na dieta (4,15% e 4,55%) aumentaram linearmente a espessura da casca, acompanhado de uma redução na produção de ovos o que pode ser devido a maior disponibilidade de cálcio para a formação da casca. No entanto a casca mais fina apresentou maior resistência no sistema *split feeding*, o que indica que nesse sistema a ave é capaz de um ajuste nas camadas de estruturação da casca quando comparado ao sistema convencional (MOLNÁR et al., 2017).

Murata et al. (2009) relata que a substituição do calcário fino pelo pedrisco não gerou efeito sobre as características de qualidade do ovo. Os resultados demonstram que a utilização de 44,79% de calcário pedrisco proporcionou maior peso dos ovos quando fornecido maior nível de cálcio (4,55%). Já para os níveis de substituição de 50%, 75% e 100% do calcário pedrisco, o ponto de máximo para peso de ovo ocorreu no nível de 4,10% de cálcio. No entanto, a substituição crescente do calcário fino pelo pedrisco na ração de poedeiras no final de produção (56 semanas de idade) afetou negativamente o desempenho, sem efeitos sobre a qualidade dos ovos. (GARCÍA et al., 2012).

As dietas com partículas maiores de calcário resultam em ovos com maior proporção de fósforo e menor proporção de magnésio na casca, porém o conteúdo de cálcio não é afetado. Imagens de microscopia eletrônica demonstram uma estrutura de casca mais densa e estruturada dos ovos de patos alimentados com calcário pedrisco. No geral, calcário com

partículas maiores melhoram o desempenho e qualidade dos ovos e óssea (WANG et al., 2014).

Segundo Cheng e Coon (1990), a solubilidade do calcário pode explicar melhor as variações na qualidade da casca do que apenas o tamanho da partícula. Calcários com granulometrias semelhantes podem apresentar subcomponentes de vários tamanhos, resultando em diferentes taxas de solubilidade.

A solubilidade é tão importante quanto a quantidade ofertada de cálcio já que ao longo do trato gastrointestinal é preciso liberar e solubilizar esse mineral para posterior absorção intestinal. A solubilização do cálcio pode ser influenciada pelo consumo de cálcio e tamanho de partículas. Zhang e Coon (1997) recomendaram formular as dietas com base na solubilidade *in vitro* da fonte de cálcio utilizado, no entanto, o uso de diferentes metodologias para determinar a solubilidade *in vitro* do cálcio dificulta a aplicação dos resultados de pesquisa.

Neste contexto, ensaios de metabolismo tornam-se ferramentas para se determinar a solubilidade do cálcio pela diferença entre o ofertado e excretado (RAO; ROLAND, 1989). Os resultados de digestibilidade dos nutrientes e qualidade da casca podem ser determinados pela fonte de cálcio e sua taxa de solubilidade. Resultados apresentados por Lichovnikova (2007) sugerem melhores resultados de digestibilidade dos nutrientes para as fontes de solubilidade *in vitro* mediana (44,0% e 49,5%). O maior nível de cálcio na dieta não determinou uma casca de melhor qualidade e a maior retenção de cálcio ao longo do trato gastrointestinal não resultou em ovos de maior espessura de casca, sendo observada uma relação inversa. A menor retenção de cálcio no trato gastrointestinal resultou em maior deposição de cálcio na casca a partir do cálcio dietético (96,5%). O autor demonstrou que do total de cálcio ingerido, 73,9% a 96,5% é a proporção depositada na casca do ovo. Provavelmente, a ave demonstra uma capacidade de utilizar o cálcio a partir do cálcio retido da dieta para a formação de casca de ovo (LICHOVNIKOVA, 2007). A deposição de cálcio na casca do ovo foi eficiente independente da granulometria do calcário (JARDIM FILHO, et al., 2005).

O uso de cálcio em partícula maiores permite uma dosagem constante de cálcio no trato gastrointestinal durante a calcificação da casca do ovo (SCOTT; HULL; MULLENDORF, 1971) e mantém maior nível sanguíneo de cálcio quando utilizado como fonte concha de ostra. Consequentemente, a reabsorção óssea é menor confirmado pelo aumento na concentração plasmática de fósforo com o uso de calcário fino. No entanto, a fonte de cálcio não tem influência na mineralização óssea, mas partículas maiores desse

mineral melhoram a resistência óssea e o teor de cinzas nas tíbias (GUINOTTE; NYS, 1991). Tamanho da partícula e fonte de cálcio não afetam a concentração de cálcio e fósforo plasmático, porém o tamanho da partícula determina qualidade óssea (WANG et al., 2014).

De maneira geral os resultados de pesquisas ainda se mostram contraditórios e inconsistentes o que é justificado pela grande variação nas características físicas e químicas entre as fontes de cálcio. Dentre os motivos, Roland (1986) sugere que as pesquisas não relacionam fontes de cálcio de mesmo tamanho de partícula e solubilidade, além de garantir o consumo de cálcio adequado (3,75 a 4,75 g/dia) pelas aves.

REFERÊNCIAS

ANWAR, M. N. et al. Effect of calcium source and particle size on the true ileal digestibility and total tract retention of calcium in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 224, p. 39–45, feb. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.12.002>

ARAÚJO, W. A. G; ALBINO, L. F. T. Importância de qualidade da casca do ovo em matriz pesada. In: ARAÚJO, W. A. G; ALBINO, L. F. T. Incubação comercial. Kerala: Transworld Research Network, p. 123 -137, 2011. Disponível em: http://issuu.com/ResearchSignpost/docs/araujo_e-book/23 acesso em 13 ago. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual ABPA 2018**. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>. Acesso em: 07/08/2018.

BAIÃO, N.C.; CANÇADO, S.V. Fatores que afetam a qualidade da casca do ovo. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária**, Belo Horizonte, n.21, p.43- 59, 1997.

BAIÃO, N. C.; LÚCIO, C. G. Nutrição de matrizes pesadas. In MACARI, M.; MENDES, A. A. Manejo de matrizes de corte. 1. ed. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, p. 197-212, 2005.

BENITES, C. I.; FURTADO, P. B. S.; SEIBEL, N. F. Características e aspectos nutricionais do ovo. In: SOUZ-SOARES, L. A.; SIEWERDT, F. (org.). Aves e ovos. Pelotas: UFPEL, p. 57-64, 2005.

BRASILIAN POULTRY ASSOCIATION (UBABEF). Eggs, an expanding market. Brazil's production aims to provide guaranteed safety to consumers. **Brazilian Poultry Magazine**, n. 1, p. 26-27, 2012.

BUENO, I.J.M. Influência da granulometria do calcário em ovos de matrizes avícolas de segundo ciclo. Dissertação (mestrado)-Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

CARNARIUS, K.M. et al. Relationship of eggshell ultrastructure and shell strength to the soundness of shell eggs. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 5, p. 656-663, 1996. <https://doi.org/10.3382/ps.0750656>

CHANG, W. et al. The extracellular calcium-sensing receptor (CaSR) is a critical modulator of skeletal development. **Science Signaling**, v. 1, n.35, sep. 2008 Disponível em <http://stke.sciencemag.org/content/1/35/ra1> acesso em 09 Ago. 2018.

CHENG, T.K.; COON, C.N. Effect of calcium source, particle size, limestone solubility in vitro, and calcium intake level on layer bone status and performance. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n.12, p. 2214-2219, 1990. <https://doi.org/10.3382/ps.0692214>

CLUNIES, M.; LEESON, S. Effect of dietary calcium level on plasma proteins and calcium flux occurring during a 24 h ovulatory cycle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, Canada, v. 75, n. 3, 1995. <https://doi.org/10.4141/cjas95-064>

COON, C.; LESKE, K.; SEO, S. The availability of calcium and phosphorus in feedstuffs. In: McNAB, J.M.; Boorman, K.N. (ed.). Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value. CABI Publishing. 2002. p. 151-180.

DACKE, C.; ARKLE, S. Medullary bone and avian calcium regulation. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 184, p.63–88, 1993.
Disponível em <http://jeb.biologists.org/content/jexbio/184/1/63.full.pdf> Acesso em 13 ago. 2018.

ELAROUSSI, M.A. et al. Calcium homeostasis in the laying hen. 1. Age and dietary calcium effects. **Poultry Science**, Champaign, v.73, p.1581-1589, 1994.
<https://doi.org/10.3382/ps.0731581>

ETCHES, R.J. Reproduction in poultry. Wallingford: CAB International, 1996, 328 p., 1996.

FERNANDES, E. A.; LITZ, F. H. . The eggshell and Its Commercial and Production Importance. In: HESTER, P.Y. (ed.). Egg innovations and strategies for improvements. 1ed.: Oxford: Academic Press, p. 261-270, 2017.

FLOCK, D. K.; HAVENSTEIN, G. B. Demand Driven Productivity in the Egg Business: Combining Advances in Genetics, Health Control and Nutrition to Meet Changing Consumer Preferences. **Lohmann Information**. v. 49, n. 1, p. 30-37, 2015.

GARCIA, E.R.M. et al. Granulometria do calcário: desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras em final de produção. **Zootecnia Tropical**, Maracay, Venezuela, v. 30, n. 4, 2012.

GONZALES, E. Ingestão de alimentos: Mecanismos regulatórios. In: MACARI, M.; FURLAM, R.L.; GONZALES, E. Fisiologia Aviária aplicada a frangos de corte. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 187-199.

GUINOTTE, F.; NYS, Y. Effects of particle size and origin of calcium sources on eggshell quality and bone mineralization in egg laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, n. 3, p. 583-592, 1991. <https://doi.org/10.3382/ps.0700583>

HESTER, P.Y. A qualidade da casca do ovo. **Avicultura industrial**, Porto Feliz, n. 1072, p. 20-30, 1999.

HURWITZ, S.; BAR, A. Calcium Reserves in Bones of Laying Hens: Their Presence and Utilization. **Poultry Science**, Champaign, v.48, n. 4, p.1391–1396, July 1969.
<https://doi.org/10.3382/ps.0481391>

HYLINE W-36 POEDEIRAS COMERCIAIS. Manual de Manejo. Hy Line International, 2015, 44 p.

JARDIM FILHO, R.M. et al. Influência das fontes e granulometria do calcário calcítico sobre desempenho e a qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.27, n.1, p.35-41, 2005.

<http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v27i1.1239>

JHONSON, P. A.; STEPHENS, C. S.; GILES, J. R. The domestic chicken: Causes and consequences of an egg a day. **Poultry Science**, Champaign, v. 94, n. 4, p. 816–820, 2015.

<http://dx.doi.org/10.3382/ps/peu083>

KASPERS, B. An egg a day– The physiology of egg formation. *Lohmann Information*. v. 50, n. 2, 2016.

KUSSAKAWA, K.C.K.; MURAKAMI, A.E.; FURLAN, A.C. Combinações de fontes de cálcio em rações de poedeiras na fase final de produção e após muda forçada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.3, p.572-578, 1998.

LICHOVNIKOVA, M. The effect of dietary calcium source, concentration and particle size on calcium retention, eggshell quality and overall calcium requirement in laying hens. **British Poultry Science**, London, 2007, v. 48, n. 1 p.71-75, 2007.

<https://doi.org/10.1080/00071660601148203>

LOHMANN LSL-LITE POEDEIRAS. Manual de Manejo – Alojamento em Gaiolas. Lohmann Tierzucht, 2016, 48 p.

MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. In: MACARI, M.; FURLAM, R.L.; GONZALES, E. Fisiologia Aviária aplicada a frangos de corte. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 167-173.

MANN, K.; MANN, M. The chicken egg yolk plasma and granule proteomes. **Proteomics**, Weinheim, v. 8, n. 1, p. 178-191, jan. 2008. Available from <https://scihub.tw/10.1002/pmic.200700790> access on 09 Aug. 2018.

MOLNÁR, A.; MAERTENS, L.; AMPE, B. BUYSE, J.; ZOONS J.; DELEZIE E. Supplementation of fine and coarse limestone in different ratios in a split feeding system: Effects on performance, egg quality, and bone strength in old laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 96, n. 6, p. 1659-1671, 2017.

