



SÉRGIO TURRA SOBRANE FILHO

**L-ARGININA SUPLEMENTAR PARA FRANGOS DE CORTE
NA FASE FINAL DE CRIAÇÃO (29 AOS 42 DIAS)**

**LAVRAS-MG
2018**

SÉRGIO TURRA SOBRANE FILHO

**L-ARGININA SUPLEMENTAR PARA FRANGOS DE CORTE EM FASE FINAL DE
CRIAÇÃO (29 AOS 42 DIAS)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programas de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Não-Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues
Orientador

Prof. Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu
Coorientador

**LAVRAS-MG
2018**

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

Sobrane Filho, Sérgio Turra.

L-arginina suplementar para frangos de corte na fase final de criação (29 aos 42 dias) / Sérgio Turra Sobrane Filho. - 2018.

109 p.:il.

Orientador (a) : Paulo Borges Rodrigues.

Coorientadores (a) : Márvio Lobão Teixeira de Abreu, Antonio Carlos de Laurentiz.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. lipogênese. 2. lipólise. 3. proteína ideal. I. Rodrigues, Paulo Borges. II. Abreu, Márvio Lobão Teixeira de. III. Laurentiz, Antonio Carlos de. IV. Título.

SÉRGIO TURRA SOBRANE FILHO

**L-ARGININA SUPLEMENTAR PARA FRANGOS DE CORTE EM FASE FINAL DE
CRIAÇÃO (29 AOS 42 DIAS)**

**DIETARY L-ARGININE SUPPLEMENTATION FOR BROILERS IN THE FINAL
PHASE (29 TO 42 DAYS OLD)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programas de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Não-Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 16/03/2018

Prof. Dr. Antonio Carlos de Laurentiz- DBZ/UNESP/Ilha Solteira
Prof. Dr. Otto Mack Junqueira- DBZ/UNESP/Ilha Solteira
Prof. Dra. Priscila Vieira e Rosa- DZO/UFLA
Prof. Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu- DZO/UFLA

Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues
Orientador

**LAVRAS-MG
2018**

A Deus por toda oportunidade e por ter me concedido força, perseverança e sabedoria para prosseguir nessa trajetória.

Ao meu avô, Dirceu Teixeira dos Anjos (in memoriam), e a minha avó, Laura Ramos dos Anjos, pelos seus ensinamentos, carinho e por terem vontade de ver o trabalho do “Alemão” concluído.

Aos meus pais (Sérgio T. Sobrane e Vanderli Ramos dos Anjos), irmãs (Denise e Mayara Ramos Turra Sobrane) e sobrinha (Juliana Bonesso Sobrane) por todo carinho e apoio nessa longa jornada.

*À Eloisa Assunção de Melo Lopes por toda compreensão e carinho nessa etapa
Amo vocês!*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo e apoio financeiro.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA) pelo apoio financeiro.

Ao orientador, Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues, pela oportunidade, orientação, respeito e amizade, e pelo seu exemplo de profissionalismo e humanidade.

Aos professores, Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu e Dra. Priscila Vieira e Rosa, pela compreensão e colaboração neste e em outros projetos.

Aos professores, Dr. Antonio Carlos Laurentiz e Dr. Otto Mack Junqueira, pela orientação durante a vida acadêmica, apoio na realização das análises bromatológicas e amizade.

Ao Prof. Dr. Renato Ribeiro Lima pelo apoio e disposição para colaborar com as análises estatísticas.

À Ajinomoto do Brasil por realizar as análises de aminograma das rações.

Aos amigos e companheiros de trabalho, David Oliveira, Diovanna Santos, Eduardo Machado, Evelyn Oliveira, Flávio Aguiar, Nicole Nardelli, Tacyane Messias e Sebastian Dourado, por apoiarem e acreditarem na realização desse e de outros trabalhos.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia.

Ao meu tio, Vander Roberto Rangni, e minha tia, Rosemeire de Araújo Rangni, por todo apoio e conselhos durante a vida e por me incentivarem nos estudos.

A Márcia Alvarenga Oliveira Sobrane, pelo apoio e carinho durante todos esses anos.

Aos amigos que a vida me concedeu (André Santana, Bruno Akechi, David Braitte, Fernando Takeya, Igor Roberto, Ingrid Fuzikawa, Letícia Guerra, Márcio Fialho e Débora Fialho, Núbia Araújo, Túlio Montagnana e Yhuri Nóbrega) por me escutarem, apoiarem e compartilharem bons momentos durante todo esse período.

Aos amigos da UFLA e de Lavras (Bruna Ortiz, Caroline Vargas, Dona Dora e Sílvio Tadeu (*in memoriam*), Dona Hilda, Fernanda Romero e Julia Dias), por me incentivarem e me ajudarem nessa caminhada.

Aos amigos de repúblicas pela ajuda e companheirismo na estadia em Lavras, em especial a Carlos Pedrosa, Carlos Guiraldelli, Pablo Lourenço, Rômulo Alexandrino e Rennan Rufino, por participarem em algum momento desse trabalho.

A todos os meus familiares, amigos e aqueles que direta e indiretamente colaboraram com a realização desse trabalho.

“Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino. Esses que-fazeres se encontram um no corpo do outro. Enquanto ensino continuo buscando, reprocurando. Ensino porque busco, porque indaguei, porque indago e me indago. Pesquiso para constatar, constatando, intervenho, intervindo educo e me educo. Pesquiso para conhecer o que ainda não conheço e comunicar ou anunciar a novidade”
(Paulo Freire, 1997-Patrono da Educação Brasileira)

RESUMO

Avaliou-se a L-arginina suplementar em ração (SArg) e seus efeitos na modulação lipídica, na excreção e aproveitamento de nutrientes em frangos de corte, alimentados com nível recomendado ou reduzido de proteína bruta (PB). Foram realizados dois experimentos concomitantemente com frangos de corte Cobb® em cada ensaio, machos e fêmeas, dos 29 aos 42 dias de idade. Em ambos experimentos, as aves foram distribuídas em um delineamento em blocos casualizados (boxes e gaiolas metálicas), em arranjo fatorial 2x5 (sexo x SArg (0; 3; 6; 9 e 12 g kg⁻¹) com seis repetições contendo 23 aves nos boxes e 3 aves para as gaiolas. Os ensaios consistiram em um nível nutricional de PB recomendado (Experimento 1 – 187,5 g kg⁻¹) e reduzido (Experimento 2 – 170,0 g kg⁻¹). Nos dois experimentos foram analisados o desempenho zootécnico, rendimento (carcaça, partes e gordura abdominal - GA), composição química do peito, perfil lipídico sanguíneo (triglicerídeos - TGL, colesterol total-CT e colesterol fracionado - cHDL, cLDL, cVLDL), coeficiente de metabolizabilidade (matéria seca, extrato etéreo e energia bruta), balanço de nitrogênio e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn). Apenas no experimento 1, avaliou-se a atividade da enzima málica (ENZM) e glicose-6-fosfato desidrogenase (G6PD) no fígado das aves. Os dados foram submetidos a ANOVA, sendo o sexo comparado pelo teste F e a L-arginina suplementar por regressão polinomial (linear, quadrática e resposta linear plateau – LRP) ou teste de Scott-Knott com nível de 5% de probabilidade, através do software R, versão 3.5.1. Em ambos os ensaios os machos apresentaram condições produtivas melhores que as fêmeas. No Experimento 1, a conversão alimentar ajustou-se a LRP e melhorou (4,35%) até 6,67 g kg⁻¹ de SArg. Por outro lado, a GA reduziu de forma linear, assim como o CT e cLDL. Já o TGL e cVLDL apresentaram efeito quadrático com redução (15,37 e 13,09%, respectivamente) até 6,69 g kg⁻¹ de SArg. A EnzM reduziu (29,24%) até o nível de 7,85 g kg⁻¹ de SArg e a G6PD aumentou (26,57%) ao adicionar SArg. O SArg não aumentou a excreção de nitrogênio, porém reduziu a EMAn nos níveis de 9 e 12 g kg⁻¹. No experimento 2, observou-se melhora na conversão alimentar (4,5%) na forma de LRP até 7,66 g kg⁻¹ de SArg. Houve aumento na deposição de colágeno no peito ao adicionar SArg, porém não foi constatada diferença significativa na GA. Por outro lado, o TGL teve efeito quadrático com redução (17,48%) até 7,63 g kg⁻¹ de SArg e não foi observado aumento na excreção de nutrientes e alteração na EMAn. Dessa forma, pode-se concluir que, para o nível recomendado de PB, 6,9 g kg⁻¹ de SArg é eficiente em diminuir a lipogênese sem alterar a excreção de nutrientes e EMAn. No entanto, quando o nível de PB da ração é reduzido o nível 7,66 g kg⁻¹ de SArg propicia melhora no desempenho zootécnico, e não modifica a excreção de nutriente e a EMAn, mas reduz os níveis de TG influenciando o metabolismo lipídico.

