

UFRRJ

INSTITUTO DE ZOOTECNIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

TESE

**Caulim na Alimentação de Poedeiras Comerciais no Final
do Ciclo Produtivo**

Túlio Leite Reis

2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**CAULIM NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS
COMERCIAIS NO FINAL DO CICLO PRODUTIVO**

Túlio Leite Reis

Sob a Orientação da Professora:
Ligia Fatima Lima Calixto

E Co-orientação da Professor:
Édison José Fassani

Tese submetida como
requisito parcial para
obtenção do grau de **Doutor**,
no Curso de Pós-Graduação
em Zootecnia, Área de
Concentração em Produção
Animal

Seropédica, RJ
Julho de 2019

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R375c Reis, Túlio Leite, 1987-
Caulim na alimentação de poedeiras comerciais no
final do ciclo produtivo / Túlio Leite Reis. -
Seropédica, 2019.
68 f.: il.

Orientadora: Lígia Patima Lima Calixto.
Coorientador: Édison José Passani.
Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Zootecnia,
2019.

1. Zootecnia. 2. Nutrição de Monogástrico. 3.
Avicultura. 4. Argila. I. Calixto, Lígia Patima Lima
, 1957-, orient. II. Passani, Édison José , 1969-
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. IV.
Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

TÚLIO LEITE REIS

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.

TESE APROVADA EM 02/07/2019

Ligia Fatima Lima Calixto. (Dra.) UFRRJ
(Orientador)

Fernando Augusto Curvello. (Dr.) UFRRJ

Flavio Medeiros Vieites. (Dr.) UFJF

José Evandro de Moraes. (Dr.) IZ/SP

Cristina Kimie Togashi. (Dra.) UFF

“Não importa quanto a vida possa ser ruim, sempre existe algo que você pode fazer, e triunfar. Enquanto há vida, há esperança.”

Stephen Hawking

“Sempre quanto lhe disserem que você tem talento, lembre o esforço que lhe custou chegar naquele momento, o preço que você pagou por estar ali.”

Leandro Karnal

*“Chamamos de ética o conjunto de coisas que as pessoas fazem quando todos estão olhando.
O conjunto de coisas que as pessoas fazem quando ninguém está olhando chamamos de caráter.”*

Oscar Wilde

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais **Luiz Carlos Reis** e **Carmen Lucia Ferreira Leite Reis**, por me apoiarem e confiarem em mim;

À minha irmã **Thaís Leite Reis** pela amizade e conselhos, mesmo quando eu não os pedia;

À professora **Ligia Fatima Lima Calixto**, pelo incentivo a fazer a seleção e após isso, me receber como seu aluno de Doutorado. Você é a grande responsável por todo sucesso, que eu perseguir a partir de então;

Ao meu co-orientador Dr. **Edison José Fassani**, pelos ensinamentos;

Aos funcionários da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro que me ajudaram durante esta última estadia: **Adílson, Roberto, Sérgio, Alex, Cláudio, Betinho, Verônica, Sabrina** e **Wilson** (Setor de Avicultura); **Fernando** e **Luiz** (Fábrica de Ração); **Marcelo** e **Márcia** (PPGZ);

Carlos Carvalho, Paulo Henrique, Evandro e **Marcos** que além do suporte profissional, partilhamos grande amizade;

Ao Instituto de Agronomia da UFRRJ, na figura dos doutores **Jair** e **Adriana**;

Aos professores do PPGZ pelos ensinamentos que me tornaram melhor;

Ao professor **Fernando Augusto Curvello**, uma fonte de conhecimento, amizade e inspiração pessoal e profissional;

Aos grandes amigos que a vida me deu (seja na UFRRJ, ou fora) que ajudaram pessoalmente e profissionalmente. Seria injusto citar nomes, pois poderia cometer a injustiça de esquecer alguém;

À minha equipe: **Sergio Muniz, Letycia Gama, Germano Adler, Igor Fiúza, Adélio Nunes, Luiz Claudio da Silva Lima e Pollianna**, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho;

Às minhas amigas **Silvia** e **Marina Lemos**, por renovarem a minha confiança.

Aos meus colegas e amigos **Felipe Dilelis** e **Juan Palomino**, que além da amizade, trabalharam de forma tão intensa, que sem a qual esse dia não se realizaria;

Dra. **Carla Pizzolante** e Dr. **José Evandro**, pelos ensinamentos e capacitação;

A empresa CaO do Brasil Ltda. pelo suporte financeiro fornecido a este projeto.

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

RESUMO

REIS, Túlio Leite. **Caulim na alimentação de poedeiras comerciais no final do ciclo produtivo**. 2019. 54p. Tese (Doutorado em Zootecnia, Produção Animal). Instituto de Zootecnia, Departamento de Produção Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

O objetivo deste trabalho foi investigar a inclusão de níveis de caulim na ração de galinhas poedeiras semipesadas no final do ciclo produtivo e sua influência sobre os parâmetros de desempenho, qualidade dos ovos, qualidade óssea, morfologia intestinal, peso dos órgãos do trato gastrointestinal, umidade das excretas, digestibilidade aparente da matéria seca e a viabilidade econômica. Foram alojadas 288 galinhas semipesadas, ainda na fase de recria (14 semanas). As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos, de oito repetições, contendo seis aves por repetição. Quando as aves atingiram a idade de 63 semanas de idade, iniciou-se o fornecimento das rações experimentais, que se diferenciavam pela inclusão de níveis crescentes de caulim: Controle (sem a inclusão do aditivo); T2: inclusão de 1% de caulim na dieta; T3: inclusão de 2% de caulim na dieta; T4: inclusão de 3% de caulim na dieta; T5: inclusão de 4% de caulim na dieta e T6: inclusão de 5% de caulim na dieta. A morfologia intestinal foi avaliada através da altura das vilosidades, profundidade de cripta e relação vilo: cripta; o desempenho foi medido pela produção de ovos por ave por dia (em porcentagem), peso médio dos ovos, consumo de ração, conversão alimentar por massa e por dúzia de ovos produzidos e a viabilidade das aves; os parâmetros de qualidade dos ovos foram o peso, unidade Haugh, índice de gema, pigmentação da gema, pH da gema e do albúmen, porcentagem de componentes do ovo (casca, albúmen e gema), espessura da casca, gravidade específica e resistência à quebra da casca. Foi mensurada a digestibilidade aparente da matéria seca, matéria mineral e níveis de cálcio, fósforo e umidade das excretas, assim como o peso absoluto dos órgãos do trato gastrointestinal e a qualidade óssea, medida através do índice Seedor, resistência a quebra e matéria mineral da tíbia. A viabilidade econômica do aditivo testado, foi avaliada através do preço por quilograma de ração, preço da ração consumida por dia, custo da ração por dúzias de ovos produzidos, rentabilidade e custo benefício da atividade. A inclusão do caulim promoveu melhoria na altura do vilo do jejuno, possibilitando um menor consumo de ração. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) para qualidade dos ovos e para o tamanho dos órgãos do trato gastrointestinal. A análise financeira revelou que quanto maior a inclusão de caulim, maior era o custo da ração e essa não promovia melhoria nos índices econômicos. A digestibilidade aparente da matéria seca foi reduzida, assim como o nível de umidade das excretas conforme se aumentou o nível de caulim na ração, a excreção de matéria mineral respondeu de forma linear ($p<0,05$) e a retenção de forma quadrática ($p<0,05$) à inclusão do caulim, não havendo diferença significativa ($p>0,05$) para a excreção de cálcio e fósforo. Houve melhoria de qualidade óssea ($p<0,05$) mensurada do índice de Seedor, não havendo diferença ($p>0,05$) nos demais parâmetros que avaliaram as tíbias.

Palavras-chave: Argila, Morfologia intestinal, Qualidade óssea

ABSTRACT

REIS, Túlio Leite. **Kaolin in feeding commercial laying hens at the end of the productive cycle**. 2019. 54p. Thesis (Doctorate in Animal Science). Instituto de Zootecnia, Departamento de Produção Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

The objective of this work was to investigate the inclusion of kaolin levels in the semi-heavy laying hens at the end of the productive cycle and its influence on the parameters of performance, egg quality, bone quality, intestinal morphology, gastrointestinal tract weight, of excreta, apparent dry matter digestibility and economic viability. 288 semi-heavy chickens were housed, still in the rearing phase (14 weeks). The birds were distributed in a completely randomized design, with six treatments, of eight replications, containing six birds per replicate. When the birds reached the age of 63 weeks of age, the experimental rations were started, which were differentiated by the inclusion of increasing levels of kaolin: Control (without the addition of the additive); T2: inclusion of 1% kaolin in the diet; T3: inclusion of 2% kaolin in the diet; T4: inclusion of 3% kaolin in the diet; T5: inclusion of 4% of kaolin in the diet and T6: inclusion of 5% of kaolin in the diet. The intestinal morphology was evaluated through villus height, crypt depth and villus: crypt ratio; performance was measured by egg production per day (percentage), mean egg weight, feed intake, feed conversion per mass and per dozen eggs produced and the viability of the birds; egg quality, egg mass, Haugh unit, yolk index, yolk pigmentation, yolk and albumen pH, percentage of egg components (shell, albumen and yolk), shell thickness, specific gravity and shell strength. The apparent digestibility of dry matter, mineral matter and levels of calcium, phosphorus and moisture of the excreta was measured, as well as the absolute weight of the organs of the gastrointestinal tract and the bone quality, measured by the Sedor index, breaking resistance and mineral matter tibia. The economic viability of the tested additive was evaluated through the price per kilogram of feed, the price of the feed consumed per day, the cost of the feed for dozens of eggs produced, profitability and cost of the activity. The inclusion of kaolin promoted an improvement in the height of the jejunum, allowing a lower feed intake. There was no significant difference ($p > 0,05$) in egg quality and size of organs of the gastrointestinal tract. The financial analysis revealed that the higher the kaolin addition, the higher the cost of the feed and this did not promote improvement in the economic indexes. The apparent digestibility of the dry matter was reduced, as well as the moisture level of the excreta as the level of kaolin in the diet increased, the mineral matter excretion responded linearly ($p < 0,05$) and retention in quadratic form ($p < 0,05$) to the inclusion of kaolin, and there was no significant difference ($p > 0,05$) for calcium and phosphorus excretion. There was improvement in bone quality ($p < 0,05$) measured in the Sedor index, with no difference ($p > 0,05$) in the other parameters that evaluated this structure.

Keywords: Clay, Intestinal morphology, Bone quality

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação dos aluminossilicatos quanto aos seus elementos predominantes.....	4
Tabela 2 - Composição das rações de poedeiras semipesadas contendo diferentes níveis de caulim para durante o período experimental.....	18
Tabela 3. Morfologia intestinal dos diferentes segmentos intestinais de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.....	25
Tabela 4 – Desempenho de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.....	27
Tabela 5. Análise financeira da utilização de caulim na ração de galinhas poedeiras semipesadas.....	30
Tabela 6 – Qualidade dos ovos de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.....	33
Tabela 7 – Gravidade específica e força de cisalhamento da casca, dos ovos de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.....	33
Tabela 8. Peso dos órgãos do trato gastrointestinal de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.....	35
Tabela 9 Umidade, digestibilidade aparente da matéria seca, matéria mineral e níveis de cálcio e fósforo das excretas de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.....	36
Tabela 10. Qualidade óssea de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.....	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gaiolas experimentais para poedeiras do setor de Avicultura da UFRRJ.....	16
Figura 2. Disposição dos ovos para análise de resistência da casca.....	20
Figura 3. Delineamento experimental para coleta total de excretas.....	21
Figura 4. Disposição das bandejas para realização da coleta total de excretas....	22
Figura 5. Efeito da regressão da altura do vilo de jejuno com diferentes níveis de caulim.....	26
Figura 6. Efeito da regressão do consumo de ração com diferentes níveis de caulim.....	29
Figura 7. Efeito da regressão da conversão alimentar por massa de ovos com diferentes níveis de caulim.....	29
Figura 8. Efeito da regressão sobre o custo com ração por dúzia produzida com diferentes níveis de caulim.....	31
Figura 9. Efeito da regressão sobre a rentabilidade com diferentes níveis de caulim.....	32
Figura 10. Efeito da regressão sobre o custo/benefício com diferentes níveis de caulim com diferentes níveis de caulim.....	32
Figura 11. Efeito da regressão sobre a umidade das excretas com diferentes níveis de caulim.....	37
Figura 12. Efeito da regressão sobre a digestibilidade aparente da matéria seca da ração com diferentes níveis de caulim.....	38
Figura 13. Efeito da regressão sobre a excreção de matéria mineral com diferentes níveis de caulim.....	40
Figura 14. Efeito da regressão sobre a retenção de matéria mineral com diferentes níveis de caulim.....	40
Figura 15. Efeito da regressão sobre o índice de Seedor com diferentes níveis de caulim.....	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Classificação dos Aluminossilicatos.....	3
2.2 Principais aluminossilicatos utilizados na alimentação animal.....	
2.2.1 Atapulgita e Sepiolita.....	4
2.2.2 Bentonita.....	4
2.2.3. Zeólitas.....	5
2.2.4. Caulim.....	5
2.3 Funções da caulim na nutrição de aves.....	6
2.3.1 Utilização na produção de <i>pellets</i>	6
2.3.2 Uso como adsorvente de micotoxinas.....	6
2.3.3 Melhorando a morfometria intestinal e a digestibilidade dos nutrientes.....	7
2.3.4 Reduzindo a umidade na cama e amônia das excretas.....	10
2.3.5 No metabolismo do cálcio e do fósforo.....	11
2.4 Influência dos aluminossilicatos na qualidade dos ovos.....	13
2.5 Interação dos aluminossilicatos com ingredientes e nutrientes da ração.....	13
2.6 Níveis de inclusão da argila nas rações.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Local e Animais.....	16
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	16
3.3 Parâmetros avaliados.....	18
3.3.1 Desempenho.....	18
3.3.2 Qualidade interna dos ovos.....	18
3.3.3 Qualidade externa dos ovos.....	19
3.3.4 Digestibilidade aparente da matéria seca, matéria mineral e níveis de cálcio e fósforo das excretas.....	20
3.3.5 Peso absoluto e relativo dos órgãos do trato gastrointestinal e morfometria da mucosa do intestino delgado.....	22
3.3.6 Qualidade óssea.....	23
3.3.7 Análise Financeira do Aditivo testado.....	24
3.4 Análise Estatística.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Morfometria da mucosa do intestino delgado.....	25
4.2 Desempenho.....	27
4.3 Análise Financeira.....	30
4.4 Qualidade dos ovos.....	33
4.5 Peso absoluto e relativo dos órgãos do trato gastrointestinal.....	35
4.6 Digestibilidade aparente da matéria seca, matéria mineral e níveis de cálcio e fósforo das excretas.....	36
4.7 Qualidade óssea.....	41
5 CONCLUSÕES	43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A produção de ovos tem se desenvolvido largamente no Brasil, motivada entre tantos fatores pelo aumento significativo no consumo, que no ano de 2010 foi de 148 ovos/habitante/ano se elevando para 212 ovos/habitante/ano em 2018, sendo produzidos aproximadamente 44,5 bilhões de ovos no Brasil no último ano. Considerando que desse total de ovos produzidos pelas nossas granjas 99,6% tem como destino o mercado interno, essa magnitude de aumento no consumo, se configura extremamente importante para o desenvolvimento do setor de postura (ABPA, 2018).

Mais da metade da ração produzida no Brasil é consumida pela cadeia avícola (SINDIRAÇÕES, 2017), e a nutrição representa um impacto em cerca de 70% dos custos finais da produção (DE BIASI et al., 2011). Com o crescente aumento do custo dos principais ingredientes utilizados na formulação de rações, a utilização de determinadas substâncias pode se constituir em uma ferramenta, extremamente valiosa no aprimoramento da digestão e absorção dos nutrientes da dieta e redução de custos. Entre essas substâncias, encontram-se os aditivos, que se destacam dentro da nutrição animal, por sua habilidade em promover melhorias no desempenho zootécnico, gerando assim maiores taxas de lucro para o produtor.

Segundo o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (BRASIL, 2017), aditivo é a substância, micro-organismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente, que não é utilizada normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios, atenda às necessidades nutricionais ou tenha efeito anticoccidiano, sendo eles divididos nas seguintes categorias: tecnológico, nutricionais, sensoriais, anticoccidianos e zootécnicos.

Os avanços ocorridos no melhoramento genético de poedeiras tem contribuído para que as linhagens lançadas no mercado atualmente, sejam dotadas de maior intensidade de produtividade e maior persistência de postura. Dessa forma, a produção se mantém alta, porém as aves estão envelhecendo enquanto permanecem mais tempo em postura, e com o avançar da idade o tamanho dos ovos aumenta e a espessura da casca piora. Para minimizar esse problema, a formulação da ração deve ser corrigida e a utilização de aditivos que melhoram a saúde intestinal com conseqüente incremento na absorção de nutrientes, pode ser uma ferramenta valiosa especialmente na fase final de produção da poedeira.

Devido à importância do microbioma para o desenvolvimento satisfatório da ave, assim como para a obtenção de altas taxas de produtividade, os aditivos que atuam diretamente no intestino gerando melhores condições do trato gastrointestinal e promovendo menor colonização de microrganismos patogênicos, melhorando as taxas de digestão e absorção da dieta, os aditivos zootécnicos, estão entre os mais utilizados na nutrição animal, e somente no ano de 2017 foram comercializados mais de 13 mil toneladas desta classe de aditivo (SINDIRAÇÕES, 2017). Aditivo zootécnico é toda substância utilizada para influir positivamente na melhoria do desempenho das aves. Entre eles, encontram-se os grupos dos aditivos digestivos (enzimas), equilibradores da microbiota intestinal (probióticos, prebióticos, simbióticos, fitogênicos e ácidos orgânicos) e os melhoradores de desempenho (anti-microbianos). Todos com a eficiência comprovada para a melhoria do desempenho animal e os produtos por eles produzidos (HUME, 2011).

O caulim é um dos aditivos que podem ser utilizados na nutrição animal. Ele é um ingrediente utilizado comumente como inerte em rações de frangos de corte e de galinhas de postura em rações experimentais (SAFAEIKATOULI et al., 2011). Podendo ser utilizado também como aditivo tecnológico adsorvente de micotoxinas, quando utilizado na dosagem

entre 1000 à 5000 ppm. Devido a sua capacidade de fixar moléculas, ele pode ser consumido por todas as espécies animais, não sendo absorvido no trato gastrointestinal, porém se ligando às micotoxinas de modo a eliminá-las junto com as excretas do animal, impedindo que ocorra intoxicação (COMPENDIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 2017). Além do seu uso como aditivo tecnológico, quando utilizado em maiores concentrações pode atuar como aditivo zootécnico, equilibrando a microbiota quando promove melhor digestão e absorção dos nutrientes, conseqüentemente melhorando o desempenho das aves (OLVER, 1997; FERREIRA et al., 2005; TRCKOVA et al., 2009; OWEN et al., 2012).

Devido à possibilidade de atuação deste aditivo influenciando características produtivas e fisiológicas conforme anteriormente citados e considerando que o melhoramento genético prolongou a longevidade produtiva da poedeira atual, torna-se necessário testar a atuação de substâncias com propriedades capazes de minimizar o desgaste fisiológico experimentado por essas aves, auxiliando na manutenção do desempenho zootécnico principalmente no final do ciclo de postura. Essas prerrogativas, objetivaram a realização deste trabalho que investigou a inclusão de níveis de caulim na ração de galinhas poedeiras no final do ciclo produtivo e sua influência sobre os parâmetros de desempenho, qualidade dos ovos, qualidade óssea, vilosidades intestinais, peso dos órgãos do trato gastrointestinal, umidade das excretas, digestibilidade aparente da matéria seca e a viabilidade econômica do uso desse aluminossilicato nesta fase.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Classificação dos Aluminossilicatos

Aditivos podem ser definidos, como substâncias ou microorganismos adicionados intencionalmente à ração, que normalmente não se consome como alimento, tenha ou não valor nutritivo, que afete ou melhore as características do alimento ou produtos animais, e dentre suas características podem ser citadas: melhorando desempenho de maneira efetiva e econômica, ser atuante em pequenas dosagens, não apresentar resistência cruzada com outros microingredientes de alimentos, permitir manutenção da microbiota gastrointestinal normal, não ser tóxico aos animais e ao ser humano nas dosagens recomendadas, não ser mutagênico ou carcinogênico e não possuir efeitos deletéricos ao ambiente (COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2017). Entre os aditivos que podem ser utilizados para essa finalidade temos os aluminossilicatos, como o caulim.

Os minerais constituídos de alumínio e silício são os compostos mais abundantes na face da Terra (GORB et al., 2008), possuem estrutura química bem definida, sendo os mais importantes as argilas e as zeólitas. As argilas são produtos de intemperismo e desempenham um importante papel na definição das propriedades físicas e químicas de sistemas sedimentares, sendo importantes constituintes de solos e rochas sedimentares (CASTRO, 2009). Diferem das zeólitas quanto à conformação tridimensional da molécula. Os aluminossilicatos são minerais largamente aplicados em diferentes setores da indústria e devido a esta grande importância comercial, exercem um elevado interesse experimental. Os silicatos de alumínio podem ser utilizados em farmacologia, desempenhando a função de veículos de drogas e na agroquímica; para purificação e reciclagem de águas e na remediação de contaminantes em solos; na indústria do petróleo e também na nutrição animal.

Os aluminossilicatos são classificados em grupos ou famílias em função da sua composição química e das características da estrutura cristalina, conforme apresentado, na Tabela 1.

Dentro desta classificação dos aluminossilicatos, temos o grupo das argilas, que podem ser definidas como um material natural, composto fundamentalmente por mineral de grãos finos, o qual geralmente apresenta plasticidade com uma quantidade de água própria e que endurece quando seca ao ar livre ou quando se calcina. São cristais de dimensões reduzidas (2-4 micrometros). Geralmente a argila é formada por filossilicatos (íons de sua estrutura estão arrumados em série de planos paralelos, os quais estão fortemente unidos em forma de lâminas), mas podem conter outros minerais que deixam a argila com plasticidade e que endurecem com a secagem. De um modo geral, as argilas são minerais oriundos da decomposição de rochas por intemperismos, ação hidrotermal, etc. (VIOTTI, 2006). Segundo Castaing (1998), quase todos esses minerais possuem três camadas: uma octaédrica de alumínio (esmectita), outra de magnésio (talco e sepiolita), outra de alumínio e magnésio (atapulgita) e duas camadas tetraédricas de silício, com exceção do caulim que tem somente duas camadas (uma octaédrica de alumínio e outra tetraédrica de silício).

Outra classe pertencente aos aluminossilicatos são os tectossilicatos, que tecnicamente não podem ser definidos como argila devido as suas características estruturais, no entanto possuem larga aplicação na indústria animal (CASTAING, 1998), esta é a classe a qual estão incluídas as zeólitas.

Tabela 1. Classificação dos aluminossilicatos quanto aos seus elementos predominantes.

	Filossilicatos (argilas)			Tectossilicatos (zeólitas)	
Classe	Filossilicatos		Silicatos Pseudo-laminar	Naturais	Sintéticos
Camadas	1:1	2:1	2:1	Tetraedros	
Espécie	Caulim (Si; Al)	Talco (Si; Mg) Bentonita (Monmorilonita/Esmectita) (Si; Al)	Sepiolita (Si; Mg) Atapulgita (Si; Mg; Al)	Clinoptilolita (Si; Al; Ca; Na; K)	Zeolita-A (Si; Al; Ca; Na)

FONTE: Adaptado de CASTAING (1998)

A maioria desses minerais possuem carga polar apresentando exclusivamente cargas negativas, a exemplo das bentonitas e zeólitas. Poucas argilas são bipolares apresentando cargas positivas e negativas, o caulim é uma destas exceções, sendo considerado isoeletrico, devido a apresentar o mesmo número de cargas positivas e negativas (CASTAING, 1998; BUTOLO, 2002; FASSANI e BRITO, 2004). As argilas tem a capacidade de absorção de água e retenção de amônio, sendo os mecanismos diferenciados de acordo com cada uma. A sepiolita e atapulgita, por exemplo, formam pontes de hidrogênio retendo água e amônio, já a esmectita e a maioria das zeólitas, retiram água hidratando os cátions que estão ligados na camada superficial e através do intercâmbio catiônico retêm o amônia, sendo estas recomendadas para se utilizar na piscicultura como aditivo amenizando a poluição das águas (CASTAING, 1998). O caulim por se tratar de um mineral de pequeno tamanho e alta capacidade de troca catiônica também apresenta excelente capacidade de absorção de água.