<https://doi.org/10.3382/ps/pew424>

MONGIN, P. Composition of crop and gizzard contents in the laying hen. **British Poultry Science**, London, v. 17, n. 5, p. 499-507, 1976. Disponível em <https://scihub.tw/10.1080/00071667608416305> acesso em 09 Ago. 2018.

MURATA, L.S. et al. Níveis de cálcio e granulometria do calcário sobre o desempenho e a qualidade da casca de ovos de poedeiras comerciais. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 103-110, ago. 2009. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n1p103>.

NIMPE, J.; SCHNEIDER, W. J. Receptor-Mediated Lipoprotein Transport in Laying Hens. **The Journal of Nutrition**. v. 121, n. 9, p. 1471–1474, sept. 1991.

<https://doi.org/10.1093/jn/121.9.1471>

- NIR, I.; MELCION, J.P.; PICARD, M. Effect of particle size of sorghum grains on feed intake and performance of young broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.69, n.12, p. 2177-2184, dec. 1990. <https://doi.org/10.3382/ps.0692177>
- NYS Y. et al. Biochemical and functional characterisation of eggshell matrix proteins in hens. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 57, p. 401–413, 2001
<https://doi.org/10.1079/WPS20010029>
- NYS Y.; GUYOT N. Egg formation and chemistry. In: NYS Y., BAIN M., VAN IMMERSEEL F., (eds). *Improving the safety and quality of eggs and egg products*. vol. 1: *Egg Chemistry, Production and Consumption*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd; 2011. p. 83–126.
- NYS, Y. et al. Avian eggshell mineralization. **Avian and Poultry Biology Reviews**, v. 10, p. 143-166, 1999.
- PARSONS, A.H. Structure of the eggshell. **Poultry Science**, Champaign, v.61, n. 10, p.2013-2021, 1982. <https://doi.org/10.3382/ps.0612013>
- PERSSON, K. The effect of sodium chloride on eggshell quality in laying hens – A Review. Uppsala: Department of Anatomy, Physiology and Biochemistry, 2009, 10 p. Disponível em: http://stud.epsilon.slu.se/228/1/persson_k_090602.pdf . Acesso em: 05 ago 2018.
- PHIRINYANE, T. B. et al. Effect of dietary different ratios of coarse and fine limestone particles on egg production and eggshell quality of laying hens at peak production. **Research Opinions in Animal & Veterinary Sciences**, Izatnagar, v. 1, n. 6, p. 334-338, 2011.
- RABON JÚNIOR, H. M.; ROLAND, D. A. Solubility comparisons of limestones and oyster shells from different companies, and the short term effect of switching limestones varying in solubility on egg specific gravity. **Poultry Science**, Champaing, v. 64, p. 37-38, 1985. (Suppl. 1).
- RAO, K. S.; ROLAND, D. A. Influence of dietary calcium level and particle size of calcium source on in vivo calcium solubilization by commercial Leghorns. **Poultry Science**, Champaign, v.68, n.11, p. 1499-1505, nov. 1989.
<https://doi.org/10.3382/ps.0681499>
- RAO, K.S.; ROLAND, D.A. In vivo limestone solubilization in commercial Leghorns: Role of dietary calcium level, limestone particle size, in vitro limestone solubility rate and the calcium status of the hen. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 12, p. 2170-2176, dec. 1990.
<https://doi.org/10.3382/ps.0692170>
- RIBEIRO, B.R.C. et al . Efeito do nível de ácido linoléico na ração de matrizes pesadas sobre o peso, composição e eclosão dos ovos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 3, p. 789-796, June 2007.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352007000300034>
- ROLAND, D. Eggshell quality IV: oystershell versus limestone and the importance of particle size or solubility of calcium source. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v.42, n.2, p.166-171, 1986.

ROLAND, D. A.; BRYANT, M. Optimal shell quality possible without oyster shell. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 71, n. 15, p. 18-19, Apr. 1999.

SCOTT, M.L.; HULL, S. J.; MULLENDORF, P.A. The calcium requirements of laying hens and effects of dietary oyster shell upon egg shell quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 50, n.4, p. 1055-1063, jul 1971. <https://doi.org/10.3382/ps.0501055>

SELLE, P. H.; COWIESON, A. J.; RAVINDRAN, V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. **Livestock Science**, Netherlands, v. 124, n. 1-3, p. 126-141, sep. 2009.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.01.006>

SKŘIVAN, M.; MAROUNEK, M.; BUBANCOVA, I.; PODSEDNÍČEK, M. Influence of limestone particle size on performance and egg quality in laying hens aged 24–36 weeks and 56–68 weeks. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 158 p.110–114, 2010

TRAMPEL, D.W.; DUKE, G.E. Digestão Aviária. In: REECE, W.O. (ed.). *Dukes Fisiologia dos animais domésticos*. Tradução Cid Figueiredo, Idilia Ribeiro Vanzellotti, Ronaldo Frias Zanon. 12 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006, p 450-461.

WALK, C.L.; BEDFORD, M.R.; McELROY, A.P. Influence of limestone and phytase on broiler performance, gastrointestinal pH, and apparent ileal nutrient digestibility. **Poultry Science**, Champaign, v.91, n.6 p.1371–1378, jun. 2012.
<https://doi.org/10.3382/ps.2011-01928>

WANG, S. et al. Influence of particle size and calcium source on production performance, egg quality, and bone parameters in laying ducks. **Poultry Science**, Champaign, v. 93, n. 10, p. 2560–2566, oct 2014. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03962>

WITT, F.; KULEILE, N. Effect of limestone particle size on egg production and eggshell quality of hens during late production. **South African Journal of Animal Science**, Pretoria, v.39, n. 5 p.37–40, jan. 2009.
Available from < <http://www.scielo.org.za/pdf/sajas/v39n5/v39n5a09.pdf> >. access on 09 Aug. 2018.

ZHANG, B.; CALDAS, J. V.; COON, C. N. Effect of dietary calcium intake and limestone solubility on egg shell quality and bone parameters for aged laying hens. **International Journal of Poultry Science**, Faisalab, v. 16, n. 4, p. 132-138, 2017
Disponível em <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/ijps/2017/132-138.pdf> acesso em 14 ago. 2018.

ZHANG, B.; COON, C.N. The relationship of calcium intake, source, size solubility in vitro and in vivo, and gizzard limestone retention in laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, p. 1702-1706, dec. 1997. <https://doi.org/10.1093/ps/76.12.1702>

CAPÍTULO II

(Redigido de acordo com as normas da Enciclopédia Biosfera: Ciências Agrárias)

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE OVOS DE GALINHAS POEDEIRAS COM RAÇÕES DE DIFERENTES RELAÇÕES DE GRANULOMETRIAS DE CALCÁRIO

Veridiana Aparecida Limão¹, Raquel Faria Dias², Fernanda Heloisa Litz¹, Sâmela Keila Almeida dos Santos¹, Evandro de Abreu Fernandes³

¹ Discente de doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, FAMEV-UFU, MG, Brasil. (verilimao@gmail.com)

² Discente do curso de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, FAMEV-UFU, MG, Brasil.

³ Professor associado, Universidade Federal de Uberlândia, FAMEV-UFU, Brasil

Resumo

A recomendação de calcário pedrisco na alimentação de galinhas de postura comercial tornou-se necessária nas rações de postura com o objetivo de melhorar a digestibilidade dos nutrientes e proporcionar uma maior biodisponibilidade do cálcio para a formação da casca do ovo. Avaliou-se o uso de diferentes níveis de inclusão de calcário pedrisco na dieta de galinhas poedeiras. Para o estudo foram utilizadas 180 galinhas poedeiras da linhagem Lohmann LSL no período de 39 a 49 semanas de idade. As aves foram distribuídas de maneira aleatória, sendo divididas em cinco tratamentos e seis repetições, com cinco aves em cada. Os tratamentos foram: T1: 100% calcário fino (FL- 0,103 mm); T2: 50% FL e 50% pedrisco (CL- 2,867 mm); T3: 40% FL e 60% CL; T4: 30% FL e 70% CL; T5: 20% FL e 80% CL. Foi avaliado variáveis de desempenho zootécnico, qualidade interna e da casca do ovo e a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e mineral da ração. Independente da proporção do calcário fino e pedrisco as aves apresentaram a mesma percentagem de mineral retido no trato gastrointestinal. As diferentes relações granulométricas de calcário avaliadas não tiveram efeito nas variáveis estudadas de desempenho e qualidade interna do ovo. Foi observada maior percentagem de matéria mineral na casca dos ovos nos tratamentos 60%, 70% e 80% de calcário pedrisco, não demonstrando melhoria nas outras variáveis de qualidade da casca. A partir desse estudo não foi possível definir uma relação ótima da inclusão do calcário pedrisco nas dietas de galinhas poedeiras comerciais em produção.

Palavras-chave: biodisponibilidade, cálcio, manejo nutricional, qualidade de casca.

PRODUCTION AND EGG QUALITY OF LAYING HENS WITH FEEDS OF DIFFERENT RATIOS OF LIMESTONE GRANULOMETRY

Abstract

The recommendation of coarse limestone to feed laying hens became necessary in laying feed with the objective of improving nutrient digestibility and providing a greater bioavailability of calcium for the eggshell formation. Evaluated the use of different levels of inclusion of coarse limestone in the diet of laying hens. The study used 180 Lohmann LSL laying hens in the period from 39 to 49 weeks of age. The hens were randomly distributed and divided into five treatments and six replicates, with five hens per replicate. The treatments were: T1: 100% fine limestone (FL- 0,103 mm); T2: 50% FL and 50% coarse limestone (CL- 2,867 mm); T3: 40% FL and 60% CL; T4: 30% FL and 70% CL; T5: 20% FL and 80% CL. It was evaluated performance, internal quality, eggshell quality and the digestibility of dry matter, crude protein and mineral of diet. Regardless of the proportion of fine and coarse limestone, laying hens presented the same percentage of mineral retained

in the gastrointestinal tract. The different relationships of fine and coarse limestone evaluated had no effect on the performance and internal quality of the egg. It was observed a higher percentage of mineral matter in the eggshell in the treatments 60%, 70% and 80% of coarse limestone, not showing improvement in the other quality variables of the eggshell. From this study it was not possible to define an optimal ratio of the inclusion of the coarse limestone in the diets of commercial laying hens in production.

Key words: bioavailability, calcium, eggshell quality, nutritional management

Introdução

As linhagens modernas de galinhas de postura comercial recomendam em seus programas nutricionais ao longo do ciclo de postura o uso de fontes de cálcio de diferentes granulometrias. Estas recomendações variam de 50% a 85% de inclusão do calcário pedrisco caracterizado por partículas de 1,5 mm a 4,0 mm (HY LINE W-36, 2015; LOHMANN LSL LITE, 2016). O objetivo dessa prática de manejo nutricional visa melhorar a qualidade da casca, considerando-se que as partículas maiores influenciariam o tamanho do trato gastrintestinal das aves bem como o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes, proporcionando uma melhor biodisponibilidade do cálcio.

O fornecimento de cálcio em quantidades efetivas na alimentação de galinhas poedeiras é importante, visto que a maior parte do cálcio envolvido na formação da casca do ovo está sob a forma de carbonato de cálcio (CaCO_3) e é decorrente da ração oferecida às aves. Por isso, é de grande interesse estudos que esclareçam os fatores que afetam a solubilidade do CaCO_3 e, conseqüentemente, a liberação de cálcio para a absorção intestinal. Rao e Roland (1990) compararam a taxa de solubilidade *in vivo* e percentagem de retenção do cálcio envolvendo calcário pedrisco (2 a 5 mm) em relação ao calcário fino (0,5 mm a 0,8 mm) demonstrando uma relação inversa entre a percentagem de solubilidade *in vitro* e percentagem de solubilidade *in vivo* do calcário.

A maior solubilidade *in vitro* do calcário pedrisco em relação ao calcário fino sugere um maior tempo de retenção na moela, com a liberação mais lenta e constante do cálcio, os gastos energéticos com a deposição óssea desse mineral seriam reduzidos, permitindo melhor fluxo deste para a casca do ovo otimizando o uso da energia do metabolismo. A retenção de calcário na moela aumenta na razão direta do tamanho das partículas quando comparada em mesmo nível e fonte de cálcio. Quando a fonte de cálcio tem alta taxa de solubilidade *in vitro*, a capacidade de absorção intestinal fica limitada devido ao menor tempo de permanência do cálcio na moela. Calcário com maior granulometria reside em maior tempo na moela e estimula uma produção mais continuada de ácido clorídrico no proventrículo, criando um ambiente mais efetivo para a dissociação do CaCO_3 em íons Ca^{2+} e sua absorção intestinal (ZHANG; COON, 1997).