Palavras-chave: lipogênese, síntese de ácidos graxos, aminoácidos, avicultura

ABSTRACT

This study investigated the effects supplemental L-arginine (SArg) and its effects on lipid modulation and nutrient excretion of broilers fed with normal or reduced levels of crude protein (CP). Two experiments were conducted concomitantly with broilers Cobb® in each trial, males and females, from 29 to 42 days. The birds were distributed in a randomized block design (boxes and metal cages), in a 2x5 factorial arrangement (sex x SArg (0, 3, 6, 9 and 12 g kg⁻¹), with six replicates of 23 birds for the boxes and three birds for the cages. The difference of the tests will consist of the nutritional level of crude protein: normal (Experiment 1- 187.5 g kg⁻¹) and reduced (Experiment 2- 170.0 g kg⁻¹). In both experiments were broiler performance, yield (carcass, cuts and abdominal fat-AF), breast chemical composition, blood lipid profile (triglycerides – TGL, cholesterol total-TC and fractionated cholesterol – HDLc, LDLc, VLDLc), metabolizable coefficient of dry matter, ethereal extract and gross energy, nitrogen balance and nitrogen-corrected apparent metabolizable energy (AMEn). In Experiment 1 also evaluated the activity of the malic enzyme (ENZM) and glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PD) in the liver. The data were analyzed by two-way ANOVA, with sex compared by the F test, and the additional L-arginine by polynomial regression (linear, quadratic and linear response plateau - LRP) or Scott-Knott test at the 5% level of probability through R software, version 3.5.1. Male broilers had better productive conditions than females in all trials. In the Experiment 1, the feed conversion data adjusted to the LRP model and improved (4.35%) up to 6.67 g kg⁻¹ of SArg. However, AF reduced linearly, as well as CT and LDL. TGL and cVLDL showed a quadratic effect with reduction (15.37 and 13.09%, respectively) up to the level of 6.69 g kg⁻¹ of SArg. SArg did not increase nitrogen excretion, but decreased EMAn at the levels of 9 and 12 g kg⁻¹. In the Experiment 2, the feed conversion data adjusted to the LRP model and improved (4.50%) up to 7.66 g kg⁻¹ of SArg. There was an increase in the deposition of collagen in the broilers breast, but there was no significant change in AF. On the other hand, TGL had quadratic effect with reduction (17.48%) up to 7.63 g kg⁻¹ of SArg and no increase in nutrient excretion and change in EMAn was observed. Thus, it can be concluded that, for the normal CP level, the SArg of 6.9 g kg⁻¹ is efficient in decreasing lipogenesis and without altering the excretion of nutrients and EMAn. However, when the level of CP of the diet is reduced the level of SArg of 7.66 g kg⁻¹ leads to improvement in the broiler performance without altering nutrient excretion and EMAn, reduces the metabolism of the TGL, and supposedly influences lipid metabolism.

Keywords: lipogenesis, fatty acid synthesis, amino acids, poultry farming

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	12
1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1. Definição química da arginina	13
2.2. L-arginina como aminoácidos essencial para aves	14
2.3. Metabolismo da L-arginina nas aves	16
2.3.1. Digestão de proteínas e absorção da arginina.....	16
2.3.2. Principais vias do metabolismo da L-arginina nas aves.....	19
2.3.2.1. A importância do catabolismo da L-arginina para a síntese da creatina	20
2.3.2.2. Síntese de L-prolina e poliaminas via catabolismo da L-arginina	21
2.3.2.3. Síntese de L-citrulina e de óxido nítrico via o catabolismo da arginina	23
2.4. O nível de proteína bruta na dieta das aves como moduladora da deposição lipídica	23
2.5. A L-arginina como moduladora do metabolismo proteico	25
2.6. A L-arginina e a modulação do metabolismo lipídico.....	27
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS	30
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	35
ARTIGO 1 – L-ARGININA COMO MODULADORA DO METABOLISMO DE LIPÍDEOS E PROTEICO EM FRANGOS DE CORTE DOS 29 AOS 42 DIAS DE IDADE	35
ARTIGO 2 – PROTEÍNA BRUTA REDUZIDA E A INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO COM L- ARGININA EM FRANGOS DE CORTE	71

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO

A produção de frangos de corte busca adequações, a todo o momento, devido à demanda de consumo, exigências de mercado e questões ambientais. No mercado atual, existe uma preocupação devido à metade da população mundial apresentar problemas de sobrepeso e obesidade, elevando os riscos de problemas cardiovasculares e favorecendo o aparecimento de diversos tipos de câncer, tornando um problema de saúde pública. Desta forma, a situação atual e a difusão de informações sobre a saúde da população mundial ocasionam uma mudança crescente no perfil do consumidor, os quais optam por carnes com baixos teores de lipídeos, em busca de uma alimentação cada vez mais saudável. Com isso, os centros de pesquisas ligados a avicultura devem intensificar as pesquisas visando alternativas (nutricionais e genéticas) para se adequar às opções no mercado e atender o interesse do “novo consumidor”.

Em busca da qualidade ambiental a avicultura iniciou a aplicação do conceito de proteína ideal, ou seja, redução da proteína bruta da dieta e adição dos aminoácidos industriais. Essa nova aplicação conceitual efetivamente reduziu a excreção de nutrientes junto com a utilização da enzima fitase, houve reduções significativas na excreção de nitrogênio e fosforo. Apesar disso, acarretou em um maior acúmulo de gordura abdominal na carcaça dos frangos de corte gerando mais um problema a ser resolvido no dinamismo da nutrição de aves (GOMIDE et al. 2014).

Muitas pesquisas foram desenvolvidas visando a suplementação com L-arginina para mamíferos e algumas aves (frangos de corte, perus e patos). Estas pesquisas obtiveram resultados favoráveis em relação a redução da gordura abdominal e alterações na atividade e expressão das enzimas do metabolismo lipídico, sugerindo que ocorre a diminuição da síntese de ácidos graxos e da lipogênese, e o aumento da lipólise e do catabolismo de ácidos graxos (WU et al., 2011; FOUAD et al., 2013; OSO et al., 2017). Outros estudos, recentes, indicaram a L-arginina pode em determinados níveis modular positivamente a síntese proteica e diminuir o catabolismo de proteínas (YUAN et al., 2016). Sendo então, um importante aminoácido para atender as demandas e possivelmente solucionar os problemas da produção de frangos de corte atualmente.

Em frangos de corte a deposição lipídica aumenta de duas maneiras, sendo uma através do aumento no número de adipócitos (hiperplasia) e outra pelo aumento no volume dos mesmos (hipertrofia). Nas aves de corte a hiperplasia ocorre até a quarta semana de idade e

posteriormente o crescimento dos depósitos de gordura se dá por hipertrofia (GUO et al., 2011). Desta maneira, a maioria das pesquisas que possuem a intenção de verificar a deposição de lipídeos, ocorre a partir dos 21 dias, quando a ave está próxima de iniciar os aumentos dos depósitos pela hipertrofia.

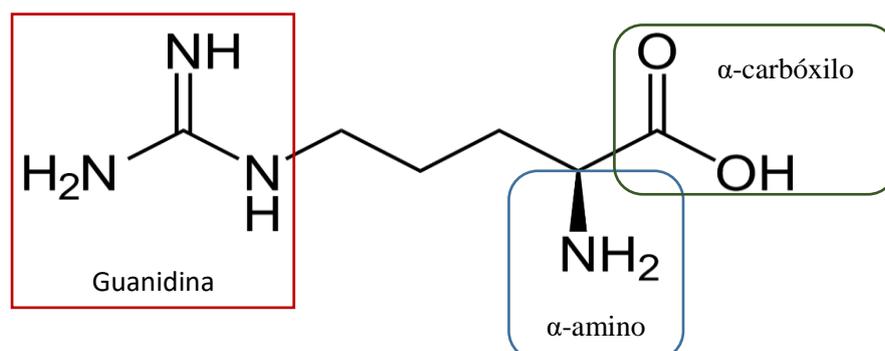
Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da suplementação com L-arginina no metabolismo de lipídeos em frangos de corte dos 29 aos 42 dias de idade, em dois experimentos separados, ou seja, para os animais alimentados com níveis recomendados de proteína bruta (18,75%) e reduzidos (17%). Além disso, em ambos os experimentos avaliou-se também o desempenho zootécnico, rendimentos de carcaça, e os coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes para verificar se a suplementação com L-arginina atende as questões ambientais da produção avícola.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Definição química da arginina

A estrutura molecular da arginina (Arg- $C_6H_{14}N_4O_2$, ácido 2-amino-5-guanidino-pentanoico), massa molar: $174,20 \text{ g mol}^{-1}$, é composta por uma cadeia linear de 4 carbonos ligada ao grupamento α -carbóxico e α -amino na parte proximal, e ao grupamento guanidina na parte distal da cadeia (Figura 1)(KHAJALI; WIDEMAN, 2010). E com base nas suas propriedades físico e química a arginina é classificada como aminoácido polar, catiônico, básico e com pKa 12,5 (D'MELLO, 2003; WU, 2013). Além disso, a forma biologicamente ativa da arginina é o isômero levogiro, ou seja, L-arginina, e possui um catabolismo glicogênico nos animais.

Figura 1- Estrutura molecular da L-arginina



Fonte: Khajali e Wideman, 2010

2.2. L-arginina como aminoácidos essencial para aves

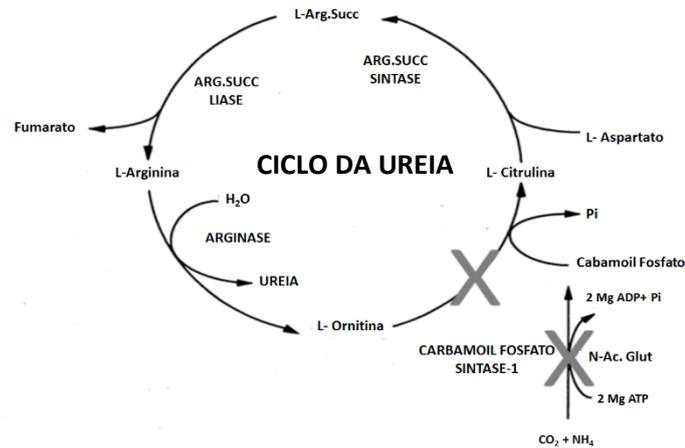
As aves apresentam um metabolismo particular do aminoácido L-arginina por não conseguirem “biossintetizá-lo” de forma eficiente, diferentemente dos mamíferos. Fato este, que leva a arginina ser considerada um aminoácidos essencial para as aves. Porém, mesmo com a falta da síntese endógena, a arginina corresponde em torno de 7% do total de proteína do corpo das aves e do ovo (NABER, 1979; LESSON; SUMMERS, 2001), o que torna as aves dependentes de níveis elevados de arginina dietética (FERNANDES; MURAKAMI, 2010).

