

Universidade Federal de Minas Gerais

DESEMPENHO ZOOTÉCNICO, QUALIDADE DE OVOS E AVALIAÇÃO ECONÔMICA  
DA INCLUSÃO DO ÁCIDO GUANIDINOACÉTICO EM RAÇÕES DE GALINHAS

POEDEIRAS

Jeniffer Godinho Ferreira Pimenta

Belo Horizonte

2019

Jeniffer Godinho Ferreira Pimenta

**Desempenho zootécnico, qualidade de ovos e avaliação econômica da inclusão do ácido guanidinoacético em rações de galinhas poedeiras**

**Versão Final**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção de não-ruminantes

Prof. Orientador: Dr. Leonardo José Camargos Lara

Belo Horizonte

2019

P644d Pimenta, Jeniffer Godinho Ferreira. 1990-  
Desempenho zootécnico, qualidade de ovos e avaliação econômica da inclusão do ácido guanidinoacético em rações de galinhas poedeiras / Jeniffer Godinho Ferreira Pimenta. 2019. 54f.il.

Orientador: Leonardo José Camargos Lara  
Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais  
Área de concentração: Produção de não-ruminantes  
Inclui bibliografia f. 26-29.

1- Galinhas poedeiras – Teses - 2 - Alimentação e rações - Teses - 3 – Desempenho produtivo- Teses – 4 – Dieta em veterinária – Teses - I – Lara, Leonardo José Camargos – II – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária – III – Título.

CDD – 636.085

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes – CRB2569



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA  
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Desempenho zootécnico, qualidade de ovos e avaliação econômica da  
inclusão do ácido guanidinoacético em rações de galinhas poedeiras**

**Jeniffer Godinho Ferreira Pimenta**

Dissertação de Mestrado, defendida e aprovada, no dia vinte e oito de fevereiro do ano dois mil e dezenove, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos seguintes professores:

**Michele de Oliveira Mendonça**

Instituto Federal de Minas Gerais Campos Rio Pomba

**Silvana de Vasconcelos Caçado**

Universidade Federal de Minas Gerais

**Leonardo José Camargos Lara**

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 28/02/2019

**Dedicatória** a Deus por colocar na minha vida pessoas maravilhosas que acreditam em mim e me apoiam de coração.

## **Agradecimentos**

Aos meus pais Wilson e Dolinha, pelo exemplo de pessoas batalhadoras e fortes que levam tudo com muito amor e dedicação na vida, muito obrigada por tudo, amo vocês!

Ao meu irmão Donta, pelas diversas piadas motivacionais e por ser meu herói.

Ao César, pelo amor, compreensão, paciência e por estar sempre ao meu lado.

À minha querida vó Dirinha, pelas orações e palavras carinhosas.

Ao meu orientador, professor e amigo Leonardo Lara, por sempre acreditar em mim, pelos diversos conselhos, exemplo de valores como pessoa e profissional, disponibilidade e atenção.

Ao querido professor Baião, pelo carinho, conselhos e apoio.

À professora Silvana, pelo carinho, disponibilidade e compreensão.

Ao professor Itallo, pelos momentos de conselho e atenção.

Aos professores Juan Serratos e Alberto Taylor pelo carinho, paciência e dedicação.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Professor Hélio Barbosa: Leia, Carlinhos, Jovino, Rafael, Gilson, Paulinha, Marciano, Bira e principalmente a Querida Fabi por toda dedicação e carinho. Sem vocês não seria possível esse trabalho.

Aos funcionários da Escola de Veterinária da UFMG, principalmente os porteiros, os seguranças, a equipe da limpeza, da lanchonete, ao pessoal do transporte, da FEPE e do marketing por conseguirem muitas vezes resolver problemas com muita dedicação e gentileza.

As minhas amigas de coração: Cah, Puh, Jeh, Fla, Hoti, Cha, Nah, Pi, Shi e Paty.

Ao Hit, por ser meu grande amigo, companheiro e me fazer crescer a cada dia.

Aos meus queridos amigos da coordenação do Geav: Theus, Brunim, Lets, Gaby e Gui.

Ao grupo mais lindo de extensão: Ana, Bel, Dan, Dani, Teus, Sil, Vini juntos somos fortes.

Aos meus amigos da Avicultura: Marcelinha, Feh, Fla, Mari Pompeu, Mari, Diego, Bia, Erica, Ed, Paulinha, Larissa, Anna, Winnie, Renata, Tainá, Luiz Felipe, Thiago, pela ajuda.

A Flor do cenex e a Cassinha do Napq, pelo carinho, vários abraços e sorrisos.

Ao pessoal do ICB, o lab de toxinas animal e o lab de botânica, em especial ao Leandro.

Ao pessoal do México por todo carinho e atenção, especialmente a Taty, las Alfreditas, las chicas, Gemma, Rodolfo, Abel, Claudia, Alejandra e Silvia

Ao Matheus, pela paciência, tempo gasto nas estatísticas, dedicação e amizade.

Ao Anderson, pela amizade e criatividade indescritível.

Aos colegas da empresa Evonik, Pedro, Ney e a todos os envolvidos, pela ajuda com as análises.

A todos aqueles que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo. ”

Martin Luther King

## RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação dietética em rações de galinhas poedeiras com o ácido guanidinoacético (AGA) sobre o desempenho produtivo, a qualidade e fortificação dos ovos e a viabilidade econômica. Um total de 720 poedeiras semi-pesadas Lohmann LB-Lite® com 101 semanas de idade foram distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, composto por cinco tratamentos definidos pelos níveis de AGA da ração com seis repetições de 24 aves por unidade experimental. As rações foram formuladas para conter 0,00, 0,05, 0,10, 0,15 e 0,20% de AGA. O desempenho produtivo (consumo de ração, produção de ovos, peso e massa de ovos, conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos, peso final das aves e viabilidade) foi avaliado por 12 semanas. A qualidade (peso específico, peso e porcentagem dos componentes, resistência e espessura da casca, Unidades *Haugh* e cor da gema) e a fortificação dos ovos (creatina) foi avaliada com quatro e 12 semanas após a inclusão do AGA. Para a viabilidade econômica foram utilizados o custo médio de inclusão por kg de AGA e a quantidade de ração por dúzia de ovos produzidos. Os resultados foram submetidos à análise de variância e foi realizada regressão polinomial dos parâmetros significativos. Durante o período experimental, os tratamentos não influenciaram as variáveis de consumo de ração, produção de ovos, peso médio e massa de ovos, conversão alimentar por massa de ovos e viabilidade. Para o peso final das aves foi observado resposta linear negativa com o aumento dos níveis de AGA e a conversão alimentar por dúzia teve seu valor ótimo determinado pelo modelo de regressão quadrática em 12 ou 0,12% de AGA. Nas análises de qualidade os tratamentos não influenciaram as variáveis da porcentagem dos componentes (gema, casca e albúmen), resistência e espessura da casca e as Unidades *Haugh*. Com quatro semanas de inclusão do AGA, o peso específico dos ovos respondeu linear e positivamente e a cor da gema teve resposta quadrática, com nível ótimo encontrado de 0,12% de AGA. Já na 12ª semana de inclusão do AGA o nível ótimo encontrado para a cor da gema foi de 0,14% de inclusão do AGA. Não houve efeito dos tratamentos na fortificação de creatina nos ovos. Nas análises econômicas observou-se aumento linear do custo da ração juntamente com o aumento crescente de AGA nas rações. Com a inclusão de 0,12% obteve-se o melhor custo de ração por kg de 12 ovos produzidos. Conclui-se que a inclusão de 0,12% AGA em dietas de poedeiras comerciais influenciou parâmetros de desempenho e qualidade dos ovos sem fortificar os níveis de creatina nos ovos.

**Palavras-chave:** ovos enriquecidos, arginina, glicina, creatina e qualidade de ovos

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of dietary supplementation in laying hens' diets with guanidinoacetic acid (AGA) on the productive performance, egg quality and fortification and economic viability. A total of 720 101-week-old Lohmann LB-Lite® semi-heavy layers were distributed in a completely randomized design, comprising five treatments defined by the AGA levels of the feed with six replications of 24 birds per experimental unit. The diets were formulated to contain 0.00, 0.05, 0.10, 0.15 and 0.20% AGA. Productive performance (feed intake, egg production, egg weight and mass, feed conversion per dozen and per egg mass, final weight of birds and viability) was assessed for 12 weeks. The quality (specific weight, weight and percentage of components, resistance and thickness of the shell, Haugh Units and color of the yolk) and the fortification of the eggs (creatine) were evaluated at four and 12 weeks after the inclusion of AGA. For economic viability, the average cost of inclusion per kg of AGA and the amount of feed per dozen eggs produced were used. The results were subjected to analysis of variance and polynomial regression of significant parameters was performed. During the experimental period, treatments did not influence the variables of feed intake, egg production, average weight and egg mass, feed conversion by egg mass and viability. For the final weight of the birds, a negative linear response was observed with the increase in AGA levels and the feed conversion per dozen had its optimal value determined by the quadratic regression model in 12 or 0.12% AGA. In the quality analyzes the treatments did not influence the variables of the percentage of the components (yolk, bark and albumen), resistance and thickness of the bark and the Haugh Units. After four weeks of AGA inclusion, the specific weight of the eggs responded linearly and positively and the color of the yolk had a quadratic response, with an optimum level of 0.12% AGA. In the 12th week of inclusion of AGA, the optimal level found for the color of the gem was 0.14% of inclusion of AGA. There was no effect of treatments on creatine fortification in eggs. In the economic analysis, a linear increase in the cost of the feed was observed together with the increasing increase of AGA in the feed. With the inclusion of 0.12%, the best feed cost per kg of 12 eggs produced was obtained. It is concluded that the inclusion of 0.12% AGA in commercial laying diets influenced parameters of performance and quality of eggs without strengthening the levels of creatine in eggs.

**Key-words:** enriched eggs, arginine, glycine, creatine and egg quality

---

**LISTA DE FIGURAS**

---

**Figura 1:** Síntese endógena da creatina com a suplementação dietética de Ácido guanidinoacético e ou creatina.....21

---

---

## LISTA DE GRÁFICOS

---

<b>Gráfico 1:</b> Conversão alimentar por dúzia de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA da 101 <sup>a</sup> a 113 <sup>a</sup> semanas de idade.....	50
<b>Gráfico 2:</b> Peso médio final de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA da 101 <sup>a</sup> a 113 <sup>a</sup> semanas de idade.....	50
<b>Gráfico 3:</b> Cor da gema dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA na 4 <sup>a</sup> semana de suplementação.....	51
<b>Gráfico 4:</b> Peso específico dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA na 4 <sup>a</sup> de suplementação.....	51
<b>Gráfico 5:</b> Cor da gema dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA na 12 <sup>a</sup> semana de suplementação.....	52
<b>Gráfico 6:</b> Consumo de ração (kg) por AGA analisado nas dietas de poedeiras da 101 <sup>a</sup> a 113 <sup>a</sup> semanas de idade.....	52
<b>Gráfico 7:</b> Custo de ração (kg) por dúzia de ovos produzidos de poedeiras alimentadas com rações contendo diferentes níveis de AGA.....	53

---

---

## LISTA DE TABELAS

---

<b>Tabela 1:</b> Composição e níveis nutricionais das dietas experimentais.....	44
<b>Tabela 2:</b> Desempenho de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA da 101 <sup>a</sup> a 113 <sup>a</sup> semana de idade.....	46
<b>Tabela 3:</b> Qualidade de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA.....	47
<b>Tabela 4:</b> Perfil dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA.....	48
<b>Tabela 5:</b> Análise econômica do valor do kg das rações e da produção de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA.....	49

---

---

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

**AGA:** Ácido guanidinoacético

**AGAT:** Enzima L-arginina: glicina amidinotransferas

**CK:** Creatina quinase

**CR:** Creatina

**CRN:** Creatinina

**GAMT:** Enzima S-adenosil-L-metionina N-guanidinoacetato metiltransferase

**SAM:** S-adenosil-metionina

**PCR:** Fosfocreatina

---

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	08
<b>ABSTRACT</b> .....	09
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	
<b>2.1. Ovo como alimento funcional</b> .....	16
<b>2.2. Ovos fortificados ou “Designer eggs”</b> .....	17
<b>2.3. Creatina</b> .....	20
<b>2.4. Ácido Guanidinoacético (AGA)</b> .....	22
<b>2.5. Suplementação de dietas com creatina ou AGA</b> .....	23
<b>3. OBJETIVOS</b>	
<b>3.1. Objetivos gerais</b> .....	25
<b>3.2. Objetivos específicos</b> .....	25
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	26
<b>5. INCLUSÃO DO ÁCIDO GUANIDINOACÉTICO EM RAÇÕES DE POEDEIRAS</b> .....	30
<b>6. APÊNDICE 1</b> .....	44
<b>7. APÊNDICE 2</b> .....	50

## 1. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira de postura se apresenta em constante crescimento, sendo que a cada ano há aumento da produção e comercialização dos ovos. O melhoramento genético, bem-estar animal, melhorias na ambiência, manejo, nutrição e sanidade, aliados ao desenvolvimento de equipamentos modernos e principalmente a quebra dos mitos que envolvem o consumo de ovos fazem com que este alimento se torne cada vez mais apreciado.