A formação da casca do ovo ocorre de forma mais intensa no período noturno, assim o calcário pedrisco presente na moela atuaria como reservatório de cálcio, evitando mobilização óssea (GARCIA et al., 2012). Daí a hipótese de que uma relação calcário pedrisco/calcário fino poderia influenciar na digestão dos demais nutrientes da dieta e conseqüentemente na disponibilização do cálcio.

Phirinyane et al. (2011) não verificaram efeito da granulometria do calcário na qualidade da casca de galinhas no pico de produção (24 semanas de idade). Entretanto, Skřivan, et al. (2010), observaram efeito positivo nas variáveis de desempenho e na qualidade da casca independentemente da idade das aves, sendo esse efeito mais evidente nas aves no final do ciclo de produção (56-68 semanas de idade) o que pode ser justificado por um decréscimo na taxa de retenção dos íons cálcio e mobilização óssea com a idade (KESHAVARZ; NAKAJIMA, 1993).

Rao e Roland (1990) fizeram inferências sobre a solubilidade *in vivo* do calcário na dieta de galinhas poedeiras e mostraram que a solubilização do cálcio ao longo do trato gastrointestinal é influenciada pelo tamanho de partícula e consumo de cálcio. A partir daí diversos autores vem estudando o efeito do tamanho de partícula das fontes de cálcio sobre o desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras. Mas ainda hoje os resultados são contraditórios e inconsistentes, o que impossibilita uma recomendação ótima para os programas nutricionais de galinhas poedeiras.

Este trabalho buscou avaliar diferentes níveis de inclusão de calcário pedrisco na dieta de galinhas poedeiras visando produtividade e qualidade dos ovos por meio de análises de desempenho zootécnico, qualidade interna e da casca do ovo e de digestibilidade dos minerais. A partir de diferentes relações granulométricas do calcário determinar o nível ótimo de inclusão do calcário pedrisco nos programas nutricionais das galinhas em produção.

Material e Métodos

O estudo foi realizado nos meses de janeiro a março de 2016 na Granja de Experimentação de Aves, na Fazenda do Glória da Universidade Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia-MG. O experimento foi conduzido durante oito semanas e foi dividido em dois ciclos de produção de 28 dias com um intervalo de 15 dias entre ciclos. Os procedimentos experimentais utilizados no estudo foram aprovados pela Comissão de Ética na Utilização de Animais sob o protocolo de registro CEUA/UFU 110/15.

Foram utilizadas 180 galinhas poedeiras da linhagem Lohmann LSL com 39 semanas de idade. As aves foram distribuídas de maneira aleatória, sendo divididas em cinco tratamentos e seis repetições, com cinco aves cada. As gaiolas eram de arame galvanizado nas dimensões 50 cm x 45 cm, resultando numa densidade de 450 cm² ave⁻¹, equipadas com comedouro linear na região frontal e bebedouros do tipo Nipple na porção superior. As aves receberam 17 horas de luz entre luz natural e artificial (12 lux m⁻²) e água *ad libitum*.

Os tratamentos foram: T1: 100% calcário fino (FL- DGM 0,103 mm); T2: 50% FL e 50% calcário grosso (CL- DGM 2,867 mm); T3: 40% FL e 60% CL; T4: 30% FL e 70% CL; T5: 20% FL e 80% CL, sendo utilizada a mesma fonte de calcário para todos os tratamentos. As rações foram isoenergéticas e isonutrientes observando as recomendações da linhagem: Energia metabolizável 2780 kcal/kg, Proteína bruta 17%, Metionina digestível 0,45%, Met+cis digestível 0,68%, Lisina digestível 0,80%, Treonina digestível 0,59%, Triptofano digestível 0,18%, Ca 3,80% e Pd 0,46%. As aves receberam oferta diária de 110 gramas de ração fracionada em 40% no período da manhã e 60% no período da tarde.

Os ovos foram colhidos duas vezes ao dia, contados e pesados diariamente. Para o cálculo dos indicadores de desempenho tomou-se como base o somatório de todo o período experimental (56 dias). A taxa de postura foi calculada em relação ao total de ovos produzidos dividido pelo número total de aves e assim determinado o percentual médio de ovos produzidos por tratamento. O peso médio dos ovos foi calculado em gramas de ovos produzidos pelo número total de ovos produzidos.

Durante a última semana de cada ciclo de produção foi conduzido um ensaio de metabolismo para determinar a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e mineral das rações de cada tratamento. Coletou-se diariamente excreta total durante cinco dias consecutivos de quatro repetições (gaiola) por tratamento em bandejas metálicas instaladas abaixo de cada gaiola. O consumo de ração foi determinado pela diferença entre a quantidade total de ração oferecida ao longo do ensaio e a sobra nos comedouros retirada no último dia de coleta. As sobras ao longo do ensaio eram pesadas diariamente, retornando ao comedouro de onde foi retiradas completando a oferta diária de 110 g. A

conversão alimentar foi expressa em gramas de ração por dúzia e massa (g) de ovos produzidos.

Foram determinados os teores de matéria seca, proteína bruta, matéria mineral, cálcio e fósforo das rações e das excretas segundo metodologia proposta pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (BRASIL, 2009). Na metodologia de determinação do cálcio na ração e excretas adotou-se a equação:

$$\%Ca = \frac{0,05 * 4,008 * V}{P}$$

Onde,

V= volume gasto de EDTA para titulação,

P= peso da amostra.

Foram utilizadas as amostras de cinzas das rações e excretas que foram diluídas em 20 mL de solução de HCl 1:1, transferida para balão volumétrico de 100 mL e completado o volume com água destilada. Após foi retirado alíquota de 20 mL transferido para béquer de 40 mL para repouso e posteriormente filtrado em um Erlenmeyer de 500 mL, completado o volume até 300 mL para titulação com solução de EDTA 0,02 N. Para a determinação do fósforo nas rações e excretas foi feita a mesma diluição inicial na determinação do cálcio, utilizado balão volumétrico de 100 mL, porém foi pipetado a alíquota de 5 mL e transferido para o balão volumétrico de 50 mL. Para determinação do fósforo utilizou-se a equação:

$$\%P = \frac{A * 1000 * DT * FC}{10000}$$

Onde,

A= absorvância em espectrofotômetro a 420 nm,

DT= diluição total,

$$DT = D1 * D2 \left(D1 = \frac{20}{100} = 0,2 \text{ e } D2 = \frac{5}{50} = 0,1 \text{ (ou } 10 \text{)} \right)$$

FC= fator de correção (0,0282).

No último dia de cada ciclo de produção todos os ovos íntegros produzidos por cada repetição foram imersos em baldes plásticos com soluções salinas de densidades 1.070, 1.075, 1.080, 1.085, 1.090, 1.095 e 1.100, para determinar a gravidade específica (Hamilton, 1982). A seguir foram recolhidos e identificados três ovos de cada repetição, num total de 18 ovos por tratamento, para as análises no Laboratório de Análise de Matéria Prima e Ração da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia (LAMRA). Os ovos foram individualmente pesados em balança de precisão (0,05 g), posteriormente quebrados e seu conteúdo (gema+albúmen) colocado numa superfície plana. Com o auxílio de um paquímetro digital determinou-se a altura da gema (mm), altura do albúmen denso (mm), diâmetro da gema (mm) e diâmetro do albúmen denso (mm). Após as medidas, foram pesados separadamente casca e gema e por diferença entre o peso do ovo e o somatório do peso da casca e gema determinou-se o peso do albúmen. O índice de albúmen foi calculado pela relação diâmetro e altura. As medidas de peso do ovo (W) e altura do albúmen denso (H) foram utilizadas para o cálculo de Unidade Haugh (HAUGH, 1937) a partir da fórmula:

$$UH = 100 * H^3 + 7,51 - 1,7 * W$$

Com o auxílio de um micrômetro foi feita a medida da espessura dos polos maior, menor e meridiano do ovo para determinar a espessura média da casca. O número médio de poros foi determinado após a remoção da membrana interna das cascas e coloração da parte interna com solução de azul de metileno para facilitar a visualização dos poros. Fragmentos de casca de 1x1 cm² foram delimitados dos polos maior, menor e meridiano, e com auxílio de uma lupa foi feita a contagem dos poros. A partir dos valores obtidos nos polos maior, menor e meridiano foi calculada a média aritmética de poros de cada ovo. O teor de matéria mineral da casca foi determinado segundo metodologia proposta pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (BRASIL, 2009).

Os dados foram analisados quanto a normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias, ambos a 0,05 de significância. Em seguida foram submetidos à análise de variância ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey considerando significativo $p < 0,05$. Para os dados que não seguiram a premissa de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias foi aplicado teste não paramétrico de Kruskal Wallis considerando significativo $p < 0,05$.

Resultados e Discussão

O desempenho produtivo das galinhas ao longo do teste, taxa de postura, peso médio dos ovos e conversão alimentar estão demonstrados na tabela 1. A substituição parcial do calcário fino por níveis crescentes de calcário pedrisco, 50% a 80%, nas dietas experimentais não influenciou as variáveis de desempenho estudadas. Em concordância com esses resultados Murata et al. (2009) trabalhando com níveis crescentes de calcário pedrisco (0% a 100%) em substituição ao calcário fino, não relatou diferenças para as variáveis produção de ovo, peso dos ovos e conversão alimentar. Os mesmos autores apontam efeito positivo apenas nos níveis de cálcio da dieta para as variáveis de desempenho. Há que destacar, que ao iniciar o experimento as aves se encontravam com 39 semanas de idade e mantiveram ao longo do teste uma taxa de produção média de 93,60%.

Tabela 1. Taxa de postura, peso do ovo e conversão alimentar de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco

Tratamento	Postura (%)	Peso ovo (g)	CA* (g/g ovos)	CA (kg/dz ovos)
100% FL: 0% CL	94,36±1,45	59,88±1,23	1,93±0,06	1,39±0,02
50% FL: 50% CL	94,44±1,66	60,82±1,61	1,94±0,05	1,41±0,04
40% FL: 60% CL	93,78±2,71	61,28±0,92	1,92±0,06	1,42±0,04
30% FL: 70% CL	92,96±2,32	59,93±0,59	1,96±0,10	1,44±0,07
20% FL: 80% CL	92,46±3,96	60,79±1,06	1,92±0,11	1,42±0,06
P-valor	0,643	0,175	0,489	0,721
%CV	2,795	1,881	-	3,714

Médias±desvio padrão *Medianas±desvio padrão.

Partiu-se da premissa de que com a inclusão do calcário pedrisco haveria um maior tempo de permanência do alimento no interior da moela, melhorando a digestibilidade dos nutrientes, porém os resultados demonstraram não haver efeitos sobre os índices zootécnicos de produção daquelas aves o que sugere que as galinhas ajustaram o consumo de cálcio de acordo com as exigências nutricionais independente da granulometria do calcário.

As variáveis tomadas como referência para ilustrar o padrão de qualidade da casca dos ovos neste experimento, gravidade específica, espessura da casca, número de poros e matéria mineral, são demonstradas na tabela 2. As variáveis, gravidade específica e espessura da casca mantiveram-se iguais entre os tratamentos sugerindo que a ausência ou a presença de calcário pedrisco não afetaram a qualidade da casca dos ovos. Segundo Roland (1986), a biodisponibilidade de cálcio é diretamente influenciada pela quantidade consumida e a granulometria do calcário, todavia os dados de gravidade específica e espessura da casca nos tratamentos com calcário fino e a associação do calcário fino com o calcário pedrisco não evidenciam nenhuma diferença. Murata et al. (2009) demonstraram que elevados níveis de cálcio na dieta aumentam linearmente a espessura da casca, independentemente das relações granulométricas do calcário nas dietas, resultados que demonstram não haver efeito positivo no uso de calcário pedrisco para essa variável de qualidade da casca dos ovos.