A ineficiência de síntese do “novo arginina” nas aves ocorre pela ausência funcional do ciclo da ureia, ou seja, a ausência da enzima carbamoil fosfatase sintase 1 (CFS-1) que impossibilita a formação da L-arginina via L-ornitina (Figura 2). Com a ausência da CFS-1 não é possível formar o produto carbamoil fosfato (tendo como reagente CO_2 + amônia-derivada da glutanina + fosfato), que posteriormente seria o reagente junto com a L-ornitina para ação da enzima ornitina transcarboxilase (OTC) obtendo a L-citrulina como produto (D'MELLO 2003; KHAJALI; WIDEMAN 2010). No entanto, as aves possuem as enzimas, utilizadas após a formação da L-citrulina, arginossuccinato-sintase (ASS) e a arginossuccinato-liase (ASL), o que permite gerar L-arginina endógena via L-citrulina dietética. Desta forma, a L-citrulina dietética, primeiramente, se liga ao asparto catalisados pela enzima ASS gerando um composto intermediário chamado de arginossuccinato, esse composto sofre a ação da ASL produzindo a arginina e uma molécula de Fumarato. Nos mamíferos estas seriam a terceira e quarta etapa do ciclo da ureia (MURRAY et al., 2014).

Em contraste aos mamíferos, as aves são animais uricotélicos, ou seja, excretam ácido úrico para eliminação do nitrogênio. Essa circunstância poderia explicar a ausência do ciclo da ureia ativo no fígado das aves (SU; AUSTIC, 1999). No entanto, existem quantidades de ureia no plasma das aves que é consequência da ação da arginase (renal), estando diretamente relacionada com os níveis de L-arginina e L-citrulina dietética (MORRIS, 2002).

A exigência de arginina digestível varia de acordo com a idade, linhagem e estado fisiológico das aves. Diversos estudos voltados para a determinação de exigência nutricional da arginina foram realizados para frangos de corte. Na fase pré-inicial (0-7 dias), Stringhini et al. (2007) e Thon et al. (2010) encontraram exigências de 1,46 e 1,37% de arginina digestível, respectivamente. Atencio et al. (2004) e Campos et al. (2012) obtiveram níveis de 1,22% e 1,08% de arginina digestível para a fase inicial (7-21 dias). Para a fase crescimento final (20 a 42 dias) Atencio et al., (2004) recomendam níveis de 1,097% de arginina digestível.

Figura 2- Mecanismo ilustrando a ausência da biossíntese de L-arginina nas aves.



Fonte: Adaptado de Fernandes e Murakami (2010); Murray et al. (2014)

Os alimentos utilizados na produção de aves possuem grandes quantidades de arginina (Tabela 1), porém, ainda assim, a suplementação com L-arginina é discutida, por conta de ser considerado um aminoácido funcional, ou seja, atua em diversas vias metabólicas importantes no organismo das aves, e assim, melhoram a saúde, reprodução, sobrevivência e o desenvolvimento destas (WU, 2013). Devido a isso, muitos experimentos recomendam níveis diferentes de arginina digestível, pelo fato das condições sanitárias, densidade de criação e condições climáticas, alterarem o nível de recomendação.

Tabela 1- Proporções de proteína bruta, L-arginina analisados nos alimentos habitualmente utilizados na alimentação das aves.

Alimentos	Proteína Bruta (%)	% Arg na PB	% Arg no alimento
Farinha de Pena	80,3	6,56	5,27
Glúten de Milho	60,8	3,14	1,91
Farinha de Peixe	59,2	5,61	3,33
Farelo de Soja	46,9	7,29	3,42
Far. Carne e Ossos	40,83	7,88	3,22
Sorgo	8,97	4,23	0,38
Milho	8,00	4,78	0,38

Fonte: Adaptado de Lieboldt (2015); Rostagno et al. (2017)

2.3. Metabolismo da L-arginina nas aves

O metabolismo da L-arginina será apresentado nesta revisão por meio de etapas, sendo a primeira a digestão de proteínas e absorção da arginina e a segunda as principais vias metabólicas da arginina. Ambas etapas serão descritas e ilustradas, e também algumas comparações com o metabolismo da arginina em mamíferos, com o objetivo de elucidar facilmente o local de diferenciação e os motivos que levam a arginina ser considerada um aminoácido essencial para as aves.

2.3.1. Digestão de proteínas e absorção da arginina

Os aminoácidos de maneira geral e especialmente a arginina, podem ser fornecidos para o animal através da proteína presente na dieta ou na forma livre, aminoácidos industriais. A arginina, como já vimos, é um aminoácido essencial para as aves e o 5º limitante (WU, 2013).

A digestão das proteínas nas aves inicia-se no papo, de forma pouco expressiva, onde microrganismos acidogênicos atuam favorecendo a digestão por diminuir o pH, facilitando e melhorando a ação das enzimas proteolíticas e do ácido clorídrico no pró ventrículo (Figura 3). Porém esta microbiota não está desenvolvida em aves jovens, portanto, a redução do pH no papo pode ser mais notada em poedeiras e matrizes (aves com ciclo produtivo longo) do que em frangos de corte (BOWEN; WALDROUP, 1969; HINTON, 2000). Desta forma, consideramos que em frangos de corte o primeiro passo para a digestão de proteína ocorre no pró-ventrículo, local onde as proteínas são expostas ao ácido clorídrico, sofrem desnaturação deixando as ligações peptídicas expostas para a hidrólise enzimática.

Após a alimentação das aves, ocorre a distensão do pró-ventrículo sendo esse um dos estímulos para liberação da acetilcolina que se liga a células G e libera a gastrina. Outros estimulantes da liberação da gastrina são a hipercalcemia, presença de aminoácidos e peptídeos liberadores de gastrina (Figura 3). A liberação da gastrina promove a liberação de histamina a partir das células enterocromomafines, no pró-ventrículo. Estes estimulantes: acetilcolina, histamina e gastrina, ligam-se as células parietais as quais, liberam o ácido clorídrico que atua reduzindo o pH do pró-ventrículo. Além disso, a gastrina estimula a liberação do pepsinogênio, que em pH próximo de 2 é convertido em pepsina (AUER; GLICK, 1984), esta é a primeira enzima responsável pela digestão de proteína no trato gastrointestinal das aves.

A moela possui um papel importante na ação do ácido clorídrico e da pepsina (Figura 3), secretados no pró-ventrículo, isso porquê apesar de atuar apenas como um órgão de digestão

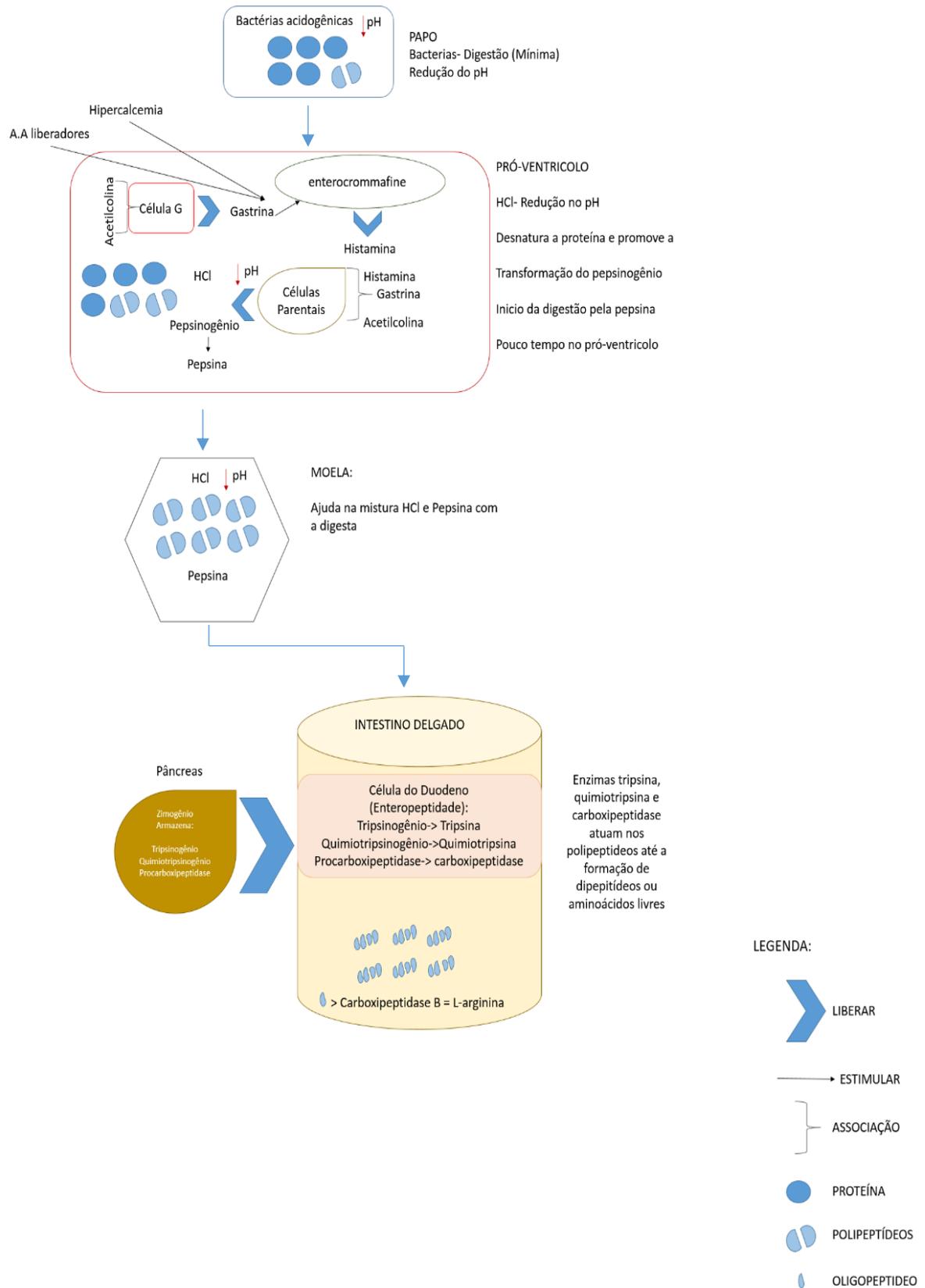
mecânica (movimentação), e não exercer funções secretora e absorptivas, é importante para misturar a digesta e possui taxa de passagem maior que a do pró-ventrículo, o que facilita ainda mais a ação enzimática levando a desnaturação e hidrólise das proteínas (KLASING, 1998).