No ano de 2017 a produção de ovos totalizou 39,9 bilhões de unidades, um recorde que colocou o Brasil como sétimo maior produtor mundial de ovos. Em 2018 a produção atingiu 44,5 bilhões, um aumento de 10,34% na produção em relação ao ano de 2017. Deste total produzido, 99,6% foram destinados ao mercado interno e 0,4% dos ovos foram destinados à exportação. Em 2010, o brasileiro consumia 148 ovos por ano, oito anos depois o número saltou para 212, crescimento 30,2%. O consumo per capita ainda é baixo quando comparado a outras nações, porém, é um setor que tem muito espaço para crescer e promover o consumo do produto (ABPA, 2019). Sendo a fortificação dos ovos uma estratégia importante para aumentar este consumo.

O ovo de galinha é considerado um alimento funcional por ser, além de uma importante reserva de proteínas, lipídios, vitaminas e minerais, conter também substâncias promotoras da saúde e preventivas de doenças. Nos últimos anos, o mercado de alimentos funcionais tem sido amplamente explorado pela indústria e comércio.

Segundo Borges (2017), embora com todo o crescimento e evolução do setor avícola, os gastos decorrentes com a produção são expressivos. O valor de venda de produtos de origem animal é susceptível a uma série de fatores de mercado, com destaque para as oscilações de preço dos grãos e cereais ao longo do ano. Dentre eles está o milho e o farelo de soja, que possuem elevada importância pelo amplo uso na fabricação de rações animais (Maier, 2018).

Com vistas a agregar valor ao produto final e em alguns casos a diluição dos custos de produção, o uso de ferramentas de melhoramento genético associado a estratégias de manejo já são utilizadas, outros exemplos, seriam a produção de ovos fortificados para atender a demanda de mercados específicos e o aumento no tempo produtivo das aves na fase de produção devido a maior longevidade desses animais com boa persistência de produção de ovos.

Conforme as aves ficam mais velhas, o peso dos ovos aumenta, porém, a quantidade de casca depositada é a mesma, em consequência, a espessura diminui, tornando os ovos mais frágeis a quebra, assim a casca perde qualidade, essas mudanças são ocasionadas por meio de

alterações fisiológicas durante a formação do ovo (Baião e Cançado, 1997). Entretanto, poedeiras mais velhas devido ao maior intervalo entre as sequências de postura, depositam mais nutrientes na gema. Vilela (2012), ao avaliar a deposição de nutrientes nos ovos de poedeiras em três idades (30, 50 e 70 semanas) observou com o avançar da idade das aves melhores resultados de deposição de proteína e extrato etéreo na gema.

A fortificação de produtos como a carne e os ovos é importante alternativa para a cadeia avícola. Esta possibilidade permite a criação de produtos que representem uma fonte alimentícia alternativa e de finalidades nutricionais específicas, além de agregar valor aos novos produtos. Os aditivos alimentares são substâncias ou microrganismos adicionados intencionalmente, com ou sem valor nutritivo cuja finalidade é alterar as características do produto final e atender a um determinado nicho de mercado (Mazzuco, 2008). Dentre os diferentes nutrientes, destacam-se as vitaminas, os ácidos graxos, minerais e a creatina (Costa et al., 2017).

A creatina é um nutriente natural sintetizado de maneira endógena no fígado, pâncreas e rins, a partir de alguns aminoácidos (glicina, arginina, metionina). Essa substância é encontrada em produtos de origem animal, estocada principalmente nos tecidos musculares. Sendo assim, não é encontrada nos vegetais (Borges, 2017). Humanos com dietas vegetarianas podem apresentar necessidade condicional deste elemento (Araújo et al., 2013), visto que sua presença é fundamental para a bioenergia do metabolismo celular (Ostojic et al., 2016). Os animais alimentados basicamente por rações compostas de ingredientes de origem vegetal, como o farelo de soja e o milho, ou com baixas quantidades de ingredientes de origem animal não têm sua demanda diária de creatina atendida. (Borges, 2017).

Entretanto, a creatina é considerada uma substância quimicamente instável e sua inclusão é dispendiosa, por essa razão é possível utilizar o ácido guanidinoacético (AGA), um aditivo alimentar mais adequado em comparação com a creatina, por ser menos dispendioso e mais quimicamente estável. O AGA é precursor da creatina e um composto poupador de arginina e glicina. Sua inclusão na dieta pode trazer benefícios como, economia de aminoácidos essenciais, deixando que eles sejam utilizados mais eficientemente para a síntese proteica, o que pode diminuir a exigência aminoacídica na elaboração das dietas e assim melhorar o desempenho produtivo (Esser et al., 2017). Além disso, o AGA atua na geração de energia na forma de adenosina trifosfato (ATP) tanto para animais como para os seres humanos (Maier, 2018).

Alterações no perfil nutricional dos ovos de galinhas em função da dieta estão sendo estudadas. Contudo, apesar dos trabalhos de pesquisa avaliarem o efeito de diferentes níveis de suplementação de AGA e creatina na dieta de humanos e animais, nenhum trabalho sobre o

desempenho de aves poedeiras e sua influência na fortificação dos ovos comerciais foi publicado.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Ovo como alimento funcional**

Alimentos funcionais são naturais ou produtos alimentícios elaborados que ofertam propriedades capazes de influenciar positivamente a saúde humana, além dos valores nutricionais normais dentro do modelo dietético diário (Gomez, 2003). Atuando na prevenção e tratamentos de doenças ou na melhora do desempenho físico de atletas.

Nos últimos anos, o mercado de alimentos funcionais tem sido amplamente explorado pela indústria e comércio. Como um grande número de alimentos funcionais tem sido já introduzido no mercado internacional, suas afirmações de serem benéficos para a saúde podem desafiar o limite tradicional entre alimento e medicina (Costa et al., 2017).

O ovo se torna um alimento funcional, porque além de ser importante reserva de proteínas, lipídios, vitaminas e minerais, contém substâncias promotoras da saúde e preventivas de doenças. A casca do ovo é uma estrutura única na natureza, serve como barreira primária às injúrias físicas e invasão de microrganismos. Os demais componentes presentes no ovo, gema e albúmen, seriam uma segunda frente de proteção, devido às muitas substâncias ativas com propriedades nutritivas e atividades biológicas protetoras e promotoras da saúde. Muitas atividades biológicas têm sido associadas aos componentes dos ovos, como atividade antibacteriana, antiviral e modulação do sistema imunitário, o que evidencia o elo dieta-saúde e ressalta assim, a importância do consumo de ovos na prevenção e tratamento de doenças (Mazzuco, 2008).

Quando um produto é produzido naturalmente a partir do componente de um alimento funcional, só que de forma mais concentrada e otimizada é denominado nutracêutico. As proteínas presentes nos ovos são consideradas nutracêuticas. A separação das proteínas presentes nos ovos pode ser usada em alimentos, produtos farmacêuticos como também, depois de modificadas, como enzimas.

A ovotransferrina é usada como transportadora de metais, agente antimicrobiano ou anticancerígeno, enquanto que a lisozima é mais utilizada para conservação dos alimentos. A ovoalbumina é usada como suplemento alimentar e a ovomucina como agente supressor de

tumores. A ovomucoide é a principal proteína que atua como agente alergênico presente no ovo, porém, também é a principal proteína anticancerígena presente no ovo. A separação dos peptídeos bioativos das proteínas dos ovos e sua conversão em enzimas, com atividades inibitórias ao câncer e antioxidantes, são emergentes no mercado e podem apresentar muitas formas de aplicação como agentes farmacêuticos e nutracêuticos (Abeyrathne et al., 2013).

## **2.2. Ovos fortificados ou “Designer eggs”**

O ovo é um alimento completo e equilibrado em nutrientes, também é uma fonte de proteína de baixo valor econômico, podendo contribuir para melhorar a dieta de famílias de baixa renda (Leandro et al., 2005). Por um outro lado, a utilização de estratégias nutricionais com o objetivo de melhorar a composição e qualidade dos produtos de origem animal destinado à alimentação da população, constitui-se em fator importante entre a produção animal, a tecnologia de alimentos e a nutrição humana (Costa et al., 2017).

A manipulação da dieta das aves tem sido uma maneira eficiente de enriquecer os ovos. Essa possibilidade de manipular o conteúdo nutricional de ovos já é conhecida a muito tempo por Cruickshank (1934), que incluiu ácidos graxos da série ômega 3 nos ovos de galinha poedeiras. E assim, esse conceito atende a uma demanda específica de mercado, pois, muitas vezes seu custo de produção é maior e repercute no preço final do produto.

Para Digambar et al. (2018), o conceito de “designer eggs” surgiu com o intuito de desmistificar o conteúdo de colesterol e triglicerídeos da composição dos ovos e, assim, focar nos nutrientes que contribuem para a saúde como ômega 3, antioxidantes, vitaminas e minerais. Dessa maneira, expressam a ideia de ovos nutricionalmente balanceados, com maior valor nutricional com a suplementação, tendo assim possibilidades infinitas para prover mais componentes saudáveis à alimentação.

O consumidor está mais consciente em relação à dieta e saúde, o que tem estimulado pesquisadores e a indústria de alimentos a desenvolverem produtos que possuam um fator adicional na sua composição natural capaz de trazer benefícios à saúde humana. Atenta a essa nova tendência, a indústria avícola vem promovendo a comercialização de ovos enriquecidos ou “designer eggs” que são usados para incorporar a promoção de conceitos saudáveis aos componentes dos ovos, sendo uma forma de levar nutrientes dos produtos animais para humanos de maneira equilibrada. Dentre os diferentes nutrientes que são alvos desse nicho, destacam-se a intervenção na nutrição das aves com suplementação de minerais, ervas, probióticos, ácidos graxos e antioxidantes como um caminho promissor para esse propósito.

Demandas por tais ovos estão sendo esperados nos mercados e apresentam tendência propícia de crescimento futuro (Digambar et al.,2018).

Piber Neto (2006) testou a influência de suplementar com diferentes fontes de ácido graxos poli-insaturados marinhos (óleo de salmão, atum, sardinha e mistura de algas marinhas) em dietas de galinhas poedeiras em comparação ao grupo controle (milho e soja). Não observou diferenças significativas na qualidade interna e externa dos ovos, uma vez que a relação entre os lipídios saturados: monoinsaturados: poli-insaturados da gema (3,5: 4,5: 2,0) se manteve constante. Os óleos de salmão, de atum e sardinha se revelaram mais efetivos na fortificação da gema dos ovos em ácidos graxos poli-insaturados quando comparado ao grupo controle.

Em pesquisa Fernandes et al. (2008), realizaram com o enriquecimento de ovos de galinha com selênio e obtiveram melhor rendimento da gema e aumento do conteúdo total de sólidos. Foi detectado que com o aumento de idade das aves (67 a 83 semanas de idade) houve maior deposição de selênio nos ovos. Em outro estudo foi observado que ovos enriquecidos com selênio aumentaram o tempo de prateleira. Os autores justificaram que o selênio está incorporado com enzimas antioxidantes que retardam os efeitos negativos dos radicais livre sobre o material peroxidável ou oxidável. Assim, o selênio incorporado nas rações das aves contribui para a sua função antioxidante, promovendo mais tempo de vida de prateleira e podem contribuir com o aumento da ingestão desse mineral pelos humanos (Fasiangova; Borilova, 2016). Galinhas poedeiras Dekalb<sup>®</sup> de 20 e 54 semanas de idade alimentadas com rações contendo fontes de lipídios tiveram os perfis de ácidos graxos avaliados dos ovos produzidos. As fontes lipídicas avaliadas foram: óleo de soja, óleo de girassol, óleo de linhaça e sem óleo (controle). Os ovos do tratamento com o óleo de soja continham grandes quantidades de ômega-6, enquanto que os ovos do tratamento com óleo de linhaça tinham maior porcentagem de ômega-3. Já os ovos do tratamento com óleo de linhaça apresentaram uma relação de ômega-6: ômega-3 de 2,01 para as aves de 20 semanas de idade e 2,17 para as de 54 semanas de idade. Os autores concluíram que a quantidade de ácidos graxos presentes na gema do ovo pode ser alterada de acordo com a fonte de lipídios da dieta (Oliveira et al., 2010)

Cedro et al. (2011) verificaram o enriquecimento com ômega 3 nos ovos postos pelas galinhas poedeiras alimentadas com 1,5% de algas marinhas e 1,8% de óleo de peixe em relação à dieta convencional. Os mesmos autores compararam os teores de ácidos graxos das gemas de ovos convencionais e enriquecidos com ômega-3 e a influência desses ácidos graxos nas características físicas dos ovos e concluíram que os ovos enriquecidos com ômega 3

continham teores mais elevados de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados da série n -3 do que ovos convencionais, onde as maiores médias dos ácidos graxos saturados e poliinsaturados da série ômega-6 foram encontradas nos ovos convencionais, e tanto os ovos enriquecidos quanto os convencionais apresentaram características de qualidade interna e externa desejáveis.

Ao trabalhar com ovos de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) Mendonça (2013), evidenciou os benefícios de alterar os nutrientes das dietas de aves para a sua posterior transferência benéfica para os ovos, demonstrando que o tipo de ácido graxo presente na gema está diretamente relacionado ao tipo de lipídeo consumido pela ave. Logo com o enriquecimento de ingredientes ricos em ômega 3 em rações para aves é possível alterar a composição lipídica da gema. Foram conduzidos dois experimentos em um as dietas utilizadas foram enriquecidas com 2% de diferentes fontes de ômega 3 (óleo de linhaça, peixe e canola), e outro experimento substituiu o óleo de soja pelo óleo de linhaça (0, 25, 50, 75 e 100%), perfazendo os níveis de 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% de inclusão de óleo de linhaça. Não houve diferença significativa nos parâmetros de desempenho. Houve diferenças significativas para a coloração da gema que aumentou linearmente com a utilização dos óleos de linhaça, peixe e canola nas rações dos dois experimentos. Em ambos os experimentos, constatou-se que o tempo médio para a estabilização da maioria dos ácidos graxos na gema é de 21 dias de alimentação das codornas com rações contendo as fontes de ômega-3. Os ovos suplementados com a ração enriquecida com o óleo de linhaça 2% apresentou maior incorporação de ácidos graxos poliinsaturados e menores teores de ácido graxos saturados, o que propiciou a proporção mais próxima para recomendação do consumo saudável humano.