Ao avaliar a espessura da casca, Carnarius et al. (1996) verificaram que em ovos com casca íntegra tem-se uma menor dispersão (0,35mm a 0,41mm) do que em ovos trincados ou quebrados (0,28mm a 0,40mm), caracterizando uma perda de qualidade da casca respondendo por trincas e quebras, independente do tamanho da partícula e fontes de calcário, bem como níveis nutricionais de cálcio nas dietas. Os autores relatam que uniformidade da espessura da casca dos ovos é indicativo de qualidade da casca.

No presente estudo, tivemos uma espessura variando de 0,375 mm a 0,389 mm, ou seja, uma variabilidade com um intervalo menor daquele encontrado por Carnarius et al. (1996) o que nos leva a concluir uma uniformidade de espessura da casca, ratificando que a participação percentual do pedrisco não afetou a qualidade da casca ao longo do período estudado.

Para a variável número médio de poros observa-se que somente o tratamento com 70% de inclusão do pedrisco foi diferente do tratamento zero de inclusão, enquanto todos os demais tratamentos foram iguais, demonstrando que o número de poros não foi influenciado pela inclusão crescente do calcário pedrisco nas rações com 50%, 60%, 70% e 80%. Podemos afirmar que este item relativo à qualidade da casca, responsável por equilibrar a perda de líquido interno, não sofre influencia positiva devido às participações percentuais de pedrisco nas rações das galinhas poedeiras.

Tabela 2. Variáveis associadas a qualidade da casca de ovos de galinhas submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco

Tratamento	Gravidade Específica	Espessura (mm)	Poros (poros/cm ²)	Matéria mineral (%)
100 FL: 0 CL	1089±3,06	0,379±0,013	126±3,68 b	96,66±0,17 c
50 FL: 50 CL	1088±1,16	0,375±0,006	135±6,88 ab	96,80±0,18 bc
40 FL: 60 CL	1090±2,33	0,382±0,008	136±3,33 ab	97,09±0,15 a
30 FL: 70 CL	1090±1,37	0,389±0,010	138±4,00 a	97,06±0,07 ab
40 FL: 80 CL	1089±1,43	0,385±0,012	136±7,96 ab	97,01±0,13 ab
P-valor	0,323	0,198	0,018	<0,01
%CV	0,184	2,757	4,143	0,155

Médias±desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste Tukey a 0,05 de significância.

O calcário pedrisco influenciou a matéria mineral das cascas aumentando sua deposição, principalmente quando comparados o tratamento zero de inclusão com os tratamentos 60%, 70% e 80% de inclusão do calcário pedrisco, consistindo em num

resultado esperado quando da utilização do calcário. Lichovnikova (2007) sugeriu que o uso correto da fonte e do tamanho das partículas tem um efeito positivo na qualidade da casca.

A formação da casca é um processo dinâmico e dependente de vários fatores. Estudos (CHENG; COON, 1990; ZHANG; COON, 1997; RAO; ROLAND, 1990, LICHOVNIKOVA, 2007) evidenciam que, do ponto de vista nutricional, solubilidade *in vitro*, solubilidade *in vivo*, tamanho da partícula e fonte de cálcio interferem diretamente na qualidade da casca. O que se nota é que as ações conjuntas desses fatores resultam em uma casca de melhor qualidade. A deposição de matéria mineral no presente estudo ratifica o efeito da fonte, tamanho e solubilidade do calcário, mas a dependência de possíveis fatores não controlados podem ter influenciado os resultados encontrados para espessura, gravidade específica e deposição de cálcio nas cascas.

As diferentes relações de granulometrias do calcário não afetaram as variáveis de qualidade interna do ovo (tabela 3). O peso médio do ovo apresentado na tabela 3 corresponde à média de pesos individuais de todos os ovos íntegros coletados no último dia do final de cada ciclo de produção. Observa-se que o peso médio dos ovos de cada tratamento foi igual, demonstrando uma uniformidade no comportamento produtivo das galinhas. Há que destacar que as rações experimentais foram isoenergéticas e isonutrientes com o mesmo nível de cálcio (3,92%). Diferentemente, Murata et al. (2009) confirmaram efeito positivo no peso do ovo combinando diferentes níveis de cálcio e de calcário pedrisco. Os autores relataram que a utilização de 44,79% de calcário pedrisco e 4,55% de cálcio dietético resultou em maior peso do ovo. Como o calcário foi a principal fonte de cálcio oferecido, a despeito da qualidade da casca observa-se que a percentagem de casca manteve-se constante (12,38%) e assim podemos afirmar não ter havido um efeito do pedrisco sobre a deposição de casca. Este resultado corrobora com os resultados demonstrados na tabela 2, onde se verifica que a gravidade específica e a espessura da casca não variaram com as inclusões do calcário pedrisco.

Tabela 3. Variáveis relativas aos componentes e qualidade interna de ovos de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco

Tratamento	Peso ovo (g)	Casca (%)	Gema (%) [*]	Albúmen (%) [*]	IAlbúmen	UH
100 FL: 0 CL	59,80±1,27	12,40±0,39	26,85±1,31	61,49±3,71	0,770±0,03	85,08±1,20
50 FL: 50 CL	60,85±2,38	12,18±0,24	27,77±1,32	60,42±1,22	0,758±0,08	82,91±3,75
40 FL: 60 CL	60,67±2,60	12,42±0,38	26,15±2,15	61,28±1,88	0,777±0,10	83,28±4,10
30 FL: 70 CL	60,10±1,23	12,42±0,39	27,89±1,28	60,55±1,02	0,729±0,07	82,16±2,61
20 FL: 80 CL	60,54±1,75	12,50±0,50	27,24±1,30	60,15±1,63	0,781±0,06	83,87±2,48
P-valor	0,819	0,687	0,405	0,275	0,778	0,539
%CV	3,211	3,166	-	-	9,987	3,612

Médias± desvio padrão *Medianas± desvio padrão.

Na tabela 4, estão apresentados dados referentes ao comportamento digestivo das aves frente às diferentes granulometrias do calcário. O consumo de ração assim como a produção de excretas não foram afetadas pelas inclusões crescentes do calcário pedrisco. A digestibilidade da matéria seca e digestibilidade da proteína bruta foram similares independentes do tratamento. Boleli et al. (2002) propõem que a distensão da moela pela presença de partículas maiores de calcário na ração leva a um maior tempo de exposição das partículas do alimento à ação dos fluidos estomacais, resultando em uma maior taxa de digestibilidade ao longo do intestino delgado. No entanto, os resultados do presente estudo questionam a hipótese de que um maior tempo de residência de alimentos no interior da moela, determinado pela presença de grânulos de

calcário nas rações poderia melhorar a biodisponibilidade dos nutrientes presentes na ração.

Tabela 4. Consumo de ração (MS), produção de excretas (MS), digestibilidade da matéria seca (DMS), digestibilidade da proteína bruta (DPB) e minerais retidos no trato gastrointestinal de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes níveis de inclusão do calcário pedrisco

Tratamentos	C.Ração (g)	Excreta (g)	D.MS (%)	DPB (%)	MM retido (%)	Ca retido (%)	P retido (%)
100FL:0 CL	2932,13±45,94	648,37±42,44	77,88±1,25	87,85±0,37	90,89±0,88	92,44±0,64	72,17±3,82
50 FL: 50 CL	2891,09±97,83	657,88±36,42	77,15±1,42	87,82±0,96	91,02±0,91	92,34±0,66	77,22±3,23
40 FL: 60 CL	2854,99±124,31	668,79±10,53	77,92±2,08	86,71±0,18	91,24±1,84	92,68±1,39	76,66±3,89
30 FL: 70 CL	2960,21±33,35	687,05±52,88	77,80±2,40	86,16±0,77	91,38±1,20	93,15±0,89	73,35±0,77
20 FL: 80 CL	2946,21±30,16	648,53±67,49	77,99±2,13	86,54±1,41	90,23±1,59	91,95±1,61	73,81±5,14
P-valor	0,382	0,808	0,970	0,083	0,775	0,642	0,274
%CV	2,694	7,135	2,457	1,050	1,477	1,203	4,918

Médias±desvio padrão.

Independente da proporção do calcário fino e pedrisco as aves apresentaram a mesma quantidade de minerais retidos no trato gastrointestinal (Tabela 4). Nas condições experimentais em se tratando da mesma fonte de cálcio, a menor solubilidade *in vitro* das partículas maiores não correspondeu a uma maior solubilidade *in vivo* dessa fonte mineral. Esses resultados contestam Rao e Roland (1990) que demonstraram uma relação inversa entre a percentagem de solubilidade *in vitro* e percentagem de solubilidade *in vivo* do calcário.

Nas aves mais velhas o efeito do calcário pedrisco foi maior para as variáveis de desempenho do que para as variáveis de qualidade da casca (SKRIVAN et al., 2010). Para os níveis de cálcio de 3,75%, 4,15% e 4,55% o calcário pedrisco não demonstrou efeito positivo no desempenho das aves e qualidade da casca dos ovos (Murata et al., 2009). No entanto, Zhang et al. (2017), sugerem que uma menor solubilidade *in vivo* (30% a 40%) e maior consumo de cálcio (3,9 g – 4,89 g hen⁻¹ dia⁻¹) tem um efeito positivo na qualidade da casca dos ovos no caso de aves mais velhas (77-94 semanas de idade). Segundo Garcia et al. (2012) a inclusão crescente do calcário pedrisco na ração de poedeiras em final de produção influenciaram negativamente as características de desempenho das aves (taxa de postura e conversão alimentar), sem efeito sobre a qualidade da casca dos ovos (espessura e gravidade específica). A partir dessas pesquisas utilizando diferentes níveis de cálcio e granulometrias do calcário não é possível padronizar uma recomendação do uso de calcário pedrisco na dieta de galinhas poedeiras.

Os resultados reforçam que diferentes granulometrias do calcário em uma dieta que atenda as exigências nutricionais das aves, principalmente com o nível de cálcio adequado a cada fase de produção não influenciaram diretamente na qualidade da casca. O que se nota é que as ações conjuntas de fatores como idade, condição fisiológica da ave, condição ambiental, solubilidade *in vitro* do calcário, a fonte e o nível de cálcio, entre outros, resultam em uma casca de melhor qualidade. Podemos conjecturar que o nível de cálcio e a composição nutricional da ração somado à condição fisiológica da ave podem ser mais determinantes do que o tamanho da partícula na residência do alimento no trato gastrointestinal.

Conclusões

As relações granulométricas testadas nesse estudo não foram capazes de gerar respostas consistentes na melhora da qualidade da casca dos ovos. Por isso questiona-se a viabilidade da inclusão de calcário pedrisco nos programas nutricionais de galinhas poedeiras comerciais. Mais trabalhos são necessários para elucidar a capacidade fisiológica da ave em ajustar a quantidade de cálcio absorvido de acordo com suas necessidades metabólicas.

Referências

- Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. Associação Brasileira da Indústria de Alimentação Animal. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. Métodos analíticos. In: *Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal*. São Paulo: Sindirações, 2009.
- Boleli, I. C.; Maiorka, A.; Macari, M. Estrutura funcional do trato digestório. In: Macari, M.; Furlan, R. L.; Gonzales, E. (Org.) **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jabotical: FUNEP/UNESP, 2002. p. 75-92.
- Carnarius, K. M.; Conrad, K. M.; Mast, M. G., Macneil, J. H. Relationship of eggshell ultrastructure and shell strength to the soundness of shell eggs. *Poultry Science*, Champaign, v. 75, n. 5, p. 656-663, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0750656>
- Cheng, T. K.; Coon, C. N. Effect of calcium source, particle size, limestone solubility in vitro, and calcium intake level on layer bone status and performance. *Poultry Science*, Champaign, v. 69, n. 12, p. 2214-2219, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0692170>
- Garcia, E. R. M., Batista, N. R., Cruz, F. K. da, Barbosa Filho, J. A. Granulometria do calcário: desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras em final de produção. *Zootecnia Tropical*, Maracay, v. 30, n. 4, p. 311-316, 2012
- Hamilton, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. *Poultry Science*, Champaign, v. 61, n. 10, p. 2022-2039, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0612022>
- Haugh, R. R. The Haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg & Poultry Magazine*, Mount Morris, v.43, p. 552-555, 1937.
- HyLine W-36 Poedeiras Comerciais. Manual de Manejo. HyLine International. 2015. 44 p.
- Keshavarz, K. Nakajima, S. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. *Poultry Science*, Champaign. v. 72, n. 1, p. 144-153, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0720144>
- Lichovnikova, M. The effect of dietary calcium source, concentration and particle size on calcium retention, eggshell quality and overall calcium requirement in laying hens. *British Poultry Science*, London, 2007, v. 48, n. 1 p.71-75, 2007. Disponível em : <https://doi.org/10.1080/00071660601148203>
- Lohmann LSL-LITE Poedeiras. Manual de Manejo – Alojamento em Gaiolas. Lohmann TierzuchtGmbH. 2016. 48 p.
- Murata, L. S.; Arikí, J.; Santana, A. P.; Jardim Filho, R. M. Níveis de cálcio e granulometria do calcário sobre o desempenho e a qualidade da casca de ovos de poedeiras comerciais. *Biotemas*, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 103-110, ago. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n1p103>

Phirinyane, T. B.; Moreki, J. C.; Van der Merwe, H. J.; Hayes, J. P. Effect of dietary different ratios of coarse and fine limestone particles on egg production and eggshell quality of laying hens at peak production. *Research Opinions in Animal & Veterinary Sciences*, Izatnagar, v. 1, n. 6, p. 334-338, 2011.