2.2 Principais Aluminossilicatos Utilizados na Alimentação Animal

2.2.1 Atapulgita e sepiolita

São dois aluminossilicatos similares, pertencentes ao grupo das hormitas, são silicatos complexos de magnésio constituído por cristais alongados. A presença de microporos e canais na estrutura da sepiolita e da atapulgita, bem como a natureza alongada das partículas e a sua granulometria fina, conferem uma alta superfície específica a essas argilas e capacidade de adsorção de diferentes tipos de materiais, e devido a isso apresentam vários usos industriais quando comparada com outras argilas (como por exemplo, a bentonita e a caulinita), tais como aditivo de alimentação animal, ligantes para alimentos peletizados e carreador de suplementos minerais, vitaminas e antibióticos (LUZ E LINS, 2005).

2.2.2 Bentonita

Atualmente denomina-se bentonita, a argila constituída principalmente do aluminossilicato montmorilonita. Este aluminossilicato faz parte do grupo esmectita, uma família de argilas com propriedades semelhantes. O termo bentonita também pode designar

um produto com alto teor de esmectita. A bentonita pode ser cálcica ou sódica, e apresentar uma característica física muito particular: pode absorver até cinco vezes o seu peso inicial quando em contato com a água, formando géis. Devido a isso, tem sido usada como aditivo aglomerante em rações peletizadas, possibilitando às partículas individuais de um alimento aderir-se umas às outras, diminuindo as perdas por formação de “finos” na ração e a formação de extratos diferentes, devido a diferença de densidade dos ingredientes. Para galinhas de postura sua inclusão em rações, permitiu o aumento do tamanho dos ovos e da qualidade de casca (O’DRISCOLL, 1988; LUZ E LINS, 2005).

2.2.3 Zeólitas

Essa nomenclatura pode designar um grande número de minerais naturais e sintéticos que apresentam características comuns. São aluminossilicatos hidratados de metais alcalinos ou alcalinos terrosos (principalmente sódio, potássio, magnésio e cálcio), estruturados em redes cristalinas tridimensionais, compostas de tetraedros do tipo TO₄ (T = Si, Al, B, Ge, Fe, P, Co...) unidos nos vértices através de átomos de oxigênio. As zeólitas naturais, são amplamente utilizadas para tratamento de efluentes, águas residuais provenientes de áreas urbanas e de agricultura e em sistemas circulantes de água, para remoção de amônia, podendo reduzir a concentração de amônia nos efluentes de 15 ppm para 2 ppm e também retirando da água altas concentrações de metais tóxicos, tais como cádmio, chumbo, arsênio e outros (LUZ, 1994). Em criações animais, pode atuar no tratamento de resíduos, onde se mostra eficaz no controle do odor resultante da produção de amônia e gás sulfídrico e na remoção da amônia de aquários e tanques criatórios na aquicultura, assim como na nutrição animal para aves, suínos e ruminantes (BERNARDI et al., 2009). Mumpton (1999) utilizando 5% de zeólitas nas dietas de animais de produção (frangos de corte, suínos e ruminantes), verificou aumento da conversão alimentar desses animais, devido a propriedade adsorvente desse mineral, que permitiu maior tempo de retenção do alimento ingerido, provocando, portanto, maior digestão e conseqüentemente maior absorção de nutrientes no trato gastrointestinal. Gezen et al. (2004) relataram aumento do peso dos ovos durante a administração de clinoptilolita na ração das poedeiras e Straková et al. (2008), observaram maior produção de ovos e menor consumo de ração em poedeiras que consumiram rações contendo clinoptilolita.

2.2.4 Caulim

O nome caulim é derivado da palavra Kau-Ling, ou cume alto. Foi o nome dado a uma colina perto de Jau-chau Fu, China, onde o caulim foi extraído pela primeira vez (SEPULVEDA et al., 1983) sendo o termo utilizado tanto para denominar a rocha que contém a caulinita, como o seu principal constituinte, quanto para o produto resultante do seu beneficiamento.

É uma rocha de granulometria fina, constituída de material argiloso, normalmente com baixo teor de ferro, de cor branca ou esbranquiçada e o único mineral industrial quimicamente inerte em um intervalo grande de pH; baixa condutividade térmica e elétrica. Seu constituinte principal é um silicato de alumínio hidratado, a caulinita, cuja célula unitária é expressa por Al₄(Si₄O₁₀)(OH)₈. A caulinita é um filossilicato (argilo-mineral) com composição química teórica de 39,50% de Al₂O₃, 46,54% de SiO₂ e 13,96% de H₂O; podendo serem observadas pequenas variações em sua composição, dependendo do local de extração do mineral e conseqüentemente dos seus constituintes, esta irá influenciar diretamente na cor do aluminossilicato (passando de branco para um tom leve de amarelo). As duas principais aplicações do caulim, são na indústria de papel (carga e cobertura) e na produção de cerâmicas de alta qualidade (IMA, 2004), também pode ser utilizado na alimentação animal,

como ingrediente inerte em rações experimentais como forma de substituir o ingrediente testado. Devido à sua capacidade de adsorção e falta de toxicidade, o caulim é considerado um meio eficaz para prevenir ou diminuir os efeitos deletérios exercidos por muitos microrganismos patogênicos e as toxinas por eles produzidas. (TRCKOVÁ et al., 2009).

2.3 Funções do Caulim na Nutrição de Aves

O consumo de argilas pelos animais na natureza é uma prática comum, denominada geofagia, que consiste no consumo de solo e argila, sendo observada tanto em animais invertebrados, como vertebrados (VOROS et al., 2001). Elefantes africanos (*Loxodonta africana*), por exemplo comem regularmente o solo, sendo este em alguns de seus habitat naturais (como o Monte Elgon, na fronteira entre o Quênia e Uganda), podem chegar a ter cerca de 35% de caulim na sua composição (HOUSTON et al. 2001). Os principais motivos para a manifestação desse comportamento geofágico, é devido à capacidade do caulim em atuar promovendo desintoxicação de compostos nocivos ou fatores anti-nutricionais presentes no alimento, além de aliviar perturbações gastrointestinais, como diarreia e a hiperacidez no trato digestivo, além da obtenção de minerais do solo (WILLIAMS e HILLIER, 2014).

A eficácia de magnitude dos efeitos de benéficos dos aluminossilicatos, está relacionada ao seu tipo, suas propriedades físico-químicas e sua pureza, bem como o nível de inclusão utilizado nas dietas. Além disso, o tamanho de partícula do material, o tamanho do cristal e o grau de agregação, bem como a porosidade das partículas individuais, determinam o acesso dos fluídos à superfície da argila durante a passagem pelo trato gastrointestinal e afetam fortemente sua troca iônica, adsorção e a propriedade como catalisador (PAPAIOANNOU et al., 2005).

2.3.1 Utilização na produção de *pellets*

De acordo com Fassani e Brito (2004), o caulim e a bentonita por apresentarem a capacidade de expansão e de retenção de água podem ser utilizados para a produção de rações peletizadas, melhorando a dureza e resistência dos *pellets*, características importantes para o mesmo, visto que depois da produção da ração na maioria dos casos estas necessitam ser transportadas percorrendo longos caminhos em estradas nem sempre de condições ideais, e com isso, muitas vezes a ração peletizada chega quebrada no seu destino final. Salmon (1985), que adicionando 2,5% de bentonita como ligante de *pellets* em rações para perus, observou aumento da durabilidade de *pellets*, contendo 0,3% ou 0,6% de gordura, resultados semelhantes aos encontrados por Angulo et al. (1995), utilizando níveis de 0, 1 e 2% de sepiolita, observaram maior durabilidade nos *pellets* da dieta inicial de frangos de corte, sendo essa resposta dependente da dose de argila utilizada. O mesmo não foi observado na durabilidade dos *pellets* de rações finais de frango de corte. O ganho de peso e a conversão alimentar de frangos de corte foi influenciada positivamente quando os mesmos foram alimentados com ração peletizada contendo 1 à 2% de bentonita (SALARI et al. 2006).

2.3.2 Uso como adsorvente de micotoxinas

Um grave problema que a cadeia de produção de proteína animal enfrenta em relação às matérias-primas utilizadas para a produção de ração é a sua contaminação com micotoxinas. Segundo um estudo feito por uma empresa privada através da coleta de quase sete mil amostras, gerando 26.000 análises, foi demonstrado que cerca de 75% das regiões produtoras de grãos em 64 países espalhados pelo mundo, apresentam esse problema (BIOMIN, 2015).

Micotoxinas são um grupo de metabólicos secundários produzidos por fungos e que induzem uma série de reações tóxicas no organismo, isso gera uma queda de desempenho, devido às lesões que provocam em órgãos do trato gastrointestinal e torna os animais mais susceptíveis a infecções, pois deprime o sistema imune, podendo atuar também como agente mutagênico, carcinogênico e teratogênico.

Na década de 80, descobriu-se a capacidade de certas argilas (bentonitas, zeólitas e outras) de se ligarem às micotoxinas do alimento no trato digestivo dos animais, impedindo que estas fossem absorvidas. Foi determinado *in vitro* uma capacidade de ligação desses aluminossilicatos com 86% à 97% da quantidade de micotoxinas presentes (MIZRAK et al., 2014), no entanto medições feitas em condições de laboratório foram difíceis de reproduzir em experimentos com animais (*in vivo*), e os resultados muitas vezes não foram satisfatórios (TAYLOR, 2000).

Batina (2005) e Franciscato (2006), concluíram que a inclusão de 0,5% de montmorilonita sódica (argila classificada como esmectitas, do grupo dos aluminossilicatos) é capaz de diminuir os efeitos danosos de contaminações com aflatoxinas na ração em frangos de corte. Segundo Fassani e Brito (2004), o caulim, por ser bipolar e isoelétrico apresenta maior espectro de adsorção de micotoxinas (adsorvendo ocratoxina, T2, DON, fumonisina, zearalenona, que são bipolares), já a aflatoxina (por ter forte carga positiva) não pode ser adsorvida pelo caulim, devendo se utilizar uma argila polar (esmectitas, bentonitas, montmorilonitas e zeólitas). Entretanto Teleb et al. (2004), incluindo 0,5% de caulim em rações contaminadas com aflatoxinas, para frangos de corte, verificou que o uso do caulim reduziu o efeito tóxico da toxina no fígado, melhorando o desempenho das aves que receberam.

Em geral, o processo de adsorção em ligantes, está fortemente relacionado à distribuição de carga, dimensões dos poros e área de superfície acessível do adsorvente, bem como à polaridade, solubilidade e dimensões moleculares da micotoxina que será adsorvida (HUWIG et al., 2001). Resultados *in vitro* indicaram que existe interação de adsorção na superfície entre a micotoxina e a argila devido a interação do carbono da aflatoxina B1 com os íons de alumínio da argila (RAMOS et al., 1996). O mecanismo de atuação das zeólitas ainda não está bem elucidado, no entanto acredita-se que seja de forma semelhante à dos filossilicatos (PAPAIOANNOU et al., 2005).

Segundo o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2017), os aluminossilicatos (entre eles o caulim) podem ser utilizados como aditivos tecnológicos na função de adsorventes de micotoxina na concentração de 2500 a 5000 ppm.

2.3.3 Melhorando a morfometria intestinal e a digestibilidade dos nutrientes

No momento da eclosão, o sistema digestivo da ave já se encontra anatomicamente completo, no entanto sua funcionalidade é limitada, sendo que a passagem de alimento no trato digestivo aumenta a velocidade de desenvolvimento dos mecanismos de digestão e absorção (VIEIRA e POPHAL, 2000; MAIORKA et al., 2002). As vilosidades intestinais, durante o período pós-eclosão, também aumentam em número e tamanho, tendo esse crescimento estimulado, principalmente, pela presença do alimento (MORAN, 1985).

O epitélio intestinal atua como uma barreira natural contra bactérias patogênicas e substâncias tóxicas que estão presentes no lúmen intestinal. A população microbiana intestinal constitui um dos mais complexos ecossistemas da natureza, resultado de uma série de relações entre os microorganismos e o hospedeiro (AJUWON, 2015). Segundo Macari et al. (2002), a capacidade absorptiva do intestino é diretamente proporcional ao tamanho das vilosidades do intestino das aves, sendo que uma maior altura das mesmas predispõe uma melhor absorção de nutrientes. A superfície luminal do intestino é revestida com uma única camada de células

que passam por uma renovação rápida e contínua (SHIRAZI-BEECHEY et al. 2011). Essas células localizadas próximas à base das criptas se diferenciam em vários tipos de células que compõem o lúmen, cada uma contendo diferentes funções. Os enterócitos fornecem a função absorptiva do intestino, as células caliciformes secretam muco, células enteroendócrinas respondem a alterações no conteúdo do intestino liberando peptídeos que controlam as funções gastrointestinais e as células de Paneth, secretam peptídeos antimicrobianos, enzimas digestivas e fatores de crescimento (CHENG e LEBLOND, 1974; REHFELD, 2004). No entanto, os enterócitos, cobrem a maior parte da superfície luminal do intestino, conectados uns aos outros com junções estreitas e com uma superfície apical consistindo de microvilosidades compactadas, denominadas “borda em escova” (MASSEY-HARROCHE, 2000).

È comprovado, que a presença de bactérias intestinais benéficas, aumentam o desenvolvimento das criptas, a migração dos enterócitos e o comprimento das vilosidades no intestino delgado (XU e GORDON, 2003), assim como a ausência das mesmas geram menor desenvolvimento intestinal (ROLLS et al., 1978). Por outro lado, microorganismos patogênicos provocam efeito contrário, causam distúrbios no microbioma normal ou no epitélio intestinal, alterando a permeabilidade dessa barreira natural, facilitando a invasão de outros patógenos e de substâncias prejudiciais, que propiciarão alteração do metabolismo, e da capacidade de digerir e absorver nutrientes, culminando em processos inflamatórios crônicos (OLIVEIRA, 1998; PELICANO et al., 2005).

As células do enterócito são produzidas na cripta intestinal, e durante um processo infeccioso, o microrganismo patogênico causa lesões na mucosa intestinal, diminuindo o tamanho das suas vilosidades. Para sua reparação, a cripta intestinal, irá necessitar de um alto gasto energético e de nutrientes e para isso, aumenta sua atividade tornando-se cada vez mais profunda (FURLAN et al., 2004). Conseqüentemente, pode ocorrer diminuição nas vilosidades, aumento do turnover celular, diminuição do volume digestivo e das atividades de absorção (VISEK, 1978).

De acordo com Pedroso et al. (2016), aves comerciais são criadas para expressar alta eficiência alimentar, com alta capacidade de digestão e absorção dos ingredientes da dieta, e esta característica pode ser melhorada com pequenos aumentos na área de superfície intestinal que pode ser obtida por meio da utilização de aditivos.

Os aditivos atuam, entre outras funções, melhorando as condições estruturais da mucosa intestinal, promovendo, dessa forma, melhor absorção dos nutrientes e, conseqüentemente, melhorando o desempenho e a qualidade de ovos (LEMOS et al., 2017). Existe uma ampla quantidade e variedade de aditivos que atuam promovendo maior saúde do trato gastrointestinal, e os mais comuns e utilizados na avicultura são os antibióticos melhoradores de desempenho, cujo seu início de uso na produção animal data da década de 1940 (DIBNER e RICHARDS, 2005; NIEWOLD, 2007). Esse uso permitiu a realização de criações em grandes densidades, aumentando a produtividade e melhorando as taxas de ganho de peso em 4 à 8% e a conversão alimentar de 2 a 5% (AJUWON, 2015), no entanto, a utilização indiscriminada pode exercer pressão de seleção em colônias bacterianas, permitindo o aparecimento de indivíduos cada vez mais resistentes aos antibióticos (SCHNEIDER et al. 2011). Essa probabilidade provocou o banimento dessas substâncias por parte da Europa (PENZ JUNIOR et al., 2008) e restrições à muito princípios ativos utilizados em países como Brasil e Estados Unidos. Todavia, o banimento dessas drogas em alguns casos, não reduziu a ocorrência de microrganismos resistentes e os casos de infecções provocadas pelos mesmos aumentaram, portanto torna-se necessário ampliar a pesquisa de outros aditivos que possam reduzir o estabelecimento, a propagação e a produção de toxinas pelos microrganismos patogênicos que povoam o TGI, promovendo portanto, maior saúde e integridade da mucosa do trato gastrointestinal, e permitindo maior digestão e absorção da

dieta e seus nutrientes.

A inclusão de argilas com função de aditivos, nas rações, pode atuar sobre os processos de digestão e absorção de nutrientes (FERREIRA et al., 2005). Elas promovem maior tempo de retenção do alimento, permitindo maior digestão e conseqüentemente absorção do mesmo (TORTUERO, 1983; EVANS e FERRELL, 1993; SCHUTTE e LANGHOUT, 1998). Outra característica é que, como o caulim não é absorvido pela mucosa intestinal e fica livre no lúmen, protegendo o epitélio. Essa proteção pode acontecer de duas formas: pela formação de um coloide que irá cobrir a mucosa intestinal prevenindo da irritação e lesões; e por meio da sua propriedade de se ligar a bactérias e toxinas, através da troca de íons de sua superfície com as mesmas, fazendo que estas sejam eliminadas junto com as fezes (SCHUTTE e LANGHOUT, 1998; VONDRUSKOVA, et al. 2010). Essas características são muito importantes já que a presença de toxinas e bactérias no intestino, podem lesar as paredes do epitélio, diminuindo a altura de suas vilosidades, provocando assim menores taxas de absorção dos nutrientes, além do alto gasto energético e nutricional requerido pela mucosa intestinal para sua reparação.

Estas argilas possuem também a propriedade de aumentar a secreção de muco por células caliciformes que promovem prevenção de lesões na mucosa, resultando em uma barreira que protege o revestimento intestinal contra as toxinas (GILARDI et al., 1999). Segundo Fioramonti et al. (1987) as argilas podem sequestrar toxinas presentes, não somente na digesta, como também aqueles presentes na ração.

Desde a pré-história seres humanos e outros animais já consumiam caulim e outras argilas, visando o tratamento de doenças gastrointestinais. As argilas são eficazes também como curativos hemostáticas, pois podem coagular sangue com lesão traumática, com poucos danos ao tecido (YOUNG, 2011). Algumas argilas com capacidade antimicrobianas, têm sido descobertas, esta contém principalmente caulim (caulinita, 30%, haloisita, 16%), juntamente com esmectita (31%), quartzo (16%) e muscovita (7%) em sua composição. Qualquer um desses minerais presentes podem ser os responsáveis pela redução bacteriana, mas é claramente a geoquímica da argila e a troca de cátions, que são considerados como a chave para o processo bactericida. As imagens de microscopia eletrônica de transmissão de cepas de *E. coli* mostram que algumas partículas aleatórias da argila, se aderem às paredes celulares dessa bactéria, modificando seu padrão absorptivo, possibilitando a entrada de compostos tóxicos, e esse evento, combinado com o influxo rápido de Fe^{2+} , Fe^{3+} e Al^{3+} causam a peroxidação lipídica e a oxidação proteica da bactéria (MORRISON et al., 2014). Esta a capacidade bactericida de alguns minerais argilosos é observada tanto em bactérias Gram +, quanto Gram - (HAYDEL et al., 2007, MPUCHANE et al., 2008).

As propriedades antibacterianas podem diferir fortemente de acordo com a composição mineralógica, e química dos principais elementos, a oxidação, o pH e a área superficial específica dos minerais de argila. Mesmo dois minerais de argila semelhantes em composição mineralógica, tamanho de partícula e química de elementos principais podem ter efeitos antibacterianos opostos (SLAMOVA et al., 2011).

Lemos et al. (2015) incluindo até 1,5 % de caulim na ração, observaram maior altura nas vilosidades do duodeno de frangos de corte quando estes receberam maior nível de caulim, segundo os autores a ingestão de argilas pode melhorar a integridade intestinal através do seu papel na adsorção e excreção de microrganismos patogênicos e das toxinas produzidas por eles presente no trato gastrointestinal.

Além dessa atuação sobre microbioma intestinal, os aluminossilicatos podem atuar sobre o pH intestinal, a secreção enzimática, e o trânsito intestinal, e dessa forma melhorando a digestibilidade da dieta. Gonzales et al. (1996) observaram uma melhora da digestibilidade aparente de 82% para 88% quando incluíram 5 % de zeólitas, em rações de frangos de corte, o mesmo, foi observado por Ly et al. (2007), estudando a influência da inclusão de 1% de

sepiolita na ração de suínos. Yalçın et al., (2017) encontraram aumento da digestibilidade ileal da matéria seca e proteína. Em frangos, Pasha et al. (2008), utilizando bentonita encontraram melhoria na digestibilidade da ração, incluindo 3% zeólitas nas rações.

Ouhida et al. (2000) observaram uma menor fluidez do conteúdo intestinal e, um maior tempo de retenção da ingesta, sob ação das enzimas digestivas, seguido de um maior aproveitamento dos nutrientes da dieta em frangos de corte. Tortuero (1983) observou que a inclusão de 1,5 % de sepiolita, levou ao prolongamento de 2 a 3 horas no tempo médio de retenção da digesta, e isso resultou em menor frequência de excreção e redução da quantidade de excretas liquefeitas, devido as propriedades dos aluminossilicatos de formar colóides, os quais captam a água livre das excretas, tornando-as menos liquefeitas, melhorando sua consistência e conseqüentemente, melhorando a qualidade da cama.

2.3.4 Reduzindo a umidade na cama e amônia das excretas

É muito importante o controle da qualidade da cama para criação comercial de frangos de corte e do esterco na produção de galinhas poedeiras. Nos galpões de criação de frango, o excesso de umidade na cama pode gerar maior gasto com o próprio material constituinte da mesma, os quais se constituem em forte representatividade no custo final de produção do lote.

Um fator associado à piora da qualidade da cama, é o aumento da sua umidade. Este excesso favorece o desenvolvimento fúngico, além de maior incidência de lesões de patas e condenações de carcaça, e também redução da qualidade do ambiente do aviário tanto para as aves quanto para os funcionários da granja, uma vez que ocorre considerável aumento na produção de amônia a partir do metabolismo microbiano sobre as excretas.

A exposição contínua a amônia pode contribuir para uma série de riscos à sua saúde como, por exemplo, a perda da sensibilidade olfativa. Em instalações de produção animal, a amônia é gerada pela decomposição microbiana do nitrogênio dos dejetos dos animais, que passa a ser emitida na sua forma volátil para o ar (LIMA et al., 2004). Como as aves não possuem um aparelho respiratório com diafragma, tal qual nos mamíferos, para expelir corpos estranhos inalados, essas são dependentes de pequenos cílios presentes nas vias respiratórias que ajudam a reter e expulsar corpos estranhos, então, quando os níveis de amônia atingem 25 ppm pode ocorrer paralisação do movimento ciliar, e portanto, a retirada de material indesejável da traquéia, se torna prejudicada. Valores superiores a estes, podem provocar redução de ganho de peso, piora da conversão alimentar das aves, além de elevar a incidência de aerossaculite, infecções virais, condenações no abatedouro (REECE et al, 1980; FERREIRA et al., 2005; GARCIA et al., 2010; AHA, 2012).

O uso de argilas para a redução das concentrações de amônia se mostra uma estratégia viável, principalmente pela possibilidade de troca de cátions que esta realiza com o íon amônio (NH_4^+) (CASTAING, 1998). ÇABUK et al. (2004) testando a inclusão de 15ppm e 25ppm de zeólitas na dieta, observou uma redução progressiva nos níveis de amônia no galpão de criação de frangos, de 21,15 ppm (controle), para 17,25 ppm e 17,75ppm (respectivamente), esses resultados são promissores, visto que houve um baixo nível de inclusão da argila testada, uma redução ainda maior na umidade da cama pode ser observada quando adicionado níveis maiores de zeólitas nas dietas de aves e suínos (SCHNEIDER et al., 2017). Lemos et al. (2015), incluindo até 1,5 % de caulim nas dietas de frangos de corte verificaram efeito linear sobre a redução da umidade da cama com o aumento da inclusão na dieta.