Ortiz et al. (2017) avaliaram a inclusão de óleo essencial de orégano em dietas de poedeiras enriquecidas com ácido graxo poliinsaturado de peixe e de dendê. Não houve efeito dos tratamentos no desempenho das aves. Entretanto, a concentração de ácidos graxos poliinsaturados aumentou 16.8% nas dietas com o óleo de peixe e o óleo de orégano melhorou a estabilidade oxidativa durante o armazenamento para todos os tratamentos (4°C por até 60 dias).

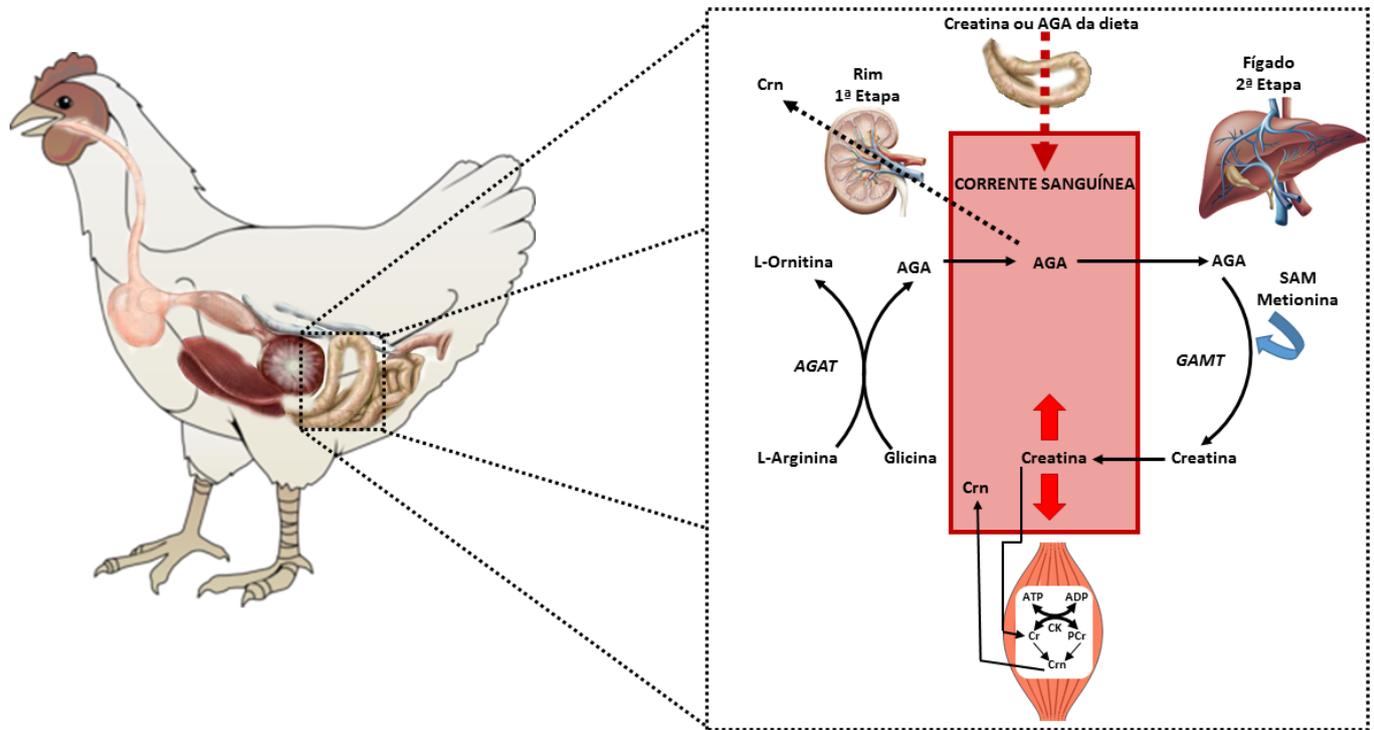
Codornas alimentadas com ração suplementadas com níveis crescentes de microalga *Schizochytrium sp.* não tiveram seu desempenho alterado. Entretanto, maiores níveis de inclusão proporcionaram escore de coloração de gema mais elevado e aumento na presença de com ômega 3. Além de aceitação do produto sem perdas das características sensoriais (Santana., 2017).

### 2.3. Creatina

A Creatina é considerada uma amina nitrogenada (ácido metil guanidino acético), que funciona como um reservatório energético nas células musculares, auxilia nas demandas de energia em condições anaeróbicas, tanto para humanos, quanto para animais (Paixão, 2017). A demanda de fontes energéticas de alta disponibilidade no metabolismo daqueles que buscam a melhora do desempenho, resultados mais expressivos, alto rendimento e quebra de recordes, em meio a uma grande variedade de suplementos alimentares, faz com que o uso de suplementações nutricionais como a creatina seja utilizada no intuito de aprimorar fisiologicamente o condicionamento físico em resposta ao treinamento (Oliveira et al., 2013).

Para os animais de alto desempenho ou de maior produtividade a demanda diária de creatina é satisfeita por sua biossíntese endógena ou por absorção intestinal de dieta com fontes de creatina, especialmente a encontrada em produtos de origem animal (Borges, 2017).

A síntese endógena da creatina acontece em duas etapas (Figura 1). A primeira etapa inicia-se principalmente no rim e pâncreas. Onde ocorre a catalização por meio da enzima L-arginina:glicina amidinotranferas (AGAT), L-arginina reage com a glicina para formar a L-ornitina e o AGA. Assim, na segunda etapa no fígado, o AGA é metilado com grupo amino de S-adenosil-metionina (SAM) para formar a creatina, sendo essa uma reação catalisada pela enzima S-adenosil-L-metionina N-guanidinoacetato metiltransferase (GAMT). Um canal de sódio transfere a creatina formada no fígado para os vários tecidos que estão com baixos gradientes de creatina. Quando alcança o tecido muscular, é fosforilada e estocada na forma de fosfocreatina (PCr) (Michiels et al., 2012).



Fonte: Adaptado por Anderson P. Abreu do Centro de informação da creatina.

Figura 01: Síntese endógena da creatina com a suplementação dietética de Ácido guanidinoacético e ou creatina. Ácido guanidinoacético (AGA), creatina (Cr), fosfocreatina (PCr), creatinina (Crn), enzima S-adenosil-L-metionina N-guanidinoacetato metiltransferase (GAMT), enzima L-arginina:glicina amidinotranferas (AGAT), S-adenosil-metionina (SAM) e enzima creatina quinase (CK).

O AGA é o único precursor imediato para creatina no corpo e isso é um processo natural que ocorre nos animais vertebrados. O AGA é formado principalmente dos aminoácidos como a glicina e arginina no rim e são transportados para o fígado onde em sua maioria é transformado em creatina (Lemme et al., 2015).

A creatina e fosfocreatina possuem funções no sistema qual, como a recuperação de adenosina tri-fosfato (ATP) / adenosina di-fosfato (ADP), a fim de armazenar e mobilizar energia em curto tempo, principalmente para as células musculares (Lemme et al., 2015). A creatina está fortemente envolvida no metabolismo energético envolvendo também a fosfocreatina. A creatina e o sistema da fosfocreatina não ocorrem em todas as células, somente para células que têm alta demanda energética, particularmente, as células musculares, com o

auxílio da enzima creatina quinase (CK) (Michiels et al., 2012). Todos os processos celulares envolvem crescimento e gasto energético. Em corpos celulares, a maior fonte de energia é de ATP, a qual é usada para a manutenção e crescimento das células. A fosfocreatina é rapidamente mobilizada como reserva de alta energia para a formação de ATP (Mousavi et al., 2013).

Para Lemme et al. (2015), a maior porção do pool de creatina (>95%) é encontrada na musculatura esquelética. Parte dessa creatina (1.5 a 2.0%) e fosfocreatina é diariamente transformada de modo irreversível à creatinina (Crn) sendo excretada pela via urinária. Essa perda diária de creatina na forma de creatinina indica a necessidade de constante reabastecimento por meio da síntese da creatina ou pela nutrição com seus precursores que são capazes de restaurar a carga de creatina nos tecidos (Teixeira, 2016). A creatina e o AGA não são encontrados em plantas e, conseqüentemente, com alimentação exclusiva de vegetais, a creatina somente é produzida na síntese de novo (Borges, 2017). A suplementação de aminoácidos industriais e compostos biológicos poupadores de aminoácidos essenciais devem ser viáveis economicamente e não podem comprometer o desempenho produtivo, a rentabilidade e a qualidade do produto (Borges, 2017).

#### **2.4. Ácido Guanidinoacético**

O AGA também pode ser referido como glicamino ou guanidinoacetato (Michiels et al., 2012). A suplementação de compostos poupadores de aminoácidos essenciais é uma alternativa que pode ser adotada visando o melhor desempenho animal. O AGA biologicamente é o precursor da creatina e está disponível comercialmente como aditivo alimentar. É efetivo assim como a suplementação de arginina ou creatina, mas sua inclusão é de menor custo e quimicamente mais estável que a creatina. Ademais, o AGA tem a função de poupar arginina e glicina para outras vias metabólicas (Esser et al., 2017).

A utilização de AGA como suplemento alimentar para humanos não é um conceito novo. Sua aplicação é usada em estudos com pacientes que apresentam descompensação cardíaca, artrite, ansiedade e depressão (Ostojic et al., 2013). A utilização de AGA é superior à creatina na facilitação da bioenergética celular, avaliada pelo músculo esquelético e pela creatina cerebral (Ostojic et al., 2016).

A suplementação com AGA em dietas vegetais, sem a inclusão de produtos de origem animal, não alteram as características dos níveis bioquímicos séricos e nem a qualidade da carcaça em frangos (Esser et al., 2017). O tecido muscular está equipado com todas as enzimas necessárias para a síntese da creatina. A atividade da enzima nos músculos e gradualmente

regulada pelas quantidades crescentes de creatina decorrentes do aumento dietético de AGA, assim, o conteúdo AGA muscular diminui gradualmente com o aumento de AGA na dieta (Lemme et al., 2015).

## **2.5. Suplementação de dietas com creatina ou AGA**

O uso da creatina enquanto recurso ergogênico para atletas visando o ganho de massa muscular e aprimoramento da performance vem sendo difundido no meio esportivo (Oliveira et al., 2013).

Os ergogênicos nutricionais são popularmente conhecidos como suplementos alimentares, substâncias que servem para hipertrofia do tecido muscular; oferta e produção de energia para o músculo; diminuição da fadiga e até mesmo reduzir gordura corporal. Homens praticantes de treinamento com força participaram de um estudo com a suplementação de creatina sendo um outro grupo suplementado com placebo, durante o período de três semanas. O treinamento de força foi capaz de provocar alterações positivas na resultante de força máxima independente da suplementação de qualquer ergogênico, no entanto, quando aliado a suplementação de creatina, os ganhos na resultante força máxima e na massa corporal foram estatisticamente maiores em comparação ao grupo controle (Batista et al., 2012).

A creatina foi utilizada também em grupos de humanos do sexo masculino que praticam atletismo. Foi realizado um programa de suplementação, no qual um grupo realizou a ingestão de creatina, sendo administrada 20 g/dia divididos em 4 doses de 5 g durante a primeira semana (cinco dias), seguido por uma fase de manutenção de 3 g/dia na segunda e terceira semana (dez dias). Um outro grupo seguiu o mesmo protocolo de suplementação, porém teve a creatina substituída por placebo. A pesquisa mostrou melhora significativa do grupo suplementado com a creatina no desempenho dos atletas em prova específica de 100 metros quando comparado ao grupo placebo (Oliveira et al., 2013).

Young et al. (2005) trabalharam com suínos e utilizaram creatina monohidratada para os animais das raças Landrace e Duroc e observaram que houve maior ganho de peso corporal para os suínos que receberam a suplementação de creatina em relação aos que não receberam. Já Teixeira (2016) avaliou diferentes níveis de inclusão do AGA (0; 0,05; 0,10, 0,15 e 0,20%) para leitões machos castrados. A utilização do AGA não influenciou as variáveis de desempenho produtivo dos leitões, nem as variáveis de creatinina e creatina quinase que se mantiveram normais.

Para matrizes pesadas da linhagem Cobb® da 50ª a 60ª semanas de idade, Araújo et al. (2013) testaram diferentes níveis (0,00%, 0,04%, 0,08%, 0,12% e 0,16%) de inclusão de AGA na dieta e não constataram efeito significativo sobre a produção de ovos, sendo que houve melhora na fertilidade e eclodibilidade dos ovos férteis. Diferentemente de Paixão (2017) que observou em matrizes de corte Cobb suplementadas com 0,1% de AGA as 66 semanas de idade aumento de 11,46% na produção de ovos, sem efeito para o peso dos ovos e demais variáveis analisadas.