Rao, K. S.; Roland, D. A. *In vivo* limestone solubilization in commercial Leghorns: Role of dietary calcium level, limestone particle size, *in vitro* limestone solubility rate and the calcium status of the hen. *Poultry Science*, Champaign, v. 69, n. 12, p. 2170-2176, 1990.
<https://doi.org/10.3382/ps.0692170>

Roland, D. Eggshell quality IV: oystershell versus limestone and the importance of particle size or solubility of calcium source. *World's Poultry Science Journal*, Cambridge, v.42, n.2, p.166-171, 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.1079/WPS19860013>

Skřivan, M.; Marounek, M.; Bubancova, I.; Podsedníček, M. Influence of limestone particle size on performance and egg quality in laying hens aged 24–36 weeks and 56–68 weeks. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 158, n. 1-2, p.110–114, 2010.
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.018>

Zhang, B.; Coon, C.N. The relationship of calcium intake, source, size solubility in vitro and in vivo, and gizzard limestone retention in laying hens. *Poultry Science*, Champaign. v. 76, n. 12, p. 1702-1706, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ps/76.12.1698>

CAPÍTULO III

(Redigido de acordo com as normas do periódico Semina: Ciências Agrárias)

1 **INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE PARTÍCULA E DE DIFERENTES RELAÇÕES**
 2 **GRANULOMÉTRICAS DO CÁLCÁRIO SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE**
 3 **GALINHAS POEDEIRAS**

4 **INFLUENCE OF THE PARTICLE SIZE AND DIFFERENT GRANULOMETRIC RATIO OF THE**
 5 **LIMESTONE ON THE PERFORMANCE AND QUALITY OF EGGS OF LAYING HENS**

6
 7 Veridiana Aparecida Limão¹, Evandro de Abreu Fernandes², Raquel Faria Dias³
 8

9 **Resumo**

10 A biodisponibilidade do cálcio ao longo do tubo gastrointestinal da ave pode variar dependendo da fonte e
 11 tamanho de partículas utilizadas na ração. A recomendação do uso de partículas maiores das fontes de cálcio
 12 para galinhas é antiga, porém os resultados de pesquisa ainda se mostram inconsistentes. Este trabalho
 13 objetivou comparar diferentes granulometrias de pedrisco de calcário calcítico na ração de galinhas poedeiras
 14 avaliando a qualidade das cascas de ovos, além da qualidade interna e produtividade. Foram avaliadas 120
 15 galinhas poedeiras da linhagem Lohmann LSL no período de 56 a 63 semanas de idade. As aves foram
 16 distribuídas de maneira aleatória, sendo divididas em quatro tratamentos e seis repetições, com cinco aves
 17 por repetição. Os tratamentos foram T1: 100% calcário fino (FL- 0,103 mm); T2: 50% FL e 50% calcário
 18 médio 1 (ML-1 0,555 mm); T2: 50% FL e 50% calcário médio 2 (1,836 mm); T4: 50% FL e 50% calcário
 19 pedrisco (CL- 2,867 mm). As diferentes relações granulométricas e tamanhos de partículas do calcário não
 20 determinaram diferenças nas variáveis de qualidade da casca do ovo entretanto observou-se diferenças na
 21 quantidade de minerais retidos no trato gastrointestinal das aves. As diferentes inclusões de calcário pedrisco
 22 podem ter modificado a capacidade de absorção dos minerais no organismo da ave, mas a partir dos
 23 resultados encontrados nesse estudo não é possível afirmar uma relação direta com o tamanho de partículas,
 24 mas deixa evidências de que a granulometria do calcário deve estar num nível médio (DGM 0,555mm), para
 25 se obter o melhor resultado em relação ao incremento do tamanho das partículas.

26
 27 **Palavras-chave:** biodisponibilidade, cálcio, manejo nutricional, qualidade de casca

28
 29 **Abstract**

30 The bioavailability of calcium along the gastrointestinal tube of the laying may vary depending on the source
 31 and particle size used in the feed. The recommendation for the use of larger particles of calcium sources for
 32 layers is old, but the research results are still inconsistent. The objective of this work was to compare
 33 different granulometry of coarse limestone in the laying hens ration, evaluating the eggshell quality, as well
 34 as internal quality and productivity. A total of 120 laying hens of the Lohmann LSL line were evaluated from
 35 56 to 63 weeks of age. The laying were randomly distributed and divided into four treatments and six
 36 replicates, with five birds per replicate. The treatments were T1: 100% fine limestone (FL-0.103 mm); T2:
 37 50% FL and 50% medium limestone 1 (ML-1 0.555 mm); T3: 50% FL and 50% medium limestone 2 (ML-2
 38 1,836 mm); T4: 50% FL and 50% coarse limestone (CL- 2.877 mm). The different granulometry and particle
 39 size of the limestone did not determine differences in eggshell quality variables, with differences in the
 40 amount of minerals retained in the gastrointestinal tract of laying. The different inclusions of coarse
 41 limestone may have altered the absorption capacity of the minerals in the laying's organism, but from the
 42 results found in this study it is not possible to assert a direct relation with the particle size, but cue evidence
 43 that the limestone granulometry must be at a medium level (DGM 0.555mm), in order to obtain the best
 44 result in relation to the increase of the particle size.

45
 46 **Key words:** bioavailability, calcium, eggshell quality, nutritional management
 47
 48
 49
 50

51 **Introdução**

52 Os primeiros estudos com a utilização de casca de ostras como fonte alternativa de cálcio
53 mostraram que a forma física dessa fonte de cálcio poderiam de alguma forma influenciar a taxa de
54 solubilidade do cálcio e conseqüentemente sua biodisponibilidade para formação da casca do ovo
55 (ROLAND, 1986). Entretanto, o que se nota é que ainda hoje não existe consistência nos resultados de
56 pesquisa em mostrar melhora na produtividade e qualidade dos ovos com o uso de diferentes fontes de cálcio
57 e tamanhos de partículas.

58 A relação inversa entre a taxa de solubilidade *in vitro* e taxa de solubilidade *in vivo* do calcário,
59 mostrou-se determinante na absorção dos íons cálcio ao longo do intestino delgado (RAO; ROLAND, 1990).
60 A liberação mais lenta e constante do cálcio ao longo do trato gastrintestinal resulta em diminuição dos
61 gastos energéticos com a deposição óssea, permitindo melhor fluxo deste mineral para a casca do ovo e
62 economia de energia no metabolismo (ZHANG; COON, 1997a). Esse processo indica uma flexibilidade do
63 sistema digestório da galinha em adaptar-se a diferentes granulometrias das dietas, em especial da fonte de
64 cálcio, mostrando ser possível mudança nas características morfofuncionais do trato gastrintestinal para
65 maximizar áreas de digestão e absorção (BOLELI et. al, 2002).

66 A biodisponibilidade de cálcio é diretamente influenciada pela quantidade consumida e granulometria
67 do calcário e pode ser afetada, entre outros fatores, pela relação com outros nutrientes especialmente o
68 fósforo e a vitamina D3, pela solubilidade do carbonato de cálcio e pela habilidade da ave em ajustar o
69 consumo de ração para atender suas exigências de cálcio (ROLAND, 1986). Galinhas poedeiras recebendo
70 fontes de cálcio com diferentes taxas de solubilidades *in vitro* (14% a 85%) apresentaram diferenças na
71 utilização do cálcio proveniente da ração para a formação da casca do ovo. O uso de diferentes fontes de
72 cálcio (calcário fino e pedrisco, casca de ovo e casca de ostra) resultou em diferentes proporções de cálcio
73 depositado na casca, sendo a fonte de menor taxa de solubilidade *in vitro* a que resulta em maior participação
74 do cálcio da ração na casca do ovo (LICHOVNIKOVA, 2007).

75 Os hormônios paratormônio e calcitonina e a forma ativa da vitamina D atuam na regulação dos
76 níveis plasmáticos de cálcio por meio da interação com o tecido ósseo, intestinal e renal para uma eficiente
77 homeostase do cálcio no organismo. O epitélio intestinal é a principal via de absorção do cálcio proveniente
78 da ração, os rins regulam a excreção de íons cálcio e fosfato na urina e os ossos longos atuam como um
79 reservatório ativo de cálcio no organismo (MUNDY; GUISE, 1999; HOENDEROP et al., 2005; GYNTON,
80 2006). Uma rápida solubilização do cálcio ao longo do trato gastrintestinal pode promover uma elevação do
81 nível plasmático desse mineral estimulando a secreção de calcitonina, que atua inibindo a reabsorção renal
82 resultando na excreção aumentada de cálcio (GOFF, 2006).

83 Este trabalho objetivou comparar diferentes granulometrias de calcário calcítico pedrisco na ração de
84 galinhas poedeiras avaliando a qualidade das cascas de ovos, além da qualidade interna e produtividade.

85

86

87

88 **Material e Métodos**

89 O estudo foi realizado nos meses de abril a junho de 2016 na Granja de Experimentação de Aves, na
90 Fazenda do Glória da Universidade Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia-MG. O experimento
91 foi conduzido durante oito semanas e foi dividido em dois ciclos de produção de 28 dias com um intervalo de
92 15 dias entre ciclos. Os procedimentos experimentais utilizados no estudo foram aprovados pela Comissão
93 de Ética na Utilização de Animais sob o protocolo de registro CEUA/UFU 110/15.

94 Foram alojadas 120 galinhas poedeiras da linhagem Lohmann LSL com 56 semanas de idade. As
95 aves foram distribuídas de maneira aleatória, sendo divididas em quatro tratamentos e seis repetições, com
96 cinco aves cada. As gaiolas eram de arame galvanizado nas dimensões 50 x 45 cm, resultando numa
97 densidade de 450 cm² ave⁻¹, equipadas com comedouro linear na região frontal e bebedouros do tipo Nipple
98 na porção superior. As aves receberam 17 horas de luz entre luz natural e artificial (12 lux m⁻²) e água *ad*
99 *libitum*.

100 Os tratamentos foram baseados na granulometria comercial de calcários: T1: 100% calcário fino
101 (FL- 0,103 mm); T2: 50% FL e 50% calcário médio 1 (ML-1 0,555 mm); T3: 50% FL e 50% calcário médio
102 2 (ML-2 1,836 mm); T4: 50% FL e 50% calcário pedrisco (CL- 2,867 mm), sendo utilizado calcários
103 originários da mesma fonte industrial. A partir da análise granulométrica, determinou-se diâmetro geométrico
104 médio das partículas do calcário fino e pedrisco e das rações experimentais com auxílio do software
105 GranuCalc® da Embrapa. Foi tomada como referência a metodologia de Zhang e Coon (1997b) para
106 determinação da taxa de solubilidade *in vitro* dos calcários fino e pedrisco. As rações foram isoenergéticas e
107 isonutrientes tendo como referência às recomendações da linhagem: Energia metabolizável 2740 kcal/kg,
108 Proteína bruta 17%, Metionina digestível 0,31%, Met+cis digestível 0,54%, Lisina digestível 0,81%,
109 Treonina digestível 0,59%, Triptofano digestível 0,18%, Ca 3,92% e Pd 0,43%. As aves receberam uma
110 oferta diária de 110 gramas de ração fracionada em 40% no período da manhã e 60% no período da tarde.