Na produção comercial de ovos, as poedeiras em sua grande maioria no Brasil, são criadas em gaiolas suspensas e em galpões abertos, onde o efeito maléfico da umidade da cama são maiores em relação a qualidade das fezes das aves, principalmente durante o verão, período em que elas ingerem maior quantidade de água e, conseqüentemente suas fezes se

encontram muito liquefeitas, aumentando a proliferação de moscas e outros microorganismos, prejudicando a qualidade dos ovos (FERREIRA et al., 2005). A mosca doméstica é inseto muito comum (*Musca domestica*) que pode transmitir agentes patogênicos como *Salmonella*, *Pasteurella*, *Staphilococcus* e ovos de helmintos. Devido ao seu hábito de buscar alimento e atraídas por outros odores as moscas podem migrar para residências vizinhas da granja se tornando um grande incômodo.

Um outro inseto também presente em criações avícolas é o cascudinho (*Alphitobius diaperinus*), que além de transmitir os mesmos agentes patogênicos da mosca doméstica, por se alimentarem de fezes, carcaças, fungos, ração, grãos e farinhas armazenadas, podem transmitir também aspergilose, coccidiose, bacterioses (*E. coli*, *Salmonella spp.*, *Bacillus*, *Streptococcus sp.*), viroses (leucose, marek, newcastle, reovirus, rotavirus, enterovirus), parasitoses e ainda aumentam a debilidade de animais fracos ao se alimentarem da pele dos mesmos (PEDROSO-DE-PAIVA, 2000).

As excretas das aves presente nos aviários são um excelente ambiente para propagação desses organismos transmissores de patógenos, principalmente quando apresentam altos teores de umidade. Uma das formas de realizar o controle de umidade da cama é através da aplicação de substâncias adsorventes de água na ração, tais como as argilas, que formam um complexo com a água, impedindo que esta permaneça livre nas fezes excretadas (FERREIRA et al., 2005). Tendo elas capacidade de absorverem água em quantidade muitas vezes superior ao seu peso (MADKOUR et al, 1993).

A capacidade adsorvente dessas argilas ocorre devido à sua constituição na forma de uma molécula aberta, possuindo o íon Na^+ como cátion predominante, que se expande na presença de água, aumentando várias vezes o seu volume inicial, e permitindo que várias moléculas de água sejam adsorvidas a ele. Este fato somado a propriedade de redução da taxa de passagem da digesta, confere a argila incluída na ração, a formação de um colóide, melhorando a consistência das fezes (SCHUTTE e LANGHOUT, 1998). Amon et al.(1997) utilizando zeólitas e Valladares et al. (2014) usando caulim em rações para frangos de corte, observaram reduções significativas de amônia nas excretas, assim como Ferreira (2005), adicionando aluminossilicato na ração de frangos de corte verificou melhoria na consistência das fezes, por se apresentarem menos liquefeitas. Charles e Wildey (1975), utilizando 0%, 2%, ou 5% de caulim em rações para galinhas poedeiras leves, não observaram diferença significativa na produção de ovos, eficiência alimentar, no peso corporal, e na qualidade da casca do ovo, no entanto, verificaram redução do teor de umidade das excretas. Delbecque (1995) demonstrou que a inclusão de argilas nas rações de aves, suínos e ruminantes, podem reduzir a umidade fecal em até 25%, não apresentando nenhum efeito prejudicial na absorção e digestão. Porém, outros pesquisadores não observaram efeitos significativos destes aditivos (ULLMAN et al., 2004).

Além do controle da umidade da cama, a aplicação direta de caulim (12% em peso na água) sobre a cama, reduziu a incidência dos ácaros cascudinhos por aproximadamente 1 semana após 1 aplicação (MULLENS et al., 2012).

2.3.5 No metabolismo do cálcio e do fósforo e na qualidade óssea

O metabolismo do cálcio e do fósforo é essencial para a homeostase do animal, segundo Rostagno et al. (2017) galinhas poedeiras necessitam de alta demanda nutricional de cálcio (4,2 gramas/ave/dia para poedeiras leves e 4,3 gramas/ave/dia para poedeiras semipesadas) visto que estas devem formar a casca do ovo, processo esse que está diretamente ligado ao metabolismo desse mineral. De toda a demanda de cálcio para a formação da casca, somente 20% são provenientes das reservas corpóreas (osso), todo o restante, tem origem dietética (SCHOLTYSSSEK, 1970). Apenas para a formação de um único ovo as galinhas

necessitam de 2 a 2,5 gramas de cálcio (OLGUN e. AYGUN, 2016).

Outro mineral de grande importância para a formação da casca do ovo é o fósforo (P), sendo que a exigência de P disponível para as poedeiras leves e semipesadas é de 0,368 gramas/ave/ dia (ROSTAGNO et al., 2017). O fósforo é utilizado para a deposição na gema do ovo e também se combina com o cálcio para ser depositado no osso, portanto com a mobilização de cálcio ósseo existe também uma liberação de fósforo na corrente sanguínea, sendo essa, suficiente para suprir as necessidades tanto metabólicas, quanto para a deposição na gema. Em caso de um excesso na liberação de P, irá ocorrer uma menor liberação de cálcio e conseqüentemente uma pior formação da casca do ovo (FRANCO e SAKAMOTO, 2007; MAGALHÃES, 2007).

Świątkiewicz et al. (2010) estudando poedeiras semipesadas em final de ciclo produtivo (70 semanas de idade) constataram que aditivos que atuam promovendo melhoria na saúde do trato gastrointestinal, como acidificantes e prebióticos, aumentam a disponibilidade de Ca e outros minerais, devido a redução do pH intestinal, que gera a um aumento da atividade digestiva das enzimas endógenas (conversão acelerada de pepsinogênio em pepsina) e na solubilidade dos minerais. Segundo Herzig et al. (2008), seguindo os mesmos preceitos bioquímicos, observaram que a inclusão de zeólitas nas rações de galinhas poedeiras, pode aumentar os níveis de Ca, P e Mg na casca do ovo e nos ossos. No entanto esses resultados são antagônicos, alguns autores observaram que inclusão de argilas na ração interfere na absorção de cálcio (ZIMMERMANN, 2014) e de fósforo (WOLTER et al., 1990; ZIMMERMANN, 2014; SCHNEIDER et al., 2017) pelo animal.

A rigidez do tecido ósseo é resultante da deposição de cálcio e fósforo, na forma de hidroxiapatita, durante o processo de mineralização óssea. Esses dois minerais perfazem cerca de 70% da composição óssea, os 30% restantes são compostos de matéria orgânica, principalmente colágeno (BRUNO, 2002). A qualidade dos ossos das aves tem um grande impacto na formação de casca de ovo. A quantidade de cinzas nos ossos são um bom parâmetro de qualidade óssea, devido à sua facilidade e praticidade de obtenção (SANNI, 2017). Wilson e Ruszler (1998) relataram que a resistência do osso à quebra e a quantidade de cinzas nos ossos podem ser usados como critério para a prevenção de fraturas e para a avaliação da eficácia de vários ingredientes de ração.

Existem três tipos de tecido ósseo em galinhas poedeiras, incluindo o cortical, trabecular e osso medular, sendo este último, o local onde ocorre a deposição de cálcio (Ca) necessária para a formação de casca de ovo, e se desenvolve durante a maturidade sexual (KIM et al., 2012). O cálcio de origem dietética é extremamente importante, no entanto existe grande mobilização óssea de Ca particularmente durante períodos escuros, quando as galinhas não ingerem alimentos. Segundo Budgell e Silversides (2004), aproximadamente 30% das galinhas, sofrem com osteoporose ao longo do ciclo produtivo, doença esse presente em maior ocorrência em aves mais velhas. Esta patogenia causa dor e limita os movimentos das aves, dificultando o consumo de ração e água, além de debilitar ossos longos, deixando-os mais frágeis e susceptíveis a fraturas.

Safaeikatouli et al. (2012), trabalhando com níveis de 0; 1,5 e 3% de caulim, bentonita e zeólitas, verificaram melhores características morfométricas em tíbias de frangos de corte, ou seja, ossos mais densos, e também maior quantidade de cinzas na tíbia, na musculatura e no sangue dos frangos, quando esses foram alimentados com maiores quantidades das argilas testadas. Eles atribuíram esses resultados à redução da taxa de passagem da digesta provocada pela inclusão dos aluminossilicatos, permitindo maior digestão e absorção, assim como a propriedade de troca catiônica dos mesmos com Ca e P, possibilitando com que esses minerais sejam absorvidos pelas aves em maior quantidade.

2.4 Influência dos Aluminossilicatos na Qualidade dos Ovos

A utilização de aditivos que atuam no trato digestório das aves na formulação das rações se constitui entre outras funções, na melhoria da qualidade dos ovos produzidos pelas galinhas poedeiras. Entre os aditivos que podem ser utilizados, para este fim, a utilização dos aluminossilicatos tem se mostrado promissora. Eles podem atuar na melhoria das condições luminais, promovendo uma absorção maior e mais eficiente do intestino, contribuindo para um menor gasto de energia e nutrientes para reparação da mucosa, nutrientes esses que poderiam ser utilizados em maior quantidade para a síntese dos componentes internos e externos dos ovos. Os aluminossilicatos possuem alta capacidade de troca de cátions e por isso melhoram ligeiramente a qualidade da casca do ovo, pois aumentam a absorção de cálcio no intestino (FENDRI et al., 2012), outros estudos não demonstraram influência dos aluminossilicatos na qualidade externa dos ovos (BERTO et al., 2013; GILANI et al., 2013).

Kermanshahi et al. (2011) e Gilani et al. (2013), incluindo aluminossilicatos em rações de poedeiras leves, verificaram a produção de ovos com gemas, menos pigmentadas (mudou de amarelo mais denso para amarelo mais claro) do que as gemas produzidas por ovos de aves do controle e atribuíram este efeito, a propriedade de adsorção do aditivo com o pigmento vermelho da gema, impossibilitando a absorção deste pigmento pelo intestino, com consequente menor intensidade da tonalidade amarela.

Trabalhando com poedeiras semipesadas, Inal et al. (2000), estudaram quatro níveis de bentonita (0; 1,5; 2,5; e 3,5%) e concluíram que a inclusão da argila não afetou a produção, o peso médio, a gravidade específica dos ovos e a eficiência alimentar, mas a taxa de perda de ovos por problemas de casca foi reduzida com a inclusão de 1,5 e 2,5 % da argila. Castaing (1998), estudando a inclusão de outra argila (sepiolita) até 2% na ração de poedeiras, observou maior consumo, maior peso, maior massa e melhoria na qualidade interna dos ovos no final de postura.

Os demais parâmetros de qualidade interna não parecem serem influenciados pela adição de aluminossilicatos na dieta das poedeiras (KERMANSHAHI et al., 2011; FENDRI et al., 2012; GILANI et al., 2013; KAYA et al., 2013).

2.5 Interação dos Aluminossilicatos com Ingredientes e Nutrientes da Ração

Um problema observado no uso das argilas é a possibilidade delas interagirem com outros ingredientes da ração como com os aditivos melhoradores de desempenho, medicamentos e inclusive adsorverem algumas vitaminas e minerais presentes na dieta, fazendo com que o animal não consiga absorver os mesmos (HUWIG et al., 2001; BOK et al., 2004; BÜNZEN e HAESE, 2006; YOUNG, 2011; BHATTI et al., 2018). Isto ocorre em virtude dos mecanismos de ação dessas substâncias anteriormente citados, como a capacidade de trocas catiônicas com algumas destas substâncias presente no lúmen intestinal, formando um complexo não absorvível.

Segundo Butolo (2002), as argilas podem adsorver vitaminas do complexo B, deixando-as indisponíveis, já Casting (1998) verificou que o uso de um nível maior que 2,5% de bentonita ocasiona problemas na absorção de vitamina A, gerando descoloração da gema dos ovos, problema esse relatado anteriormente por Vogt (1992), quando incluiu a mesma argila na ração nas taxas de 1, 2 e 3 %, assim como Kermanshahi (2011) que trabalhando com a inclusão de zeólitas em ração de poedeiras observou correlação negativa entre as concentrações de aluminossilicatos na ração em relação a pigmentação da gema. A pigmentação da gema é uma característica importante na comercialização dos ovos, visto que o mercado consumidor tem preferência por ovos com gema mais pigmentada (ALLEONI e ANTUNES, 2001).

Wolter et al. (1990) trabalhando com altas inclusões de caulim (até 10 %) em ratos,

não observaram efeitos nocivos sobre a saúde dos animais nessas concentrações, apesar de ter ocorrido uma menor retenção de fósforo. Em soluções muito ácidas (como ocorre no interior do proventrículo), a estrutura da argila pode ser destruída, havendo liberação de íons de alumínio (Al) que fazem parte de sua estrutura, estes íons por sua vez podem formar sais insolúveis com o fósforo, alterando a absorção de cálcio e fósforo (SCHNEIDER et al., 2017). Zimmermann (2014) observou uma redução linear na retenção de fósforo em suínos quando adicionando vários níveis de clinoptilolita, no entanto a retenção de Ca, Mg, Na, K, Fe e Zn, não foi alterada. Lindemann et al., (1993) e Rocha (2012) não observaram diferenças na absorção de cálcio e fósforo em suínos alimentados com aluminossilicatos.

Shryock et al. (1994) observaram ineficácia do antibiótico tilmicosina (medicamento utilizado em aves para controle e tratamento de doenças respiratórias como aerosaculites e infecções ocasionadas por patógenos respiratórios, incluindo *Mycoplasma sp*), quando este era administrado juntamente com bentonita nas rações de frangos de corte. Farí et al.(2003), em experimentos *in vitro*, não verificaram interferência do uso de zeólita com os medicamentos *sulfametoxazol* (indicado para tratamento de doenças entéricas e respiratórias) e *metronidazol* (coccidiostático e coccidicida), devido a ambos os antimicrobianos terem dimensões de moléculas muito grandes que dificultam e ou impossibilitam sua adsorção pelos canais dos aluminossilicatos utilizado nestas experiências. Segundo os mesmos autores, as zeólitas podem inclusive ter um efeito benéfico sobre as drogas, favorecendo a absorção das mesmas quando administradas simultaneamente, em virtude do seu efeito tamponante no trato gastrointestinal.

A utilização das argilas como revestimentos ou transportadores de drogas, é largamente difundida na indústria farmacêutica. Essa função é possível, devido à sua capacidade de adsorção e interações de superfícies. Comparado ao caulim, os outros aluminossilicatos apresentam áreas de superfície muito maiores e, portanto, maior potencial de ligação, especialmente com drogas catiônicas. A maioria das moléculas das drogas costumam ser muito grandes para entrar no espaço inter-camadas dos aluminossilicatos, no entanto as argilas possuem a capacidade de se ligar a superfície (adsorção) da droga, formando um complexo argila-medicamento, fazendo com que a droga possa ter seu desempenho maximizado (WILLIAMS e HILLIER, 2014). Papaioannou et al. (2005), concluíram ausência de qualquer interação da clinoptilolita na disponibilidade de clorotetraciclina em fêmeas suínas, e ainda observaram que o uso desse aluminossilicato melhoraria a atuação da droga, devido a sua capacidade de atuar como uma substância veículo, carregando o medicamento para diferentes partes do intestino.

Os possíveis efeitos adversos da inclusão de 15 e 30 ppm de zeólitas administradas como um aditivo, foram estudados por Safaeikatouli et al. (2011) que medindo parâmetros fisiológicos em frangos de corte, concluíram que não foram alterados os níveis bioquímicos séricos, assim como as concentrações de Tiroxina (T4), hormônio tireoestimulante (TSH) e do hormônio do crescimento (GH).

2.6 Níveis de Inclusão da Argila nas Rações

Ainda não se encontra bem elucidado na literatura científica os níveis seguros em que as argilas possam ser adicionadas à ração para que promovam todos seus efeitos benéficos, sem que possam exercer danos à saúde e desempenho animal. Tradicionalmente, as argilas têm sido incorporadas em dietas animais de 1000 à 2000 ppm como um aditivo tecnológico (ANGULO et al., 1995). A argila mais utilizada no Brasil com essa função em rações é o caulim, no entanto pesquisas sobre sua influência no desempenho animal e na digestibilidade dos nutrientes são escassos (FASSANI e BRITO, 2004), assim como seu efeito positivo da capacidade adsorvente, sendo o seu uso como aditivo alimentar ainda não totalmente

esclarecido, existindo um risco relacionado às suas possíveis interações com outros compostos nutritivos da dieta, como anteriormente citado. Portanto, é necessário investigar detalhadamente a eficácia e a segurança da utilização do caulim em relação ao estado de saúde e desempenho de cada espécie de animal (TRCKOVA, et al., 2004). Silva et al. (2002, ao conduzirem ensaios de metabolismo com galos, verificaram que a energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio das rações não foi afetada significativamente até o nível de 6% de caulim, Savory (1984) investigando a inclusão de altas concentrações de caulim em rações de galos adultos verificou que a inclusão de até 30% desta argila não promovia perda de peso nos mesmos, mostrando portanto que esta mesmo quando utilizada em altas concentrações não promoveu toxicidade nos animais, apesar de que nessas grandes quantidades, ele obviamente desbalancearia a dieta. Entretanto Day et al. (1970) incluindo caulim em 5 a 10% nas rações de frangos de corte, verificaram uma diminuição da taxa de crescimento nessas aves.

O Caulim, assim como outros aluminossilicatos, são amplamente utilizados em vários setores da indústria e apresentam um grande potencial de uso na avicultura de postura. Segundo Gilani et al. (2016), os níveis de inclusão de aluminossilicatos nas rações em aves poedeiras ainda não está bem elucidado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e Animais

O experimento foi realizado no galpão experimental do Setor Experimental de Avicultura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) localizado em Seropédica - RJ, no período de abril a setembro de 2017, após submetidos à avaliação na Comissão de Ética do Uso de Animais em Experimentos Científicos (CEUA/UFRRJ/IZ), sob o número de processo: 23083.005984/2017-02

Foram alojadas 288 galinhas semipesadas, da linhagem Dekalb Brown, ainda na fase de recria (14 semanas), em sistema piramidal de gaiolas de produção, compostas de bebedouro tipo nipple e comedouro tipo calha (Figura 1).



Figura 1. Gaiolas experimentais para poedeiras do setor de Avicultura da UFRRJ.

3.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos, de oito repetições, contendo seis aves por repetição. Quando as aves atingiram a idade de 63 semanas de idade, iniciou-se um o fornecimento das rações experimentais, que se diferenciavam pela inclusão de níveis crescentes de caulim. O aditivo foi cedido pela empresa CaO do Brasil Ltda e tem composição tabelada de 21,90% de Al_2O_3 , 62,80% de SiO_2 ; 1,40% de Fe_2O_3 ; 0,40% de CaO, o mesmo foi analisado obtendo-se 93,6% de matéria mineral, destas 0,08% de fósforo e 0,28 de cálcio.

Os tratamentos foram (Tabela 2):

T1: Controle (sem a inclusão do aditivo)

T2: Inclusão de 1% de caulim na dieta

T3: Inclusão de 2% de caulim na dieta

T4: Inclusão de 3% de caulim na dieta

T5: Inclusão de 4% de caulim na dieta

T6: Inclusão de 5% de caulim na dieta

As dietas experimentais foram isoprotéicas e isoenergéticas, formuladas a base de milho e farelo de soja, atendendo os níveis estabelecidos por Rostagno et al. (2011).

Após um período de adaptação de 14 dias, iniciou-se a aferição dos dados de desempenho. O período experimental compreendia cinco ciclos de 28 dias cada. Durante toda a fase de postura foi fornecido 17 horas de luz às aves (luz natural + luz artificial).

Tabela 2. Composição das rações de poedeiras semipesadas contendo diferentes níveis de caulim para durante o período experimental

Ingredientes (%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Milho (7,88% PB)	66,615	64,481	62,362	60,243	58,228	56,008
Farelo de soja (45% PB)	21,470	21,883	22,280	22,675	22,947	23,465
Óleo de soja	0,854	1,578	2,297	3,017	3,706	4,455
Sal comum	0,445	0,446	0,447	0,448	0,449	0,449
Calcário calcítico	9,164	9,160	9,154	9,149	9,144	9,139
Fosfato bicálcico	0,978	0,983	0,988	0,993	0,999	1,003
Suplemento vitamínico ¹	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Suplemento mineral ²	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
DL-Metionina (99%)	0,175	0,177	0,180	0,183	0,187	0,189
L-Lisina HCL (78%)	0,007	0	0	0	0,047	0
L-Treonina	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005
Cloreto de colina (60%)	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Caulim	0	1	2	3	4	5
Total	100	100	100	100	100	100
Composição nutricional calculada						
Energia metabolizável (Mcal/Kg)	2,850	2,850	2,850	2,850	2,850	2,850
Proteína Bruta (PB%)	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6
Cálcio (Ca%)	3,850	3,850	3,850	3,850	3,850	3,850
Fósforo disponível (Pd%)	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275
Cloro (%)	0,300	0,300	0,300	0,299	0,299	0,298
Sódio (%)	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211
Potássio (%)	0,595	0,596	0,597	0,598	0,597	0,600
Lisina dig (%)	0,684	0,685	0,690	0,696	0,735	0,707
Lisina Total (%)	0,769	0,770	0,775	0,781	0,820	0,792
Met + Cist dig. (%)	0,628	0,628	0,629	0,629	0,630	0,630
Met + Cist total (%)	0,692	0,692	0,692	0,692	0,692	0,692
Metionina dig (%)	0,403	0,404	0,406	0,408	0,411	0,412
Metionina total (%)	0,426	0,427	0,429	0,431	0,433	0,435
Treonina dig (%)	0,524	0,524	0,525	0,525	0,526	0,526
Treonina total (%)	0,607	0,607	0,607	0,607	0,607	0,607
Triptofano dig (%)	0,161	0,162	0,164	0,165	0,166	0,168
Triptofano total (%)	0,180	0,181	0,182	0,184	0,184	0,186
Arginina dig (%)	0,917	0,922	0,927	0,931	0,933	0,941
Arginina total (%)	0,982	0,987	0,991	0,996	0,997	1,005
Valina dig (%)	0,639	0,640	0,640	0,640	0,638	0,640
Valina total (%)	0,724	0,724	0,724	0,724	0,722	0,724
Isoleucina dig (%)	0,586	0,588	0,589	0,592	0,592	0,596
Isoleucina total (%)	0,644	0,647	0,649	0,651	0,651	0,655
Leucina dig (%)	1,334	1,327	1,319	1,300	1,311	1,295
Leucina total (%)	1,451	1,443	1,435	1,416	1,427	1,411

Composição por kg do produto^{1,2}:

¹Vitamina A (min) 7.500.000 UI/kg; vitamina D3 (min) 2.500.000 UI/kg; vitamina E (min) 1.200 mg/kg; vitamina K3 (min) 1.200 mg/kg; tiamina (min) 1.500 mg/kg; riboflavina (min) 5.500 mg/kg; piridoxina

(min) 2000 mg/kg; vitamina B12 (min) 12.000 mcg/kg; niacina 35 g/kg; panteonato de cálcio (min) 10 g/kg; biotina (min) 67 mg/kg;
²Ferro (min) 60 g/kg; cobre (min) 13 g/kg; manganês (min) 120 g/kg; zinco (min) 100 g/kg; iodo (min) 2.500 mg/kg; selênio (min) 500 mg/kg.

3.3 Parâmetros Avaliados

3.3.1 Desempenho

A mensuração do desempenho foi realizada quando as aves atingiram 65 semanas de idade, durando até às 85 semanas. As variáveis analisadas foram: produção de ovos por ave por dia (em porcentagem), peso médio dos ovos (em gramas), consumo de ração (em gramas), conversão alimentar por massa (grama de ração consumida/grama de ovo produzida) e por dúzia de ovos (grama de ração consumida/dúzia de ovo produzida) produzidos e a viabilidade das aves (em porcentagem).