Murakami et al. (2014), em estudo realizado com matrizes de codornas (*Coturnix coturnix* sp.) suplementaram níveis (0,00%, 0,06%, 0,12%, 0,18% e 0,24%) crescentes de AGA e não observaram resultados de ganho de peso das matrizes e peso ao nascimento das progênie. Contudo, encontraram efeito quadrático dos níveis de creatina no músculo peitoral e a dieta com a inclusão de 0,11% de AGA foi estimada como a melhor para a progênie.

Lemme et al. (2015) verificaram que houve melhora na conversão alimentar para frangos de corte machos de 1 a 41 dias de vida ao utilizar a suplementação de AGA (0,0; 0,20; 0,40 e 0,60 g/kg) e aumento do conteúdo de creatina muscular, o que propiciou melhora no metabolismo energético com o aumento do teor de fosfocreatina e ATP nos músculos. Sendo, assim, concluíram que a suplementação pode ser benéfica para a fase inicial de vida dos animais.

Assim como Borges (2017) que também apontou melhora na fase inicial de vida de frangos tanto para no ganho de peso quanto para a conversão alimentar nas dietas suplementadas com 0,10 e 0,20% de AGA.

Esser et al. (2017), que trabalharam com os frangos até a idade de abate, avaliaram que o peso absoluto das carcaças de frangos foi maior nas aves que tiveram o acréscimo de AGA e arginina em suas rações, as mesmas pesaram 3,20% a mais que as carcaças provenientes de frangos alimentados com a dieta controle e com farinha de carne. A suplementação com AGA em dietas vegetais alterou os níveis bioquímicos séricos e a qualidade da carcaça em frangos. Além de resultar em maior ganho de peso e menor deposição de gordura abdominal em frangos submetidos ao estresse térmico.

Maier (2018), também em estudo com a suplementação do AGA em dietas de frangos de corte, porém, com níveis energéticos diferentes e a valorização da inclusão do AGA, não obteve efeito significativo para o consumo de ração, ganho de peso e nem para peso vivo.

Ahmadipour et al. (2018) avaliaram os efeitos da suplementação de AGA (0, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 g/kg) sobre o desempenho e morfologia intestinal de frangos de corte. Melhores resultados de ganho de peso e conversão alimentar foram observados nas aves submetidas aos tratamentos

suplementados com AGA em comparação ao controle. Nas carcaças, o peso do músculo do peito apresentou aumento significativo com a suplementação até a inclusão de 1.0g/kg de AGA. Entretanto, os tratamentos com a inclusão de AGA promoveram redução proporcional no fígado, coração e gordura abdominal em comparação ao grupo controle. A altura das vilosidades, a largura e a área de superfície de absorção das secções do duodeno, jejuno e íleo foram significativamente maiores com a suplementação de AGA acima de 0,5 g/kg, no entanto, a profundidade das criptas se mostrou menor em todas as partes do intestino quando comparado ao tratamento controle.

A eficiência da suplementação com creatina e ácido guanidinoacético foi avaliada e testada com diferentes níveis de inclusão para humanos, suínos, aves reprodutoras e frangos de corte, porém, para galinhas poedeiras essa suplementação ainda não foi relatada.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivos gerais**

Estudar os efeitos da inclusão do AGA nas rações de galinhas poedeiras comerciais, da 101<sup>a</sup> a 113<sup>a</sup> semana de idade, sobre o desempenho zootécnico, qualidade dos ovos e fortificação dos ovos e avaliação econômica.

#### **3.2. Objetivos específicos**

Investigar como a suplementação de AGA pode interferir no desempenho produtivo de poedeiras no final da vida produtiva;

Verificar como a suplementação de AGA pode influenciar na qualidade dos ovos;

Analisar se ocorre a fortificação dos ovos com creatina em função dos níveis de inclusão do AGA da dieta;

Apurar como os níveis de AGA podem afetar a viabilidade econômica da atividade.

### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABEYRATHNE, E. D. N. S.; LEE, H. Y.; AHN, U.; Egg white proteins and their potential use in food processing or as nutraceutical and pharmaceutical agents—A review. *Poultry Science*, v.92, p.3292-3299, 2013.

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal 2018. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2019.pdf>. Acessado em 15 de março de 2020.

AHMADIPOUR, B.; KHAJALI, F.; SHARIFI, MR. Effect of Guanidinoacetic Acid Supplementation on Growth Performance and Gut Morphology in Broiler Chickens. *Poultry Science Journal*, 6(1): p.19-24, 2018.

ARAUJO, L. F.; RAMALHO, J. B. R.; ARAUJO, S. S. et al. Efeito do ácido guanidinoacético em matrizes pesadas e o desempenho das progênes. *Rev. Pro. Ani. Avicultura*. ed.78, 2013.

BAIÃO, N.C., CANÇADO, S.V. Fatores que afetam a qualidade da casca do ovo. *Caderno técnico da escola de veterinária da UFMG, Belo Horizonte*, n. 21, p. 43-59, 1997.

BATISTA, J. M. A.; BRAVO, Y. B.; COSTA, E.M.; PAULA, R. R. R.; et al. Suplementação de creatina e treinamento de força: alterações antropométricas e na resultante força máxima. *Revista Eletrônica Saúde e Ciência*. 2012.

BORGES, K.M.; Ácido Guanidinoacético em dieta pré-inicial para frangos. *Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – p.57, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.*

CEDRO, T. M. M.; CALIXTO, L. F. L.; GASPAR, A.; AGOSTINHO, T. S.; et al. Proporções entre ácidos graxos poliinsaturados em ovos comerciais convencionais e enriquecidos com ômega-3. *Ciência Rural, Santa Maria*, v.41, n.4, p.706-711. 2011.

COSTA, F. A.D.; TAVERNARI, F. C.; COSTA, O. A. D.; et al. Enriquecimento com ácidos graxos da série ômega 3 em carne de aves e ovos. *PubVet*, v.11, n.2, p.113-123, 2017.

CRUICKSHANK, E. M. 1934. Studies in fat metabolism in the flow as affected by the ingestion of fats. *Biochemistry Journal*, v.28, p.965-977, 1934.

DIGAMBAR, J. M.; CHOUBEY, M.; SANFLI, K.; et al. Designer egg: A nutritional approach. *The Pharma Innovation Journal*, v.7(8), p.57-59, 2018.

ESSER, A.F.G.; GONÇALVES, D.R.M.; RORIG, A.; CRISTO, A.B.; PERINI, R.; FERNANDES, J.I.M.; *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.19, n.3, p.429-436, 2017.

FASIANGOVA, M.; BORILOVA, G.; Impact of Se supplementation on the oxidation stability of eggs. *Poultry Science*, v.73, 2016.

FERNANDES, J.; MURAKAMI, A.; SAKAMOTO, M.; et al. Effects of Organic Mineral Dietary Supplementation on Production Performance and Egg Quality of White Layers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.10, p.59-65, 2008.

GOMEZ, M. E. D.; Modulação da composição de ácidos graxos poli-insaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta. I. Estabilidade oxidativa. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – p.149, Universidade de São Paulo, 2003.

LEANDRO, N.S.M.; 1, DEUS, H. A. B.; STRINGHINI, J. H.; et al. Aspectos de qualidade interna e externa de ovos comercializados em diferentes estabelecimentos na região de Goiânia. *Ciência Animal Brasileira*, v.6, n.2, 2005.

LEMME, A.; RINGEL, J.; STERK, A.; YOUNG, J.F.; Supplemental guanidino acetic acid affects energy metabolism of broilers. 16th European Symposium on Poultry Nutrition, 2015.

MAIER, G. S.; Eficácia da suplementação do ácido guanidinoacético em dietas deficientes em energia para frangos de corte: desenvolvimento muscular e ocorrência de miopatias. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – p.86, Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2018.

MAZZUCO, H. Ovo: alimento funcional perfeito à saúde. *Avicultura industrial - O superalimento: fonte generosa de nutrientes importantes, o ovo é o mais completo alimento para a dieta humana*, Itu, SP: Gessulli, v. 99, n. 1164, p. 12 - 16, 2008.

MENDONÇA, M. O. Desempenho zootécnico e qualidade de ovos de codornas japonesas alimentadas com diferentes rações de ômega-3. 2013. Tese (Doutorado em Zootecnia) -156f, Departamento de Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2013.

MICHIELS, J.; MAERTENS, L.; BUYSE, J.; LEMME, A.; et al. Supplementation of guanidinoacetic acid to broiler diets: Effects on performance, carcass characteristics, meat quality, and energy metabolism. *Poultry Science*, v.91, p.402–412, 2012.

MOUSAVI, S. N.; AFSAR, A.; LOTFOLLAHIAN, H.; Effects of guanidinoacetic acid supplementation to broiler diets with varying energy contents. Poultry Science Association, Inc, v.22, p.47–54, 2013.

MURAKAMI, A. E.; RODRIGUEIRO, R. J. B.; SANTOS, T. C.; et al. Effects of dietary supplementation of meat-type quail breeders with guanidinoacetic acid on their reproductive parameters and progeny performance. Poultry Science, v.93, p.2237–2244, 2014.

OLIVEIRA, D.D.; BAIÃO, N.C.; CANCELADO, S. V.; et al. Effects of lipid sources in the diet of laying hens on the fatty acid profiles of egg yolks. Poultry Science, v.89, p.2484-2490, 2010.

OLIVEIRA, R. I. D.; LOPES, C. R.; FELTRIN, M. B.; et al. Os efeitos da suplementação de creatina na performance de corredores velocistas - 100 e 200 metros. Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício, São Paulo, v.7, n.42, p.540-547, 2013.

ORTIZ, R. E.; AFANADOR, G.; VÁSQUEZ, D. R.; ARIZA-NIETO, C.; Efecto del aceite esencial de orégano sobre el desempeño productivo de ponedoras y la estabilidad oxidativa de huevos enriquecidos con ácidos grasos poliinsaturados. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, vol. 64, núm. 1, p.61-70, 2017.

OSTOJIC, S.M.; NIESS, B.; STOJANOVIC, M.; Creatine Metabolism and Safety Profiles after Six-Week Oral Guanidinoacetic Acid Administration in Healthy Humans. International Journal of Medical Sciences, v. (10)2, p.141-147, 2013.

OSTOJIC, S.M.; OSTOJIC, J.; DRID, P.; Dietary guanidinoacetic acid increases brain creatine levels in healthy men. Nutrition Journal, Elsevier Inc, v.33, p.149-156, 2016.

PAIXÃO, S. J.; Suplementação de ácido guanidinoacético e minerais orgânicos sobre os parâmetros reprodutivos de matrizes de corte e desempenho de suas progênes. Tese (Doutorado em Zootecnia) – p.115, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2017.

PIBER NETO, E.; Enriquecimento do ovo: utilização de óleos de peixes e algas marinhas como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em rações de galinhas. Dissertação (Mestrado em Clínica Veterinária) – p.73, Universidade de São Paulo, SP, 2006.

SANTANA, L. C.; Desempenho zootécnico e qualidade de ovos de codornas japonesas alimentadas com rações contendo microalga schizochytrium sp. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) – p.92, Instituto Federal de Educação Ciência e tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Campus Rio Pomba, 2017.

TEIXEIRA, K. A.; Ácido Guanidinoacético para leitões. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – p.47, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

VILELA, D. R.; Desempenho zootécnico e qualidade de ovos de codornas japonesas alimentadas com rações contendo microalga schizochytrium sp. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – p.56, Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

YOUNG JF, BERTRAM HC, ROSENVOLD K, LINDAHL G, OKSBJERG N. Dietary creatine monohydrate affects quality attributes of Duroc but not Landrace pork. Meat Sci. 2005; 70: 717–725.

## Inclusão do ácido guanidinoacético em rações de poedeiras

### Resumo

Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação dietética em rações de galinhas poedeiras com o ácido guanidinoacético (AGA) sobre o desempenho produtivo, a qualidade e fortificação dos ovos e a viabilidade econômica. Um total de 720 poedeiras semi-pesadas Lohmann LB-Lite® com 101 semanas de idade foram distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, composto por cinco tratamentos definidos pelos níveis de AGA da ração com seis repetições de 24 aves por unidade experimental. As rações foram formuladas para conter 0,00, 0,05, 0,10, 0,15 e 0,20% de AGA. O desempenho produtivo (consumo de ração, produção de ovos, peso e massa de ovos, conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos, peso final das aves e viabilidade) foi avaliado por 12 semanas. A qualidade (peso específico, peso e porcentagem dos componentes, resistência e espessura da casca, Unidades *Haugh* e cor da gema) e a fortificação dos ovos (creatina) foi avaliada com quatro e 12 semanas após a inclusão do AGA. Para a viabilidade econômica foram utilizados o custo médio de inclusão por kg de AGA e a quantidade de ração por dúzia de ovos produzidos. Os resultados foram submetidos à análise de variância e foi realizada regressão polinomial dos parâmetros significativos. Durante o período experimental, os tratamentos não influenciaram as variáveis de consumo de ração, produção de ovos, peso médio e massa de ovos, conversão alimentar por massa de ovos e viabilidade. Para o peso final das aves foi observado resposta linear negativa com o aumento dos níveis de AGA e a conversão alimentar por dúzia teve seu valor ótimo determinado pelo modelo de regressão quadrática em 12 ou 0,12% de AGA. Nas análises de qualidade os tratamentos não influenciaram as variáveis da porcentagem dos componentes (gema, casca e albúmen), resistência e espessura da casca e as Unidades *Haugh*. Com quatro semanas de inclusão do AGA, o peso específico dos ovos respondeu linear e positivamente e a cor da gema teve resposta quadrática, com nível ótimo encontrado de 0,12% de AGA. Já na 12ª semana de inclusão do AGA o nível ótimo encontrado para a cor da gema foi de 0,14% de inclusão do AGA. Não houve efeito dos tratamentos na fortificação de creatina nos ovos. Nas análises econômicas observou-se aumento linear do custo da ração juntamente com o aumento crescente de AGA nas rações. Com a inclusão de 0,12% obteve-se o melhor custo de ração por kg de 12 ovos produzidos. Conclui-se que a inclusão de 0,12% AGA em dietas de poedeiras comerciais

influenciou parâmetros de desempenho e qualidade dos ovos sem fortificar os níveis de creatina nos ovos.