No intestino delgado, os peptídeos formados pela desnaturação e hidrólise proteica, são degradados em aminoácidos pelas enzimas pancreáticas e intestinais (Figura 3). As enzimas do pâncreas que são responsáveis pela digestão dos peptídeos e proteínas remanescentes, são chamadas de proteinases e incluem a tripsina, quimiotripsina, elastase, carboxipeptidase A e B (LIPSCOMB, 1970). Porém, estas enzimas estão armazenadas no pâncreas na forma de zimogênio e uma vez secretadas no intestino, na forma inativa, são ativadas pela enteropeptidase (enzima produzida nas células duodenais). Dessa forma, o tripsinogênio, forma inativa, é ativado em tripsina, e posteriormente a presença da tripsina provoca a ativação do quimitripsinogênio a quimiotripsina, proelastase em elastase e procarboxipeptidase a carboxipeptidase (KLASING, 1998; LESSON; SUMMER, 2001).

As enzimas carboxipeptidases A e B são responsáveis pela liberação dos aminoácidos na forma livre. No entanto, diferenciam entre si quanto a propriedade ácido-base dos aminoácidos hidrolisados, onde a carboxipeptidase B hidrolisa os aminoácidos básicos como: arginina, lisina e histidina (WU, 2013). Sendo assim, muito importante para o metabolismo da arginina.

A absorção dos dipeptídeos, tripeptídeos e dos aminoácidos ocorre em maior quantidade no jejuno, seguido do íleo e do duodeno. Os sistemas de transporte de aminoácidos dependente para absorção de aminoácidos no lúmen intestinal são classificados de acordo com a sua preferência de substrato em Na^+ ou H^+ . No caso da arginina livre presente no lúmen intestinal é absorvida pela camada epitelial intestinal pelos dois tipos de transporte (Figura 4) citados (HUMPHREY et al 2004). O transporte dependente de Na^+ acarreta em gasto energético, por conta da utilização da bomba sódio-potássio, atuando contra um gradiente de concentração, ao contrário do transporte independente de sódio (H^+ dependente), que atua a favor do gradiente de concentração (WU, 2013).

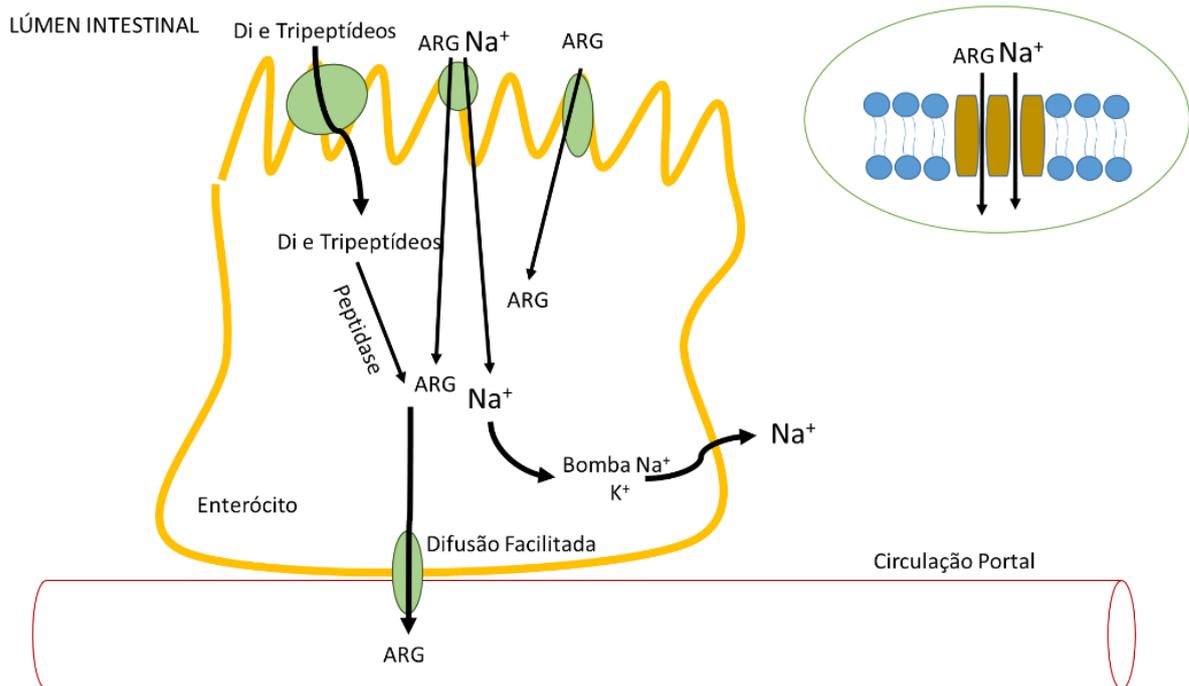
Figura 3- Etapas da digestão de proteína nas aves



Fonte: Adaptado Wu (2013)

Após a absorção, a arginina pode seguir para a circulação portal, ou até mesmo ser utilizada pelo próprio enterócito para a formação de proteínas ou catabolizada para a geração de energia. Por meio do sistema porta, arginina pode ir até o fígado e outros órgãos para a sua utilização (formação proteínas ou seu catabolismo).

Figura 4- Absorção da arginina pelos enterócitos



Fonte: Adaptado Wu (2013)

A digestibilidade ileal média da arginina nas aves para diferentes grãos e alimentos proteicos, normalmente, varia entre 83% a 93% (RAVINDRAN et al. 2005; LEMME et al. 2004). No que diz respeito a utilização da arginina dietética pelos enterócitos dados em mamíferos, mostram que 40% é metabolizada não entrando na circulação portal (WU et al., 2007). Em aves não foram encontrados estudos de utilização da arginina dietética pelos enterócitos.

2.3.2. Principais vias do metabolismo da L-arginina nas aves

A L-arginina é um aminoácido versátil, no que se refere as funções metabólicas, por ser necessária na síntese de diversos compostos como: ornitina, poliaminas (putrecina, espermidina e espermina), prolina, creatina, óxido nítrico e citrulina (FERNANDES;

regeneração rápida da adenosina difosfato (ADP) em adenosina trifosfato (ATP), esse fornecimento é mantido por um curto período de tempo (WU et al., 2013).

A biossíntese da creatina possui duas reações, sendo que a primeira reação é relacionada com o catabolismo da arginina. Onde a L-arginina transfere o grupamento guanidina para a glicina, reação catabolizada pela arginina-glicina aminotransferase, tendo como produto uma molécula de guanidino-acetato e a L-ornitina que segue sua via independente. A molécula de guanidino-acetato sofre mais uma reação, catabolizada pela guanidino-N-metiltransferase, na qual recebe um grupamento metil do S-adenosilmetionina para, gerando como produto a creatina e a S-adenosilhomocisteína (Figura 5) (FERNANDES; MURAKAMI, 2010; KHAJALI; WIDEMAN, 2010; WU, 2013). Posteriormente, a creatinina é fosforilada pela enzima creatina-cinase gerando uma molécula de fosfocreatina (reserva energética) que pode ser utilizada para regeneração de ATP pela mesma enzima.

Além da arginina, a metionina e a glicina são primordiais para a síntese de creatina, desta forma estudos de Keshavarz e Fuller (1971a, 1971b) não observaram o desempenho zootécnico esperado ao suplementar as aves com L-arginina e os autores associaram essa resposta a limitação dos demais aminoácidos pertencentes a síntese da creatina (glicina e metionina).

Na atualidade as aves estão cada vez mais restritas a dietas com fontes vegetais, principalmente quando o objetivo é o mercado internacional, e sabe-se que essas fontes não possuem creatina, o que resulta em destinar parte da L-arginina dietética para a formação da creatina (FERNANDES; MURAKAMI, 2010). Portanto, quando se utiliza dietas com inclusão de fonte de origem animal a biossíntese de creatinina é diminuída e a arginina dietética pode ser destinada para outras vias do metabolismo.

2.3.2.2. Síntese de L-prolina e poliaminas via catabolismo da L-arginina

A L-prolina é o aminoácido mais requisitado para a síntese de proteína no corpo das aves, principalmente, devido a sua importância na formação do colágeno que representa 30% das proteínas depositada no corpo. Além da sua importância na composição de proteínas estruturais, como o colágeno, a L-prolina exerce outras funções no metabolismo como: importante papel na regulação da expressão gênica e da diferenciação celular, cicatrização de feridas, reações antioxidantes e resposta imune, síntese de poliaminas e de glutamato (PISTOLLATO et al., 2010; WU et al., 2011).

A L-arginina pode através do seu catabolismo sintetizar a L-prolina e para que ocorra a biossíntese é necessário que a molécula da L-arginina sofra uma hidrólise, pela ação da enzima arginase, formando uma molécula de ureia e de L-ornitina. A L-ornitina transfere o grupamento amino, pela ação da enzima ornitina aminotransferase, para o 2-oxoglutarato produzindo o glutamato e o L-delta-pirrolina-5-fosfato que sofre redução formando a L-Prolina (FERNANDES; MURAKAMI, 2010; KHAJALI; WIDEMAN, 2010; WU, 2013). Entretanto, a biossíntese de L-prolina via L-arginina, segundo Wu et al. (2011) é aproximadamente menos que 7% da L-prolina total necessária para as aves. Devido a isso, existe na nutrição de aves uma discussão em considerar a L-prolina como um aminoácido essencial (WU, 2013).

As poliaminas (putrecina, espermidina e espermina) são moléculas que apresentam em suas estruturas grupamento amino separado por uma cadeia metilênica hidrofóbica e atuam em diversas vias metabólicas do organismo animal, tais como: na modulação da angiogênese, síntese proteica, embriogênese, expressão de genes crescimento de tecidos, produção de anticorpos e resposta imunes, maturação intestinal, proliferação e diferenciação de células, apoptose, espermatogênese, cicatrização de feridas e secreção de hormônios. Porém, elevadas quantidades de poliaminas na células podem ser tóxicas (WU et al., 2013).