- Produção de ovos/ave/dia – Foi aferida a produção diária de ovos e a porcentagem de postura foi computada com base no número de aves por repetição, calculando-se as médias de cada período.
- Peso médio dos ovos e consumo de ração - O peso dos ovos foi registrado a cada período de 28 dias, considerando todos os ovos produzidos por tratamento/repetição no dia. O consumo de ração também foi medido a cada 28 dias, considerando a diferença entre a ração fornecida e a sobra das repetições.
- Conversão alimentar por massa de ovos produzidos – Calculada ao final do período através da razão entre a quantidade de ração consumida pela produção média de ovos (unidade), multiplicado pelo peso médio dos ovos para cada repetição no período equivalente.
- Conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos - Calculada dividindo-se o consumo total de ração (kg) no período pela soma da produção total de ovos em dúzias para cada repetição.
- Viabilidade das aves (%) - Obtida em função do número de aves vivas ao final e ao início de cada período, e expressa em porcentagem.

3.3.2 Qualidade interna dos ovos

A cada período de 28 dias, nos dois últimos dias, foram coletados ao acaso, uma amostra de três ovos de cada parcela experimental. As amostras foram conduzidas ao Laboratório de Produtos de Origem Animal (LAPOA), do Instituto de Zootecnia, da UFRRJ para avaliação da qualidade interna e externa:

- Peso do ovo – Os ovos foram pesados individualmente em balança digital com precisão de 0,01 g.
- Unidade Haugh (HAUGH, 1937; modificada por CARD e NESHEIM, 1966) - Determinada pela equação: $UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7W^{0,37})$, onde H = altura do albúmen denso em milímetros (mensurada utilizando o micrômetro tripé da marca

Mitutoyo[®]) e W = peso do ovo, em gramas (medido conforme descrito no item anterior).

- Índice de gema – Calculada através da razão entre a altura e o diâmetro da gema. A gema foi separada manualmente do albúmen e teve sua altura medida com o auxílio de um micrometro tripé da marca Mitutoyo[®], e seu diâmetro medido com um paquímetro analógico, da mesma marca.
- Pigmentação da gema – Realizada com o auxílio do leque colorimétrico DSM[®], cuja intensidade de pigmentação varia do 1 ao 15, em intensidade crescente de cor.
- pH da gema e do albúmen – O albúmen e a gema de cada tratamento foram separados homogeneizados e foi mensurado pH dessas estruturas com um pHmetro.
- Porcentagem de componentes do ovo (casca, albúmen e gema) - As gemas foram separadas e pesadas em balança digital com precisão de 0,01 g, e as cascas lavadas e secas em estufa a 105°C por 2 horas, para posterior obtenção do seu peso. Subtraindo-se o peso da gema e da casca do peso total do ovo, obteve-se o peso do albúmen. Com base no peso do ovo, obtêm-se o peso relativo de suas estruturas (albúmen, gema e casca).

3.3.3 Qualidade externa dos ovos

- Determinação da espessura da casca por meio de micrômetro digital – Após a secagem das cascas, foram retirados dois fragmentos da região equatorial de cada ovo e medidas com micrômetro digital de pressão (marca Mitutoyo[®], modelo PK-0505CPX). A espessura da casca foi determinada pela média dos dois fragmentos.
- Determinação da espessura da casca por meio da Gravidade específica - Foram coletados 3 ovos/repetição por 2 dias consecutivos, totalizando 48 ovos/tratamento, os quais eram analisados no mesmo dia. A Gravidade específica foi determinada pelo método de flutuação salina, conforme metodologia descrita por Hamiltom (1982), onde os ovos foram submergidos em soluções salinas com densidades de 1,060; 1,065; 1,070; 1,075; 1,080; 1,085; 1,090; 1,095 e 1,100, preparadas com o auxílio de um densímetro de petróleo (Incoterm 5582[®]), colocadas em ordem crescente em recipientes identificados. Primeiramente os ovos foram colocados no recipiente de 1,060, e assim sucessivamente, até que flutuassem na solução. O peso específico foi representado pela solução de menor densidade onde o ovo emergiu. Esta análise foi realizada em dois momentos, primeiramente quando as aves tinham 79 semanas de idade e ao final do período experimental quando tinham 85 semanas de idade.
-

Os mesmos ovos coletados para análises de gravidade específica às 85 semanas de idade das aves, também foram utilizados para a realização das análises de resistência à quebra casca.

- Resistência à quebra da casca – A análise foi aferida em um equipamento texturômetro, *Stable Micro Systems Texture Analysers* modelo TA.XT plus, conectado a um computador (para transmissão dos dados). Foi utilizada uma sonda de 36 mm de

diâmetro e o equipamento foi calibrado com velocidade pré-teste: 2,0 mm/s; velocidade do teste: 1,0 mm/s; velocidade pós-teste: 40,0 mm/se profundidade: 1,0 mm. Os ovos foram dispostos deitados, em um suporte adaptado para este ensaio, de modo que a sonda tocasse a região equatorial dos ovos (figura 2). Um software específico, foi utilizado para registrar a força necessária empregada para o rompimento total dos ovos em Quilograma-força (Kgf), de acordo com metodologia adaptada de Oliveira et al., (2014).

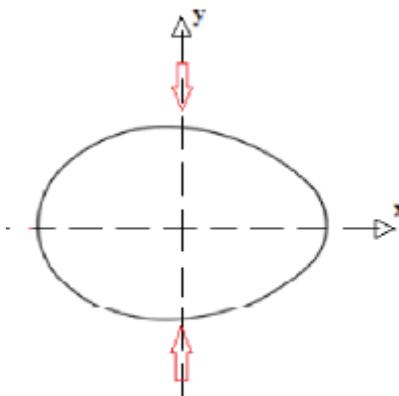


Figura 2. Disposição dos ovos para análise de resistência da casca (Adaptado de Oliveira et al. (2014).

3.3.4 Digestibilidade aparente da matéria seca, matéria mineral e níveis de cálcio e fósforo das excretas

Ao final do período experimental utilizado para coleta de dados de desempenho e mensuração da qualidade dos ovos, foi realizado uma nova distribuição das aves nas gaiolas, como propósito de determinar a digestibilidade aparente da matéria seca, da matéria mineral e do cálcio e fósforo, onde o novo delineamento consistia nos mesmos seis tratamentos (0%; 1%; 2%; 3%; 4% e 5% de inclusão de caulim nas rações), com seis repetições de quatro galinhas por repetição. Após cinco dias de adaptação, foram colocadas bandejas envelopadas com plástico, uma embaixo de cada gaiola, para a coleta total das excretas (SIBBALD e SLINGER, 1963) (figuras 03 e 04), as coletas foram realizadas duas vezes ao dia, às oito e às dezessete horas, por três dias consecutivos (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007). As excretas de cada gaiola foram pesadas imediatamente após cada coleta e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer (-10°C) para análises posteriores. A ração consumida foi calculada com base na quantidade pesada previamente para todo o ensaio de metabolismo para cada parcela, subtraindo as sobras.

- Umidade - As excretas foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas, e após retiradas sub-amostras de 250g as quais foram submetidas a pré-secagem em estufa ventilada a 55°C por 72 horas. Após, as excretas foram pesadas para obtenção da matéria seca das amostras, a diferença entre esse valor e o peso inicial das excretas, em percentual, foi considerado como teor de umidade (AOAC, 1995).

- Digestibilidade aparente da matéria seca – foi considerado a quantidade percentual de matéria seca excretada em relação à matéria seca consumida, conforme equação descrita abaixo:

$$\text{Dig}_{\text{ap}} (\%) = [1 - (\text{MS excretada} - \text{MS consumida})] \times 100$$

- Matéria mineral e níveis de Cálcio e Fósforo das excretas – No Laboratório de Bromatologia Zootécnica do Instituto de Zootecnia da UFRRJ, as excretas na forma de matéria seca, foram moídas e delas foram retirados 3 gramas para pesagem. Após esse procedimento, foram colocadas em mufla a 580°C, durante quatro horas, para determinação dos teores de matéria mineral (cinzas). O coeficiente de retenção da matéria mineral, foi considerado a quantidade percentual de matéria mineral excretada em relação à matéria mineral consumida, conforme equação descrita no item anterior.

No mesmo laboratório através da técnica de colorimetria, procedeu-se a determinação dos teores de fósforo (DETMANN et al. 2012). As análises de cálcio foram realizadas no Laboratório de Absorção Atômica do Instituto de Agronomia da UFRRJ, pela técnica de absorção atômica (ZENEBON et al., 2008).



Figura 3. Delineamento experimental para coleta total de excretas



Figura 4. Disposição das bandejas para realização da coleta total de excretas

3.3.5 Peso absoluto e relativo dos órgãos do trato gastrointestinal e morfometria da mucosa do intestino delgado

Foram eutanasiadas por deslocamento cervical, segundo recomendações do CONCEA (2013), 48 galinhas (oito aves por tratamento), com 85 semanas de idade para avaliação das características morfológicas intestinais segundo método descrito por Pelicano et al. (2005).

- **Peso dos órgãos do Trato gastrointestinal** - Após eutanásia a aves foram pesadas, e obtidos os pesos do proventrículo juntamente com a moela (após a retirada do conteúdo do interior dos órgãos), do intestino delgado e do intestino grosso, de cada ave respectivamente, para a obtenção dos pesos absolutos e relativos em relação ao peso corporal, destes órgãos.
- **Morfometria da mucosa do intestino delgado** – O duodeno foi delimitado como a alça duodenal a partir da moela, considerando como jejuno do final da alça até o divertículo de Meckel e o íleo até a junção íleo-ceco-cólon. Amostras de três centímetros foram coletadas da porção média de cada segmento, sendo realizados cortes longitudinalmente, fixadas em papelão com o auxílio de um grampeador, lavadas com solução tampão fosfato (PBS pH 7,4) e fixadas em formoldeído 10% tamponado (pH 7,4), durante 48 horas. Após esse prazo, as amostras foram novamente lavadas com solução tampão fosfato (PBS pH 7,4) e conservadas em álcool 70° em geladeira até a realização da confecção das lâminas histológicas (TORRES-CORDIDO et al., 2013).

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Morfologia e Patologia Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), onde foi realizada a elaboração das lâminas e mensuração com o auxílio do programa Image J[®] de acordo com a metodologia descrita por Oliveira et al. (2000). Foram realizadas as seguintes mensurações para cada segmento do intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo):

- Altura das vilosidades: Foram selecionadas oito vilosidades por secção histológica, com distância mínima de 100 µm entre elas, e mensuradas utilizando-se as imagens capturadas com a objetiva de 10X.
- Profundidade de cripta: as mesmas oito vilosidades por secção histológica do item anterior, foi medida a profundidade da cripta, com distância mínima de 100 µm entre elas, e mensuradas utilizando-se as imagens capturadas com a objetiva de 10X.
- Relação vilo/cripta: Razão entre altura de um vilo e a profundidade da cripta deste mesmo vilo.

3.3.6 Qualidade óssea

A avaliação óssea foi realizada nas tíbias direitas das 48 aves eutanasiadas para as análises de índice Seedor, resistência a quebra da tíbia e matéria mineral. As tíbias foram identificadas e congeladas em freezer com os tecidos de cobertura (músculo e cartilagem), até a preparação dos ossos para as análises.

Para a realização da desossa, os ossos foram devidamente identificados e mergulhados em água fervente por 10 minutos, posteriormente foram desossadas com auxílio de bisturi e tesouras de modo a retirar todo o material aderido ao osso (BRUNO, 2002). Utilizando este método de desossa é possível extrair cerca de 80% da gordura presente no osso (ALMEIDA PAZ et al., 2009). Posteriormente a esse procedimento, foram realizadas as seguintes análises de qualidade óssea:

- Índice Seedor - Para a realização desta avaliação, os ossos foram medidos em seu maior comprimento das epífises, com o auxílio de um paquímetro e tiveram seu peso obtido com o auxílio de uma balança semi-analítica digital. Após, dividiu-se o peso da tíbia (mg) por seu comprimento (mm), segundo metodologia desenvolvida por Seedor (1995).
- Resistência a quebra da tíbia - A análise foi aferida em um equipamento texturômetro, *Stable Micro Systems Texture Analysers* modelo TA.XT plus, conectado a um computador (para transmissão dos dados), o equipamento foi calibrado com velocidade pré-teste: 2,0 mm/s; velocidade do teste: 1,0 mm/s; velocidade pós-teste: 4,0 mm/s. As tíbias foram acomodadas e centralizadas em suporte adaptado para este teste com vão livre de 6 cm e 7 mm de distância da sonda. Um software específico foi utilizado para registrar a força necessária empregada para o rompimento total dos ossos em Quilograma-força (Kgf) (FAITARONE, et al. 2012).
- Matéria mineral com base na matéria seca e na matéria natural – Os ossos foram pesados em balança analítica digital e colocados em estufa de ventilação forçada à 105°C, por 72 horas, após esfriarem, foram pesados novamente, a diferença entre o peso correspondeu ao teor de matéria seca desengordurada (%), conforme metodologia descrita por Kim et al. (2004). Dois gramas das amostras foram moídas, pesadas e colocadas na mufla a 600°C por 24 horas para a obtenção da matéria mineral (cinzas).

3.3.7 Análise financeira do aditivo testado

Para avaliação dos custos por quilo das rações de cada tratamento, foi considerado o preço médio em dólar dos ingredientes utilizados na ração (milho, farelo de soja, calcário, fosfato bicálcico, óleo de soja, sal comum, suplemento mineral e vitamínico, DL-metionina, L-lisina HCl, L- treonina, cloreto de colina, e caulim) praticados no estado do Rio de Janeiro, assim como o preço médio tabelado do ovo de galinha pago aos produtores do estado e os custos comumente envolvidos com produção de ovos de mesa. Com propósito de padronização, foi utilizado o preço praticado ao final do mês de dezembro de 2018 (www.mercadodoovo.com.br). As análises realizadas foram as seguintes:

- Preço por quilograma de ração (US\$/Kg ração): Multiplicou-se as concentrações de cada ingrediente da dieta pelo seu respectivo preço.
- Preço da ração consumida por dia (US\$/ração cons/dia): Considerou-se a quantidade de ração consumida por parcela experimental e multiplicou-se pelo preço por quilograma de ração.
- Custo da ração por dúzias de ovos produzidos (US\$ ração/dz): Multiplicou-se os valores de conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos, pelo preço respectivo de cada ração (US\$/Kg ração).
- Eficiência econômica: Renda bruta por dia, subtraído do preço da ração por dia.
- Rentabilidade (Rent): Subtração da renda média diária (produção de ovos por dia X preço do ovo) pelo custo médio diário. Para efeito dos cálculos foi utilizado o custo com a ração totalizando 70% dos custos envolvidos na atividade.
- Custo benefício (C/B): É o valor que indica quanto de retorno teremos com a atividade para cada dólar gasto. Foi calculado a partir dos valores da rentabilidade média em relação aos custos totais.

3.4 Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o Programa BioEstat®. Posteriormente, os efeitos dos níveis de caulim foram estimados por meio de análise das variáveis pelos modelos de regressão linear e quadrática ao nível de significância de 5%, conforme o melhor ajustamento obtido para cada variável, baseado no maior valor de coeficiente de determinação para a escolha do modelo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Morfometria da Mucosa do Intestino Delgado

A Tabela 3 é referente aos valores de altura do vilão, profundidade da cripta, e relação vilão/cripta dos diferentes segmentos do intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo) de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.

Tabela 3. Morfologia intestinal dos diferentes segmentos intestinais de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.

	Níveis de caulim						Regressão	CV
	0%	1%	2%	3%	4%	5%		
Duodeno (μm)								
Vilão	1.273,9	1.277,9	1.452,7	1.337,2	1.363,1	1.323,0	NS	9,49
Cripta	181,0	159,2	183,8	155,7	179,8	152,5	NS	24,46
Vilão/cripta	7,24	8,52	8,32	8,90	7,13	8,72	NS	25,25
Jejuno (μm)								
Vilão	1.033,7	1.041,7	1.020,4	1.125,3	1.046,8	1.193,3	L	10,87
Cripta	141,0	196,0	136,6	143,1	125,3	159,9	NS	14,60
Vilão/cripta	7,40	5,54	8,42	7,38	7,60	6,40	NS	17,75
Íleo (μm)								
Vilão	638,8	674,2	642,5	622,9	693,6	629,9	NS	18,30
Cripta	108,4	99,7	99,9	95,1	115,6	108,3	NS	25,08
Vilão/cripta	6,31	6,04	7,44	7,92	5,94	6,63	NS	16,95

L = Efeito de regressão linear; NS = não significativo; CV = coeficiente de variação.

A altura das vilosidades no duodeno e íleo das galinhas (tabela 3) não foi influenciada ($p > 0,05$) pela inclusão do caulim ocorrendo, no entanto, efeito linear ($p < 0,05$) na altura das vilosidades do jejuno, de modo que maiores inclusões dessa argila, proporcionaram maior altura dos vilos (figura 5). O vilão é a unidade funcional do intestino, existindo uma alta correlação positiva entre tamanho da vilosidade e taxas de absorção dos nutrientes (MACARI e MAIORKA, 2000). Ocorrendo um processo infeccioso, microrganismos patogênicos degradam a mucosa intestinal, aumentando a quantidade de nutrientes necessária para o seu

reparo e reduzindo a eficácia da absorção. Portanto a manutenção da integridade intestinal é de suma importância para a manutenção da sanidade da ave e das altas taxas produtivas.

Prasai et al. (2017) observaram aumento de tamanho dos vilos e profundidade das criptas nos três segmentos do intestino delgado de poedeiras semipesadas incluindo zeólitas e bentonitas na ração. Wawrzyniak et al. (2017) realizando um estudo histológico, demonstraram que a suplementação dietética de zeólita melhora o desenvolvimento morfológico intestinal de frangos de corte, esses autores, detectaram alterações morfológicas (aumento do número, altura e perímetro das vilosidades intestinais do duodeno e íleo) após a administração de 2% de zeólita na ração. Resultados semelhantes acerca do fornecimento de zeólitas para frangos de corte foram encontrados também por Le Gall-David, et al. (2017).

A melhoria linear na qualidade intestinal com a inclusão de caulim pode ser explicada, pelo fato do caulim não ser absorvido pela mucosa intestinal, ficando livre no lúmen, e dessa forma protegendo o epitélio pela formação de um coloide que recobre a mucosa. Outro mecanismo de ação das argilas ocorre pela sua propriedade de se ligar às bactérias e toxinas, através da troca de íons de sua superfície com as mesmas, fazendo que essas sejam eliminadas junto com as fezes (SCHUTTE e LANGHOUT, 1998; VONDRUSKOVA, et al. 2010; BEDERSKA-ŁOJEWSKA et al., 2016). Essas propriedades evitam lesões que causam redução do tamanho das vilosidades. Trckova et al. (2009) fornecendo 1% de caulim para leitões após inoculação de *E. coli*, verificaram que o caulim é capaz de proteger o epitélio intestinal, sendo observado que com a presença da argila, houve uma menor degradação das células da mucosa e maior tamanho dos vilos.

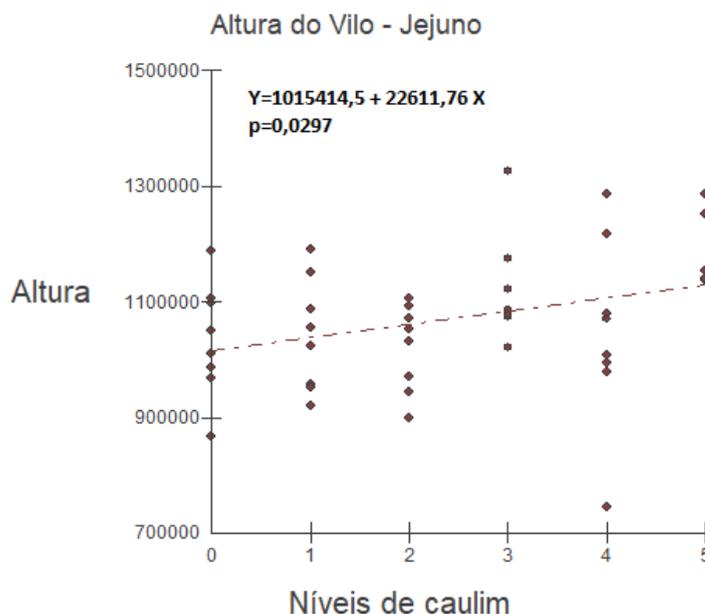


Figura 5. Efeito da regressão da altura do vilo de jejuno com diferentes níveis de caulim

A profundidade da cripta e relação vilo/cripta no duodeno, jejuno e íleo das galinhas, não foram influenciadas pela inclusão da argila testada ($p>0,05$). De acordo com Furlan et al. (2004), a profundidade da cripta é um indicador importante de saúde do trato gastrointestinal, uma vez que, quando o intestino é lesado pela ação de microrganismo patogênicos isso intensifica o turnover celular na cripta da vilosidade, provocando um aumento da sua profundidade. Esse processo gera redução da relação do tamanho do vilo/profundidade da cripta, uma vez que o vilo irá diminuir seu tamanho, em resposta à lesão, enquanto a cripta aumentará sua profundidade, visando realizar a reparação das células do vilo. Yalçın et al.

(2017) fornecendo sepiolita nas rações de frangos de corte, também só observaram maior tamanho dos vilos, em um dos seguimentos do intestino delgado (duodeno), e também não encontraram diferenças significativas para a profundidade das criptas e relação vilo/cripta em nenhuma das porções. Wu et al. (2013) encontraram maior tamanho de vilo no jejuno, semelhante ao presente estudo, quando forneceram 2% de clinoptilolita na ração de frangos de corte, no entanto também verificaram melhor relação vilo/cripta nesse segmento. Lemos et al. (2015) incluindo caulim nas rações de frangos de corte até 1,5%, também não constataram diferenças significativas para profundidade de criptas no duodeno, no entanto observaram maior tamanho do vilo, fato esse que refletiu positivamente no consumo e conversão alimentar.

4.2 Desempenho

A tabela 04 é referente aos valores de consumo de ração (Cons), porcentagem de postura (Post %), conversão alimentar por massa (CA/mass) e por dúzia de ovos (CA/dz) e viabilidade (Viab) de galinhas poedeiras semipesadas de 65 à 85 semanas de idade, alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.

Tabela 4. Desempenho de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.

	Níveis de caulim						Regressão	CV
	0%	1%	2%	3%	4%	5%		
Cons (Kg)	0,117	0,120	0,117	0,115	0,116	0,114	L	2,74
Post %	92,803	94,283	93,364	94,531	92,364	92,733	NS	2,16
CA/mass	2,045	1,998	2,012	1,948	1,978	1,959	Q	2,74
CA/dz	1,524	1,511	1,509	1,463	1,527	1,515	NS	3,34
Viab (%)	100	100	100	100	100	100	NS	-

L = Efeito de regressão linear; NS = não significativo; Q = Efeito de regressão quadrática; CV = coeficiente de variação.

A porcentagem de postura não foi influenciada pela inclusão nem pelo nível de caulim testados. Esses resultados contrastaram com o encontrado por Kim et al. (2011) que utilizando níveis menores de caulim na ração de poedeiras com 58 semanas de idade (0 à 0,6 % do aditivo), observaram aumento de produção de ovos com o nível de 0,2 %.

A conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos e viabilidade da criação também não foram afetadas ($p>0,05$) pelo caulim, não havendo óbito no presente estudo. Herzig et al. (2008), incluindo 1% de uma zeólita natural encontraram melhor taxa de postura e melhor conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos.

Uma melhoria na conversão alimentar por massa com efeito quadrático ($p<0,05$) também foi observada, desdobrando a equação, pode-se estimar o nível ótimo de inclusão de caulim de 4,378% na ração para obtenção de uma melhor conversão alimentar (figura 07).