**Palavras-chave:** ovos enriquecidos, arginina, glicina, creatina e qualidade de ovos

## INTRODUÇÃO

A fortificação dos produtos como a carne e os ovos são importantes alternativas da cadeia avícola. Esta possibilidade permite a criação de produtos que representem uma fonte alimentícia alternativa e de finalidades nutricionais específicas. Contudo, de acordo com Mendonça (2013), há ainda desafios em sua produção, como a viabilidade econômica, sem perda de desempenho das aves, níveis adequados e a manutenção das mesmas características sensoriais, destes produtos, a fim de aumentar a vida de prateleira dos produtos enriquecidos comercializados.

Além disso, atualmente, a produção avícola de ovos tem utilizado lotes de aves com idades mais avançadas, pois, estas têm apresentado maiores índices produtivos e aumento da persistência na produção de ovos, constituindo-se mais um desafio, e também, outra ferramenta para o crescimento da cadeia (Costa et al., 2017).

Dentre os diferentes nutrientes que são alvos desse nicho, destacam-se as vitaminas, os ácidos graxos pertencentes à família ômega-3 e a creatina (Costa et al., 2017).

A creatina é um nutriente natural sintetizado de maneira endógena no fígado, pâncreas e rins, a partir de alguns aminoácidos (glicina, arginina, metionina). Essa substância é encontrada em produtos de origem animal, estocada principalmente nos tecidos musculares. Sendo assim, não é encontrada nas dietas a base de somente vegetais (Borges, 2017). Humanos com dietas vegetarianas podem apresentar necessidade condicional deste elemento (Araújo et al., 2013), visto que sua presença é fundamental para a bioenergia do metabolismo celular (Ostojic et al., 2016).

Os animais alimentados basicamente por rações compostas de ingredientes de origem vegetal, como o farelo de soja e o milho, ou com baixas quantidades de ingredientes de origem animal não têm sua demanda diária de creatina atendida. (Borges, 2017).

A creatina é considerada uma substância quimicamente instável e sua inclusão é dispendiosa. Por essa razão a utilização do ácido guanidinoacético (AGA) como um aditivo alimentar é mais adequada em comparação com a creatina, por ser menos dispendioso e mais quimicamente estável. O AGA é precursor da creatina e um composto poupador de arginina e glicina. Sua inclusão na dieta pode trazer benefícios como: economia de aminoácidos essenciais, deixando que eles sejam utilizados mais eficientemente para a síntese proteica, o que pode diminuir a

exigência aminoacídica na elaboração das dietas e, assim, melhorar o desempenho produtivo (Esser et al., 2017). Além disso, o AGA atua na geração de energia na forma de adenosina tanto para animais como para os seres humanos (Maier, 2018).

Portanto, os objetivos desse trabalho foram avaliar o desempenho zootecnico, a qualidade de ovos, a fortificação dos ovos e a rentabilidade de diferentes níveis de inclusão de AGA na dieta de galinhas poedeiras comerciais no final da vida produtiva.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Todos procedimentos e cuidados com os animais seguiram os princípios éticos da experimentação animal e os protocolos foram realizados seguindo o conceito do duplo cego. O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Minas Gerais, (Protocolo 43/2017).

### ***Rações***

Foram formuladas cinco dietas experimentais para conter 0,00; 0,05; 0,10; 0,15 e 0,20% de inclusão de AGA, as quais continham 0,00; 0,04; 0,11; 0,12 e 0,22% de AGA analisado (Tabela 1). Para a formulação das rações foram utilizados os valores nutricionais dos ingredientes indicados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2017) e as exigências nutricionais de acordo com o Manual da linhagem (Lohmann Brown-Lite, 2017).

Todas os aminoácidos das rações foram determinados pela Evonik Industries AG, utilizando o método de hidrólise e extração (Community Reference Laboratory Feed Additives, 2007; Evonik Industries, 2012).

### ***Desempenho produtivo***

Poedeiras marrons Lohmann LB-Lite® com 101 semanas de idade (n=720) foram alojadas em galpão de postura convencional, não climatizado, equipado com gaiolas metálicas contendo quatro galinhas por gaiola (375 cm<sup>2</sup>/ave). Utilizou-se cinco tratamentos divididos em delineamento inteiramente ao acaso com seis repetições de 24 aves cada. As gaiolas eram equipadas de bebedouro nipple e comedouro tipo calha. Água e ração foram fornecidas à vontade e o programa de luz utilizado foi o de 14 horas de luz/dia.

Todas as aves foram pesadas antes de iniciar o experimento, para que todos os tratamentos iniciassem o período estudo com o mesmo peso médio e ao final do experimento, com 113 semanas de idade todas as aves foram pesadas novamente para o cálculo do ganho de peso.

A produção de ovos e a viabilidade foi registrada diariamente, enquanto o consumo de ração foi medido semanalmente e corrigido para a mortalidade das aves, calculando-se o peso da sobra da ração menos o peso da ração oferecida a cada semana.

O número total de ovos por ave alojada foi obtido pela divisão do número total de ovos produzidos no período em relação ao número de aves alojadas.

O peso médio dos ovos foi realizado no fechamento da semana, sendo que foram contabilizados para essa análise somente os ovos postos no dia. A massa de ovos, conversão alimentar por dúzia e por quilo foram calculadas a partir da produção média de ovos, peso médio de ovos e consumo médio de ração.

### ***Qualidade dos ovos***

As avaliações de qualidade dos ovos foram feitas com quatro e 12 semanas após o início do período experimental e foram utilizados 24 ovos de cada tratamento, sendo cada ovo considerado uma repetição. As variáveis determinadas foram peso específico, porcentagem de gema, porcentagem de albúmen, porcentagem de casca, Unidades *Haugh* (UH), resistência da casca, espessura de casca e cor da gema.

Para as avaliações das proporções de gema, de albúmen e de casca em relação ao peso do ovo, foram utilizados os mesmos ovos previamente pesados para análise de peso específico. Após a quebra dos ovos, foram separados o albúmen, a gema e a casca. A separação da gema foi realizada manualmente e o resíduo da clara, aderido à gema, foi removido com auxílio de papel absorvente. Após este procedimento, as gemas foram pesadas individualmente. As cascas, depois de lavadas com água corrente para retirada de resíduos do albúmen, secaram a temperatura ambiente durante 24 horas e foram pesadas individualmente (Carvalho et al., 2007). Para o cálculo de UH, utilizou-se o aparelho medidor de Unidades Haugh modelo S-8400 (Ames, Massachussets, EUA), a partir dos dados de peso do ovo e altura do albúmen, as unidades Haugh foram obtidas pela fórmula:  $UH = 100 \log (H - 1.7 0.37W + 7.56)$ , em que H = altura de albúmen; e W = peso do ovo (Brant et al. 1951; Fernandes, 2008). As avaliações de espessura da casca foram feitas utilizando micrômetro externo digital da marca Ames®, com precisão de 0,010 mm, em três pontos distintos da casca do ovo (região apical, equatorial e basal). O resultado foi obtido pela média dos três pontos, expresso em (mm). Para a determinação da cor da gema, foi utilizado o leque colorimétrico (Dsm Yolk Color Fan, 2005 – HMB 51548).

Para avaliação de resistência da casca, outros 24 ovos de cada tratamento foram coletados aleatoriamente e o teste utilizado foi fratura por compressão. Foi utilizado o aparelho TA,X T2

Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, England), com a sonda P4 DIA Cylinder de aço inoxidável, de 4 mm de diâmetro a velocidade pré, durante e pós-teste de 3,0; 0,5; e 5,0 mm/s, respectivamente e uma distância de 6 mm. A força de gatilho utilizada foi de 3,0 g. O ovo inteiro foi colocado longitudinalmente sobre suporte de metal em forma de anel (5 cm de diâmetro) dentro de um cadinho de porcelana. A casca foi pressionada até que ocorresse a fratura (Fernandes, 2008).

### ***Creatina dos ovos***

Para a análise de creatina dos ovos foi feito um “pool” de cinco ovos de albúmen+gema de cada uma das seis repetições usadas para o desempenho produtivo na quarta e décima segunda semana do estudo, os quais foram congelados a -40°C, liofilizadas por 96 horas e armazenadas até o momento das análises. Os ovos foram coletados no mesmo período das análises para qualidade. A análise quantitativa da creatina foi realizada por AlzChem AG na Alemanha de acordo com a técnica de cromatografia iônica (Método- SOP 136-246/2) (CRL Feed Additives, 2007; Murakami et al., 2014).

### ***Avaliação econômica***

Para as rações de poedeiras comerciais, a eficiência econômica de cada tratamento foi avaliada por meio da estimativa do custo de AGA analisado consumido por tratamento e do custo médio com a alimentação por dúzia de ovos produzidos, seguindo a metodologia descrita por Barbosa et al. (1992). Os preços dos insumos foram coletados na região de Belo Horizonte/MG no dia 14/12/2018. Os preços foram expressos em reais: milho grão R\$ 0,633/kg; farelo de soja (45% PB) R\$ 1,30/Kg; calcário R\$ 0,115/Kg; farelo de trigo R\$ 0,77/Kg, farinha de carne e osso (41%PB) R\$ 1,11/Kg; sal comum R\$ 0,424/Kg; suplemento vitamínico e mineral R\$12,00/Kg; L-Lisina HCl R\$ 7,05/Kg; DL-Metionina R\$ 10,54/kg; inerte (areia lavada) R\$ 0,20/kg; AGA R\$ 25,43/kg.

### ***Delineamento experimental e análise estatística***

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso seguindo os princípios de normalidade e homocedasticidade, com cinco tratamentos de seis repetições cada. Definidos pelos níveis de inclusão do AGA calculados da ração (0,00; 0,05; 0,10; 0,15 e 0,20%). Os valores médios das variáveis foram comparados por ANOVA ( $p < 0,05$ ) e seguida pelo teste de regressão utilizando o software R Core Team (2017) por meio da plataforma RStudio (2017).

## RESULTADOS

Os níveis formulados nas dietas foram 0,00; 0,05; 0,10; 0,15 e 0,20% de inclusão do AGA, no entanto, as concentrações AGA analisados das dietas foram 0,00; 0,04; 0,11; 0,12 e 0,22%, respectivamente (Tabela 1). Todos os resultados a seguir foram expressos em função do AGA analisado.

### *Desempenho produtivo*

Os tratamentos não influenciaram o consumo de ração, a produção de ovos, o peso e massa de ovos, a conversão alimentar por massa de ovos e nem a viabilidade das aves da 101 a 113 semana de vida das aves ( $p > 0.05$ ). Foi observada resposta linear negativa para o peso médio final das aves, de acordo com a seguinte equação de regressão:  $y = 1,933158 - 0,000469x$ , em função da elevação dos níveis de AGA 0.00 para 0.21% ( $p \leq 0.01$ ). Já para a conversão alimentar por dúzia de ovos houve efeito quadrático segundo a equação  $y = 2,039754 - 0,00024298x + 0,0000001$ , sendo o valor ótimo encontrado de 0,12% ( $p \leq 0.05$ ) (Tabela 2).

O consumo de ração (kg) por AGA analisado nas dietas de poedeiras da 101 a 113 semanas de idade apresentou resposta linear positiva em função da elevação dos níveis de AGA avaliados, conforme a equação:  $y = 0,00014148 + 0,09597165x$  ( $p < 0.05$ ) (Tabela 2).

### *Qualidade dos ovos*

Os ovos coletados de poedeiras na quarta semana de inclusão do AGA nas dietas, a porcentagem de gema, albúmen e casca, assim como a resistência da casca, Unidades *Haugh* e espessura não foram afetados pelos níveis de AGA na dieta ( $p > 0.05$ ). No entanto, o peso específico aumentou linearmente frente a elevação dos níveis de AGA e a cor da gema apresentou resposta quadrática, sendo que o nível ótimo de AGA encontrado para essa variável foi de 0,12% ( $p \leq 0.05$ ), tendo as equações de regressão  $y = 1,07632 + 0,00000246x$ ,  $y = 6,61668 - 0,00106668x + 0,0000005x^2$ , respectivamente. Para os ovos coletados com doze semanas de inclusão do AGA, os tratamentos somente influenciaram a variável de cor da gema tendo como melhor ajuste do modelo quadrático, cuja equação  $y = 7,213091 + 0,00123923x - 0,00000044x^2$ , apresentou o nível ótimo de 0,14% de AGA (Tabela 3).

### *Creatina dos ovos*

Não houve efeito dos tratamentos sobre os valores de creatina nos ovos em nenhum dos períodos analisados ( $p > 0.05$ ) (Tabela 4).