111 Os ovos eram colhidos duas vezes ao dia, contados e pesados diariamente. Para o cálculo dos
112 indicadores de desempenho tomou-se como base o somatório de todo o período experimental (56 dias). A
113 taxa de postura foi calculada em relação ao total de ovos produzidos dividido pelo número total de aves e
114 assim determinado o percentual médio de ovos produzidos por tratamento. O peso médio dos ovos foi
115 calculado em gramas de ovos produzidos pelo número total de ovos produzidos.

116 Durante a última semana de cada ciclo de produção foi conduzido um ensaio de metabolismo para
117 determinar a digestibilidade das frações protéicas e mineral das rações de cada tratamento. Coletaram-se as
118 excretas por cinco dias consecutivos de quatro repetições (gaiola) por tratamento. As gaiolas eram equipadas
119 com uma bandeja de aço previamente preparada e revestida com plástico para o recolhimento das excretas e
120 o método utilizado foi o de coleta total de excretas.

121 O consumo de ração foi determinado pela diferença entre a quantidade total de ração oferecida ao
122 longo do ensaio e a sobra nos comedouros retirada no último dia de coleta. As sobras ao longo do ensaio
123 eram pesadas diariamente, mas não era descartada apenas completava-se para a oferta diária de 110 g. A
124 conversão alimentar foi expressa em gramas de ração por dúzia e massa (g) de ovos produzidos.

125 Foram determinados os teores de matéria seca, proteína bruta, matéria mineral, cálcio e fósforo das
 126 rações e das excretas tendo como referência o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (BRASIL,
 127 2009). Na metodologia de determinação do cálcio nas rações e excretas adotou-se a equação:
 128

$$\text{Ca} = \frac{0,05 * 4,008 * V}{P}$$

129

130 Onde,

131 V= volume gasto de EDTA para titulação,

132 P= peso da amostra.

133

134 Foram utilizadas as amostras de cinzas das rações e excretas que foram diluídas em 20 mL de
 135 solução de HCl 1:1, transferida para balão volumétrico de 100 mL e completado o volume com água
 136 destilada. Após foi retirado alíquota de 20 mL transferido para béquer de 40 mL para repouso e
 137 posteriormente filtrado em um Erlemayer de 500 mL, completado o volume até 300 mL para titulação com
 138 solução de EDTA 0,02 N. Para a determinação do fósforo nas rações e excretas foi feita a mesma diluição
 139 inicial na determinação do cálcio, transferida para balão volumétrico de 100 mL e completado o volume com
 140 água destilada. Após foi pipetado a alíquota de 5 mL e transferido para o balão volumétrico de 50 mL
 141 completado o volume com água destilada. Foi feita a leitura de absorvância das amostras com auxílio de
 142 espectrofotômetro de absorção atômica. Para determinação do fósforo utilizou-se a equação:
 143

$$P = \frac{A * 1000 * DT * FC}{10000}$$

144

145 Onde,

146 A= absorvância em espectrofotômetro a 420 nm,

147 DT= diluição total,

148 DT= D1* D2 ($D1 = \frac{300}{20}$, $D2 = \frac{50}{5} = 10$),

149 FC= fator de correção (0,0282).

150

151 No último dia de cada ciclo de produção todos os ovos íntegros produzidos por cada repetição foram
 152 imersos em baldes plásticos com soluções salinas de densidades 1.070, 1.075, 1.080, 1.085, 1.090, 1.095 e
 153 1.100. Por fim, determinou-se a gravidade específica tendo como referência a metodologia de Hamilton
 154 (1982). Foram separados e devidamente identificados três ovos por repetição, num total de 18 ovos por
 155 tratamento para as análises no Laboratório de Análise de Matéria Prima e Ração da Faculdade de Medicina
 156 Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia (LAMRA). Os ovos foram individualmente pesados em
 157 balança de precisão (0,05 g), posteriormente quebrados e seu conteúdo (gema+albúmen) colocado numa
 158 superfície plana. Com o auxílio de um paquímetro digital determinou-se a altura da gema (mm), altura do

159 albúmen denso (mm), diâmetro da gema (mm) e diâmetro do albúmen denso (mm). Após as medidas foram
 160 pesados separadamente casca, gema e por diferença entre o peso do ovo e o somatório do peso da casca e
 161 gema determinou-se o peso do albúmen. O índice de albúmen foi calculado pela relação diâmetro e altura. As
 162 medidas de peso do ovo (W) e altura do albúmen denso (H) foram utilizadas para o cálculo de Unidade
 163 Haugh (HAUGH, 1937) a partir da fórmula:

$$164 \quad \text{UH} = 100 * \log\left(\frac{W}{H} + 7,51 - 1,7 * \frac{W}{H}\right)$$

165
 166 Com o auxílio de um micrômetro foi feita a medida da espessura dos pólos maior, menor e meridiano
 167 do ovo para determinar a espessura média da casca. O número médio de poros foi determinado após a
 168 remoção da membrana interna das cascas e coloração da parte interna com solução de azul de metileno para
 169 facilitar a visualização dos poros. Fragmentos de casca de 1x1 cm² foram delimitados dos pólos maior,
 170 menor e meridiano, e com auxílio de uma lupa foi feita a contagem dos poros. A partir dos valores obtidos
 171 nos pólos maior, menor e meridiano foi calculada a média aritmética de poros de cada ovo.

172 O teor de matéria mineral das cascas foi determinado segundo metodologia proposta pelo
 173 Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (BRASIL, 2009). O teor de cálcio da casca foi determinado
 174 pelo método de digestão nitro-perclórica no Laboratório de Análises de Solo (LABAS) da Universidade
 175 Federal de Uberlândia. As amostras foram moídas, pesados 0,1 gramas e adicionados 6 mL da solução nitro-
 176 perclórica na proporção de 8:1 (ácido nítrico: ácido perclórico) para ao final da digestão obter um extrato
 177 claro com mais ou menos 1 mL. Depois de resfriados foram acrescentados a cada extrato 50 mL de água
 178 destilada a 60°C e homogeneizado. Em sequência, preparou-se uma solução com 0,5 mL do extrato, 2,5 mL
 179 de óxido de lantano a 5% e 22 mL de água destilada para leitura do mineral cálcio em espectrofotômetro de
 180 absorção atômica, modalidade chama. Para calibração do espectro foi utilizado um padrão foliar.

181 Os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias,
 182 ambos a 0,05 de significância. Em seguidas foram submetidos à análise de variância ANOVA e as médias
 183 comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Para os dados que não seguiram a premissa de
 184 normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal
 185 Wallis a 0,05 de significância.

186 187 **Resultados e Discussão**

188
 189 Os diferentes tamanhos de partículas do calcário pedrisco nas dietas experimentais não influenciaram
 190 o desempenho produtivo das galinhas poedeiras, avaliados por meio da taxa de postura, peso do ovo e
 191 conversão alimentar (Tabela 1). Considerando a média de idade das aves de 60 semanas, independente do
 192 tratamento, foi possível manter o índice produtivo de acordo com o manual da linhagem (média geral de
 193 90,99%).

194 A partir desses resultados não é possível afirmar que as partículas maiores de calcário têm efeito
 195 positivo para as variáveis de desempenho. Iqbal et al. (2017) confirmam que variáveis como percentual de
 196 casca, espessura da casca e gravidade específica são influenciadas pelo peso do ovo, corroborando com os
 197 resultados deste estudo, onde não foram encontradas diferenças entre o peso dos ovos (Tabela 2). Murata et
 198 al. (2009), utilizando níveis de cálcio de 3,75% a 4,55%, verificaram que apenas o uso de calcário pedrisco
 199 não proporcionou aumento do peso médio dos ovos, e sim a interação entre níveis de cálcio e as diferentes
 200 relações granulométricas do calcário. Cabe ressaltar que as rações deste experimento tinham o mesmo de
 201 nível de cálcio (3,92%).

202

203 **Tabela 1.** Variáveis de desempenho de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes granulometrias
 204 da fonte de cálcio (calcário)

Tratamento	Postura (%)	Peso ovo (g)	CA (g/g ovos)	CA* (kg/dz ovos)
100 FL	91,84±6,55	62,90±1,01	2,58±0,21	1,88±0,14
FL: ML-1	86,65±9,21	62,13±1,98	2,63±0,21	1,88±0,13
FL: ML-2	92,42±5,51	60,49±2,20	2,60±0,15	1,90±0,12
FL: CL	92,91±6,90	63,18±1,32	2,37±0,14	1,87±0,16
P-valor	0,421	0,083	0,123	0,882
%CV	7,886	2,716	7,321	-

205 Médias± desvio padrão *Medianas± desvio padrão.

206

207 As variáveis relativas à qualidade da casca dos ovos, gravidade específica, espessura da casca,
 208 número de poros, matéria mineral e cálcio são demonstradas na tabela 2. A casca dos ovos no tratamento FL:
 209 ML-2 apresentou número de poros inferior aos demais tratamentos, comparados daquelas dietas com calcário
 210 de granulometria maior (FL: ML-1 e FL: CL). Os resultados não nos permitem afirmar que a variável
 211 número de poros na casca sofreu influência direta do tamanho de partículas do calcário.

212

213 **Tabela 2.** Variáveis de qualidade da casca de ovos de galinhas poedeiras submetidas a rações com diferentes
 214 granulometrias da fonte de cálcio (calcário)

Tratamento	Gravidade Específica	Espessura (mm)	Poros (poros/cm ²)	Matéria mineral (%)	Cálcio* (%)
100 FL	1085±2,50	0,390±0,008	134±8,10 a	96,97±0,21	41,24±1,16 b
FL: ML-1	1085±3,10	0,395±0,008	136±4,87 a	97,00±0,13	46,27±3,04 a
FL: ML-2	1087±1,35	0,402±0,008	124±7,78 b	96,99±0,16	43,88±0,83 ab
FL: CL	1086±1,03	0,401±0,005	135±2,85 a	96,92±0,09	45,07±1,56 a
P-valor	0,255	0,056	0,012	0,817	<0,01
%CV	0,199	1,977	4,742	0,161	-

215 Médias± desvio padrão. *Medianas± desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem
 216 pelo teste Tukey a 0,05 de significância. *Medianas seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste
 217 Kruskal Wallis a 0,05 de significância.

218

219 A substituição de 50% de calcário fino (DGM 0,103 mm) para a inclusão de um calcário com
 220 granulometria maior (DGM 0,555) influenciou a deposição de cálcio na casca. O mesmo foi observado nos
 221 tratamentos FL: ML-2 (DGM 1,836) e FL: CL (DGM 2,867) que, por outro lado, foram semelhantes entre si,
 222 demonstrando assim que o incremento da concentração de cálcio na casca observada com o calcário de DGM
 223 0,555 foi mantida mesmo com o aumento do tamanho do pedrisco, sugerindo que não há motivo para o uso

224 de granulometrias ML-1 e ML-2, já que granulometrias maiores no calcário pedrisco são de grande
 225 abrasividade para os equipamentos de mistura de ração. A casca do ovo é composta de 94% de carbonato de
 226 cálcio na forma de calcita, 1% de carbonato de magnésio, 1% de fosfato de cálcio e 4% de material orgânico
 227 (HUNTON, 2005), ou seja, o cálcio é o mineral de maior proporção na composição mineral da casca do ovo.
 228 Os resultados indicam que nas condições experimentais apresentadas neste trabalho o aumento no tamanho
 229 de partículas do calcário não foi eficaz para determinar diferenças naquelas variáveis de qualidade da casca
 230 do ovo, exceto na concentração de cálcio.

231 Nos últimos anos, as empresas de genética de galinhas poedeiras comerciais tem recomendado
 232 inclusive o uso de pedrisco nas rações com o avançar da idade. O presente experimento contradiz essa
 233 recomendação que leva em consideração uma menor taxa de solubilidade *in vivo* do calcário pedrisco e uma
 234 maior absorção dos íons cálcio ao longo do tubo gastrintestinal que resultaria em maior biodisponibilidade
 235 do cálcio para formação da casca do ovo.