Esse resultado, está condicionado à propriedade das argilas de melhorarem a saúde intestinal, e dessa forma, proporcionarem melhor integridade do epitélio, assim como ocorreu com as vilosidades do jejuno no intestino das galinhas no presente estudo (tabela 03).

O consumo de ração foi reduzindo linearmente ($p < 0,05$) com a inclusão dos níveis de caulim na ração (figura 6). Kim et al. (2011), utilizando teores de caulim bem inferiores (0,2 % de inclusão na ração) aos utilizados no presente estudo, também observaram redução do consumo de ração com efeito quadrático em poedeiras na conversão alimentar. Owen et al. (2012), trabalhando com frango de corte, incluindo de 0 à 4 % de caulim nas rações, encontraram melhor conversão alimentar para aves que consumiram 1% e 4% da argila em comparação com o controle (sem caulim) e aves que consumiram rações contendo 3% de inclusão, também observando maior consumo de ração dos frangos que não receberam caulim na dieta, em comparação com os demais, independente do nível da argila recebido. Lemos et al. (2015) também observaram redução do consumo e melhoria na conversão alimentar em frangos de corte alimentados com caulim, nos níveis de 0,75 e 1,5% de inclusão em comparação com a dieta controle (sem inclusão da argila).

Kermanshahi et al. (2011) e Kaya et al. (2013) estudando fornecimento de zeólitas na ração de poedeiras não observaram diferença significativa para produção de ovos, consumo de ração e eficiência alimentar. Durak et al. (2017) incluindo até 5% de zeólita nas rações de codornas japonesas na fase de recria (até 42 dias de idade), não constataram que a administração do aditivo afetou o ganho de peso vivo, o consumo de ração e a conversão alimentar nesta fase. Justino et al. (2019), estudando codornas com inclusão de até 4,5% de caulim nas rações do final do ciclo produtivo, também não verificaram melhoria na produção de ovos e viabilidade, no entanto o caulim melhorou o consumo de ração e a conversão alimentar por massa de ovos, com os níveis ótimos de inclusão de 3,68% e 3,30% respectivamente.

Conforme reportado por Owen et al. (2012), o uso das argilas em nutrição animal apresenta diferentes resultados sobre o desempenho, sendo que esses resultados podem ser afetados pelo tipo e composição da argila, tamanho da partícula, e suas características físico-químicas e estruturais.

Segundo Goddeeris (2002) o trato gastrointestinal já necessita naturalmente de um grande aporte de nutrientes para sua manutenção e renovação de células (cerca 23% a 36% do total de energia e 23% a 38% de toda a proteína em frangos de corte). Ocorrendo um processo infeccioso, microrganismos patogênicos degradam a mucosa, aumentando ainda mais a quantidade de nutrientes gastos para seu reparo, além disso, um epitélio lesado reduz a eficácia da absorção. Obled et al. (2002) apontam que nutrientes (principalmente os aminoácidos: treonina, triptofano e glutamina) são desviados de processos fisiológicos importantes para atuarem na síntese de mecanismos de defesa, deixando de serem utilizados para formação de produtos (carne e ovos).

A exigência nutricional da ave, bem como o consumo de ração pela mesma é definida pela quantidade de nutrientes que a galinha necessita para manutenção (atividade metabólicas basais) e produção. Nesse contexto, a atuação do caulim é destacada, quando se considera os vários fatores que afetam o requerimento da ave por nutrientes, entre eles a saúde intestinal. Quanto maior a manutenção da saúde intestinal, menor será a exigência nutricional dessa ave, portanto, um menor aporte de nutrientes reflete em um menor consumo, concomitantemente na presença do caulim, os nutrientes presentes na dieta serão melhores aproveitados, seja pelas maiores taxas absorptivas em função da maior integridade dos vilos, ou pela propriedade dessa argila aumentar a atividade enzimática da secreção gastrintestinal (OUHIDA et al., 2000; ALZUETA et al., 2002), aumentando a digestão do substrato. Com o avançar da idade, as poedeiras apresentam menor taxa de absorção de alguns nutrientes (KESHAVARZ & NAKAJIMA, 1993), devido principalmente à menor secreção enzimática e menor velocidade

de reposição das células da mucosa do intestino, logo, de sua superfície absorptiva, com isso, passam a exigir uma dieta de melhor qualidade em termos de digestão, com nutrientes mais fáceis de ser absorvidos ou alimentos mais facilmente degradados (SAUCEDA, 2017).

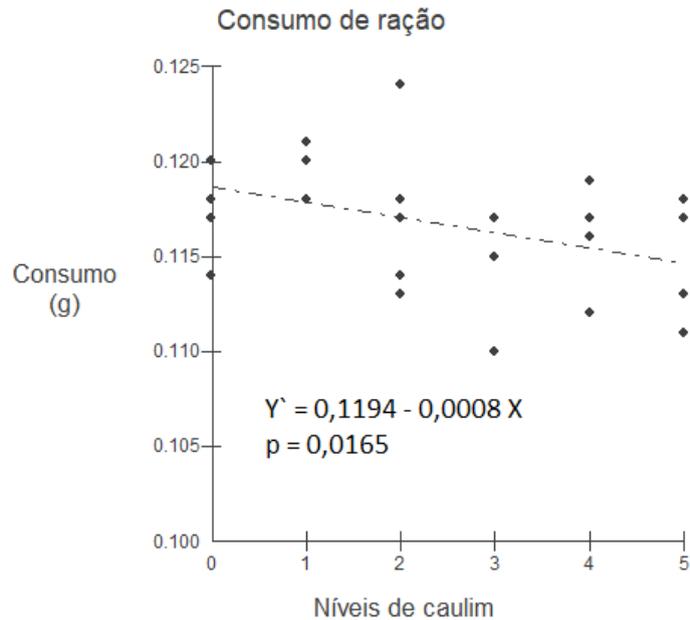


Figura 6. Efeito da regressão do consumo de ração com diferentes níveis de caulim

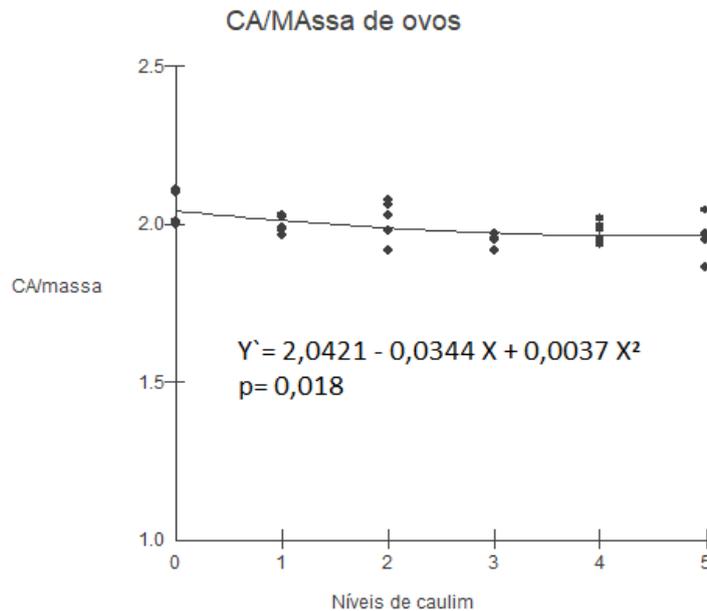


Figura 7. Efeito da regressão da conversão alimentar por massa de ovos com diferentes níveis de caulim

4.3 Análise Financeira

A tabela 05 é referente aos valores do Preço por quilograma de ração (\$/Kg ração), preço da ração consumida por dia (\$/ração cons/dia), custo da ração por dúzias de ovos

produzidos (\$ ração/dz), eficiência econômica (E.E.), rentabilidade (Rent) e custo benefício (C/B) de galinhas poedeiras semipesadas de 65 à 85 semanas de idade, alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.

Tabela 5. Análise financeira da utilização de caulim na ração de galinhas poedeiras semipesadas.

	0% de caulim	1% de caulim	2% de caulim	3% de caulim	4% de caulim	5% de caulim	Regressão	CV
\$/Kg ração	0,269	0,272	0,275	0,279	0,282	0,286	-	-
\$/ração cons/dia	0,031	0,033	0,032	0,032	0,033	0,033	NS	2,64
\$ ração/dz	0,407	0,409	0,413	0,406	0,429	0,431	L	3,85
E.E.	0,032	0,032	0,032	0,033	0,031	0,031	NS	4,34
Rent	0,019	0,018	0,018	0,019	0,017	0,017	L	8,48
C/B	1,562	1,531	1,534	1,565	1,493	1,505	L	2,82

L = Efeito de regressão linear; NS = não significativo; CV = coeficiente de variação.

Na Tabela 05, observamos que não ocorreu diferença significativa ($P>0,05$) para preço da ração consumida por dia (\$/ração cons/dia) e eficiência econômica (E.E.) para produção de ovos quando adicionados até 5 % de caulim na ração. No entanto, o custo da ração por dúzias de ovos produzidos (\$ ração/dz), a rentabilidade (Rent) e custo benefício (C/B) da atividade foram piorando à medida que se elevou a inclusão de caulim nas rações, ($p<0,05$), se comportando de forma linear, conforme mostram as figuras 08, 09 e 10.

Owen et al. (2014) fornecendo caulim para frangos de corte, com níveis de inclusão de até 3% obtiveram menor consumo de ração e conversão alimentar, esse fato possibilitou menor custo por quilo de peso, ganho de peso e melhor relação de custo benefício para os frangos que consumiram o maior nível de caulim. Os autores verificaram que a inclusão de caulim, permitiu a redução de 2,04; 0,99 e 1,50% do custo da ração, no custo total da atividade de produção, respectivamente para os níveis de inclusão de 1, 2 e 3% de caulim, em comparação com aves que não receberam a argila, podendo concluir que a adição dessa argila se traduziu em benefícios econômicos, contrastando com o presente estudo. Safaei et al. (2014) estudaram a viabilidade econômica da inclusão de caulim, bentonita e zeólita nas rações de frangos de corte em níveis de inclusão de 1,5 e 3% e constataram que após 42 dias de produção, foi menor o valor gasto com ração, para frangos que consumiram rações contendo o menor nível (1,5%) de bentonita e rações com ausência de qualquer uma dessas argilas. Já o custo por kilo de carne de frango produzida, a eficiência econômica e o custo/benefício foi pior com a inclusão do maior nível (3%) de bentonita, sendo observado os melhores valores em frangos que receberam 3% de caulim.

De forma oposta aos estudos supracitados, no presente experimento a inclusão de caulim não demonstrou ser uma alternativa econômica para a produção de ovos de galinhas semipesadas nas condições estudadas. Explica-se essa ocorrência pelo fato de que, apesar da inclusão do aditivo ter reduzido de forma linear o consumo de ração das aves, o mesmo não promoveu melhoria da taxa de postura, tão pouco, na conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos (tabela 04). Portanto, aves que receberam diferentes níveis de caulim na ração

demonstraram a mesma produção, no entanto, conforme se observa na tabela 07, o preço das rações aumenta com a elevação dos níveis de caulim, visto que essa argila, não contribui com nutrientes nas rações. Dessa forma, para a manutenção das rações isoproteicas e isoenergéticas de forma a permitir o mesmo aporte de nutrientes para todas as aves (sem favorecimento de nenhum tratamento) ocorreu a necessidade de uma maior inclusão de ingredientes de alto valor econômico (DL-metionina, óleo e farelo de soja), tornando-as mais concentradas, impactando de forma negativa o custo final da ração. O mesmo fato, foi observado por Owen et al. (2014) e Safaei et al. (2014), no entanto, nessas pesquisas, a conversão alimentar da ave foi proporcionalmente superior com o fornecimento de rações com mais alto valor econômico, tornando lucrativa a inclusão da argila.

A viabilidade econômica do uso de um aditivo depende de vários fatores, e não só do seu impacto no desempenho. Os estudos anteriormente citados, foram realizados com uma atividade avícola (produção de frangos) diferente do presente estudo (produção de ovos), assim como ocorreram em localidades e tempos diferentes, todos esses fatos contribuem para diferentes resultados dos custos produtivos. Portanto, do ponto de vista econômico a adoção da estratégia de incluir caulim nas rações, é sazonal, dependente da localidade e preços dos insumos e de comercialização ovo.

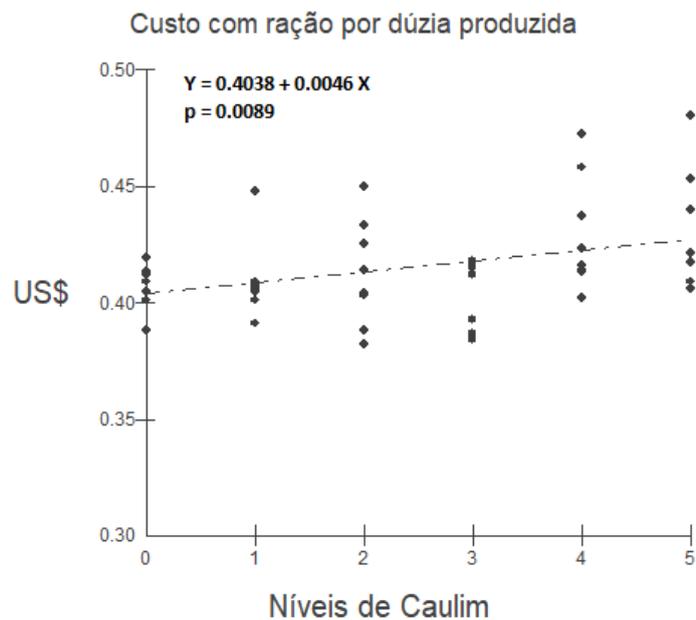


Figura 8. Efeito da regressão sobre o custo com ração por dúzia produzida com diferentes níveis de caulim

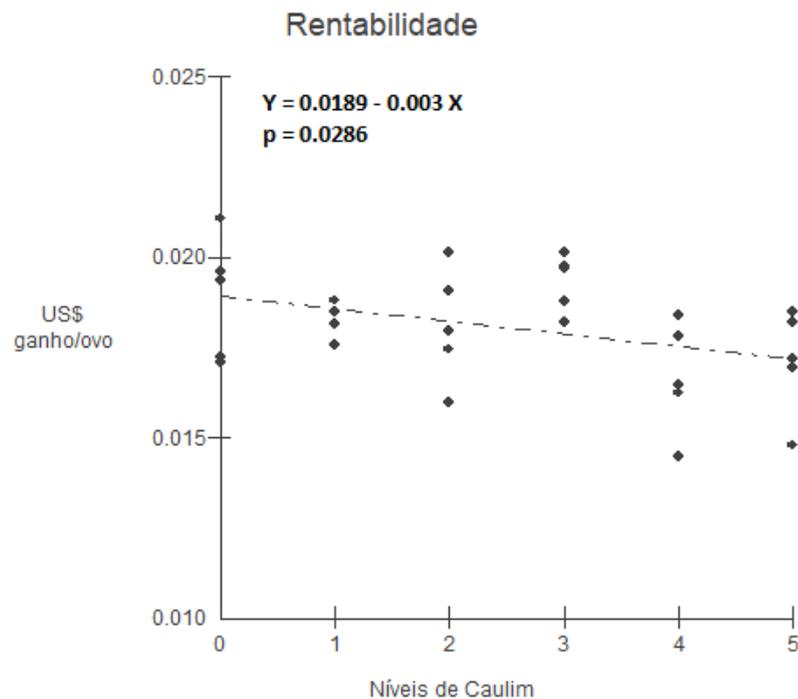


Figura 9. Efeito da regressão sobre a rentabilidade com diferentes níveis de caulim

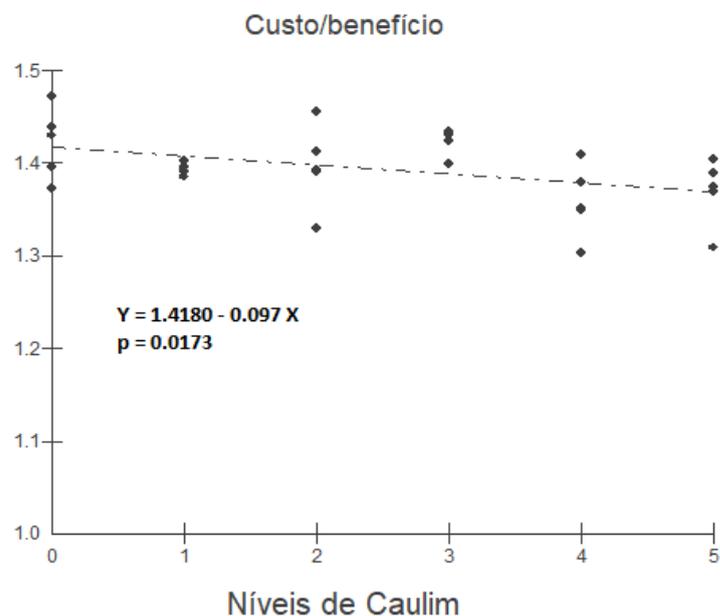


Figura 10. Efeito da regressão sobre o custo/benefício com diferentes níveis de caulim com diferentes níveis de caulim

4.4 Qualidade dos Ovos

A Tabela 6 é referente aos valores de Peso dos ovos (em gramas), índice de gema (IG), cor da gema (Cor), unidade Haugh (UH), porcentagem de gema (% Gema), porcentagem de albúmen (% Alb), porcentagem de casca (% casca), espessura de casca em milímetros (Esp), pH do albúmen (pH alb), pH da gema (pH gema) de galinhas poedeiras semipesadas de 65 à

85 semanas de idade, alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.

Tabela 6. Qualidade dos ovos de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.

	Níveis de caulim						Regressão	CV
	0%	1%	2%	3%	4%	5%		
Peso (g)	61,90	63,49	62,69	62,43	63,91	63,24	NS	2,33
IG	0,43	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43	NS	2,14
Cor	7,88	7,87	7,77	7,79	7,83	7,75	NS	8,58
UH	97,84	96,98	97,89	98,65	95,91	96,10	NS	3,21
% Gema	26,18	26,49	26,49	26,03	26,09	26,09	NS	2,93
% Alb	64,39	63,79	63,75	64,22	64,28	64,12	NS	0,92
% casca	9,43	9,59	9,53	9,65	9,53	9,56	NS	3,02
Esp.	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	NS	3,55
pH alb	8,10	7,94	7,92	7,95	8,01	8,07	NS	3,84
pH gema	6,23	6,07	6,15	6,07	6,11	6,08	NS	4,04

NS = não significativo. CV = coeficiente de variação.

A Tabela 7 contém a Gravidade específica (GE) dos ovos e resistência à quebra (RQ), em Kgf de galinhas poedeiras semipesadas de 65 à 85 semanas de idade, alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.

Tabela 7. Gravidade específica e força de cisalhamento da casca, dos ovos de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.

	Níveis de caulim						Regressão	CV
	0%	1%	2%	3%	4%	5%		
<i>79 semanas de idade</i>								
GE	1,090	1,092	1,092	1,090	1,092	1,093	NS	4,90
RQ	4,079	4,253	4,321	4,152	4,143	4,321	NS	18,11
<i>85 semanas de idade</i>								
GE	1,084	1,083	1,086	1,087	1,086	1,087	NS	6,10
RQ	3,965	3,902	4,066	4,255	3,832	4,106	NS	19,54

NS = não significativo. CV = coeficiente de variação.

Os níveis de caulim testados não influenciaram de forma significativa ($p>0,05$) os

parâmetros de qualidade interna (tabela 6) e externa (tabela 6 e 7) dos ovos. O peso dos ovos ficou próximo a faixa de peso esperada de acordo com o Guia de Manejo da linhagem (ISA, 2016), sendo classificados pela legislação como Tipo 1, ou “Extra” (BRASIL, 1965). A ausência de diferença significativa ($p>0,05$) para alguns parâmetros de qualidade interna tais como o índice de gema e o pH da gema e do albúmen, se explica pelo fato de estarem associados com a mensuração de perda de qualidade durante o armazenamento dos ovos, pois a medida que aumenta o tempo de prateleira, os ovos perdem água e gás carbônico, processo que gera alcalose do albúmen e da gema, este por sua vez acelera ainda mais esta perda de água e CO_2 (HEATH, 1977; SOLOMON, 1997), promovendo maior liquefação do albúmen, que perde água para a gema, a qual altera sua forma redonda, para uma mais ovóide e achatada, o que ocasiona redução proporcional do valor de índice de gema.

A porcentagem de peso dos componentes dos ovos (gema, albúmen e casca), sofre influência direta da idade da ave, sendo sua modificação por estratégias nutricionais mais difíceis, pois à medida que a galinha envelhece, aumenta a incidência da atresia folicular e redução no recrutamento dos folículos sendo que estes maturam mais lentamente e ovulam com maior tamanho, quando comparado com aves jovens (RUTZ et al., 2007), consequentemente ocorre também aumento do tamanho da gema nesses ovos.

A casca dos ovos tem sua espessura reduzida ao longo da vida produtiva da ave, devido menor absorção e retenção de cálcio pela poedeira (KESHAVARZ e NAKAJIMA, 1993; ROBERTS, 2010), além do maior tamanho dos ovos que provoca uma maior superfície de deposição cálcica com praticamente a mesma massa de casca (CARVALHO et al., 2007). Em virtude desses transtornos, a utilização do caulim foi testada no presente estudo, em aves de idade mais avançada e assim, esperava-se que essa argila pelas propriedades anteriormente relatadas, exercesse algum efeito no aumento da absorção do cálcio intestinal, refletindo em melhoria na espessura da casca, no entanto este fato não foi observado ($p>0,05$). Segundo Nys (1999), os zeólitos sintéticos com alta capacidade de troca de cátions melhoram ligeiramente a qualidade da casca do ovo, pois criam um complexo com cálcio, fato não foi observado no presente experimento, apesar da espessura da casca ter se mantido em alto padrão para a idade da ave.

A unidade Haugh foi superior a normalmente encontrada para poedeiras nesta idade (ISA, 2016), variando de 80 a 83 sendo classificados com o máximo grau de qualidade (padrão AA), ou seja, com valor acima de 72 (USDA, 2006). Alterações nesses valores, estão mais correlacionadas ao armazenamento dos ovos, sofrendo influência da nutrição apenas em casos específicos.

A cor da gema está relacionada com pigmentos sintéticos e naturais (TERČIČ et al., 2012) incluídos na formulação da ração. A exigência nutricional utilizada para formulação das rações experimentais foi a mesma, contendo quantidade semelhantes dos pigmentantes naturais contidos nos ingredientes, portanto esse parâmetro não foi afetado ($p>0,05$). Esses resultados discordam dos encontrados por Kermanshahi et al. (2011), que utilizando zeólitas (0; 1,5 e 3% de inclusão na ração), verificaram que o consumo de 3% do aluminossilicato, em poedeiras leves, proporcionou a formação de gemas com tonalidade mais clara (mudou de amarelo mais denso para amarelo mais claro) do que as formadas pelas aves do controle e atribuíram este fato, a propriedade de adsorção da argila ao pigmento vermelho da gema, impossibilitando a absorção deste pigmento pelo intestino.

Gilani et al. (2013) também verificaram redução da pigmentação da gema quando incluíram bentonitas ao nível de até 2% na ração de poedeiras leves com 51 semanas de idade.

Kim et al. (2011), estudando a inclusão de caulim em rações de poedeiras semipesadas de 30 à 58 semanas de idade, também não encontraram diferenças significativas para força, peso e espessura da casca, peso dos ovos, cor, altura e peso da gema, e altura do albúmen e unidade Haugh, semelhante ao presente estudo. Gilani et al., (2013), fornecendo bentonita na

ração, também não observaram diferenças no peso do ovo, gravidade específica, espessura e porcentagem de casca.

Fendri et al.(2012) concluíram que o fornecimento de zeólitas para poedeiras com 60 semanas de idade, melhora o peso da gema, albúmen e total do ovo, não observando melhoria no peso da casca, no entanto, aves que consumiram o aluminossilicato produziram ovos com casca com maior resistência à quebra da casca, contrastando com o presente estudo. Berto et al. (2013) também avaliando poedeiras semipesadas em final de postura (67-83 semanas de idade), constataram menor porcentagem de albúmen e consequente maior porcentagem de gema com a inclusão de 0,15% de clinoptilolita na dieta. Em contrapartida, a relação albúmen/gema foi oposta em ovos produzidos por aves que não receberam a zeólita na dieta, não havendo diferença significativa para UH, porcentagem e espessura de casca, assim como para gravidade específica e resistência à quebra.