### ***Avaliação econômica***

Houve efeito dos tratamentos sobre o custo de ração por quilo de ovo produzido ( $p < 0.05$ ) (Tabela 5). Na análise de dúzia de ovos produzidos obteve-se resposta quadrática  $y = 1.516129 - 1.98006x + 6.727608x$  (Gráfico 6), apresentou nível ótimo de 0,12% de AGA (Tabela 5)

## **DISCUSSÃO**

### ***Desempenho produtivo***

O peso das aves reduziu durante o período experimental de 101 para 113 semanas de vida, fato que pode estar associado a época da realização do experimento que ocorreu no verão. Outrossim, à medida que aumentou a inclusão dos níveis de AGA na ração, o peso médio das aves reduziu linearmente. Uma possível explicação para esta perda de peso seria que a inclusão do AGA pode ter acelerado o metabolismo energético das aves avaliadas (Tabela 2).

Resultado diferente ao apresentado por Murakami et al. (2014), que não encontraram diferença nos pesos das matrizes pesadas de codornas (*Coturnix coturnix*) que foram alimentadas com dietas suplementadas em diferentes níveis de AGA (0,00%, 0,06%, 0,12%, 0,18% e 0,24%).

Diferentemente dos resultados apresentados por Paixão (2017), que trabalhou com duas idades de matrizes pesadas (62<sup>a</sup> e 66<sup>a</sup> semana de idade) em tratamentos com 0.1% de AGA e dieta controle, as matrizes que consumiram o AGA dietético apresentaram maior peso corporal ao logo do período reprodutivo.

O mesmo foi encontrado por Esser et al. (2017) que trabalharam com frangos de corte com rações suplementadas com AGA e arginina e obtiveram maior peso absoluto das carcaças das aves suplementadas. Sendo que, os frangos oriundos da suplementação dietética pesaram 3.20% a mais que a carcaça de frangos da ração controle, no qual o AGA atuou como ergogênico para o aumento da massa muscular nos frangos.

Não houve efeito ( $p > 0,05$ ) dos tratamentos para o consumo de ração, produção de ovos, o peso e massa de ovos, a conversão alimentar por massa de ovos e nem para a viabilidade das aves. A inclusão do produto avaliado não foi suficiente para alterar os principais parâmetros de desempenho avaliados.

Borges (2017), trabalhando com frangos de corte na fase inicial também não encontrou diferenças no desempenho (consumo de ração e conversão alimentar). Resultados semelhantes foram encontrados por Maier (2018) que também trabalhou com a suplementação do AGA em dietas de frangos de corte, porém, com níveis energéticos diferentes e a valorização da inclusão

do AGA, não obtendo efeito significativo para o consumo de ração, ganho de peso e nem para peso vivo.

Assim como no presente trabalho, durante o período experimental de inclusão do AGA, Araújo et al. (2013) não constataram efeito significativo nos diferentes níveis (0,00%, 0,04%, 0,08%, 0,12% e 0,16%) de AGA sobre a produção de ovos, com matrizes pesadas da linhagem Cobb da 50<sup>a</sup> a 60<sup>a</sup> semanas de idade, mas relataram melhora na fertilidade e eclodibilidade dos ovos. Resultado semelhante aos obtidos por Murakami et al (2013) que também não observaram efeito na produção de ovos de codornas suplementadas com o AGA. Entretanto, Paixão (2017) observou que em matrizes de corte Cobb<sup>®</sup> suplementadas com 0.01% de AGA às 66 semanas de idade houve aumento de 11,46% na produção de ovos das matrizes quando comparadas àquelas alimentadas com a dieta controle.

O peso dos ovos avaliados não foi influenciado pelos tratamentos. Estes resultados são semelhantes aos de Murakami et al. (2014) que também não encontraram diferença nos pesos dos ovos de matrizes de codornas suplementadas com AGA. Resultados semelhantes aos encontrados por Paixão (2017) que também não obteve diferença entre os tratamentos suplementados com AGA e tratamento controle para os pesos dos ovos durante toda a fase de produção das matrizes pesadas como nos períodos avaliados (50<sup>a</sup> e 66<sup>a</sup> semana de idade).

Não houve influência dos tratamentos sobre a massa de ovos nas dietas de poedeiras comerciais. Esta variável é dependente da produção de ovos com o peso dos mesmos, assim, estes resultados corroboram os de Murakami et al. (2014) que também não encontraram diferenças para essas variáveis.

O número de ovos por ave alojada não foi influenciado pelos tratamentos ( $p > 0.05$ ). Resultados semelhantes aos encontrado por Araujo et al. (2013) que trabalharam com o intervalo de 50 a 60 semanas de idade para matrizes pesadas. Sendo que a mortalidade embrionária também não foi influenciada pelos níveis de AGA na dieta, variável não analisada neste trabalho.

Para a conversão alimentar por quilo, nesse trabalho não foi observada diferença entre os tratamentos, já para a conversão alimentar por dúzia se obteve resposta quadrática ao aumentar a inclusão de AGA com nível ótimo de 0,11% ou 0,12% de AGA. Esses dados estão de acordo com os encontrados por Murakami et al. (2014) para a conversão alimentar por quilo que também não observaram diferenças significativas nas matrizes de codornas alimentadas com AGA em relação ao grupo controle.

Lemme et al. (2015) verificaram melhora na conversão alimentar para frangos machos de 1 a 41 dias de vida. Resultados semelhantes aos encontrados por Paixão (2017) que em relação a conversão alimentar, observou efeito significativo dos tratamentos ( $P \leq 0,05$ ) de 1 a 14 dias para

os frangos de corte, onde apresentaram valores de 1,28kg de ração/kg de frango para o tratamento controle e 1,22 kg de ração/kg de frango para o tratamento nos quais as matrizes foram suplementadas com AGA. Este resultado demonstra que os pintinhos oriundos de matrizes suplementadas com AGA converteram melhor o alimento que consumiram em ganho de peso. Segundo Maier (2018), a melhora na conversão alimentar observada na primeira semana dos frangos de corte quando alimentados com dieta suplementadas com AGA pode ser atribuída a melhora na eficiência alimentar na possível característica do nutriente avaliado em substituir ou poupar a arginina dietética para pintinhos nesta fase inicial.

Não houve efeito na viabilidade ( $p>0,05$ ) em função dos tratamentos. Diferentemente dos resultados encontrados por Michiels et al. (2012), que trabalharam com frangos de corte na inclusão do AGA (0.6 e 1.2 g/kg) e observaram menor mortalidade, 3.1%, em comparação com as aves alimentadas com a dieta controle. Murakami et al. (2014) encontraram menor mortalidade embrionária para a progênie obtida por matrizes de codornas suplementadas com AGA, observando ainda melhora na fertilidade nesse estudo.

### ***Qualidade de ovos***

Ovos de poedeiras alimentadas com dietas suplementadas com AGA durante as quatro primeiras semanas apresentaram diferenças para a variável de peso específico, que apresentou aumento linear  $y = 1.07632 + 0.00000246x$  sendo um ganho na qualidade dos ovos, visto que essa característica apresenta normalmente diminuição linear devido a qualidade menor da casca em galinhas poedeiras mais velhas. Diferentemente do observado nos ovos com doze semanas de inclusão de AGA nas dietas, que não apresentaram efeito dos tratamentos. Resultados semelhantes ao encontrados por Paixão (2017), que não encontrou diferença entre os tratamentos avaliados ( $P>0.05$ ) para ovos de matrizes de frangos de corte com 50<sup>a</sup> a 66<sup>a</sup> semanas de idade.

Para as porcentagens dos componentes dos ovos (gema, albúmen e casca), unidades *Haugh* e resistência da casca não foram encontradas diferenças entre os tratamentos avaliados ( $p>0.05$ ). A inclusão do produto em questão não foi capaz de modificar características da qualidade dos ovos.

A inclusão de AGA na dieta de poedeiras com 101<sup>a</sup> a 113<sup>a</sup> semana de idade para a coloração da gema promoveu coloração diferente de acordo com o tempo de inclusão e nível de suplementação do AGA. Com quatro semanas de inclusão do AGA foi obtida resposta quadrática com um nível ótimo de 0.12% de AGA e para doze semanas de inclusão o nível ótimo encontrado foi de 0.14% de AGA.

### ***Creatina dos ovos***

Os ovos já apresentam em sua composição uma quantidade mínima de creatina produzida de forma endógena pelas aves. A concentração de creatina nos ovos do presente estudo não foi fortificada pela a inclusão do AGA nas rações de galinhas poedeiras. Diferindo dos resultados encontrados por Murakami (2014) que avaliou a suplementação de AGA em dietas para codornas (*Coturnix coturnix*) e obteve a fortificação dos ovos de codorna em níveis de AGA como também o aumento da creatina.

Para atletas de alta performance que buscam a suplementação alimentar como forma de suprir suas necessidades nutricionais afim de melhorarem seus rendimentos, uma dieta com a presença de ovo é boa ferramenta para complemento dessa nutrição, visto que o ovo é um alimento funcional, pois, além da creatina apresenta outros nutrientes ergogênicos em sua composição (Costa et al., 2017).

Para a recomendação diária de ingestão de 3 g de creatina, considerando a presença de 0,052mg/g de creatina nos ovos do tratamento controle e o peso médio do ovo de 65 g, cada ovo teria 3,38 mg, para suprir essa ingestão diária recomendada seria necessário o consumo de aproximadamente 887 ovos por dia para suprir essa necessidade de creatina na alimentação de atletas.

### ***Avaliação econômica***

O custo médio das dietas por quilo com a quantidade de quilo de ovos produzido apresentou aumento dos preços de forma linear de acordo com as inclusões do produto testado. De modo que a ração com inclusão de 0,04% de AGA analisado com a ração de 0,22% de AGA foi visto o aumento de 5% no valor da ração/kg.

Na conversão alimentar por dúzia de ovos das aves houve efeito da inclusão do AGA e determinou-se o valor ótimo de 0,12 de inclusão do AGA.

O tratamento controle possui custo menor em 3,4% em comparação com a ração de melhor custo de inclusão do AGA por kg de ovos produzidos, o que em uma produção avícola pode causar grande impacto econômico, uma vez que se trabalham com grandes lotes e conseqüentemente grandes quantidades de ração produzidas por dia.

## **CONCLUSÕES**

A inclusão de 0,12% AGA em dietas de galinhas poedeiras comerciais melhorou a qualidade dos ovos e na análise econômica obteve-se melhor custo de ração por kg da dúzia de ovos

produzidos. Não houve a fortificação com AGA nem aumento dos níveis de creatina nos ovos com a suplementação de AGA nas dietas.

### **IMPLICAÇÕES**

O consumo per capita de ovos apresenta espaço para seu crescimento no Brasil. Os ovos enriquecidos têm um papel importante no aumento desse consumo, pois representam fonte alternativa e de finalidade nutricional específica. A inclusão do AGA nas dietas não apresentou aumento do nível de creatina nos ovos, porém sua pesquisa foi importante na busca por produtos alternativos no enriquecimento de ovos comerciais e sua real eficácia. Novas pesquisas com outros produtos são fundamentais para a maior diversificação de ovos enriquecidos e melhor atendimento aos consumidores.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos a Fazenda Professor Hélio Barbosa da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Empresa Evonik Degussa Brasil Ltda. e ao Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e tecnológico (CNPq), pela oportunidade do estudo de mestrado.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. F.; RAMALHO, J. B. R.; ARAÚJO, S. S. et al. Efeito do ácido guanadinoacético em matrizes pesadas e o desempenho das progênes. Rev. Pro. Ani. Avicultura. ed.78, 2013.
- BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T.; FERREIRA, A.S.; DE LIMA, G. J. M. M.; GOMES, M. F. M. Triguilho para suínos nas fases inicial de crescimento, crescimento e terminação. Rev. Soc. Bras. Zoot., v.21, n.5, p.827-837, 1992.
- BORGES, K.M.; Ácido Guanidinoacético em dieta pré-inicial para frangos. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – p.57, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.
- BRANT, A.W.; OTTE, A. W.; NORRIS, K.H. 1951. Recommend standards for scoring and measuring opened egg quality. Food Technology, v.5, p.356-361, 1951.
- EVONIK INDUSTRIES AG (2012): Free Amino acid content in Feed: Extraction. Analytical Method, March 2012.
- CARVALHO, F. B.; STRINGHINI, J. H.; JARDIM FILHO, R, M.; et al. Qualidade interna e da casca para ovos de poedeiras comerciais de diferentes linhagens e idades. Ciência Animal Brasileira, v. 8, n. 1, p.25-29, 2007.
- COMMUNITY REFERENCE LABORATORY FEED ADDITIVES (CRL Feed Additives). CRL Evaluation Report on Guanidinoacetic acid (CreAmino™). FAD-2007–0003, 2007.
- COSTA, F. A.D.; TAVERNARI, F. C.; COSTA, O. A. D.; et al. Enriquecimento com ácidos graxos da série ômega 3 em carne de aves e ovos. PubVet, v.11, n.2, p.113-123, 2017.
- DIGAMBAR, J. M.; CHOUBEY, M.; SANFLI, K.; et al. Designer egg: A nutritional approach. The Pharma Innovation Journal, v.7(8), p.57-59, 2018.

ESSER, A.F.G.; GONÇALVES, D.R.M.; RORIG, A.; CRISTO, A.B.; PERINI, R.; FERNANDES, J.I.M.; Brazilian Journal of Poultry Science, v.19, n.3, p.429-436, 2017.

FERNANDES, J.; MURAKAMI, A.; SAKAMOTO, M.; et al. Effects of Organic Mineral Dietary Supplementation on Production Performance and Egg Quality of White Layers. Brazilian Journal of Poultry Science, v.10, p.59-65, 2008.

LEMME, A.; RINGEL, J.; STERK, A.; YOUNG, J.F.; Supplemental guanidino acetic acid affects energy metabolism of broilers. 16th European Symposium on Poultry Nutrition, 2015.