Para a síntese das poliaminas é necessário a formação molécula de L-ornitina que pode ser oriunda do catabolismo da L-arginina ou da L-prolina. Após a síntese a L-ornitina sofre um processo de descarboxilação, catalisado pela ornitina descarboxilase, formando como produto a putrecina (primeira poliamina formada). A molécula de putrecina pode gerar, as demais aminas, a espermidina e a espermina, para formação de ambas é necessário moléculas de S-adenosilmetionina descarboxilado que em primeiro momento doa seu grupamento amino-propil para a molécula de putrecina, reação catalisada pela enzima espermidina sintase, sintetizando a espermidina que de forma sequencial pode recebe novamente a doação do grupamento amino-propil de uma nova molécula de S-adenosilmetionina descarboxilado formando a espermina, reação catalisada pela espermina sintase. (Figura 5) (FERNANDES; MURAKAMI, 2010; KHAJALI; WIDEMAN, 2010; WU, 2013).

Pelo fato das aves não poderem sintetizar a L-ornitina e ureia, por meio do ciclo da ureia, praticamente toda a L-ornitina presente no plasma é oriunda do catabolismo da L-arginina, ou da L-prolina, e a ureia no plasma das aves é decorrente do catabolismo da L-arginina (RUIZ-FERIA et al., 2001). Desta forma, em trabalhos que visam testar a suplementação com L-arginina a ureia no plasma pode ser um parâmetro bioquímico interessante para avaliar se a L-arginina foi metabolizada pelo animal.

Sabe-se, também, que a arginase não é uma enzima bem definida nas aves, Grazi et al. (1975) observaram duas arginases hepática e renal, porém ambas atuavam na mitocôndria, ao contrário dos mamíferos que possuem uma arginase I citoplasmática e a arginase II mitocondrial, além desta diferença, a atividade enzimática das arginases no fígado das aves é muito baixa segundo Berdford et al. (1987) e Ruiz-Feria et al. (2001), desta forma os autores indicaram que a formação da L-ornitina, poliaminas e L-prolina decorrente da L-arginina, ocorre basicamente nos rins das aves, por meio da ação das arginases renais.

2.3.2.3. Síntese de L-citrulina e de óxido nítrico via o catabolismo da arginina

As moléculas de óxido nítrico atuam em diversas vias metabólicas das aves. São radicais gasosos livres, capazes de difundirem pela membrana plasmática, e possuem uma elevada reatividade sendo mais utilizados pelas células endoteliais, nervosas, e de defesa e também em outros tecidos, incluindo as glândulas da hipófise (WU, 2013).

O óxido nítrico modula: angiogênese, transcrição dos sinais celulares, expressão de genes relacionados ao crescimento e de desenvolvimento dos tecidos, oxidação dos substratos de energia e resposta oxidativa, biogênese e respiração mitocondrial, secreção de hormônios, resposta imune, motilidade intestinal e integridade da mucosa, neurotransmissores, transporte e metabolismo de nutrientes, ovulação, espermatogênese, termogênese e controle da temperatura corporal, vasodilatação e funções cardiovasculares e cicatrização de feridas (FERNANDES; MURAKAMI, 2010; KHAJALI; WIDEMAN, 2010).

A formação do óxido nítrico e da L-citrulina ocorre através da reação da isoenzima óxido nítrico sintase que catalisam a L-arginina gerando como produto uma molécula de óxido nítrico e outra de L-citrulina (Figura 5). Nas aves esta reação é o único caminho para obtenção do óxido nítrico e L-citrulina, diferente do que ocorre nos mamíferos (KHAJALI; WIDEMAN, 2010).

2.4. O nível de proteína bruta na dieta das aves como moduladora da deposição lipídica

Por muito tempo a formulação de rações para aves baseava-se em satisfazer os níveis de proteína bruta (quantidade de nitrogênio x 6,25), ou seja, um conceito tradicional que resultava em dietas contendo níveis de aminoácidos superiores às exigências dos animais, gerando um problema econômico, pelos gastos elevados com as fontes proteica e ambiental, pela excreção

elevada de nitrogênio no ambiente (BELLOIR et al., 2017). O conceito atual, e aceito tanto no meio científico e em parte da indústria, é a proteína ideal, visa à relação exata entre os aminoácidos obtendo um melhor aproveitamento da proteína, desempenho do animal e menor excreção de nitrogênio, dependendo de uma adequada concentração e qualidade da proteína e a inclusão dos aminoácidos industriais.

Desta forma, o conceito de proteína ideal e a produção dos aminoácidos industriais favoreceram a redução da proteína bruta das dietas, conforme demonstrado por Gomide et al. (2014) que reduziram a proteína bruta na dieta de frangos de corte de 18% até 15% na fase de 36 a 42 dias de idade, e não observaram diferença no consumo de ração, conversão alimentar e ganho de peso. Outros autores obtiveram resultados semelhantes como Oliveira et al. (2011) que reduziram de 21,4% até 17,5% PB e Aletor et al. (2000) reduziram de 22,5% até 15,3% PB. Porém, ao avaliarem as características de carcaça relacionadas à deposição de lipídeos Aletor et al. (2000) e Gomide et al. (2014) indicaram um aumento na deposição de lipídeos nas aves alimentadas com baixos teores de proteína bruta.

O aumento do nível de proteína da dieta ocasiona uma diminuição do “novo ácido graxo” e das atividades das enzimas associadas a síntese de lipídeos no animal. Dentre as alterações no organismo das aves, no plasma, está o aumento na tiroxina (T4) e do fator de crescimento semelhante à insulina-1 (IGF-1), enquanto ocasiona a diminuição da triiodotironina (T3) e do hormônio de crescimento (GH) (ROSENBROUNG; STEELE, 1986; Rosenbroung et al., 1990). Rosenbroung et al. (1996), demonstraram que as alterações metabólicas podem ocorrer com mudanças agudas no nível de proteína na dieta (altos níveis ou baixos níveis), ou seja, a partir do fornecimento da nova dieta para as aves instantaneamente iniciam as alterações metabólicas, sendo, então, as modulações de curto prazo da lipogênese, porém, ao manter as dietas de forma crônica, as enzimas são moduladas a longo prazo alterando a expressão dos genes das aves.

Rosenbroung et al. (2002) estudaram os efeitos do aumento dos níveis de proteína (12, 21, 30% PB) em frangos de corte (7 aos 28 dias de idade) e constataram uma diminuição da lipogênese, conforme aumentavam o nível de proteína na dieta, essa redução foi de 36% (21%PB) e 83% (30%PB), quando comparado aos animais que receberam a dieta com 12% de proteína bruta. Os autores também avaliaram a atividade enzimática da enzima málica, principal fornecedora de equivalentes redutores para a lipogênese, e observaram que sua atividade foi reduzida quando os níveis de proteína bruta na dieta são aumentados, chegando a uma redução de 87% (30%PB) quando comparado com o menor nível estudado (12%PB). Ao avaliar a influência dos níveis de proteína na expressão do gene da enzima málica e do ácido graxo

sintase, os autores observaram que as aves alimentadas com 12% e 21% de proteína bruta tiveram expressão semelhante, contudo, as aves alimentadas com 30% de proteína bruta apresentaram uma expressão abaixo dos demais tratamentos. A expressão gênica da acetil CoA-carboxilase também foi avaliada pelo autores. Porém, apesar de manter o mesmo comportamento das demais enzimas, esta não teve uma redução tão acentuada. Estas observações foram confirmadas posteriormente por Rosenbrough et al. (2008) e Rosenbrough et al. (2011). Todavia, os autores concluíram que em curto tempo o gene só é alterado com níveis muito elevados de proteína bruta.

Choi et al. (2006) também demonstraram que o aumento nos níveis de proteína na dieta provocou uma redução significativa na expressão de RNAm da ácido graxo sintase no fígado de frango de corte, em comparação com níveis normais de proteínas.

Desta forma, o nível de proteína bruta na dieta afeta a deposição de lipídeos na ave. Assim, as pesquisas na avicultura devem buscar mecanismos nutricionais para reduzir esta deposição lipídica, conciliados com o conceito de proteína ideal, para atender os interesses ambientais, econômicos e do consumidor final.

2.5. A L-arginina como moduladora do metabolismo proteico

O metabolismo de proteínas pode ser dividido em síntese proteica e proteólise, ou seja, formação e degradação. Em mamíferos o mecanismo alvo de rapamicina (mTOR) é uma das principais vias de regulação e sinalização da síntese proteica, e é induzida por aminoácidos. Sabe-se, também, que os aminoácidos podem regular a expressão gênica em níveis de transcrição e translação, por meio da via do mTOR. O mTOR regula a tradução do mRNA (ácido ribonucleico mensageiro) através da fosforilação do efetores: proteína ribossomal quinase 1 (S6K1) e fator de iniciação eucariótico 4E- proteína de ligação 1 (4E-EP1) (MIAO et al., 2017).

A regulação e sinalização da proteólise, se dá pela expressão da “*muscle atrophy F box*” (MAFbx) e “*muscle ring finger-1*” (MurF1), que regulam a principal via proteolítica a ubiquitinaproteassoma, que está envolvida no sistema lisossomal e é dependente de ATP. Esta via degrada as proteínas através da proteasoma 26 S que contém um núcleo proteolítico conhecido como 20S (LECKER et al., 1999; BODINE et al., 2001; WU et al. 2014).