Prasai et al., (2017) também não encontraram diferenças significativas para peso e espessura da casca, unidades Haugh e resistência à quebra da casca quando suplementaram rações de galinhas com zeólitas e bentonitas, apesar de que a inclusão das mesmas, promoveu aumento dos ovos, quando fornecidas até o nível de 4%. Assim como Justino et al. (2019) que não observaram em ovos de codornas produzidos no final do ciclo produtivo, diferença significativa na unidade Haugh, índice de gema, porcentagem dos componentes dos ovos, pigmentação da gema e espessura da casca, incluindo até 4,5% de caulim nas rações, no entanto o peso do ovo foi melhorado.

4.5 Peso Absoluto e Relativo dos Órgãos do Trato Gastrointestinal

A Tabela 8 é referente aos valores de peso de proventrículo e moela (P+M), em gramas, peso relativo de proventrículo e moela (% P+M), peso do intestino delgado (ID), em gramas, peso relativo do intestino delgado (% ID), peso do intestino grosso (IG), peso relativo do intestino grosso (% IG) de galinhas poedeiras semipesadas de 85 semanas de idade, alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.

Tabela 8. Peso dos órgãos em gramas do trato gastrointestinal de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.

	Níveis de caulim						Regressão	CV
	0%	1%	2%	3%	4%	5%		
P+M	34,11	32,80	32,26	34,90	31,34	35,54	NS	12,28
% P+M	1,83	1,76	1,71	1,89	1,78	1,80	NS	9,95
ID	62,84	61,13	64,78	60,44	56,26	69,00	NS	19,32
% ID	3,37	3,28	3,39	3,28	3,20	3,46	NS	14,09
IG	14,89	15,25	16,54	15,86	14,01	14,83	NS	18,15
% IG	0,80	0,82	0,88	0,86	0,80	0,76	NS	20,00

NS = não significativo. CV = coeficiente de variação.

A inclusão de até 5% de caulim nas rações não afetou significativamente ($p>0,05$) o

peso absoluto e relativo dos órgãos do trato (tabela 08).

Contrapondo a esse estudo, Oko et al. (2011) incluindo 1, 2 e 3% de caulim em dietas de frangos de corte verificaram maior peso de proventrículo e da moela com 2% de inclusão. O peso do intestino delgado foi maior nos três seguimentos com diferentes níveis de inclusão, sendo maior o duodeno de frangos que não receberam o aditivo, já a inclusão de 2% do caulim, promoveu maior peso do jejuno e íleo, e os cecos foram mais pesados em rações contendo 2 ou 3%. Owen et al. (2012) encontraram moelas mais pesadas em frangos que não consumiram caulim, em comparação com outros recebendo até 3% da argila. Um efeito linear na inclusão de bentonita sobre o tamanho da moela, foi observado por Yalçın et al. (2017), quando a medida em que se aumentava a concentração de bentonita até 2%, houve redução do tamanho desse órgão. Os autores justificaram esse fato pelo menor consumo de ração pelas aves que consumiram a argila, apesar do presente experimento as aves também terem reduzido o consumo, não houve redução do peso dos órgãos.

4.6 Digestibilidade Aparente da Matéria Seca, Matéria Mineral e Níveis de Cálcio e Fósforo das Excretas

A Tabela 9 é referente aos valores de umidade, digestibilidade aparente da matéria seca (Dig_{ap}), matéria mineral excretada (MM), coeficiente de retenção de matéria mineral (MM ret), porcentagem de fósforo nas excretas (% P nas excretas) porcentagem de cálcio nas excretas (% Ca nas excretas) de galinhas poedeiras semipesadas de 85 semanas de idade, alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.

Tabela 9. Umidade, digestibilidade aparente da matéria seca, matéria mineral, coeficiente de retenção de matéria mineral e níveis de cálcio e fósforo das excretas de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.

	0% de caulim	1% de caulim	2% de caulim	3% de caulim	4% de caulim	5% de caulim	Regressão	CV
Umidade (%)	79,15	79,38	76,45	75,10	74,99	73,87	L	3,17
Dig_{ap} (%)	77,13	78,39	77,60	73,73	74,21	73,30	L	3,72
MM (g)	0,093	0,079	0,109	0,111	0,120	0,138	L	21,94
MM ret (%)	21,97	50,21	39,93	44,42	33,896	41,02	Q	30,91
% P nas excretas	1,6813	1,9711	1,5778	1,4900	1,4275	1,3671	NS	14,88
% Ca nas excretas	1,9155	2,3030	2,3219	3,2891	1,8088	2,5106	NS	31,85

L = Efeito de regressão linear; L = Efeito de regressão quadrática; NS = não significativo; CV = coeficiente de variação.

A umidade das excretas se comportou de forma linear ($p < 0,05$) à inclusão de caulim na ração, de modo que a medida que se aumentou o nível de caulim, ocorreu menor umidade das excretas (figura 11). Esse fato se deve às argilas possuírem a capacidade de expansão de suas camadas, assim como, pela presença de cátions na estrutura das mesmas, fazendo com que absorvam grandes quantidades de água, resultando na formação de excretas mais

consistentes (SUBRAMANIAM e KIM, 2015). Além da propriedade de formação de coloide, as argilas podem promover ação antidiarreica melhorando a qualidade das excretas, através de sua propriedade de adsorver bactérias e toxinas, que causam lesões e conseqüentemente maior fluidez no conteúdo intestinal (PAPAIOANNOU et al., 2005; TRCKOVA et al., 2009). Outra forma de atuação das argilas evitando formação de excretas mais aquosas, ocorre através da adsorção de glicose da digesta quando a mesma está presente em grandes concentrações no lúmen intestinal, pois a glicose quando não é absorvida pela mucosa do intestino, age como um fator irritante, aumentando a pressão osmótica e provocando quadros de diarreia (RODRIGUEZ-FUENTES et al., 1997).

Vários autores já demonstraram essa propriedade das argilas atuando nas excretas de frangos (VALLADARES et al., 2014; LEMOS et al., 2015; YALÇIN et al., 2017, SCHNEIDER et al., 2017a), poedeiras (PRASAI et al., 2017), cães (MAIA et al., 2010), além de suínos (SCHNEIDER et al., 2017b) e ruminantes (DELBECQUE, 1995).

Safeikatouli et al. (2010) avaliando frangos que consumiram dietas contendo três argilas diferentes (caulim, bentonita e zeólita), em duas concentrações (1,5 e 3%), concluíram que o consumo de rações contendo 1,5% de caulim e 3% de bentonita ou zeólita, provocaram menor teor de umidade na cama, ao final do período produtivo de seis semanas. Resultados contrários, foram achados por Yalçin et al. (2017), que fornecendo três níveis de sepiolita (0,1 e 2%) na ração de frangos de corte não encontram diferenças significativas na umidade de cama, assim como Justino et al. (2019) trabalhando com codornas com níveis de inclusão de até 4,5% de caulim.

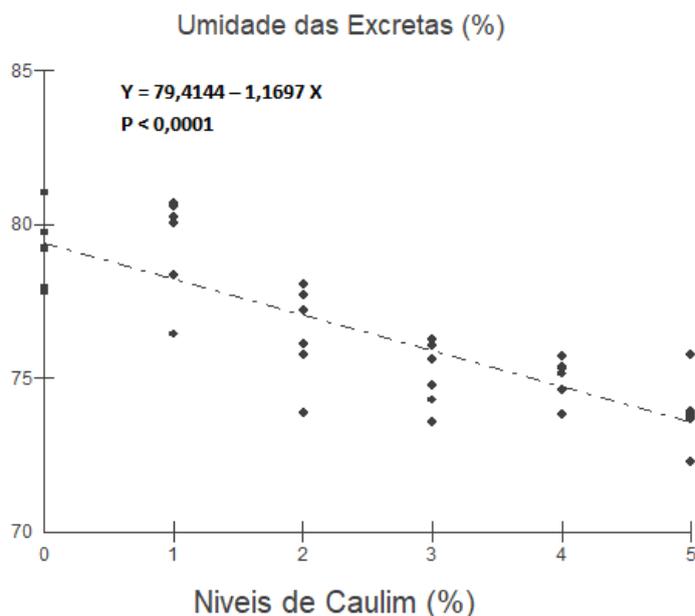


Figura 11. Efeito da regressão sobre a umidade das excretas com diferentes níveis de caulim

A digestibilidade aparente da matéria seca (figura 12) foi reduzida de forma linear com a inclusão de níveis crescentes de caulim ($p < 0,05$). Esse resultado surpreendeu, pois não era esperado, visto que houve melhoria na altura das vilosidades intestinais do íleo das aves, com o aumento do nível de caulim (tabela 3). Então, considerando-se a alta correlação entre tamanho do vilo e absorção de nutrientes postulado por Macari et al. 2002, conjecturava-se uma melhoria nesse parâmetro. No entanto, de acordo com Subramaniam e Kim (2015) as argilas exercem a propriedade de formarem coloides com a água, o que torna a digesta mais

viscosa dificultando atuação das enzimas digestivas, o que pode provocar redução na digestibilidade.

Esses resultados corroboram com os encontrados com Poulsen e Oksbjerg (1995) que também relataram efeitos negativos sobre a digestibilidade da matéria seca a adição de 3% de clinoptilolita na fase de crescimento. Yaçın et al. (2017) constataram que houve maior digestibilidade pré-cecal da matéria seca em frangos de corte alimentados com rações contendo 1% de sepiolita, não havendo diferença significativa entre aves que receberam 2% e que não receberam a argila.

Wang et al. (2012) utilizando suínos desafiados com zearalenona, observaram que com a inclusão de 2% da argila (montmorillonita) ocorreu melhoria na digestibilidade da dieta controle (sem a toxina). Porém, não houve redução dos efeitos deletérios que a micotoxina causou sobre a digestibilidade dos nutrientes. Resultados opostos aos do presente estudo foram encontrados por Gonzales et al. (1996), que obtiveram aumento da digestibilidade aparente da ração de 82% para 88%, acrescentando 5% de zeólitas em dietas destinadas a frangos. Safaeikatouli et al. (2012) avaliando a digestibilidade de frangos de corte incluindo caulim, bentonita e zeólita em rações, nos níveis de 0, 1,5 e 3%, verificaram maior digestibilidade pré-cecal em rações contendo caulim ou zeólitas, ambos ao nível de 3%.

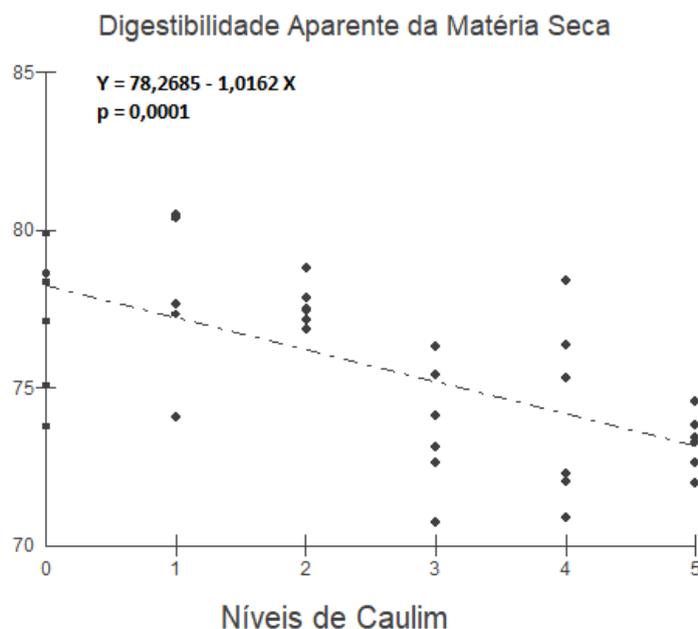


Figura 12. Efeito da regressão sobre a digestibilidade aparente da matéria seca da ração com diferentes níveis de caulim

A excreção de matéria mineral, também se comportou de forma linear, visto que, à medida que foram incluídos maiores níveis de caulim nas rações, a excreção de minerais também aumentou. A argila utilizada no presente experimento continha em sua composição 93,63 % de matéria mineral, o que explica esse comportamento linear (figura 13), visto que uma maior quantidade de matéria mineral estaria contida nas rações das aves que receberam as maiores doses de caulim, no entanto essa por estar complexada na argila não seria digerida e absorvida, sendo excretada. Incluindo uma argila comercial Ferreira et al. (2005) também encontraram maior excreção de matéria mineral em frangos, justificando esse fato pela quantidade de minerais presentes no silicato de alumínio.

O coeficiente de retenção de matéria mineral se comportou de maneira quadrática (figura 14), aumentando até o nível de inclusão de 2,88 % de caulim e reduzindo

posteriormente com a inclusão de níveis maiores. Conforme descrito por Subramaniam e Kim, (2015), a presença de argilas no trato gastrointestinal promove maior ativação de enzimas pancreáticas que por sua vez, poderiam clivar em maior quantidade os minerais presentes nos ingredientes da ração aumentado assim, a absorção e retenção dos mesmos. Além disso, a melhoria na qualidade intestinal das galinhas, promovida pela argila e observada no presente estudo (tabela 03), associada com a manutenção da integridade da mucosa, comprovada pela maior altura de vilosidade, possivelmente, gerou ampliação da superfície intestinal para absorção dos minerais, até um determinado nível de inclusão. Com a elevação dos níveis, pode ter ocorrido um aumento da viscosidade da digesta, limitando o aumento da retenção de minerais, conforme o que foi observado por Subramaniam e Kim (2015). Essa ocorrência pode ter um maior efeito no final do ciclo produtivo, quando as poedeiras estão mais velhas e tendem a desenvolver problemas ósseos, e ou aumentar a produção de ovos com baixa espessura de casca, em decorrência de uma significativa redução da capacidade de absorção de minerais (BUDGELL e SILVERSIDES, 2004). Safaeikatouli et al. (2012) não encontraram diferenças significativas para excreção de minerais utilizando até 3% de caulim em rações de frangos de corte em comparação ao controle. Li e Kim (2013) relataram que a suplementação dietética com 0,5 e 1,0% da argila sericita aumentou a digestibilidade da matéria seca em 3,9 e 7,5% em suínos.

A concentração de fósforo e cálcio excretado pelas galinhas, não foram alterados pela inclusão de caulim nas rações ($p > 0,05$). Os aluminossilicatos, permitem trocas catiônicas com os substratos podendo se ligar aos íons de cálcio e fósforo da digesta formando sais insolúveis (SCHNEIDER et al., 2017) e reduzindo a sua absorção. O processo de adsorção, está fortemente relacionado à distribuição de carga, dimensões dos poros e área de superfície acessível do adsorvente, bem como à polaridade, solubilidade estrutural e características físico-químicas (HUWIG et al., 2001; FASSANI e BRITO, 2004; TRCKOVA et al., 2004), portanto, dependendo da sua mineralogia ou granulometria, as argilas funcionam de forma diferente, podendo atuar de forma benéfica (ajudando na absorção do mineral) ou maléfica (se complexando com o mesmo e tornando-o indisponível). A possibilidade da argila se ligar com minerais disponibilizando-os não foi confirmada por Khanedar et al. (2012), utilizando bentonitas. Safaeikatouli et al. (2012), utilizando caulim, em rações de frangos de corte e Durak et al. (2017), incluindo zeólitas para codornas japonesas, não encontraram alterações na concentração de Ca e P no sangue dessas aves, independente do nível de argila na ração.

Li e Kim (2013) relataram que a suplementação dietética da argila sericita aumentou a retenção do cálcio e do fósforo em 5,0 e 19,1%, respectivamente, quando suínos foram alimentados com dietas contendo 0,5 ou 1,0% dessa argila. Também com suínos, Chen et al. (2005) relataram que a retenção do cálcio foi elevada pela adição de 0,5% de uma argila comercial na dieta, enquanto a matéria seca e a retenção do fósforo não foram afetados. Fornecendo zeólitas à frangos de corte, Bintaş et al. (2014) observaram maior excreção de cinzas e cálcio, não sendo significativo para o fósforo.

Resultados opostos ao presente estudo, foram encontrados por Macháček et al. (2010), os mesmos constataram redução na retenção de matéria mineral, Ca e P, em poedeiras alimentadas com a inclusão de 2% de zeólita, entretanto com o aumento da incorporação da argila na ração para 4%, a retenção desses minerais foi aumentada.

Yaşın et al. (2017) incluindo 0%, 1% e 2% de sepiolita na ração de frangos de corte, também não observaram maior digestibilidade de cálcio e fósforo, não havendo diferenças significativas também para os mesmos minerais no sangue.

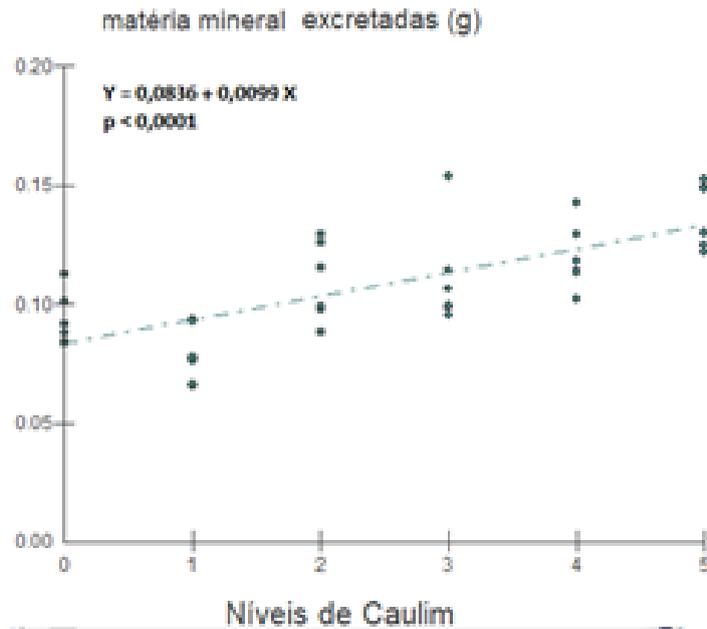


Figura 13. Efeito da regressão sobre a excreção de matéria mineral com diferentes níveis de caulim

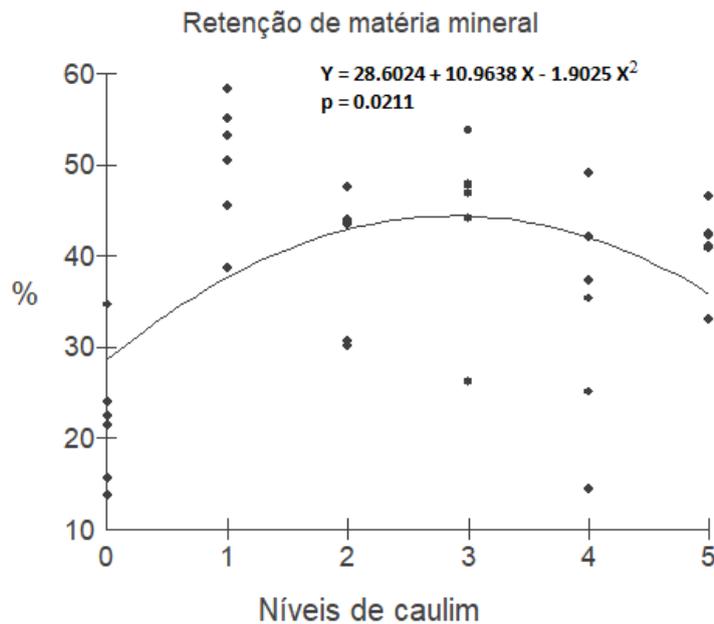


Figura 14. Efeito da regressão sobre a retenção de matéria mineral com diferentes níveis de caulim

4.7 Qualidade Óssea

A Tabela 10 se refere aos valores de índice de Seedor, resistência à quebra do osso (RQ), em Kgf, porcentagem de matéria seca (%MS), porcentagem de matéria mineral na matéria natural (%MM na MN), porcentagem de matéria mineral na matéria seca (%MM na MS), de tíbias de galinhas poedeiras semipesadas de 85 semanas de idade, alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração.

Tabela 10. Qualidade óssea de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes níveis de caulim na ração

	0% de caulim	1% de caulim	2% de caulim	3% de caulim	4% de caulim	5% de caulim	Regressão	CV
Índice de Seedor	80,16	86,09	88,46	86,95	87,67	92,56	L	8,66
RQ	13,372	13,716	13,553	15,494	13,263	13,945	NS	17,94
%MS	86,23	83,34	82,39	80,01	83,80	81,54	NS	5,63
%MM na MN	39,06	38,06	41,77	38,26	39,49	38,48	NS	8,84
%MM na MS	45,36	45,65	51,01	47,86	47,03	47,28	NS	8,61

L = Efeito de regressão linear; NS = não significativo; CV = coeficiente de variação.

A resistência à quebra assim como a porcentagem de matéria seca e concentrações de matéria mineral na matéria seca e na matéria natural das tíbias das poedeiras não foram afetadas ($p>0,05$) com a inclusão de níveis crescentes de caulim na ração (tabela 10). A rigidez do tecido ósseo é resultante da deposição de cálcio e fósforo, na forma de hidroxiapatita, durante o processo de mineralização óssea. Nos ossos, estão presentes cerca de 99% do cálcio (OLGUN e AYGUN, 2016) e 80% do fósforo (DE GROOTE e HUYGHEBARET, 1997) e o aumento da mineralização óssea está associado a um aumento da força da mesma (SHIM et al., 2012). Rowland et al. (1967) examinaram a relação entre a resistência à quebra óssea e o conteúdo dietético de cálcio e fósforo e encontraram um coeficiente de correlação de 0,98 entre a cinza tibial média e a força média de ruptura óssea, levando os autores a concluir que a resistência óssea era tão boa quanto a cinza tibial para avaliação de qualidade óssea. No presente experimento, a inclusão de caulim não propiciou redução da excreção de cálcio e fósforo da dieta, no entanto, possibilitou maior retenção de minerais até um determinado nível de inclusão (tabela 09), sem contudo, promover reflexo na concentração de matéria mineral dos ossos (tabela 10), nem na qualidade da casca dos ovos (tabelas 06 e 07), que é diretamente afetada pela mobilização óssea de cálcio particularmente durante a noite, quando as galinhas não ingerem alimentos (Kim et al., 2012) e é o período mais ativo de formação da casca.

Corroborando com o presente estudo, Herzig et al. (2008), utilizando poedeiras, Eleroğlu et al. (2011) e Khanedar et al. (2012), utilizando frangos de corte, não observaram diferenças significativas sobre a quantidade de matéria mineral na tíbia quando adicionaram argilas nas rações, e também, Eleroğlu et al. (2011), não constataram diferenças nas características morfométricas das tíbias com 3 e 6 semanas de idade. Berto et al. (2013) utilizando poedeiras semipesadas de 67 semanas de idade, não encontraram efeitos significativos para resistência à quebra e porcentagem de cinzas quando adicionaram até 0,5% de zeólitas nas rações. Safaeikatouli et al. (2012), incluindo 1,5 ou 3% de diferentes argilas (caulim, bentonitas ou zeólitas), observaram maior resistência à quebra quando adicionados 3% de caulim na ração de frangos em comparação ao controle, também observando, que a inclusão de caulim (independente do nível utilizado) não propiciou maior índice de Seedor, ambos os fatos contrapõem o presente experimento, no entanto esses autores, não detectaram diferença significativa para porcentagem de cinzas, assim como ocorreu no atual estudo. Yaçin et al. (2017) suplementando frangos de corte com 0 à 2% de sepiolita, não encontram efeitos

significativos para características morfométricas das tíbias (comprimento e espessura), assim como para resistência à quebra e os teores de matéria mineral.