LOHMANN, Layer management guide: Lohmann Brown – Lite. Classic. Brasil, 2017.

MAIER, G. S.; Eficácia da suplementação do ácido guanidinoacético em dietas deficientes em energia para frangos de corte: desenvolvimento muscular e ocorrência de miopatias. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – p.86, Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2018.

MAZZUCO, H. Ovo: alimento funcional perfeito à saúde. Avicultura industrial - O superalimento: fonte generosa de nutrientes importantes, o ovo é o mais completo alimento para a dieta humana, Itu, SP: Gessulli, v. 99, n. 1164, p. 12 - 16, 2008.

MENDONÇA, M. O. Desempenho zootécnico e qualidade de ovos de codornas japonesas alimentadas com diferentes rações de ômega-3. 2013. Tese (Doutorado em Zootecnia) - 156f, Departamento de Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2013.

MICHIELS, J.; MAERTENS, L.; BUYSE, J.; LEMME, A.; et al. Supplementation of guanidinoacetic acid to broiler diets: Effects on performance, carcass characteristics, meat quality, and energy metabolism. Poultry Science, v.91, p.402–412, 2012.

MURAKAMI, A. E.; RODRIGUEIRO, R. J. B.; SANTOS, T. C. et al. Ácido guanidinoacético sobre os índices reprodutivos das aves domésticas utilizando matrizes de codornas para corte como modelo animal. Informe: Evonik Degussa Brazil. p.35, 2013.

MURAKAMI, A. E.; RODRIGUEIRO, R. J. B.; SANTOS, T. C.; et al. Effects of dietary supplementation of meat-type quail breeders with guanidinoacetic acid on their reproductive parameters and progeny performance. *Poultry Science*, v.93, p.2237–2244, 2014.

OSTOJIC, S.M.; OSTOJIC, J.; DRID, P.; Dietary guanidinoacetic acid increases brain creatine levels in healthy men. *Nutrition Journal*, Elsevier Inc, v.33, p.149-156, 2016.

PAIXAO, S. J.; Suplementação de ácido guanidinoacético e minerais orgânicos sobre os parâmetros reprodutivos de matrizes de corte e desempenho de suas progênes. Tese (Doutorado em Zootecnia) – p.115, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2017.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. *Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais*, 4ª edição, Viçosa, MG: UFV 2017. 488p.

## APÊNDICE 1

**Tabela 1.** Composição e níveis nutricionais das dietas experimentais

Ingredientes	AGA calculado (%)				
	0.00%	0.05%	0.10%	0.15%	0.20%
Milho moído (7.86% PB)	62.40	62.40	62.40	62.40	62.40
Farelo de soja (45.5% PB)	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Calcário calcítico	10.91	10.91	10.91	10.91	10.91
Farinha de carne e ossos (41% PB)	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Farelo de trigo	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20
Sal comum	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Suplemento vitamínico-mineral <sup>1</sup>	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
DL-metionina	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
L-Lisina	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Areia	0.20	0.15	0.10	0.05	0.00
AGA <sup>2</sup>	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20
<b>Total</b>	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<b>Concentração dos nutrientes calculados</b>					
EMAn (kcal/kg)	2650	2650	2650	2650	2650
Proteína bruta (%)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Cálcio (%)	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24
Fósforo disponível (%)	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
Sódio (%)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
<b>Composição dos nutrientes analisados</b>					
AGA <sup>2</sup> (mg/kg)	< 20*	443	1103	1148	2219
Extrato etéreo após hidrólise (%)	2.70	2.90	2.80	2.60	3.10
Fibra bruta (%)	2.80	2.40	2.50	2.50	2.70

Cinzas brutas (%)	16.10	17.10	16.50	16.30	14.90
Metionina digestível (%)	0.28	0.29	0.29	0.28	0.29
Cistina digestível (%)	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
Met + cis digestível (%)	0.52	0.53	0.53	0.53	0.53
Lisina digestível (%)	0.71	0.76	0.74	0.74	0.74
Treonina digestível (%)	0.51	0.54	0.53	0.53	0.53
Arginina digestível (%)	0.92	0.98	0.95	0.95	0.95
Isoleucina digestível (%)	0.55	0.59	0.57	0.58	0.57
Leucina digestível (%)	1.18	1.22	1.19	1.22	1.20
Valina digestível (%)	0.66	0.70	0.68	0.68	0.68
Histidina digestível (%)	0.37	0.39	0.39	0.39	0.38
Fenilalanina digestível (%)	0.67	0.71	0.69	0.70	0.68
Glicina digestível (%)	0.76	0.76	0.75	0.74	0.76
Serina digestível (%)	0.67	0.69	0.68	0.68	0.68
Prolina digestível (%)	0.99	0.99	0.97	0.99	0.98
Alanina digestível (%)	0.78	0.80	0.78	0.79	0.79
Ácido aspártico (%)	1.30	1.38	1.35	1.35	1.35
Ácido glutâmico (%)	2.41	2.52	2.45	2.49	2.46

<sup>1</sup>Suplemento Vitamínico e mineral (composição por quilograma do produto): Vit. A 5.000.000 UI, Vit. D3 1.100.000 UI, Vit E 4.000 UI, Vit. K3 1.000 mg, Vit. B1 520 mg, Vit. B2 1.500 mg, Vit. B6 500 mg, Vit. B12 3.000 mcg, Niacina 10 g, Ácido Fólico 102 mg, Ácido Pantotênico 4.600 mg, Biotina 10 mg, Colina 43 g, Manganês 25g, Zinco 25g, Ferro 25 g, Cobre 3.000 mg, Iodo 500 mg, Selênio 100 mg, Cobalto 50 mg.

<sup>2</sup>CREAMINO<sup>®</sup> é uma preparação de Ácido Guanidinoacético (AGA) em 96%. \*Limite de detecção mínimo do aparelho de 20 mg/kg de AGA. Aprovado na Europa na categoria de “aditivos alimentares”, produzido pela EVONIK DEGUSSA BRASIL Ltda.

**Tabela 2.** Desempenho de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA da 101<sup>a</sup> a 113<sup>a</sup> semana de idade<sup>1</sup>

Variável	Níveis de Ácido Guanidinoscético analisados					CV%	Valor de P	
	0.00%	0.04%	0.11%	0.12%	0.22%		Linear	Quadrática
PMI <sup>2</sup>	2.04	1.98	2.02	2.00	2.03	2.33	0.828	0.168
PMF <sup>3</sup>	1.93	1.91	1.88	1.86	1.84	2.52	<0.001	0.950
CMR <sup>4</sup>	97.45	96.79	98.63	91.49	95.17	4.47	0.123	0.964
CMRAGA <sup>5</sup>	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	3.88	<0.0001	0.568
PROD <sup>6</sup>	61.66	63.28	67.09	63.70	62.42	6.91	0.747	0.061
MO <sup>7</sup>	41.24	41.72	44.13	40.78	40.99	7.58	0.735	0.209
PO <sup>8</sup>	66.88	65.87	65.80	63.99	65.67	2.39	0.052	0.152
OAA <sup>9</sup>	50.35	50.91	54.15	50.83	49.74	10.18	0.846	0.218
CA/DÚZ <sup>10</sup>	2.02	1.98	1.90	1.86	1.96	5.16	0.102	0.032
CA/KG <sup>11</sup>	2.52	2.50	2.41	2.42	2.49	5.65	0.441	0.158
VIAB <sup>12</sup>	93.75	90.28	91.67	91.67	92.36	7.67	0.874	0.511

<sup>1</sup>Resultado médio de 6 repetições de 24 aves/repetição.

<sup>2</sup>Peso médio inicial (101 semanas de idade), <sup>3</sup>Peso médio final (113 semanas de idade),

<sup>4</sup>Consumo médio de ração (g/ave/dia); <sup>5</sup>Consumo de ração (kg) por AGA analisado; <sup>6</sup>Produção de ovos (%); <sup>7</sup>Massa de ovos (g ovo/ave/dia); <sup>8</sup>Peso do ovo (g); <sup>9</sup>Número ovos/ave alojada;

<sup>10</sup>Conversão alimentar/dúzia (Kg de ração/12 ovos), <sup>11</sup>Conversão alimentar/peso (Kg de ração/kg de ovos) e <sup>12</sup>Viabilidade.

CV = Coeficiente de variação

**Tabela 3.** Qualidade de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA<sup>1</sup>

Variável	Níveis de Ácido Guanidinoacético analisados					CV	Valor de P	
	0.00%	0.04%	0.11%	0.12%	0.22%		Linear	Quadrática
105 semanas de idade								
PE (g) <sup>3</sup>	1.078	1.077	1.078	1.078	1.084	0.86	0.041*	0.072
% GEM (%) <sup>4</sup>	25.81	26.23	24.99	25.88	24.71	8.83	0.085	0.553
% ALB (%) <sup>5</sup>	65.16	65.02	66.13	65.25	66.26	3.76	0.128	0.866
% CAS (%) <sup>6</sup>	9.03	8.75	8.89	8.87	9.03	11.56	0.868	0.361
UH <sup>7</sup>	90.77	93.26	90.15	91.22	89.55	8.87	0.390	0.501
RES (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>8</sup>	3948.4	4425.1	4199.0	3826.3	4418.1	26.28	0.634	0.921
ESP (mm) <sup>9</sup>	38.81	36.74	38.56	37.33	37.78	11.07	0.591	0.538
COR <sup>10</sup>	6.63	6.29	5.75	6.46	6.38	14.40	0.585	0.014*
113 semanas de idade								
PE (g) <sup>3</sup>	1.077	1.080	1.080	1.080	1.079	0.89	0.457	0.354
% GEM (%) <sup>4</sup>	25.43	25.57	25.00	25.64	24.58	7.46	0.183	0.408
% ALB (%) <sup>5</sup>	65.75	65.44	65.82	65.34	66.16	3.39	0.617	0.408
% CAS (%) <sup>6</sup>	8.82	9.00	9.18	9.02	9.26	12.80	0.219	0.812
UH <sup>7</sup>	96.87	96.19	96.96	95.66	98.72	7.41	0.494	0.323
RES (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>8</sup>	4316.9	4611.3	4148.7	4394.0	4170.7	24.61	0.458	0.688
ESP (mm) <sup>9</sup>	33.76	33.53	34.58	33.94	35.75	12.72	0.119	0.473
COR <sup>10</sup>	7.00	8.08	8.21	7.46	8.21	11.21	0.004*	0.034*

<sup>1</sup>Resultado médio de 24 ovos de cada tratamento.

<sup>2</sup>Peso médio dos ovos (g); <sup>3</sup>Peso específico dos ovos (%); <sup>4</sup>Porcentagem de gema; <sup>5</sup>Porcentagem de albúmen; <sup>6</sup>Porcentagem de casca; <sup>7</sup>Unidades Haugh; <sup>8</sup>Resistência da casca; <sup>9</sup>Espessura da casca e <sup>10</sup>Cor da gema.

CV = Coeficiente de variação

**Tabela 4.** Perfil de creatina dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA<sup>1</sup>

Variável	Níveis de AGA analisados					CV	Valor de P	
	0.00%	0.04%	0.11%	0.12%	0.22%		Linear	Quadrática
4 semanas de inclusão de AGA								
Creatina (mg/g)	0.052	0.067	0.052	0.055	0.064	27.23	0.676	0.874
12 semanas de inclusão de AGA								
Creatina (mg/g)	0.035	0.055	0.069	0.048	0.050	29.57	0.536	0.205

<sup>1</sup>Resultado médio representado por uma amostra, pool de cinco ovos, de cada repetição, sendo a análise do albúmen + gema.