A L-arginina pode afetar diretamente o metabolismo das proteínas, isso porque é um dos principais componentes proteicos do corpo das aves (músculo, penas, enzimas e hormônio) e também vem sendo apresentada como uma molécula sinalizadora e reguladora da síntese

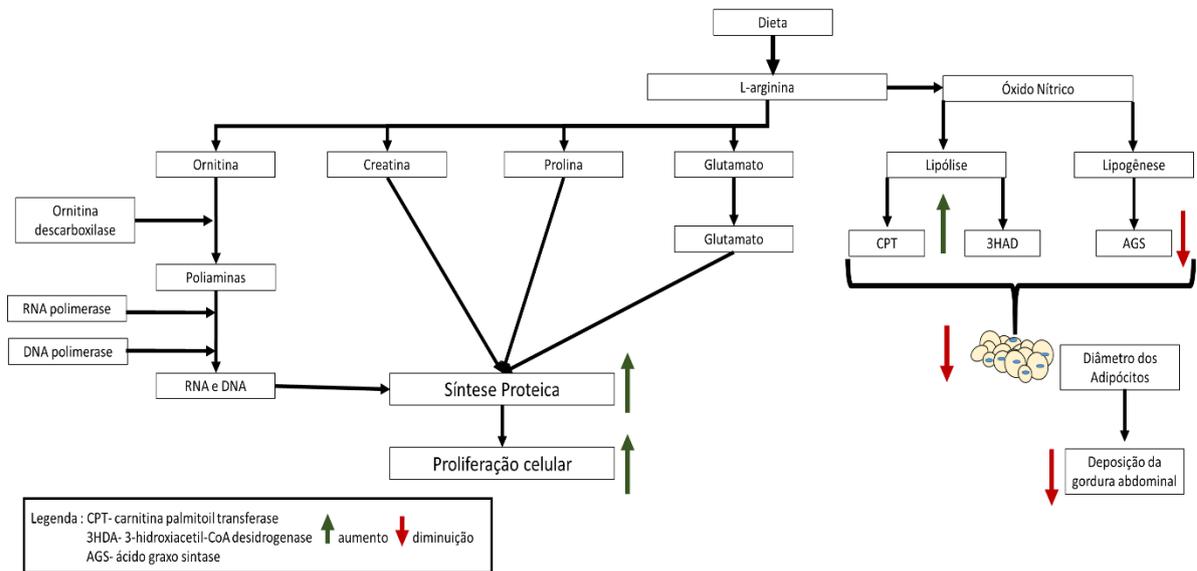
proteica (Figura 6). Em um estudo pioneiro “*in vitro*” Yuan et al. (2015), observaram que a suplementação com L-arginina nas células intestinais das aves cultivadas resultou em aumento da expressão gênica da via de sinalização TOR (mesma função que o mTOR em mamíferos) e redução da degradação de proteínas nas células intestinais.

Posteriormente, Miao et al. (2017) avaliaram a expressão gênica de reguladores do metabolismo proteico nas células do intestino delgado de poedeiras, para isso as aves foram alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de L-arginina total (0,64 a 1,66%) e observaram que a suplementação com L-arginina, em níveis adequados (1,27%), regula positivamente a expressão gênica de TOR, acompanhados com a inibição do RNAm de 20S. Ou seja, um aumento na síntese e uma diminuição na degradação de proteínas.

Outro estudo foi realizado por Yuan et al. (2016), porém, diferentemente de Miao et al. (2017) as células avaliadas foram os hepatócitos de aves poedeiras. Os autores obtiveram resultados semelhantes aos de Miao et al. (2017) quanto ao aumento de expressão do TOR e supressão da expressão RNAm da protease catepsina, enzima proteolítica amplamente distribuída, e da 20S, indicando uma possível diminuição na degradação proteica após suplementação. No entanto, ao observar níveis elevados de suplementação (1,66% de arginina digestível) os autores indicaram que pode influenciar o equilíbrio com a L-lisina, na reabsorção tubular renal, e aumentar a atividade da arginase no rim oxidando a L-arginina em ácido úrico, ou seja aumentando a degradação proteica.

Contudo os estudos em relação a modulação do metabolismo de proteína nas aves são muito recentes, tanto que a L-arginina é considerada um aminoácido secretagogo de hormônios insulínêmicos (ex: hormônio de crescimento, IGF-1 e insulina) e até mesmo anti-insulínêmicos (ex. glucagon, somatostatina e catecolaminas). Dependendo do nível de utilização (SCANES, 2009), esse efeito secretagogo pode estar associada a modulação no metabolismo proteico. Hoje sabe-se que o fato da L-arginina modular o metabolismo proteico, acarreta em interferência nos demais metabolismo de nutrientes, como por exemplo o de lipídeos (FOUAD et al. 2012).

Figura 6. Efeito da L-arginina no metabolismo proteico e lipídico



Fonte: Fouad et al. (2012, 2013)

2.6. A L-arginina e a modulação do metabolismo lipídico

As taxas de síntese de ácido graxos se elevam nas aves devido ao excesso de oxidação dos nutrientes, gerando um excesso de energia, após a produção das moléculas de ácidos graxos estas podem se ligar a moléculas de glicerol (oriunda dos carboidratos) e formar os triglicerídeos, processo este conhecido como lipogênese (MURRAY et al., 2014). Nas aves, a síntese de ácidos e a lipogênese é praticamente inexistente nos tecidos periféricos ocorrendo quase que exclusivamente no tecido hepático, diferente dos outros animais não ruminantes que apresentam taxas moderadas, também, no tecido adiposo (MURRAY et al., 2014).

Por outros lados, as taxas de catabolismo (oxidação) de ácidos graxos elevam-se para atender a demanda energética das aves, devido à falta de nutriente, condição de estresse e outras. Para isso os ácidos graxos são oxidados para a geração de energia (KLASING, 1998). Porém, o organismo dos animais armazena os triglicerídeos, no tecido adiposo, como forma de reserva energética, assim quando ocorre necessidade de atender a demanda energética os triglicerídeos são mobilizados formando moléculas de ácidos graxos que são oxidadas, e esse processo é conhecido como lipogênese (MURRAY et al., 2014).

Alguns dos fatores de transcrição que estão diretamente envolvidos no metabolismo de lipídeos em aves são os SREBPS (proteínas de ligação do elemento regulador de esteróis) e os

PPARs (receptor Ativado por Proliferadores de Peroxissoma) que pertencem a família dos receptores nucleares e também o receptor X dos fígados das aves (LXR_s) (ZHANG et al. 2015). Esses fatores regulam expressão de enzimas cruciais para a síntese de ácido graxo, acetil-CoA carboxilase, ácido graxo sintase (AGS), e do catabolismo de ácidos graxos como: hormônio sensível (LHS), carnitina palmitoil transferase 1 (CPT-1) e acil-CoA desidrogenase que são enzimas marca-passo do catabolismo dos ácidos graxos.

A suplementação com L-arginina já vem sendo estudada como uma forma de reduzir deposição lipídica, principalmente a gordura abdominal, em diversos mamíferos como ratos (JOBGEN et al., 2006) e suínos (WU et al., 2007). No entanto, em aves um dos primeiros estudos foi realizado por Wu et al. (2011) em que os autores trabalharam com patos de corte e observaram que a suplementação com 1% de L-arginina reduziu a gordura abdominal dos animais e a atividade da AGS. Os autores também notaram redução na atividade da enzima málica e da glicose-6-fosfato desidrogenase, ambas são responsáveis por fornecer equivalentes redutores (NADPH) para a síntese de ácidos graxos e concluíram que a suplementação com L-arginina reduziu a síntese de ácidos graxos e a lipogênese em patos.

Na busca para entender essa modulação pela suplementação com L-arginina nas aves Fouad et al. (2013), avaliando frangos de corte, observaram diferentes níveis de suplementação (0, 0,25, 0,5 e 1%) e avaliaram as enzimas do catabolismo e síntese de ácidos graxos. Os autores observaram no nível de 0,25% a redução da gordura abdominal e dos lipídeos sanguíneos (exceto colesterol HDL) e em relação a expressão houve a redução AGS e HMG-CoA, no fígado, e aumento da expressão carnitina- CPT-1 e L-3-hidroxiacil-CoA-desidrogenase (enzima da β -oxidação), no coração. E, assim como Wu et al. (2011) também concluíram que a suplementação até o nível de 0,25% com L-arginina reduziu a gordura abdominal por meio da redução da síntese de ácidos graxos e, além disso evidenciaram o efeito da suplementação no aumento da oxidação dos ácidos graxos (catabolismo).

Na mesma linha de pesquisa Ebrahimi et al. (2014) encontraram resultados semelhantes. Nos quais os autores mostraram também uma redução na expressão da lipoproteína lipase na gordura abdominal e o aumento desta mesma enzima no músculo, o que sugere uma inversão entre a deposição lipídica do tecido adiposo para o tecido muscular dos frangos de corte.

Todos os autores supracitados descrevem que a L-arginina regula a expressão gênica por meio dos níveis de óxido nítrico, ou seja, aumentando-se os níveis de óxido nítrico ocorre a modulação do metabolismo de lipídeos. Ambos seguiram a explicação de Jobgen et al. (2006) elaborada em um experimento com ratos. Possivelmente, o aumento do óxido nítrico altera os fatores de transcrição e conseqüentemente as expressões das enzimas de forma negativa para a

síntese de ácidos graxos e de forma positiva para a mobilização de gordura e catabolismo de ácidos graxos.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação com L-arginina é estudada como possível redutora da síntese e intensificador do catabolismo de ácidos graxos, e moduladora positiva do metabolismo proteico. Porém, pouco se sabe dos seus efeitos e níveis adequados de suplementação em dietas de frangos de corte que seguem o conceito de proteína ideal, e outras que além de seguir o conceito, reduzem o nível de proteína bruta contendo uma maior quantidade de aminoácidos industriais além dos utilizados usualmente (L-lisina, DL-metionina, L-treonina e L-triptofano). Então pesquisas devem ser conduzidas para entender como funciona essa suplementação em diferentes situações nutricionais. Além disso outros métodos de modulação do metabolismo lipídico como os níveis de energia metabolizável e o perfil de ácido graxo da dieta, devem ser testados em conjunto com a L-arginina, buscando a somatórias de alternativas para modular o metabolismo lipídicos nas aves e favorecer a síntese proteica sem alterar a excreção de nutrientes. Visando obter resultado satisfatório, e que em um futuro próximo possam servir como alternativas para a produção avícola atendendo as premissas econômicas, ambientais e de qualidade.