O índice de Seedor foi influenciado de modo linear ($p < 0,05$), onde se observou melhoria na qualidade óssea através da mensuração por esse parâmetro, à medida que se incluía maiores concentrações de caulim nas rações (figura 15). O índice de Seedor, correlaciona o tamanho e o peso do osso e indica a densidade óssea, ou seja, quanto maior o seu valor mais denso é o mesmo. Segundo Olgun e Aygun (2016) aditivos que beneficiem a saúde intestinal, como é o caso do caulim, quando incluídos na ração de galinhas poedeiras podem promover maior absorção de nutrientes e tendo com consequência a melhoria da qualidade óssea, principalmente em galinhas mais velhas, que são aves que tem menores taxas de digestão e absorção de nutrientes. No presente estudo a concentração de cálcio e de fósforo (que são os principais minerais componentes dos ossos) nas excretas, não foi alterada, pela elevação dos níveis de caulim, indicando que a absorção desses elementos se manteve em concentrações adequadas para a manutenção da qualidade óssea. No entanto, considerando o aumento do tamanho da vilosidade intestinal (Tabela 03), pode ter ocorrido maior retenção de minerais (Tabela 09) pelas aves sendo essa retenção representada por alguns microminerais como zinco, manganês, boro e Cu que são importantes na formação óssea (OLGUN e AYGUN, 2016), resultando em maior crescimento e massa das tíbias.

Papaioannou et al. (2005), concluíram que a inclusão de argilas pode melhorar a resistência à quebra da tíbia e a concentração de matéria mineral na mesma, no entanto esse fato é dependente da quantidade de inclusão do cálcio dietético. Bintaş et al. (2014) obtiveram melhor peso relativo da tíbia em frangos, quando adicionada zeólitas em dietas deficientes em cálcio, e a inclusão da argila aumentou também a quantidade de cinzas na tíbia independente do nível de cálcio da ração, entretanto quando fornecida uma ração com níveis ideais de cálcio, acrescidos de zeólitas os piores valores foram observados para o peso do osso. Não houve diferenças entre o comprimento desses ossos e a força de cisalhamento.

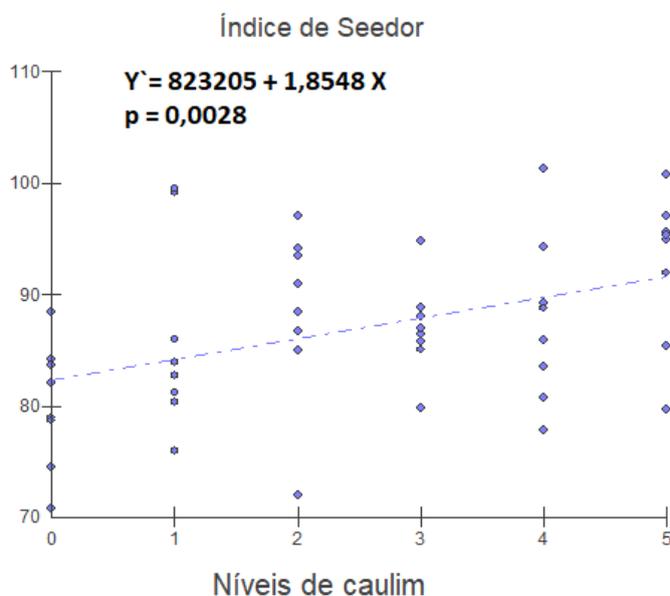


Figura 15. Efeito da regressão sobre o índice de Seedor com diferentes níveis de caulim

5 CONCLUSÕES

A inclusão de caulim até o nível de 5% nas rações de galinhas poedeiras semipesadas no final do ciclo produtivo melhorou a morfometria intestinal, a qualidade das excretas por meio da redução de sua umidade, e a qualidade óssea, no entanto impactou negativamente os ganhos econômicos nas condições de preço praticadas na região, pois o mesmo não promoveu melhoria proporcional no desempenho da ave em comparação com o aumento do custo da dieta. Porém, considerando a fase de vida produtiva da ave em que o estudo foi realizado, a argila testada como aditivo, mostrou-se benéfica, pois manteve os índices produtivos, e a qualidade dos ovos apesar da redução no consumo, além de promover melhoria da conversão alimentar por massa de ovos, resultados esses, que enfatizaram a capacidade do caulim em minimizar o desgaste fisiológico suportado pelas aves na fase final da produção, decorrentes do prolongamento da intensidade e persistência da postura, características marcantes impregnadas pelo melhoramento genético na poedeira atual.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

- ABPA. **Relatório Anual 2018**. p.167, 2018
- AHA. American Humane Association Farm Animal Program. **Animal Welfare Standards for Broiler Chickens**. Washington, 2012, p. 136.
- AJUWON, K. M. Toward a better understanding of mechanisms of probiotics and prebiotics action in poultry species. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 25, n. 2, p. 277-283, 2015.
- ALLEONI, A.C.C.; ANTUNES, A.J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. **Scientia agrícola**, 2001
- ALMEIDA PAZ, I.C.L.; MENDES, A.A.; BALOG, A.; KOMIYAMA, C.M.; TAKAHASHI, S.E.; ALMEIDA, I.C.L.; CARDOSO, K.F.G. Efeito do cálcio na qualidade óssea e de ovos de poedeiras. **Archivos de zootecnia**, v. 58, n. 222, p. 173-183, 2009.
- ALMEIDA, Dayane Santos de. **Qualidade físico-química de ovos comerciais submetidos a diferentes métodos de tratamento de casca e condições de estocagem**. 2013. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Lages, 2013.
- ALZUETA, C.; ORTIZ, L.T.; REBOLE, A.; RODRÍGUEZ, M.L.; CENTENO, C.; TREVIÑO, J. Effects of removal of mucilage and enzyme or sepiolite supplement on the nutrient digestibility and metabolizable energy of a diet containing linseed in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 97, n. 3-4, p. 169-181, 2002.
- AMON, M.; DOBEIC, M.; SNEATH, R.W.; PHILLIPS, V.R.; MISSELBROOK, T. H.; PAIN, B.F.A farm-scale study on the use of clinoptilolite zeolite and De-Odorase for reducing odour and ammonia emissions from broiler houses. **Bioresources Technology**, v.61, p.229-237, 1997.
- ANGULO, E.; BRUFAU, J.; ESTEVE-GARCIA, E. Effect of sepiolite on pellet durability in feeds differing in fat and fibre content. **Animal Feed Science and Technology**, v. 53, n. 3-4, p. 233-241, 1995.
- AOAC (1990): Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, USA.
- BAR, A.; HURWITZ, S. Relationships between cholecalciferol metabolism and growth in chicks as modified by age, breed and diet. **The Journal of Nutrition**, v. 111, n. 3, p. 399–404, Mar. 1981.
- BATINA, P.N.; LOPES, S.T.A.; SANTURIO, J.M.; SOUZA, C.; MARTINS, D.B. Efeitos da adição de montmorilonita sódica na dieta sobre o perfil bioquímico de frangos de corte intoxicados com aflatoxina. **Ciência Rural**, v.35, p.826-831, 2005.
- BEDERSKA-ŁOJEWSKA, D.; PIESZKA, M.; SZCZUREK, P. Gastroprotective effect of feed additives containing kaolin clay in piglets. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. suppl_3, p. 369-372, 2016.
- BERNARDI, A. D. C., MONTE, M., PAIVA, P., Werneck, C. G., Haim, P. G., Polidoro, J. C., & SOUZA-BARROS, F. D. (2010, March). Potencial de uso de zeólitas na agropecuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO ROCHAGEM, 2009, Brasília. Anais... Brasília: Petrobras: Embrapa: MCT: MME, 2009.

BERTO, D.A.; GARCIA, E.A.; PELÍCIA, K.; VERCESE, F.; MOLINO, A.D.B.; DA SILVEIRA, A.F.; MURAKAMI, E.S.F. Effects of dietary clinoptilolite and calcium levels on the performance and egg quality of commercial layers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 15, n. 3, p. 263-268, 2013.

BHATTI, S.A.; KHAN, M.Z.; HASSAN, Z.U.; SALEEMI, M.K.; SAQIB, M.; KHATOON, A.; AKHTER, M. Comparative efficacy of Bentonite clay, activated charcoal and *Trichosporon mycotoxinivorans* in regulating the feed-to-tissue transfer of mycotoxins. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 3, p. 884-890, 2018.

BINTAŞ, E.; BOZKURT, M.; KÜÇÜKYILMAZ, K.; KONAK, R.; ÇINAR, M.; AKŞIT, H.; ÇATLI, A. U. Efficacy of supplemental natural zeolite in broiler chickens subjected to dietary calcium deficiency. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, n. 2, p. 3141, 2014.

BIOMIN, 2015. Site: www.biomin.net/en/biomin-mycotoxin-survey-2014. Acesso em 21/04/2015.

BOK, J.W.; KELLER, N.P.; LAE, A.A regulator of secondary metabolism in *Aspergillus* spp. **Eukaryotic Cell**, v.3, p.527-535, 2004.

BRASIL. Decreto n.56.585, de 20 de julho de 1965. **Dispõe sobre especificações para a classificação e fiscalização do ovo.**

BRUNO, L.G.D. Desenvolvimento ósseo em frangos de corte: Influência da restrição alimentar e da temperatura ambiente. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de Paulista. UNESP. Jaboticabal. 72 p. 2002.

BUDGELL, K. L.; SILVERSIDES, F. G. Bone breakage in three strains of end-of-lay hens. **Canadian journal of animal science**, v. 84, n. 4, p. 745-747, 2004.

BÜNZEN, S.; HAEZE, D. Controle de micotoxinas na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.3, n.1, p.299-304, 2006.

BUTOLO J.E. Qualidade de Ingredientes na Alimentação Animal. **CBNA**, Campinas 2002,430p.

ÇABUK, M.; ALCICEK, A.; BOZKURT, M.; AKKAN, S. M. Effect of *Yucca schidigera* and natural zeolite on broiler performance. **International Journal Poultry Science**, v. 3, n. 10, p. 651-654, 2004.

CARD, L.E.; NESHEIM, M.C. **Poultry production**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1966. 399 p.

CARVALHO, F.B.D.; STRINGHINI, J.H.; JARDIM FILHO, R.D.M.; LEANDRO, N.S.M.; CAFÉ, M.B.; DEUS, H.A.S.B.D. Qualidade interna e da casca para ovos de poedeiras comerciais de diferentes linhagens e idade. **Revista Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 1, p. 25-29, jan./mar. 2007.

CASTAING J. Uso de lãs Arcillas en Alimentación Animal. XIV Curso de Especialiación. Avances Nutrición y Alimentación Animal. FEDNA. 1998. p. 141-158.

CASTRO, Elton Anderson Santos de. Estudo teórico da adsorção em aluminossilicatos. 2009. Tese (Doutorado). Instituto de Química, Universidade de Brasília. UNB. Brasília. 128p. 2009.

CHARLES, O. W.; WILDEY, H. E. Effect of substituting various levels of kaolin for protein on layer performance. In: **POULTRY SCIENCE**. 1111 N DUNLAP AVE, SAVOY, IL 61874-9604 USA: POULTRY SCIENCE ASSOC INC, 1975. p. 1745-1745.

CHEN Y.J.; KWON O.S.; MIN B.; SON K.S.; CHO J.H.; HONG J.W.; KIM, I.H. The effects

of dietary Biotite V supplementation as an alternative substance to antibiotics in growing pigs. *Asian-Aust J Anim Sci.* 2005; 18:1642–5.

CHENG, H.; LEBLOND, C.P. Origin, differentiation and renewal of the four main epithelial cell types in the mouse small intestine I. Columnar cell. **Developmental Dynamics**, v. 141, n. 4, p. 461-479, 1974.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. São Paulo: Sindirações/Anfal. Campinas CBNA/SDR/MA. 2017. 371p.

CONCEA, Diretrizes da Prática de Eutanásia do Concea. Brasília/DF,2013. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – CONCEA, 54 pp.

DAY, E.J.; BUSHONG JR, R.D.; DILWORTH, B.C. Silicates in broiler diets. **Poultry Science**, v. 49, n. 1, p. 198-202, 1970.

DE BIASI, A.; CIOTTA, D.; DA MOTTA, M.E.V.; CAMARGO, M.E.; DORION, E. Análise do custo de produção de ovos e a oscilação no preço de venda: uma visão gerencial. **PUBVET**, v. 5, p. Art. 1093-1099, 2011.

DE GROOTE, G.; HUYGHEBAERT, G. The bio-availability of phosphorus from feed phosphates for broilers as influenced by bio-assay method, dietary Ca-level and feed form. **Animal Feed Science and Technology**, v. 69, n. 4, p. 329-340, 1997.

DELBECQUE, G. Les argiles en la alimentation animale. In: *Annales du Symposium Alimentation Animale et Santé Publique*, 1, Alfort, 1995.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A. de; VALADARES FILHO, S. de C.; QUEIROZ, A.C. de; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E. de O.S.; CABRAL, L. da S.; PINA, D. dos S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. (Ed.). Métodos para análise de alimentos. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p

DIBNER, J.J.; RICHARDS, D. Antibiotic Growth Promoters in Agriculture: History and Mode of Action. **Poultry Science**, v. 84, p. 634-643, 2005.

DURAK, M.H.; BAYRIL, T.; ŞİMŞEK, A.; ALAK, İ.; GÖKALP, E.; GÜRGÖZE, S. Diyetisel Zeolitin, Japon Bildirincılarında Besi Performansı ve Bazı Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkisi. **Harran Üniv Vet Fak Derg**, v. 6, n. 1, p. 1-5, 2017.

ELEROĞLU, H.; YALÇIN, H.; YILDIRIM, A.. Dietary effects of Ca-zeolite supplementation on some blood and tibial bone characteristics of broilers. **South African Journal of Animal Science**, v. 41, n. 4, p. 319-330, 2011.

EVANS, M.; FERRELL, D.J. Are there economic benefits to adding zeolites to poultry diets? **Recent Advances In Animal Nutrition In Australia**.p.303-316, 1993.

FAITARONE, A.B.G.; GARCIA, E.A.; ARTONI, S.M.B.; SGAVIOLI, S.; SILVA, M.D.P.; GONÇALVES, H.C.; PELÍCIA, K. Qualidade óssea de poedeiras comerciais leves alimentadas com rações suplementadas com diferentes óleos vegetais. **Veterinária e Zootecnia**, p. 356-365, 2012.

FARÍ, T.; RUIZ-SALVADOR, A.R.; RIVERA, A. Interaction studies between drugs and a purified natural clinoptilolite. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 61, n. 1, p. 117-125, 2003.

FASSANI, E.J.; BRITO, J.A.G. **UTILIZAÇÃO DE ARGILAS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL**. 2004. Disponível em:

http://www.caodobrasil.com.br/?pg=dicas_e_artigos&codigo=2 . Acesso em 21/04/2015.

FENDRI, I.; KHANNOUS, L.; MALLEK, Z.; TRAORE, A. I.; GHARSALLAH, N.; GDOURA, R. Influence of Zeolite on fatty acid composition and egg quality in Tunisian Laying Hens. **Lipids in health and disease**, v. 11, n. 1, p. 71, 2012

FERREIRA, A.C.K.; ALFARO, D.M.; SILVA, L.C.C.; ROMANI, F.; LOURENÇO, M.C.; VARGAS, F.; SANTIN, E. O uso de aluminossilicato (SilvetÒ) como adjuvante na melhora do aspecto das fezes e desempenho das aves. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.1, p.117-122, 2005.

FIORAMONTI, J.; DROY-LEFAIX, M.T.; BUENO, L. Changes in gastro-intestinal motility induced by cholera toxin and experimental osmotic diarrhoea in dogs: effects of treatment with na argillaceous compound. **Journal of Gastroenterology and Hepathology**, v.36, p.230-237, 1987.

FRANCISCATO, C.; LOPES, S.T.A.; SANTURIO, J.M.; WOLKMER, P.; MACIEL, R.M.; PAULA, M.T.; GARMATZ, B.C.; COSTA, M.M. Concentrações séricas de minerais e funções hepática e renal de frangos intoxicados com aflatoxina e tratados com montmorilonita sódica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1573-1577, 2006.

FRANCO, J.R.G.; SAKAMOTO, M.I. **Qualidade dos ovos: uma visão geral dos fatores que a influenciam**, 2007. Revista AveWorld. Disponível em:<http://www.aveworld.com.br/index.php?documento=102>. Consulta feita em: 12/05/07.

FURLAN, R.L.; MACARI, M.; LUQUETTI, B.C. Como avaliar os efeitos do uso de prebióticos, probióticos e flora de exclusão competitiva. **Simpósio técnico de incubação, matrizes de corte e nutrição**, v. 5, p. 6-28, 2004.

GARCIA, R.G.; PAZ, I.C.L.A.; CALDARA, F.R. **Papel da cama na produção e bem estar de frangos de corte**. 2010. Avisite Disponível em: <http://www.avisite.com.br/cet/trabalhos.php?codigo=210>. Acesso em 03 de setembro de 2017.

GEZEN S.S.; BALC F.; EREN M.; ORHAN F. The effect of clinoptilolite supplementation to laying hen diets on egg performance and quality. **Veteriner Fakultesi Dergisi**, Uludag Universitesi, Turkey, 23, 1–8, 2004.

GILANI, A.; KERMANSHAHI, H.; GOLIAN, A.; TAHMASBI, A.M. Impact of sodium bentonite addition to the diets containing cottonseed meal on productive traits of HY-line W-36 hens. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 23, 2013.

GILANI, A.; KERMANSHAHI, H.; GOLIAN, A.; SEIFI, S. Appraisal of the impact of aluminosilicate use on the health and performance of poultry. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 40, n. 3, p. 255-262, 2016.

GILARDI, J.D.; DUFFEY, S.S.; MUNN, C.A.; TELL, L.A.; JAMES, D. Biochemical functions of geophagy in parrots: detoxification of dietary toxins and cytoprotective effects. **Journal of Chemical Ecology**, v. 25, n. 4, p. 897-922, 1999.

GODDEERIS, B. M.; BOERSMA, W. J. A.; COX, E.; VAN DER STEDO; KOENEN, M. E. VANCAENEGHEM, S.; MAST J.; VAN D. Nutrition and Health of the Gastrointestinal Tract in Poultry. **Wageningen Academic Publishers**, p 97 – 134, 2002.

GONZALES, L.M.; VALDIVIE, M.E.; LONN-WO, E. Sacharine and Zeolite in Broiler Feeding. *Cuba Journal of Agriculture Science*, v.30, p.309-313, 1996.

GORB, L. G.; AKSENENKO, E. V.; ADAMS, J. W.; LARSON, S. L.; WEISS, C. A.; LESZCZYNSKA, D.; LESZCZYNSKI, J. Computational design of clay minerals: hydration

of Mg-exchange cation located in ditrigonal cavity. **Journal of Molecular Structure: THEOCHEM**, v. 425, n. 1-2, p. 129-135, 1998.

HAMILTOM, R.M.G. Methods and factors that affect the measurement off egg shell quality. **Poultry Science**, v.61, p.2002-2039, 1982.

HAUGH, R.R. The Haugh unit for measuring egg quality. **United States Egg Poultry Magazine**, v.43, p.552-555, 1937

HAYDEL, S.E.; REMENIH, C.M.; WILLIAMS, L.B. Broad-spectrum in vitro antibacterial activities of clay minerals against antibiotic-susceptible and antibiotic-resistant bacterial pathogens. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 61, n. 2, p. 353-361, 2007.

HEATH, J.L. Chemical and related osmotic changes in egg albumen during storage. **Poultry Science**, v. 56, n. 3, p. 822-828, 1977.

HERZIG, I.; STRAKOVA, E.; SUCHY, P. Long-term application of clinoptilolite via the feed of layers and its impact on the chemical composition of long bones of pelvic limb (*femur* and *tibiotarsus*) and eggshell. **Veterinarni Medicina**. 53, 550-554, 2008.

HOUSTON, D.C.; GILARDI, J.D.; HALL, A.J. Soil consumption by elephants might help to minimize the toxic effects of plant secondary compounds in forest browse. **Mammal Review**, v. 31, n. 3-4, p. 249-254, 2001.

HUME, M.E. Food safety symposium: potential impact of reduced antibiotic use and the roles of prebiotics, probiotics, and other alternatives in antibiotic-free broiler production. **Poultry Science**, v. 90, n. 11, p. 2663-2669, 2011.

HUWIG, A.; FREIMUND, S.; KAPPELI, O.; DUTLER, H. Mycotoxin detoxication of animal feed by different adsorbents. **Toxicology Letters**, v.122, p.179-188, 2001.

HY-LINE, W. **Commercial Management Guide**. 41, 2016.

IMA. (2004). Disponível em: <www.ima-eu.org>. Acesso em: 09 jun. 2015.

INAL, F.; GULSEN, N.; COSKUN, B.; ARSLAN, C. The effects of bentonite on egg performance of laying hens. **Indian Journal of Animal Sciences**, v. 70, p. 194-196, 2000.

ISA. **Dekalb Brown Commercial Management Guide**. 36, 2016.

JUSTINO, L. R.; CALIXTO, L. F. L.; REIS, T. L.; DE LEMOS, M. J.; DA SILVA SOARES, P. L. Níveis de inclusão de caulim na ração de codornas japonesas no final do ciclo produtivo. **Archives of Veterinary Science**, v. 24, n. 1, 2019.

KAYA, H.; KAYA, A.; GUL, M.; CELEBI, S. The effect of zeolite and organic acid mixture supplementation in the layer diet on performance, egg quality traits and some blood parameters. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 12, n. 6, p. 782-787, 2013.

KERMANSHAHI, H.; JANI, E.H.A.; HASHEMIPOUR, H.; PILEVAR, M. Efficacy of natural zeolite and pigments on yolk color and performance of laying hens. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, p. 3237–3242, 2011.

KESHAVARZ, K.; NAKAJIMA, S. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. **Poultry Science**, v. 72, n. 1, p. 144-153, 1993.

KIM, W. K.; DONALSON, L.M.; HERRERA, P.; WOODWARD, C.L.; KUBENA, L.F.; NISBET, D.J.; RICKE, S.C. Effects of different bone preparation methods (fresh, dry, and fat-free dry) on bone parameters and the correlations between bone breaking strength and the

- other bone parameters. **Poultry science**, v. 83, n. 10, p. 1663-1666, 2004.
- KIM, J.S.; JO, J.K.; YOON, S.Y.; YUN, K.; KWON, I.K.; CHAE, B.J. Effects of Kaolin (Natural Ligneous Clay) Supplementation on Performance and Egg Quality in Laying Hens. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 53, n. 2, p. 133-138, 2011.
- KIM, W.K.; BLOOMFIELD, S.A.; SUGIYAMA, T.; RICKE, S.C. Concepts and methods for understanding bone metabolism in laying hens. **World's Poultry Science Journal**, v. 68, n. 1, p. 71-82, 2012.
- LE GALL-DAVID, S.; MEURIC, V.; BENZONI, G.; VALIÈRE, S.; GUYONVARCH, A.; MINET, J.; BARLOY-HUBLER, F. Effect of Zeolite on Small Intestine Microbiota of Broiler Chickens: A Case Study. **Food and Nutrition Sciences**, v. 8, n. 01, p. 163, 2017.
- LEMOES, M.J.D.; CALIXTO, L.F.L.; ALVES, O.D.S.; SOUZA, D.S.D., MOURA, B.B.; REIS, T. L. Kaolin in the diet and its effects on performance, litter moisture and intestinal morphology of broiler chickens. **Ciência Rural**, v. 45, n. 10, p. 1835-1840, 2015.
- LEMOES, M.J.D.; CALIXTO, L.F.L.; SOUZA, D.; TORRES, K.A.; REIS, T.L.; COELHO, L.; FILHO, C. A. Efeito de diferentes aditivos zootécnicos sobre a qualidade de ovos em duas fases produtivas da codorna. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 3, p. 751-760, 2017.
- LI, J.; KIM, I. H. Effects of dietary supplementation of sericite on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles and fecal microflora shedding in growing pigs. **Animal feed science and technology**, v. 184, n. 1-4, p. 100-104, 2013.
- LIMA, A.M.C.; NÄÄS, I.A.; BARACHO, M.S.; MIRAGLIOTTA, M.Y. Ambiência e bem – estar. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A.; MACARI, M. **Produção de frangos decorte**. Campinas: Facta, 2004, p. 37-44.
- LINDEMANN, M.D.; BLODGETT, D.J.; KORNEGAY, E.T. Potential ameliorators of aflatoxicosis in weanling-growing swine. **Journal of Animal Science**, v.71, p.171-178, 1993.
- LUZ, A. B. Zeólitas: propriedades e usos industriais. Rio de Janeiro: CETEM-CNPq, 1994. 37 p. (CETEM. Série Tecnologia Mineral, 68).
- LUZ, A.B.D. A; LINS, F.A.F. In: LUZ, A.B. DA & LINS, F.A. (Editores). **Rochas e minerais industriais: usos e especificações**. Rio de Janeiro: CETEM/MME, p. 107-126, 2005.
- LY, J.; GRAGEOLA, F.; LEMUS, C.; CASTRO, M. Ileal and rectal digestibility of nutrients in diets based on *Leucaena leucocephala* [Lam.] de Wit) for pigs. Influence of the inclusion of zeolite. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.6, p. 1371–1376, 2007.
- MACARI, M.; MAIORKA, A. Função gastrointestinal e seu impacto no rendimento avícola. In: Conferência Apinco'2000 de Ciência e Tecnologia Avícolas. Anais, Vol.2, Campinas, 2000. p.161-174.
- MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal (SP): FUNEP, UNESP; 2002.
- MACHÁČEK, M.; VEČEREK, V.; MAS, N.; SUCHÝ, P.; STRAKOVÁ, E.; ŠERMAN, V.; HERZIG, I. Effect of the feed additive clinoptilolite (ZeoFeed) on nutrient metabolism and production performance of laying hens. **Acta Veterinaria Brno**, v. 79, n. 9, p. 29-34, 2010.
- MADKOUR, A.A.; MADINA, E.M.; EL-AZOUNI, O.; ABBAS, T. Smectite in acute diarrhea of children: a double-blind placebo-controlled clinical trial. **Journal of Pediatric**

Gastroenterology and Nutrition, v.17, n.2, p.176-181, 1993.