**Tabela 5.** Análise econômica do valor do kg das rações e da produção de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA<sup>1</sup>

Tratamento	Custo da ração (R\$ kg)	Conversão alimentar/dúzia (Kg de ração/12 ovos) <sup>2</sup>	Custo de ração por kg de 12 ovos produzidos <sup>3</sup>
0.00%	0.7450	2.0229	1.5071
0.04%	0.7577	1.9752	1.4966
0.11%	0.7704	1.8989	1.4630
0.12%	0.7831	1.8585	1.4555
0.22%	0.7959	1.9646	1.5636

<sup>1</sup>Níveis de AGA analisado na ração; <sup>2</sup>(CV=5.16; P linear=0.2524; P quadrático=0.008);  
<sup>3</sup>(CV=5.20; P linear=0.2736; P quadrático=0.023);

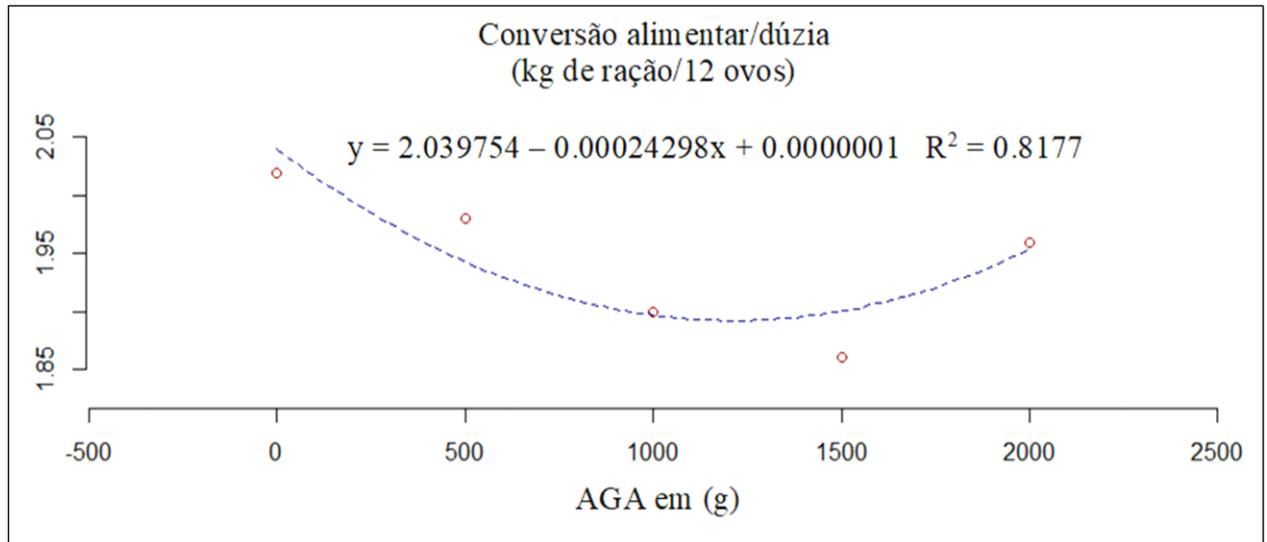
AGA analisado (%)  $y = 1.516129 - 1.98006x + 6.727608x^2$   $R^2 = 0.9319$

Custo de ração por dúzia de ovos produzidos

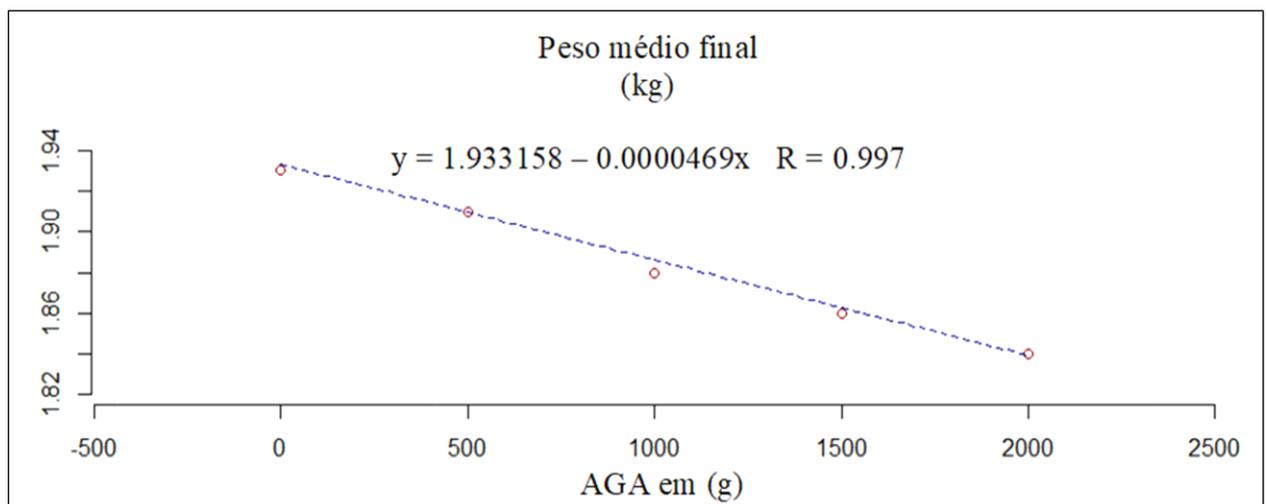
Conversão alimentar/dúzia (Kg de ração/12 ovos)

## APÊNDICE 2

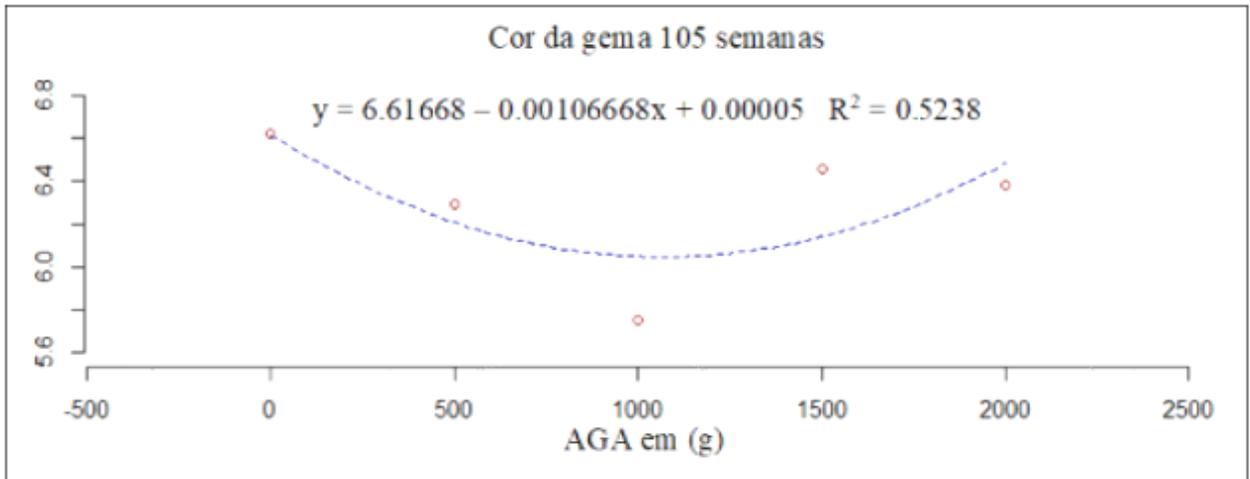
**Gráfico 1.** Conversão alimentar por dúzia de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA da 101<sup>a</sup> a 113<sup>a</sup> semanas de idade



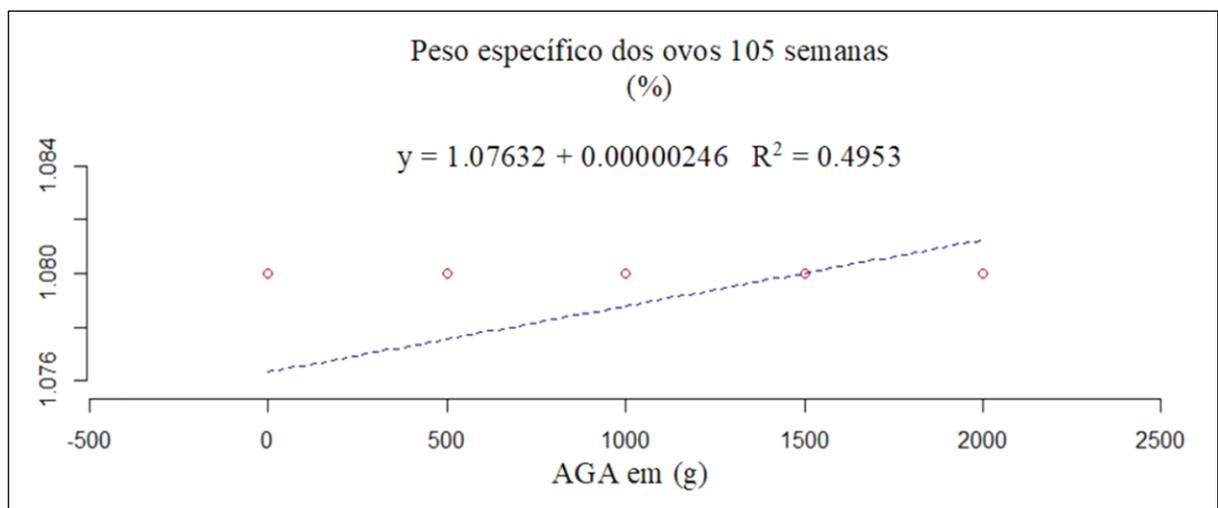
**Gráfico 2.** Peso médio final de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA da 101<sup>a</sup> a 113<sup>a</sup> semanas de idade



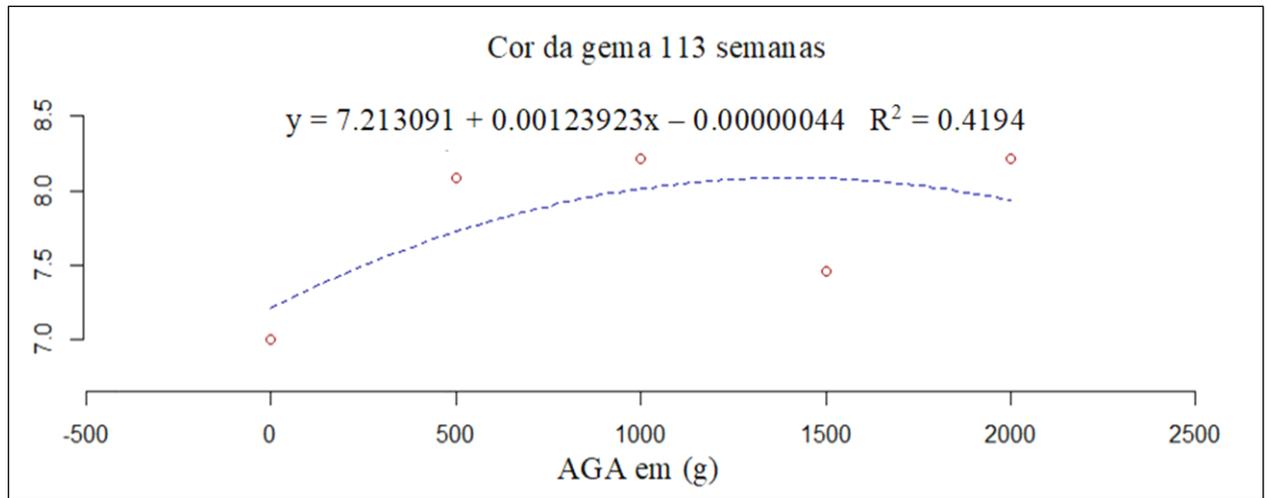
**Gráfico 3.** Cor da gema dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA na 4ª semana de suplementação



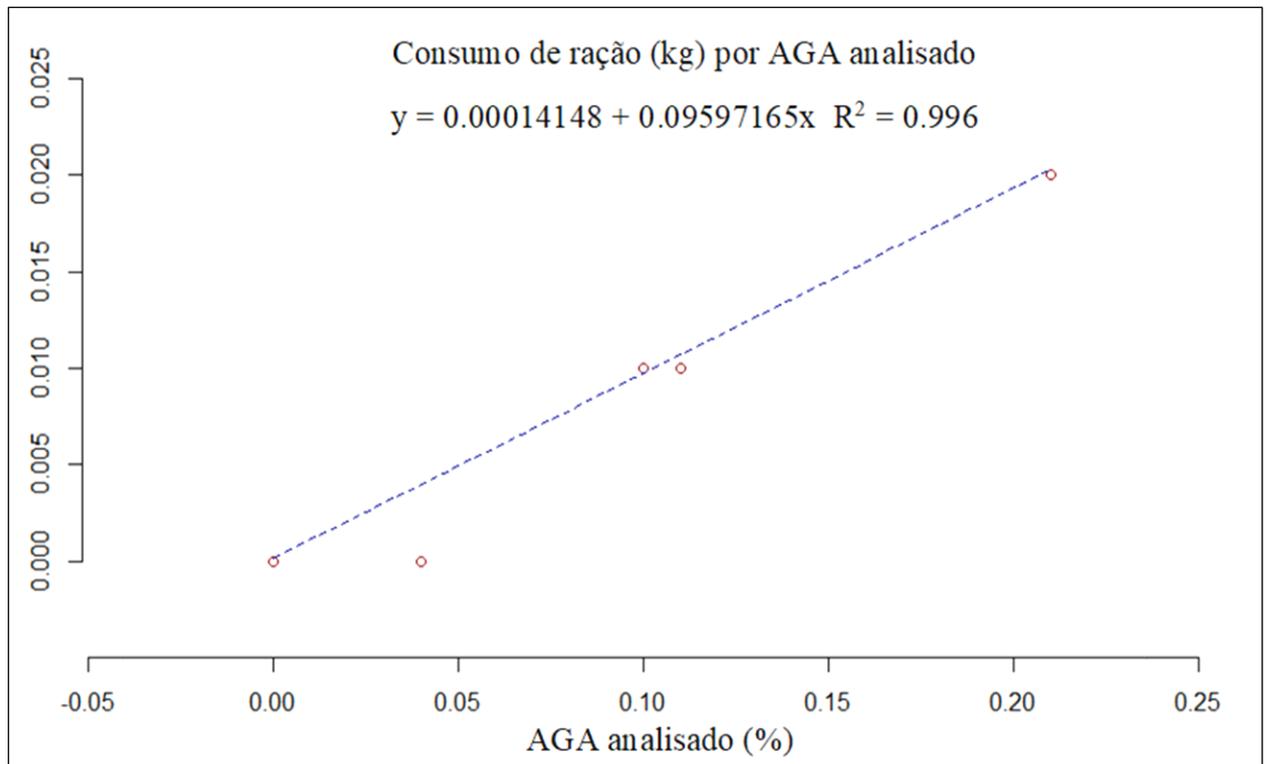
**Gráfico 4.** Peso específico dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA na 4ª semana de suplementação



**Gráfico 5.** Cor da gema dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de AGA na 12ª semana de suplementação



**Gráfico 6.** Consumo de ração (kg) por AGA analisado nas dietas de poedeiras da 101ª a 113ª semanas de idade



**Gráfico 7.** Custo de ração (kg) por dúzia de ovos produzidos de poedeiras alimentadas com rações contendo diferentes níveis de AGA