REFERÊNCIAS

- ALETOR, V. A. et al. Low-protein amino acid-supplemented diets in broiler chickens: Effects on performance, carcass characteristics, whole-body composition and efficiencies of nutrient utilisation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Medford, v. 80, n. 5, p. 547–554, 2000.
- ATENCIO, A. et al. Exigência de arginina digestível para frangos de corte machos em diferentes fases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1456-1466, 2004.
- AUER, H. E.; GLICK, D. M. Early events of pepsinogen activation. **Biochemistry**, v. 23, n. 12, p. 2735-2739, 1984.
- BEDFORD, M. R. et al. Effect of dietary lysine on polyamine synthesis in the chick. **The Journal of Nutrition**, Oxfordshire, v. 117, n. 11, p. 1852-1858, 1987.
- BELLOIR, P. et al. Reducing the CP content in broiler feeds: impact on animal performance, meat quality and nitrogen utilization. **Animal**, Cambridge, v. 11, n. 11, p. 1881-1889, 2017.
- BODINE, S. C. et al. Identification of ubiquitin ligases required for skeletal muscle atrophy. **Science**, v. 294, n. 5547, p. 1704-1708, 2001.
- BOWEN, T.E.; P.W. WALDROUP. The influence of propylene glycol on pH of the gastrointestinal tract and the incidence of leg abnormalities in broiler chicks. **Poultry Science** Champaign, v.48, p. 608-613, 1969.
- CAMPOS, A. M. et al. Atualização da proteína ideal para frangos de corte: Arginina, isoleucina, valina e triptofano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 2, p. 326–332, 2012.
- CHOI, J. et al. Daidzein modulations of apolipoprotein b and fatty acid synthase mRNA expression in chick liver vary depending on dietary protein levels. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 19, n. 2, p. 236–244, 2006.
- D'MELLO, J. P. F. **Amino acids in animal nutrition**. 2. ed, Cambridge: CABI publishing, 2003.
- EBRAHIMI, M. et al. The effect of feeding excess arginine on lipogenic gene expression and growth performance in broilers. **British Poultry Science**, London, v. 55, n. 1, p. 81-88, 2014.
- FERNANDES, J. I. M.; MURAKAMI, A. E. Arginine metabolism in uricotelic species. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 357–366, 2010.
- FOUAD, A. M. et al. Dietary L-arginine supplementation reduces abdominal fat content by modulating lipid metabolism in broiler chickens. **Animal**, Cambridge, v. 7, n. 8, p. 1239-1245, 2013.

FOUAD, A. M. et al. Role of dietary L-arginine in poultry production. **International Journal of Poultry Science**, v. 11, n. 11, p. 718, 2012.

GOMIDE, E. M. et al. Phytase and amino acids for broilers from 36 to 42 days of age. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 9, n. 2, p. 295-300, 2014.

GRAZI, E. et al. On the control of arginine metabolism in chicken kidney and liver. **The FEBS Journal**, v. 60, n. 2, p. 431-436, 1975.

GUO, L. et al. Comparison of adipose tissue cellularity in chicken lines divergently selected for fatness. **Poultry science**, Champaign, v. 90, n. 9, p. 2024-2034, 2011.

HINTON JR. A.,; R. J. BUHR; K. D. INGRAM. Physical, chemical, and microbial changes in the crop of broiler chickens subjected to incremental feed withdrawal. **Poultry Science**, Champaign, v.79, p.212-218, 2000.

HUMPHREY, B. D. et al. Glucose and cationic amino acid transporter expression in growing chickens (*Gallus gallus domesticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 138, n. 4, p. 515-525, 2004.

JOBGEN, W. S. et al. Regulatory role for the arginine–nitric oxide pathway in metabolism of energy substsuínos. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 17, n. 9, p. 571-588, 2006.

KESHAVARZ, K.; FULLER, H. L. Relationship of arginine and methionine in the nutrition of the chick and the significance of creatine biosynthesis in their interaction. **The Journal of Nutrition**, Oxfordshire, v. 101, n. 2, p. 217-222, 1971a.

KESHAVARZ, K.; FULLER, H. L. Relationship of arginine and methionine to creatine formation in chicks. **The Journal of Nutrition**, Oxfordshire, v. 101, n. 7, p. 855-862, 1971b.

KHAJALI, F.; WIDEMAN, R. F. Dietary arginine: metabolic, environmental, immunological and physiological interrelationships. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 66, n. 4, p. 751-766, 2010.

KLASING, K. C. **Comparative avian nutrition**. Cambridge: CABI International, 1998.

LECKER, S. H. et al. Muscle protein breakdown and the critical role of the ubiquitin-proteasome pathway in normal and disease states. **The Journal of Nutrition**, Oxfordshire, v. 129, n. 1s, p. S227, 1999.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Scot's Nutrition of the Chicken**. 4. ed. Guelph: University Book, 2001.

LEMME, A.; V. RAVINDRAN,; W. L. BRYDEN. Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v.60, p.423 – 438, 2004.

LIEBOLDT, M. A. **Effects of dietary L-arginine on metabolism and immune response in layer-type chickens of different genetic backgrounds under physiological and pathophysiological conditions**. 2015. 240 p. Tese (Doctor of Veterinary Medicine)- University of Veterinary Medicine Hannover- Hannover, 2015.

LIPSCOMB, W. N. et al. The structure of carboxypeptidase A, IX. The x-ray diffraction results in the light of the chemical sequence. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 64, n. 1, p. 28-35, 1969.

MIAO, L. P. et al. Effects of dietary L-arginine levels on small intestine protein turnover and the expression of genes related to protein synthesis and proteolysis of layers. **Poultry Science**, Champaign, v. 96, n.6, p. 1800-1808, 2017.

MORRIS JR, S. M. Regulation of enzymes of the urea cycle and arginine metabolism. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 22, n. 1, p. 87-105, 2002.

MURRAY, K. et al. **Harper's Illustrated Biochemistry**. 29. ed. New York: McGraw-Hill, 2014.

NABER, E.C. The effect of nutrition on the composition of eggs. **Poultry Science**, Champaign, v. 58, p. 518-528, 1979.

OLIVEIRA, W. P. et al. Redução do nível de proteína bruta em rações para frangos de corte em ambiente de termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 8, p. 1725-1731, 2011.

OSO, A. O. et al. Growth performance, nutrient digestibility, metabolizable energy, and intestinal morphology of growing turkeys fed diet supplemented with arginine. **Livestock Science**, v. 198, p. 24-30, 2017.

PISTOLLATO, F. et al. L-Proline as a modulator of ectodermal differentiation in ES cells. Focus on “L-Proline induces differentiation of ES cells: a novel role for an amino acid in the regulation of pluripotent cells in culture. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 298, n. 5, p. 979-981, 2010.

RAVINDRAN, V. et al. Apparent ileal digestibility of amino acids in dietary ingredients for broiler chickens. **Animal Science**, Cambridge, v. 81, n. 1, p. 85-97, 2005.

ROSEBROUGH, R. W. et al. Dietary protein regulates in vitro lipogenesis and lipogenic gene expression in broilers. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 132, n. 2, p. 423-431, 2002.

ROSEBROUGH, R. W. et al. Protein and energy relations in the broiler chicken. 8. Comparison involving protein-and lysine-adequate and inadequate diets on lipid metabolism. **British Journal of Nutrition, Cambridge**, v. 64, n. 2, p. 515-523, 1990.

ROSEBROUGH, R. W.; MITCHEL, A. D.; MCMURTRY, J. P. Dietary crude protein changes rapidly alter metabolism and plasma insulin-like growth factor I concentrations in broiler chickens. **The Journal of Nutrition, Oxfordshire**, v. 126, n. 11, p. 2888-2898, 1996.

ROSEBROUGH, R. W.; RUSSELL, B. A.; RICHARDS, M. P. Further studies on short-term adaptations in the expression of lipogenic genes in broilers. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 159, n. 1, p. 1–6, 2011.

ROSEBROUGH, R. W.; RUSSELL, B. A.; RICHARDS, M. P. Short term changes in the expression of lipogenic genes in broilers (*Gallus gallus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 149, n. 4, p. 389–395, 2008.

ROSEBROUGH, R. W.; STEELE, N. C. Protein and energy relations in the broiler. 3. Growth and in vitro lipid metabolism in male and female chickens used as parent stock. **Growth**, v. 49, n. 1, p. 63-77, 1985.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Brazilian tables for poultry and swine: composition of feedstuffs and nutritional requirements**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2017.

RUIZ-FERIA, C. A. et al. Plasma levels of arginine, ornithine, and urea and growth performance of broilers fed supplemental L-arginine during cool temperature exposure. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 3, p. 358-369, 2001.

SCANES, C. G. Perspectives on the endocrinology of poultry growth and metabolism. **General and Comparative Endocrinology**, v. 163, n. p.24 – 32, 2009.

STRINGHINI, J. H. et al. Níveis de arginina e lisina digestíveis na dieta de frangos de corte na fase pré-inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa v.36, n.4, p.1083-1089, 2007.

SU, C.L; AUSTIC, R. E. The recycling of L-citrulline to L-arginine in a chicken macrophage cell line. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 3, p. 353-355, 1999.

THON, M. S. et al. Níveis de proteína e de arginina digestível na ração pré-inicial de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 1105–1111, 2010.

WU, G. et al. Amino acid nutrition in animals: protein synthesis and beyond. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 2, n. 1, p. 387-417, 2014.

WU, G. et al. Important roles for the arginine family of amino acids in swine nutrition and production. **Livestock science**, v. 112, n. 1, p. 8-22, 2007.

WU, G. et al. Proline and hydroxyproline metabolism: implications for animal and human nutrition. **Amino acids**, v. 40, n. 4, p. 1053-1063, 2011.

WU, G. **Amino acids: biochemistry and nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 2013.

WU, L. Y.; FANG, Y. J.; GUO, X. Y. Dietary L-arginine supplementation beneficially regulates body fat deposition of meat-type ducks. **British Poultry Science**, Oxfordshire, v. 52, n. 2, p. 221-226, 2011.

YUAN, C. et al. Dietary L-arginine levels affect the liver protein turnover and alter the expression of genes related to protein synthesis and proteolysis of laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 95, n. 2, p. 261–267, 2016.