MAGALHÃES, A.P.C. Qualidade de ovos comerciais de acordo com a integridade da casca, tipo de embalagem e tempo de armazenamento. Dissertação de Mestrado em Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007. 43p.

MAIA, G.V.C.; SAAD, F.M.O.B.; ROQUE, N.C.; FRANÇA, J.; LIMA, L.M.S.; AQUINO, A. A. Zeólitas e yucca schidigera em rações para cães: palatabilidade, digestibilidade e redução de odores fecais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2442-2446, 2010.

MAIORKA, A; MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. 2ª ed. Editores: FUNEP/UNESP, 2002. 296p.

MASSEY-HARROCHE, Dominique. Epithelial cell polarity as reflected in enterocytes. **Microscopy research and technique**, v. 49, n. 4, p. 353-362, 2000.

Mercado do Ovo. Preços e alguns informativos. Disponível em: <http://www.mercadodoovo.com.br/precos/1233/>. Acesso em 21/12/2018.

MIZRAK, C.; YENICE, E.; KAHRAMAN, Z.; TUNCA, M.; YILDIRIM, U.; CEYLAN, N. Effects of dietary sepiolite and mannanoligosaccharide supplementation on the performance, egg quality, blood and digestion characteristics of laying hens receiving aflatoxin in their feed. **Ankara Üniv Vet Fak Derg**, v. 61, p. 65-71, 2014.

MORAN Jr., E.T. Digestion and absorption of carbohydrate in fowl and events through prenatal development. **Journal of Nutrition**. 115:665-674, 1985.

MORRISON, K.D.; UNDERWOOD, J.C.; METGE, D.W.; EBERL, D.D.; WILLIAMS, L.B. Mineralogical variables that control the antibacterial effectiveness of a natural clay deposit. **Environmental geochemistry and health**, v. 36, n. 4, p. 613-631, 2014.

MPUCHANE, S.F.; EKOSSE, G.I.E.; GASHE, B.A.; MOROBE, I.; COETZEE, S.H. Mineralogy of Southern Africa medicinal and cosmetic clays and their effects on the growth of selected test microorganisms. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 17, n. 5, p. 547-557, 2008

MULLENS, B.A.; SOTO, D.; MARTIN, C.D.; CALLAHAM, B.L.; GERRY, A.C. Northern fowl mite (*Ornithonyssus sylviarum*) control evaluations using liquid formulations of diatomaceous earth, kaolin, sulfur, azadirachtin, and *Beauveria bassiana* on caged laying hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 1, p. 111-116, 2012.

MUMPTON, F.A. La roca magica: Uses of natural previous zeolites. **Agriculture and industry. Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 96, n. 7, p. 3463- 3470, 1999.

NIEWOLD, T.A. The nonantibiotic anti-inflammatory effect of antimicrobial growth promoters, the real mode of action? A hypothesis. **Poultry science**, v. 86, n. 4, p. 605-609, 2007.

NYS, Y. Nutritional factors affecting eggshell quality. **Czech Journal of Animal Science**, 44, 135–143, 1999.

O'DRISCOLL, M.J. Ukraine's minerals- first steppes in world market. **Industrial minerals**, n. 373, p. 21-23, 1998.

OBLED, C. Aminoacids: Meat, Milk & More. **Canadian Society Animal Science**. p 55 – 63, 2002.

OKO, O.O.K.; ISO, I.E.; UDOH, S.P.; MBRE, J.I. Effect of dietary kaoline supplementation

on the growth performance and serum chemistry of broilers. **Nigerian Journal of Animal Production**, v. 13, p. 96-102, 2011.

OLGUN, O.; AYGUN, A. Nutritional factors affecting the breaking strength of bone in laying hens. **World's Poultry Science Journal**, v. 72, n. 4, p. 821-832, 2016.

OLIVEIRA, P.B. Influência de fatores anti-nutricionais de alguns alimentos sobre o epitélio intestinal e o desempenho de frangos de corte. Dissertação de Mestrado em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1998. 42p.

OLIVEIRA, R.F.M.; ZANUSSO, J.T.; DONZELE, J.L. Níveis de energia metabolizável para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 810-816, 2000.

OLIVEIRA, D. L.; NASCIMENTO, J. W. B.; CAMERINI, N. L.; SILVA, R. C.; FURTADO, D. A.; ARAUJO, T. G. P. Desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras criadas em gaiolas enriquecidas e ambiente controlado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 11, p. 1186-1191, 2014.

OLVER, M.D. Effect of feeding zeolite on the performance of 3 strains of laying hens. **British Poultry Science**, v.38, p.220-222, 1997.

OUHIDA, I.; PEREZ, J.F.; GASA, J. The effects of sepiolite in broiler chicken diets of high, medium and low viscosity: productive performance and nutritive value. **Animal Feed Science and Technology**, v.85, p.183-194, 2000.

OWEN, O.J.; NODU, M.B.; DIKE, U.A.; IDEOZU, H.M. The effects of dietary kaolin (clay) as feed additive on the growth performance of broiler chickens. **Greener Journal of Agricultural Sciences**, v. 2, n. 6, p. 233-236, 2012.

OWEN, O.J.; DIKE, U.A.; NLERUM, F.E. The economic benefit of kaolin supplementation in broiler diets. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v. 14, n. 1, p. 8559-8565, 2014.

PAPAIOANNOU, D.; KATSOULOS, P. D.; PANOUSIS, N.; KARATZIAS, H. The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or the treatment of certain farm animal diseases: A review. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 84, p. 161-170, 2005.

PASHA, T.N.; MAHMOOD, A.; KHATTAK, F.M.; JABBAR, M.A.; KHAN, A.D. The effect of feed supplemented with different sodium bentonite treatments on broiler performance. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 32, n. 4, p. 245-248, 2008.

PEDROSO, A.A.; BATAL, A.B.; LEE, M.D. Effect of in ovo administration of an adult-derived microbiota on establishment of the intestinal microbiome in chickens. **American journal of veterinary research**, v. 77, n. 5, p. 514-526, 2016.

PEDROSO-DE-PAIVA, D. Controle de moscas e cascudinhos: Desafios na produção agrícola. In: Proceedings do Simpósio sobre resíduos da Produção Avícola. 12 Abril. Concórdia, SC., Brasil. pp. 21-26, 2000.

PELICANO, E.R.L.; SOUZA, P.A.; SOUZA, H.B.A.; FIGUEIREDO, D.F.; BOIAGO, M.M.; CARVALHO, S.R.; BORDON, V.F. Intestinal mucosa development in broiler chickens fed natural growth promoters. **Revista Brasileira de Ciencia Avicola**, v. 7, n. 4, p. 221-229, 2005.

PENZ JUNIOR, A.M.; BRUNO, D.G; SILVANA, T.; RENATA F.R. Uso de Aditivos

Antimicrobianos na Alimentação Animal - Controle, Restrição e Tendências. In: AVISULAT. São Bento, RS. 2008.

POULSEN H.D.; OKSBJERG, N. Effects of dietary inclusion of a zeolite (clinoptilolite) on performance and protein metabolism of young growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 53, n. 3-4, p. 297-303, 1995.

PRASAI, T.P.; WALSH, K.B.; MIDMORE, D.J.; BHATTARAI, S.P. Effect of biochar, zeolite and bentonite feed supplements on egg yield and excreta attributes. **Animal Production Science**, v. 58, n. 9, p. 1632-1641, 2017.

RAMOS, A.J.; HERNANDEZ, E.; PLA-DELFINA, J.M.; MERINO, M. Intestinal absorption of zearalenone and in vitro study of non-nutritive sorbent materials. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 128, n. 1-2, p. 129-137, 1996.

REECE, F.N.; LOTT, B.D.; DEATON, J.W. Ammonia in the atmosphere during brooding affects performance of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 59, p. 486, 1980.

RÊGO, I.O.P.; CANÇADO, S.V.; FIGUEIREDO, T.C.; MENEZES, L.D.M.; OLIVEIRA, D.D.; LIMA, A.L.; CALDEIRA, L.G.M.; ESSER, L.R. Influência do período de armazenamento na qualidade do ovo integral pasteurizado refrigerado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n.3, p.735-742. 2012.

REHFELD, J.F. A centenary of gastrointestinal endocrinology. **Hormone and Metabolic Research**, v. 36, n. 11/12, p. 735-741, 2004

ROBERTS, J.R. Factors affecting egg shell and internal egg quality. In: 18th Annual ASAIM SE Asian Feed Technology and Nutrition Workshop, Cambodia, May 24-27, 9 p., 2010.

ROCHA, G.C.; DONZELE, J.L.; DE OLIVEIRA, R.F.M.; DE OLIVEIRA SILVA, F. C.; KIEFER, C.; BRUSTOLINI, P.C.; PEREIRA, L.A. Avaliação dos níveis de zeólita em dietas para suínos em fase de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p. 111-117, 2012.

RODRIGUEZ-FUENTES, G.; BARRIOS, M.A.; IRAIZOZ, A.; PERDOMO, I.; CEDRE, B. Enterex: Anti-diarrheic drug based on purified natural clinoptilolite. **Zeolites**, v. 19, n. 5-6, p. 441-448, 1997.

ROLLS, B.A.; TURVEY, A.; COATES, Marie E. The influence of the gut microflora and of dietary fibre on epithelial cell migration in the chick intestine. **British Journal of Nutrition**, v. 39, n. 1, p. 91-98, 1978.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição dos alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2011. 3ª edição. 252 p.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L. F.T.; HANNAS, M. I.; DONZETE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T. Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição dos alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2017. 4ª edição. 483p.

ROWLAND, L.O.; HARMS, R.H.; WILSON, H.R.; ROSS, I.J.; FRY, J.L. Breaking strength of chick bones as an indication of dietary calcium and phosphorus adequacy. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v. 126, n. 2, p. 399-401, 1967.

- RUTZ, F.; ANCIUTI, M.A.; XAVIER, E.G.; ROLL, V.F.B.; ROSSI, P. Avanços na fisiologia e desempenho reprodutivo de aves domésticas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 31, n. 3, p. 307-317, 2007.
- SAFAEI, M.; BOLDAJI, F.; DASTAR, B.; HASSANI, S. Effect of different levels of kaolin, bentonite and zeolite on broilers performance. **Journal of Biological Sciences**, v. 10, n. 1, p. 58-62, 2010.
- SAFAEI, M.; BOLDAJI, F.; DASTAR, B.; HASSANI, S.; TARAN, M. Economic analysis using silicate minerals in broiler chickens diets. **Animal Biology & Animal Husbandry**, v. 6, n. 2, p. 216-223, 2014.
- SAFAEIKATOULI, M.; JAFARIAHANGARI, Y.; BAHARLOUEI, A. An evaluation on the effects of dietary kaolin and zeolite on broilers blood parameters, T4, TSH and growth hormones. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 10, p. 233-237, 2011.
- SAFAEIKATOULI, M.; BOLDAJI, F.; DASTAR, B.; HASSANI, S. The effect of dietary silicate minerals supplementation on apparent ileal digestibility of energy and protein in broiler chickens. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 14, n. 2, 2012a.
- SAFAEIKATOULI, M.; BOLDAJI, F.; DASTAR, B.; HASSAN, S. Growth response and tibia bone characteristics in broilers fed diets containing kaolin, bentonite and zeolite. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 53, p.53, 2012b.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.
- SALARI, S.; KERMANSHAHI, H.; NASIRI, M.H. Effect of sodium bentonite and comparison of pellet vs mash on performance of broiler chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 1, p. 31-34, 2006.
- SALMON, R.E. Effects of pelleting, added sodium bentonite and fat in a wheat-based diet on performance and carcass characteristics of small white turkeys. **Animal Feed Science and Technology**, v. 12, n. 3, p. 223-232, 1985.
- SANNI, C.O. **Evaluation of techniques for improving phosphorus utilisation in meat poultry**. 2017. Tese de Doutorado. Nottingham Trent University.
- SAVORY C.J. Regulation of food intake by brown Leghorn cockerels in response to dietary dilution with kaolin. **British Poultry Science**, v.25, p.253–258, 1984.
- SCHNEIDER, R.N.; NADVORNY, A.; SCHMIDT, V. Perfil de resistência antimicrobiana de isolados de Escherichia coli obtidos de águas superficiais e subterrâneas, em área de produção de suínos. **Biotemas**, v. 22, n. 3, p. 11-17, 2011.
- SCHNEIDER, A.F.; YURI, F.M.; ALMEIDA, D.S.; ROEDER, J.V.; XAVIER, J.S.; GEWEHR, C.E. Zeólitas naturais na dieta de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 1, p. 191-197, 2017a.
- SCHNEIDER, A. F.; ZIMMERMANN, O. F.; GEWEHR, C. E. Zeolites in poultry and swine production. **Ciência Rural**, v. 47, n. 8, 2017b.
- SCHOLTYSSEK, S. **Productos Avícolas** - Manual de Avicultura moderna –Zaragoza – Espanha, 1970.
- SCHUTTE, J.B.; LANGHOUT, D.J. Effect of EXAL in practical of broiler chick. **TNO Report**, v.93, p.310-369, 1998.
- SEEDOR, J.G. The biophosphanate alendronate (MK-217) inhibit bone loss due to

- ovariectomy in rats. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 4, p. 265- 270, 1995.
- SEPULVEDA, M.J.; ATTFIELD, M.D.; PIACITELLI, L.; TUCKER, J.H. Pneumoconiosis and lung function in a group of kaolin workers. **American Review of Respiratory Disease**, v. 127, n. 2, p. 231-235, 1983.
- SHIM, M.Y.; KARNUAH, A.B.; MITCHELL, A.D.; ANTHONY, N.B.; PESTI, G.M.; AGGREY, S.E. The effects of growth rate on leg morphology and tibia breaking strength, mineral density, mineral content, and bone ash in broilers. **Poultry Science**, v. 91, n. 8, p. 1790-1795, 2012.
- SHIRAZI-BEECHEY, S.P.; MORAN, A.W.; BRAVO, D.; AL-RAMMAHI, M. Nonruminant Nutrition Symposium: intestinal glucose sensing and regulation of glucose absorption: implications for swine nutrition. **Journal of animal science**, v. 89, n. 6, p. 1854-1862, 2011.
- SHRYOCK, T.R.; KLINK, P.R.; READNOUR, R.S. Effect of bentonite incorporated in a feed ration with tilmicosin in the prevention of induced *Mycoplasma gallisepticum* airsacculitis in broiler chickens. **Avian Diseases**, v.38, p.501-505, 1994.
- SIBBALD, I.R.; SLINGER, S.J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with evaluation of fats. **Poultry Science**, v.42, n.1, p.13–25, 1963.
- SILVA Y.L.; RODRIGUES P.B.; FIALHO E.T.; FREITAS R.T.F.; Influência da adição de inertes na ração (caulim e areia) sobre os valores de energia e digestibilidade dos nutrientes com galos adultos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, p.54, 2002.
- SLAMOVA, R.; TRCKOVA, M.; VONDRUSKOVA, H.; ZRALY, Z.; PAVLIK, I. Clay minerals in animal nutrition. **Applied Clay Science**, v. 51, n. 4, p. 395-398, 2011.
- SOLOMON, S.E **Egg and Eggshell quality**. Iowa: Iowa States University Press, 1997, 149 p.
- STRAKOVÁ, E.; SUCHY, P.; HERZIG, I.; SERMAN, V.; MAS, N. The long-term administration of a clinoptilolite-supplemented feed to layers and its effect on performance, haematological parameters and metabolic profile. **Czech Journal of Animal Science**, v.53, p. 212, 2008.
- SUBRAMANIAM, M.D.; KIM, I.H. Clays as dietary supplements for swine: A review. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, n. 1, p. 7, 2015.
- SAUCEDA, D. R. Qualidade de ovos e metabolismo em poedeiras com diferentes idades e fitase na dieta em sistema orgânico. Dissertação de Mestrado em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 117f. 2017.
- ŚWIĄTKIEWICZ, S.; KORELESKI, J.; ARCZEWSKA, A. Laying performance and eggshell quality in laying hens fed diets supplemented with prebiotics and organic acids. **Czech Journal of Animal Science**, v. 55, n. 7, p. 294-304, 2010.
- TAYLOR, D. Mycotoxin Binders: *What they are and how they work*. Proceedings of the 1st Annual OIL-DRAnimal Health Technical Symposium, August 25, Montreal, Canada. 2000.
- TELEB, H. M.; HERGAZY, A. A.; HUSSEIN, Y.A. Efficiency of kaolin and activated charcoal to reduce the toxicity of low level of aflatoxin in broilers. **Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences)**, v. 5, n. 1, p. 1425, 2004.
- TERČIČ, D.; ŽLENDER, B.; HOLCMAN, A. External, internal and sensory qualities of table eggs as influenced by two different production systems. **Агрознање**, v. 13, n. 4, p. 555-562, 2012.

TORRES-CORDIDO, K.A.A.; PIZAURO JR, J.M.; SOARES, C.P.; SILVA, T.G.A.; NOGUEIRA, W.C.L.; CAMPOS, D.M.B.; MACARI, M. Effects of corn replacement by sorghum in broiler diets on performance and intestinal mucosa integrity. **Poultry Science**, v. 92, n. 6, p. 1564-1571, 2013.

TORTUERO, F. Efectos de la inclusion de EXAL en lactoreemplante sobre el crecimiento e indice de conivos en terrenos. **Avances en Alimentación y Mejora Animal**, v.24, p.13-14, 1983.

TRCKOVA, M.; MATLOVA, L.; DVORSKA, L.; PAVLIK, I. Kaolin, bentonite, and zeolites as feed supplements for animals: health advantages and risks. A review. **Veterinarni Medicina**, v.49, p. 389–399, 2004.

TRCKOVA, M.; VONDRUSKOVA, H.; ZRALY, Z.; ALEXA, P.; HAMRIK, J.; KUMMER, V.; PAVLIK, I. The effect of kaolin feeding on efficiency, health status and course of diarrhoeal infections caused by enterotoxigenic *Escherichia coli* strains in weaned piglets. **Veterinarni Medicina**, v. 54, p. 47–63, 2009.

ULLMAN, J.L.; MUKHTAR, S.; LACEY, R.E.; CAREY, J.B. A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: 4. Remedial management practices. **Journal of Applied Poultry Research**, v.13, p.521-531, 2004.

USDA. UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA *Egg grading manual*. Disponível em: [http://www.ams.usda.gov/poultry/pdfs/EggGrading% 20manual.pdf](http://www.ams.usda.gov/poultry/pdfs/EggGrading%20manual.pdf) Acesso em 12 abril 2006.

VALLADARES, M.C. do C.; FILHO, C.A. da S.; LEMOS, M.J.; NAK, S.Y.; DIAS, T.F.V.; ALVES, O.S.; SOUZA, D.S.; CALIXTO, L.F.L. Umidade da cama de frangos de corte produzidos com rações contendo caulim. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia – ZOOTEC. 2014.

VIEIRA, S.L.; POPHAL, S. Nutrição pós-eclosão de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.7, n.3, p.189-199, 2000.

VIOTTI, G.C.D.A. Desenvolvimento e caracterização de argilas organofílicas para uso em alimentação animal como adsorvente inativador de micotoxinas. Tese de Doutorado em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, 216 p. 2006.

VISEK, W. J. The mode of growth promotion by antibiotics. **Journal of Animal Science**, v. 46, n. 5, p. 1447-1469, 1978.

VOGT, H. The effect of bentonite and kieselguhr in laying hen rations. **LANDBAUFORSCHUNG VOLKENRODE**, v. 42, n. 2, p. 89-94, 1992.

VONDRUSKOVA, H.; SLAMOVA, R.; TRCKOVA, M.; ZRALY, Z.; PAVLIK, I. Alternatives to antibiotic growth promoters in prevention of diarrhoea in weaned piglets: a review. **Veterinarni Medicina**, v. 55, n. 5, p. 199-224, 2010.

VOROS, J.; MAHANEY, W.C.; MILNER, M.W.; KRISHNAMANI, R.; AUFREITER, S.; HANCOCK, R. G.V. Geophagy by the bonnet macaques (*Macaca radiata*) of southern India: a preliminary analysis. **Primates**, v. 42, n. 4, p. 327-344, 2001.

WANG, J. P.; CHI, F.; KIM, I. H. Effects of montmorillonite clay on growth performance, nutrient digestibility, vulva size, faecal microflora, and oxidative stress in weaning gilts challenged with zearalenone. **Animal feed science and technology**, v. 178, n. 3-4, p. 158-166, 2012.

WAWRZYNIAK, A.; KAPICA, M.; STĘPIEŃ-PYŚNIAK, D.; SZEWERNIAK, R.;

- OLEJARSKA, A.; JAROSZ, Ł. Effect of Feeding Transcarpathian Zeolite on Gastrointestinal Morphology and Function in Broiler Chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 19, n. 4, p. 737-746, 2017.
- WILLIAMS, L.B.; HILLIER, S.. Kaolins and health: from first grade to first aid. **Elements**, v. 10, n. 3, p. 207-211, 2014.
- WOLTER, R.; DUNOYER, C.; HENRY, N.; SEEGMULLER, S. **Recueil de Médecine Vétérinaire**, v.166, p.21-27, 1990.
- WU, Q.J.; ZHOU, Y.M.; WU, Y.N.; WANG, T. Intestinal development and function of broiler chickens on diets supplemented with clinoptilolite. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 26, n. 7, p. 987, 2013.
- XU, J.; GORDON, J.I. Honor thy symbionts. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 18, p. 10452-10459, 2003.
- YALÇIN, S.; GEBEŞ, E.S.; ŞAHİN, A.; DUYUM, H.M.; ESCRIBANO, F.; CEYLAN, A. Sepiolite as a feed supplement for broilers. **Applied Clay Science**, v. 148, p. 95-102, 2017.
- YOUNG, S. **Craving earth: understanding pica--the urge to eat clay, starch, ice, and chalk**. Columbia University Press, 2011.
- ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. Instituto Adolfo Lutz: Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos. **Núcleo de Informação e Tecnologia, São Paulo**, 2008.
- ZIMMERMANN, O.F. **Zeólitas naturais na alimentação de suínos em crescimento e terminação**. Dissertação de Mestrado em Ciência Animal, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2014. 86.