236 As variáveis relativas aos componentes estruturais dos ovos (tabela 3), casca, albúmem e gema
 237 mantiveram-se constantes em relação ao peso do ovo, assim, como as variáveis relativas a qualidade interna
 238 unidade Haugh e índice de albúmem demonstrando que as diferentes granulometrias do calcário não
 239 influenciaram os seus constituintes e a qualidade interna dos ovos.

240

241 **Tabela 3.** Variáveis relativas aos componentes e qualidade interna de ovos de galinhas poedeiras submetidas
 242 a rações com diferentes granulometrias da fonte de cálcio (calcário)

Tratamento	Peso ovo (g)	Casca (%)	Gema (%)	Albúmen (%)	IAlbúmen	UHaugh
100 FL	62,17±2,14	12,64±0,63	28,00±0,74	59,35±1,00	0,689±0,02	80,04±1,75
50 FL: 50 ML-1	61,87±2,69	12,70±0,62	27,44±0,85	59,85±0,69	0,694±0,04	79,18±2,09
50 FL: 50 ML-2	61,61±2,21	13,17±0,43	27,56±1,04	59,25±1,06	0,707±0,04	80,35±2,19
50 FL: 50 CL	63,45±1,70	12,69±0,33	27,08±1,24	60,22±1,03	0,699±0,06	79,88±2,20
P-valor	0,504	0,279	0,471	0,292	0,919	0,793
%CV	3,564	4,085	3,599	1,612	6,753	2,589

243 Estas variáveis são relativas as amostras trabalhadas no laboratório. Médias± desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem
 244 pelo teste Tukey a 0,05 de significância.

245

246 Na tabela 4 estão apresentados dados relativos ao comportamento digestivo das aves frente às
 247 diferentes granulometrias do calcário, que de forma direta também influenciaram o DGM das rações em cada
 248 tratamento, haja vista, que o calcário tinha uma parcela de 8% das rações. A partir da análise granulométrica
 249 da ração foram encontrados DGM de 1127µm, 1165µm, 1309 µm e 1322 µm e para os resultados de taxa de
 250 solubilidade *in vitro* do calcário foi encontrado os valores de 87,70%, 66,80%, 63,09% e 63,14%
 251 respectivamente na ordem dos tratamentos apresentados na tabela.

252 Este experimento partia da hipótese de que a presença de pedrisco de tamanhos crescentes poderia
 253 influenciar no transito intestinal concorrendo para um maior aporte de cálcio e um incremento no coeficiente
 254 de digestibilidade da ração, no entanto, as variáveis consumo de ração, produção de excretas, digestibilidade
 255 da matéria seca e da proteína mantiveram constantes independentemente da participação de calcário pedrisco
 256 de tamanhos crescentes, substituindo 50% do calcário formulado nas rações.

257 Observa-se que o tamanho das partículas do calcário influenciou na quantidade de minerais retidos
 258 por meio do trato gastrintestinal das aves, com destaque para a associação de calcário fino (FL) e o calcário

259 médio (ML-1 0,555 mm), tratamento FL: ML-1, que ratifica o resultado de maior concentração de cálcio na
 260 casca observado na tabela 2. Mais uma vez este resultado vem demonstrar que a associação (50:50) com o
 261 calcário de granulometria média baixa é o essencial para aumentar a taxa de retenção da matéria mineral do
 262 cálcio e fósforo. Por outro lado, demonstra ainda que granulometrias maiores acabam comprometendo a taxa
 263 de retenção como está evidenciado no tratamento FL:CL que apresentam a menor taxa de retenção de
 264 matéria mineral e cálcio (Tabela 4).

265
 266 **Tabela 4.** Consumo de ração (MS), produção de excretas (MS), digestibilidade da matéria seca (DMS),
 267 digestibilidade da proteína bruta (DPB) e minerais retidos no trato gastrointestinal de galinhas poedeiras
 268 submetidas a rações com diferentes granulometrias da fonte de cálcio (calcário)

Tratamento	CR* (g)	Excreta (g)	DMS (%)	DPB (%)	MM.r (%)	Ca.r (%)	P.r (%)
100 FL	2507,0±12,5	590,0±52,0	76,4±2,11	88,6±1,83	90,3±1,83ab	92,9±1,38a	71,7±4,17b
FL: ML-1	2513,9±13,7	589,7±43,8	76,4±1,65	89,8±1,31	91,5±1,45a	93,6±0,88a	78,6±2,22a
FL: ML-2	2502,6±4,9	644,9±26,4	74,2±1,01	87,6±0,77	88,7±0,97ab	91,4±0,82ab	72,8±1,83ab
FL: CL	2493,2±4,6	625,4±62,3	74,9±2,46	87,7±1,74	87,2±2,07b	89,9±1,68b	72,9±3,65ab
P-valor	0,238	0,325	0,291	0,177	0,016	<0,01	0,034
%CV	-	8,222	2,506	1,646	1,832	1,352	4,222

269 Médias± desvio padrão *Medianas± desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste Tukey a 0,05 de significância.

270

271 ROLAND (1986) afirmou que o maior aproveitamento do cálcio da dieta está intimamente ligado a
 272 quantidade consumida e granulometria do calcário e conclui que o fornecimento de calcário pedrisco na
 273 ração possibilitaria maior disponibilidade de cálcio para a formação da casca do ovo, evitando a mobilização
 274 óssea e reduzindo os gastos energéticos com a deposição óssea. Este achado corrobora com a hipótese
 275 proposta no presente estudo, mas deixa evidências de que a granulometria do calcário deve estar num nível
 276 médio, como por exemplo um DGM 0,555mm, para se obter o melhor resultado em relação ao incremento
 277 do tamanho das partículas.

278 Vale ainda ressaltar a dificuldade na padronização das metodologias de determinação de minerais,
 279 pouco elucidadas nos trabalhos científicos que dificultam a unificação dos resultados para comparação e
 280 discussão. Também o grau de fragilidade dessas metodologias que utilizam uma pequena fração de amostra,
 281 sendo sequencial com várias diluições.

282 Conclui-se com este trabalho a necessidade de mais estudos para elucidar a capacidade fisiológica da
 283 ave em ajustar a quantidade de cálcio da ração para a formação da casca do ovo.

284

285 Referências

- 286 Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação
 287 Animal. Associação Brasileira da Indústria de Alimentação Animal. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal.
 288 Métodos analíticos. In: *Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal*. São Paulo: Sindirações, 2009.
- 289 Boleli, I. C.; Maiorka, A.; Macari, M. Estrutura funcional do trato digestório. In: Macari, M.; Furlan, R. L.;
 290 Gonzales, E. (Org.) **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jabotical: FUNEP/UNESP, 2002. p. 75-
 291 92.
- 292 Goff, J. P. *Minerais. Fisiologia dos Animais Domésticos*. Editado por Reece, W. O. Guanabara Koogan,
 293 2006, 532-555 p.

- 294 Guyton, A. C.; Hall, A. J. E. *Tratado de Fisiologia Médica* – 11^a ed. Elsevier: Rio de Janeiro, 2006. 632 p.
- 295 Hamilton, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. *Poultry Science*,
296 Champaign, n. 61, p. 2022-2039, 1982.
- 297 Haugh, R. R. The Haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg& Poultry Magazine*, Mount
298 Morris, v.43, p. 552-555, 1937.
- 299 Hoenderop, J. G. L.; Nilius, B.; Bindels, R. J. M. Calcium absorption across epithelia. *Physiological*
300 *Reviews*, Baltimore, n.35, p.373-422, 2005.
- 301 Hunton, P. Research on eggshell structure and quality: an historical overview. *Brazilian Poultry Science*,
302 Champaign, n. 7, p. 67-71, 2005.
- 303 Iqbal, J.; Mukhtar, N.; Rehman, Z. U.; Khan, S. H.; Ahmad, T.; Anjum, M. S.; Pasha, R. H.; Umar, S. Effects
304 of egg weight on egg quality, chick quality and broiler performance at the later stages of production (week
305 60) in broiler breeders. *Journal of Applied Poultry Research*, Champaign, v. 26, n. 2, p. 183- 191, 2017.
- 306 Lichovnikova, M. The effect of dietary calcium source, concentration and particle size on calcium retention,
307 eggshell quality and overall calcium requirement in laying hens. *British Poultry Science*, London, v. 48, n. 1
308 p.71-75, 2007.
- 309 Mundy, G. R.; Guise, T. A. Hormonal control of calcium homeostasis. *Clinical Chemistry*, Baltimore, v.45,
310 p.1347-1352, 1999.
- 311 Murata, L. S.; Joji, A.; Santana, A. P.; Jardim Filho, R. M. Níveis de cálcio e granulometria do calcário sobre
312 o desempenho e a qualidade da casca de ovos de poedeiras comerciais. *Biotemas*, Florianópolis, v. 22 n. 1, p.
313 103- 110, 2009.
- 314 Rao, K. S.; Roland, D. A. *In vivo* limestone solubilization in commercial Leghorns: Role of dietary calcium
315 level, limestone particle size, *in vitro* limestone solubility rate and the calcium status of the hen. *Poultry*
316 *Science*, Champaign, n. 69, p. 2170-2176, 1990.
- 317 Roland, D. Eggshell quality IV: oystershell versus limestone and the importance of particle size or solubility
318 of calcium source. *World's Poultry Science Journal*, Cambridge, v.42, n.2, p.166-171, 1986.
- 319 Zhang, B.; Coon, C.N. The relationship of calcium intake, source, size solubility *in vitro* and *in vivo*, and
320 gizzard limestone retention in laying hens. *Poultry Science*, Champaign. v. 76, p. 1702-1706, 1997a
- 321 Zhang, B.; Coon, C.N. Improved *in vitro* methods for determining limestone and oyster shell solubility.
322 *Journal of Applied Poultry Research*, Savoy, v. 6, p. 94-99, 1997b
323
- 324
- 325
- 326
- 327
- 328
- 329
- 330
- 331
- 332
- 333
- 334
- 335

ANEXO A

Protocolo de Aprovação do Comitê de ética - UFU



Universidade Federal de Uberlândia
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Comissão de Ética na Utilização de Animais (CEUA)
Rua Ceará, S/N - Bloco 2T, sala 113 – CEP 38405-315
Campus Umuarama – Uberlândia/MG – Ramal (VoIP) 3423;
e-mail: ceua@propp.ufu.br; www.comissoes.propp.ufu.br

ANÁLISE FINAL Nº 193/15 DA COMISSÃO DE ÉTICA NA UTILIZAÇÃO DE ANIMAIS PARA O PROTOCOLO REGISTRO CEUA/UFU 110/15

Projeto Pesquisa: "Produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras submetidas a diferentes granulometrias de calcário na dieta".

Pesquisador Responsável: Prof. Evandro de Abreu Fernandes

O protocolo não apresenta problemas de ética nas condutas de pesquisa com animais nos limites da redação e da metodologia apresentadas. Ao final da pesquisa deverá encaminhar para a CEUA um relatório final.

SITUAÇÃO: PROTOCOLO DE PESQUISA APROVADO.

OBS: O CEUA/UFU LEMBRA QUE QUALQUER MUDANÇA NO PROTOCOLO DEVE SER INFORMADA IMEDIATAMENTE AO CEUA PARA FINS DE ANÁLISE E APROVAÇÃO DA MESMA.

Uberlândia, 11 de novembro de 2015.

Prof. Dr. César Augusto Garcia
Coordenador da CEUA/UFU

ANEXO B

Normas do Periódico: Enciclopédia Biosfera

1) Forma de apresentação: O Trabalho deverá ser apresentado de forma completa – Digitado em formato DOC (**não sendo aceito formato DOCX, PDF ou outro**), contendo Título, nome(s) completo(s) do(s) autor(es) (sem abreviações), e-mail do autor principal, incluindo instituição de origem, cidade e país.

2) O trabalho deve ter: resumo em língua portuguesa, palavras-chave (em ordem alfabética), Título em língua estrangeira, resumo em língua estrangeira (abstract), palavras-chave em língua estrangeira (keywords). O resumo deve ter o máximo de 250 palavras.

3) O artigo científico regular deve apresentar as seções: introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusão (se for o caso), agradecimentos (opcional) e referências bibliográficas. A revisão bibliográfica deve conter as seções: introdução, desenvolvimento, conclusão, agradecimentos (opcional) e referências bibliográficas.

Regras de formatação:

- corpo do texto justificado;
- espaçamento simples;
- margem superior e esquerda de 3 cm, margem inferior e direita de 2 cm;
- fonte: Arial 12;
- as páginas não devem ser numeradas;
- Artigo científico regular: mínimo de sete (7) páginas, máximo de 15 páginas;
- Revisão bibliográfica: mínimo de 15 páginas, máximo de 25 páginas.

4) Figuras: Deverão ser apresentadas em formato jpg, com resolução mínima de 300 dpi. Orientamos para que o trabalho tenha preferencialmente tamanho máximo de 1.000Kb. **As figuras devem informar a fonte.**

5) As situações não previstas devem seguir o que é determinado pelas normas da ABNT. É fundamental observar exemplo de trabalho dentro destas normas, disponível [aqui](#).

Importante:

Para as referências oriundas de artigos científicos, OBRIGATORIAMENTE inserir a URL e o número de identificação de DOI:

Exemplo:

VIJAYARAGHAVAN, K.; JOSHI, U. M. Hybrid Sargassum-sand sorbent: A novel adsorbent in packed column to treat metal-bearing wastewaters from inductively coupled plasma-optical emission spectrometry. Journal of Environmental Science and Health, Part A, v. 48, n. 13, p. 1685-1693, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/10934529.2013.815503>>. doi:10.1080/10934529.2013.815503

6) São aceitos trabalhos nos idiomas: **português, espanhol e inglês.**

7) Para todas as publicações: devem conter, pelo menos, 60% das referências citadas sendo dos últimos cinco anos. Não citar trabalhos oriundos de resumos de congressos, teses e dissertações.

8) TRABALHOS QUE NÃO ESTIVEREM DENTRO DA FORMATAÇÃO INDICADA NO EDITAL PODERÃO SER RECUSADOS SUMARIAMENTE.

9) As submissões de trabalhos devem ser feitas durante o período de vigência do edital,

obedecendo as regras do mesmo.

10) Trabalhos resultantes de pesquisa com pessoas ou animais devem informar o parecer do comitê de ética e número de registro. (esta informação pode ser enviada anexa ao trabalho)

11) Orientações para desenvolvimento do texto:

- Trabalho científico deve ser escrito de forma impessoal.
- Referências no texto devem constar na lista final e vice-versa.

- **NÃO SÃO ACEITOS ARTIGOS DE OPINIÃO.**

- Todos os artigos submetidos recebem resposta dos avaliadores e orientações para que os autores possam melhorar seus trabalhos (quando é o caso).

- Parte de textos de terceiros que não é citada de forma correta é considerado como plágio e o artigo é recusado.

13) Orientamos para a utilização das normas NBR 6023 e NBR 10520 da ABNT.

Normas do Periódico Semina: Ciências Agrárias

Guidelines for Authors

Editorial standards for publishing in *Semina: Ciências Agrárias*, Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Articles can be submitted in Portuguese or English, but will only be published in English.

Articles that are submitted in Portuguese, if accepted for publication, will have to be **translated into English.**

COMMENTS:

1) Original manuscripts submitted for review are initially assessed by the Editorial Committee of *Semina: Ciências Agrárias*. In this assessment, quality requirements for publishing with the journal will be evaluated, such as scope of the article, suitability with regard to the journal standards, quality of writing and theoretical foundation. Additionally, it is also considered literature review update, consistency and accuracy of the methodology, contribution of the results, discussion of the data observed in the study, table and figure depiction, and originality and consistency of conclusions.

If the number of submitted manuscripts exceeds the assessment and publication capacity of *Semina: Ciências Agrárias*, a comparison between submissions will be made, and the works considered to have the highest contribution potential to scientific knowledge will be directed to ad hoc advisors. The manuscripts that are not approved by these criteria are archived, whereas the remaining manuscripts are subjected to assessment by at least two scientific advisors who are experts in the subject area of the manuscript, without identifying the authors. The submission fee will not be returned to authors who have their manuscripts archived.

2) Where appropriate, if the research project that originated the article was performed according to biosafety and ethics technical standards under approval from an ethics committee involving humans and/or an ethics committee involving animals, the commission name, institution, and process number should be stated.

MANUSCRIPTS WILL NOT BE ACCEPTED WHEN:

- a) The attached main article file has the names of the authors and their respective affiliations.
- b) The **complete registration** of all authors has been added to the metadata during submission; **Example:** Full name; Institution/Affiliation; Country; Summary of Biography/Title/Role.

- c) Text explaining the relevance of the work (importance and distinction from previously published works), with a maximum length of 10 lines, is included in the field COMMENTS TO THE EDITOR.
- d) The submission is accompanied by a document proving payment of the submission fee as a supplementary file in the “**Docs. Sup.**” section.
- e) The main article is accompanied by supplementary files, including graphs, figures, photos, and other documents, IN THEIR ORIGINAL VERSION (JPEG, TIFF, or EXCEL formats).
- f) The following information is included in the original manuscript: title, abstract, keywords in Portuguese and English, tables, and figures.

RESTRICTIONS BY SUBJECT AREA:

FOR THE VETERINARY FIELD, THE MANUSCRIPTS WILL NOT BE ACCEPTED IN CASE OF THE FOLLOWING:

- a) Publication of case reports is restricted; only articles with great relevance and originality that make a real contribution to the advance of knowledge in the field will be selected for processing.

Work Categories

- a) Scientific articles: maximum of 20 pages, including figures, tables, and bibliographic references
- b) Scientific communications: maximum of 12 pages, with bibliographic references limited to 16 citations and a maximum of two tables, two figures, or a combination of one table and one figure
- c) Case reports: maximum of 10 pages, with bibliographic references limited to 12 citations and a maximum of two tables, two figures, or one table and one figure
- d) Review articles: maximum of 25 pages, including figures, tables, and bibliographic references

Presentation of the Work

Complete original articles, communications, case reports, and reviews should be written in Portuguese or English using Microsoft Word for Windows, on A4-size paper, with lines numbered per page, 1.5 spacing between lines, Times New Roman font, size 11 normal, 2 cm margins on all sides, with pages numbered on the upper right corner and following the guidelines for the maximum number of pages according to the category of the work.

Figures (drawings, graphics, and photographs) and tables should be numbered with Arabic numerals, should be included at the end of the work immediately after the bibliographic references, and should be cited within the text. In addition, the figures must be of good quality and must be attached in their original format (JPEG, TIFF, etc.) in Docs Sup on the submission page. Figures and tables will not be accepted if they do not comply with the following specifications: width of 8 cm or 16 cm with maximum height of 22 cm. If the figure has greater dimensions, it will be reduced during the editorial process to the above-mentioned dimensions.

Note: Figures (Ex. **Figure 1.** Title) and tables (**Table 1.** Title) should have a width of 8 cm or 16 cm with maximum height of 22 cm. Those with greater dimensions will be reduced during the editorial process to the above-mentioned dimensions. For any tables and figures that are not the author’s original work, a citation to the source consulted is mandatory. Place this citation below the table or figure and indicate using a smaller font (Times New Roman 10).

Ex: “**Fonte**”: IBGE (2017), or **Source**: IBGE (2017).

Manuscript preparation

Scientific article:

Scientific articles should report results of original research on the related areas, with the sections organized in the following way: Title in English; Title in Portuguese; Abstract in English with keywords (maximum six words, in alphabetic order); Abstract in Portuguese with keywords (maximum six words, in alphabetical order); Introduction; Materials and Methods; Results and Discussion, with Conclusions at the end of the Discussion or Results (Discussion and Conclusions should be written separately); Acknowledgements; Suppliers, if applicable; and Bibliographic References. The headings should be in boldface without numbering. If there is a need to include a sub-heading within a section, it should be placed in italics, and if there are further sub-topics to include under a sub-heading, these should be numbered with Arabic numerals. (Example: **Materials and Methods**, *Areas of study*, 1. *Rural area*, 2. *Urban area*.)

The submitted work cannot have been published elsewhere with the same content, except in the form of an Abstract in Scientific Events, Introductory Notes, or Reduced Format.

The work should be presented in the following order:

1. **Title of the work**, accompanied by its translation in Portuguese, if appropriate.
2. **Abstract and Keywords:** An informative abstract with a minimum of 200 words and a maximum of 400 words must be included, in the same language used in the text of the article, accompanied by an English translation (*Abstract and Keywords*) if the text has not been written in English.
3. **Introduction:** The introduction must be concise and contain only the review that is strictly necessary to introduce the topic and support the methodology and discussion.
4. **Materials and Methods:** This section may be presented in a continuous, descriptive way or with sub-headings to allow the reader to understand and be able to repeat the methodology cited with or without the support of bibliographic citations.
5. **Results and Discussion:** *This section* must be presented in a clear way, with the aid of tables, graphs, and figures, so that it does not raise any questions for the reader with regard to the authenticity of the results and points of view discussed.
6. **Conclusions:** *These* must be clear and presented according to the objectives proposed in the work.
7. **Acknowledgements:** People, institutions, and companies that contributed to the work should be mentioned at the end of the text, before the Bibliographic References section.

Note:

Notes: Each note regarding the body of the text must be indicated with a superscripted symbol immediately after the phrase it concerns and must be included as a footnote at the end of the page.

Figures: The figures that are deemed essential will be accepted and should be cited in the text by their numeric order, in Arabic numerals. If any submitted illustrations have already been published, the source and permission for publication should be stated.

Tables: Tables should be accompanied by a header that will allow understanding of the data collected without the need to use the body of the text for reference.

Quantities, units, and symbols:

- a) Manuscripts should be in agreement with the criteria established in the International Codes for each subject area.
- b) Use the International System of Units in all text.
- c) Use the negative power format to note and present related units: e.g., kg ha⁻¹. Do not use the forward slash symbol to relate units: e.g., kg/ha.
- d) Use a simple space between units: g L⁻¹, not g.L⁻¹ or gL⁻¹.
- e) Use 24-hour time representation with four digits for the hours and minutes: 09h00, 18h30.

8. In-text author citations

Citations must be followed by the year of publication, and multiple citations should follow the alphabetical order system, according to the following examples:

- a) The results by Dubey (2017) confirmed that
- b) According to Santos et al. (2017), the effect of nitrogen
- c) Beloti et al. (2017b) assessed the microbiological quality
- d) [...] and inhibit the test for syncytium formation (BRUCK et al., 2017).
- e) [...] compromising the quality of its derivatives (AFONSO; VIANNI, 2017).

Citations with two authors

In citations of sources that have two authors, the authors' names are separated by a semicolon when citing them within parentheses.

Ex: (PINHEIRO; CAVALCANTI, 2017).

Use *and* when the authors are included in the sentence rather than cited in parentheses.

Ex: Pinheiro and Cavalcanti (2017).

Citing more than two authors

Indicate the first author followed by the expression et al.

Within parentheses, separate references with a semicolon when more than one reference is cited.

Ex: (RUSSO et al., 2017) or Russo et al. (2017); (RUSSO et al., 2017; FELIX et al., 2017).

Citing multiple documents by the same author, published in the same year

Add lowercase letters, in alphabetical order, after the date and without a space.

Ex: (SILVA, 2017a, 2017b).

Citing multiple documents by the same author, published in different years

Separate the dates with a comma.

Ex: (ANDRADE, 2015, 2016, 2017).

Citing various documents by various authors, mentioned simultaneously

Place the citations in alphabetical order, separated by a semicolon.

Ex: (BACARAT, 2017; RODRIGUES, 2017).

9. References: The references, according to the standard NBR 6023, Aug. 2000, and reformulation number 14.724 of the Brazilian Technical Standards Association (ABNT), 2011, must be listed in alphabetical order at the end of the manuscript. **All the authors participating in a referenced study must be mentioned, regardless of the number of participants.** The accuracy and adequacy of references for works that have been consulted and mentioned in the text of the article, as well as opinions, concepts, and statements, are entirely the responsibility of the authors.