YUAN, C. et al. L-arginine upregulates the gene expression of target of rapamycin signaling pathway and stimulates protein synthesis in chicken intestinal epithelial cells. **Poultry Science**, Champaign, v. 94, n. 5, p. 1043-1051, 2015.

ZHANG, L. et al. Treatment with PPAR α Agonist Clofibrate Inhibits the Transcription and Activation of SREBPs and Reduces Triglyceride and Cholesterol Levels in Liver of Broiler Chickens. **PPAR research**, v. 2015, 2015.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

**ARTIGO 1 – L-ARGININA COMO MODULADORA DO METABOLISMO DE
LIPÍDEOS E PROTEICO EM FRANGOS DE CORTE DOS 29 AOS 42 DIAS DE
IDADE**

Artigo formatado de acordo com as normas do periódico:

Animal (Cambridge)

1 **L-arginina como moduladora do metabolismo de lipídeos e proteico em**
2 **frangos de corte dos 29 aos 42 dias de idade**

3

4 Título curto: Efeitos da Suplementação de L-arginina para frangos de corte

5

6 **Resumo**

7 Buscando minimizar os problemas de deposição lipídica na carcaça e o impacto
8 ambiental da atividade avícola, avaliou-se a suplementação de L-arginina (SArg) em
9 frangos de corte alimentados com dieta contendo 18,75% de proteína bruta e sua
10 influência no desempenho, na deposição lipídica e na excreção de nutrientes. Foram
11 conduzidos dois ensaios, sendo um de desempenho zootécnico e outro de
12 metabolismo, na fase de 29 aos 42 dias de idade das aves, utilizando pintos de
13 corte, machos e fêmeas, da linhagem comercial Cobb®. Para as variáveis respostas
14 de desempenho zootécnico, rendimentos e bioquímicas foi utilizado um
15 delineamento em blocos casualizados (boxes e gaiolas) e, no ensaio de
16 metabolismo (gaiolas) e composição centesimal da carcaça (boxes) foi utilizado um
17 delineamento inteiramente casualizado. Ambos delineamentos foram distribuídos em
18 um esquema fatorial 2 (sexo dos animais) x 5 (níveis de suplementação com L-
19 Arginina-SArg: 0, 3, 6, 9 e 12 g kg⁻¹) com seis repetições, sendo 23 aves no boxe e
20 três aves na gaiola. A conversão alimentar melhorou até o nível de 6.67 g kg⁻¹ de
21 SArg resultando em 4.35% (P < 0.05, efeito plateau) quando comparado com as
22 aves sem suplementação. Houve uma redução linear (P < 0.05, de 16 % no nível
23 máximo estudado) na gordura abdominal e redução no nível de matéria mineral do
24 peito das aves ao adicionar L-arginina, qualquer nível, na ração. Observou-se efeito
25 quadrático (P < 0.05) no triglicerídeo tendo ponto de mínimo no nível de 6.69 g kg⁻¹

26 de SArg (redução de 15.37%) e redução ($P < 0.05$) linear no colesterol total. Ao
27 analisar a atividade enzimática da glicose 6 fosfato desidrogenase ocorreu um
28 aumento médio de 26.57% ao suplementar as aves com SArg. Em contrapartida, os
29 níveis de enzima málica adequaram ao modelo linear resposta plateau reduzindo
30 29.24% até o nível de 7.85 g kg⁻¹ de SArg. Ao analisar os dados de N excretado não
31 se observou diferença significativa ($P > 0.05$). Independentemente do nível de SArg
32 houve aumento médio de 2.1% no coeficiente de metabolizabilidade do extrato
33 etéreo. Houve redução da energia metabolizável aparente e corrigida para nitrogênio
34 quando utilizados os níveis de 9 e 12 g kg⁻¹ de SArg. Os frangos de corte machos
35 apresentaram melhores condições produtivas que as fêmeas. O nível de SArg 6,69 g
36 kg⁻¹ possibilita a redução da lipogênese e o aumento da síntese proteica em frangos
37 de corte, porém, mais estudos são necessários para entender a deposição de
38 minerais nas aves suplementadas.

39

40 **Palavras-chave:** aminoácidos industriais, dimorfismo sexual, lipogênese, síntese
41 proteica, avicultura

42

43 **Implicações**

44 O excesso de deposição lipídica é atualmente, junto com as questões ambientais, um
45 grande problema da criação de frangos corte. A L-arginina vem sendo estudada como
46 moduladora da lipogênese e da síntese proteica. Porém, os estudos ocorreram de 1
47 a 46 e 21 a 42 dias vida, períodos prolongados, que elevam o custo de produção.
48 Assim, este estudo buscou definir níveis suplementares para o menor período (29 aos
49 42 dias) de criação que é um fator econômico favorável, e os impactos da

50 suplementação na excreção de nutrientes, fato esse que é um problema ambiental
51 extremamente reconhecido na cadeia produtiva.

52

53 **Introdução**

54 O excesso de deposição lipídica é atualmente, junto com as questões
55 ambientais, um grande problema da criação de frangos corte uma vez que resultam
56 em desperdício da energia na dieta para gerar um produto de baixo valor econômico,
57 reduz o rendimento e qualidade das carcaças, gera perdas econômicas nas plantas
58 de processamento e afetam a aceitação do consumidor final (Fouad and El-Senousey,
59 2014). Atualmente as linhagens modernas de frangos de corte possuem entre 15 a
60 20% de gordura corporal, no qual 85% dessa gordura não é fisiologicamente
61 necessária para o funcionamento do organismo (Choct *et al.*, 2005).

62 Nas aves, a deposição lipídica ocorre pelo aumento no número de adipócitos
63 (hiperplasia) até a quarta semana de idade e, posteriormente, outra pelo aumento no
64 volume dos mesmos (hipertrofia). As pesquisas com foco na deposição lipídica
65 ocorrem a partir dos 21 dias, quando a ave está próxima de iniciar os aumentos dos
66 depósitos pela hipertrofia (Fouad *et al.*, 2013; Ebrahimi *et al.*, 2014). Para a avaliação
67 da deposição lipídica utiliza-se, normalmente, a gordura abdominal por esta está
68 diretamente relacionada com a gordura total das aves (Becker *et al.*, 1979). Portanto,
69 identificar novos meios para promover o crescimento muscular e reduzir o acúmulo de
70 gordura é importante para a produção de frangos de corte.

71 Desta forma, a arginina, que é um aminoácido essencial para as aves por essas
72 não possuírem algumas enzimas necessárias o ciclo da ureia, vem sendo estudada
73 como uma forma de diminuir a gordura corporal. Dentre os estudos com aves, a
74 suplementação com L-arginina, e/ou o aumento dos níveis de arginina digestível na

75 dieta são possíveis alternativas para a modulação da deposição lipídica e
76 favorecimento da síntese proteica nas aves (Fouad et al., 2013; Ebrahimi *et al.*, 2014;
77 Wang *et al.*, 2014).

78 Porém, os estudos de suplementação com L-arginina na dieta de frangos de
79 corte, visando a deposição lipídica, foram realizados nas fases de 21 a 42 dias (Fouad
80 *et al.*, 2013) e 25 a 46 dias (Ebrahimi *et al.*, 2014) com níveis de proteína bruta maiores
81 que os recomendados por Rostagno *et al.* (2017). Desta forma, a diminuição no tempo
82 de suplementação é um fator econômico favorável para a utilização da L-arginina e,
83 também, até hoje, os estudos com L-arginina não se preocuparam com o impacto da
84 suplementação na excreção de nutrientes pelos frangos de corte, fato esse que é um
85 problema extremamente reconhecido na cadeia produtiva.

86 Assim, devido aos problemas com a elevada deposição lipídica e as questões
87 ambientais e econômicas na avicultura visando o interesse dos consumidores que
88 buscam uma alimentação saudável e um menor impacto ambiental da produção,
89 avaliou-se a suplementação de L-arginina para frangos de corte, machos e fêmeas,
90 no período de 29 a 42 dias de idade e recebendo dieta contendo 18,75% de proteína
91 bruta e sua influência no desempenho, na deposição lipídica e na excreção de
92 nutrientes.

93

94 **Material e Métodos**

95

96 *Animais, local e período pré-experimental*

97 Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de
98 Ética no Uso de Animais - CEUA/UFLA (protocolo nº 057/14). Dois ensaios, sendo
99 um de desempenho zootécnico e outro de metabolismo, foram conduzidos na fase de

100 29 aos 42 dias de idade das aves, no Departamento de Zootecnia da Universidade
101 Federal de Lavras- UFLA, Minas Gerais, Brasil para avaliar o efeito da suplementação
102 de dietas com L-arginina em relação ao desempenho zootécnico, características de
103 carcaça, lipograma sanguíneo, atividade enzimática, coeficientes de
104 metabolizabilidade e energia metabolizável.

105 No período pré-experimental (um aos 28 dias) as aves, machos e fêmeas, da
106 linhagem comercial Cobb®, receberam uma dieta a base de milho e farelo de soja e
107 suplementos minerais e vitamínicos, e sem L-arginina suplementar (Tabela 1) para
108 atender as necessidades nutricionais conforme recomendado por Rostagno *et al.*
109 (2017). No 28º dia, as aves foram pesadas individualmente e separadas por faixa de
110 peso, machos e fêmeas, que posteriormente foram distribuídas buscando manter uma
111 uniformidade no peso ($1,397 \pm 39$ g e 1.287 ± 32 g, respectivamente para machos e
112 fêmeas). As aves foram alojadas em boxes com dimensões de 1,5 x 2,0 m e em
113 gaiolas de metabolismo com dimensões de 50 x 50 x 40 cm. Ambos os locais
114 experimentais receberam iluminação constante (24 horas) e as aves receberam água
115 e alimentação *ad libitum*.

116 Em todo o período experimental, os locais (boxes e gaiolas) experimentais
117 foram equipados com termo-higrômetro digital HTH-240 (HIKARI, Planalto Paulista,
118 Brasil) para a mensuração da temperatura e da umidade relativa (máximas e mínimas)
119 nas instalações.

120

121 *Delineamentos e rações experimentais*

122 Para as variáveis respostas de desempenho zootécnico, rendimento de carcaça,
123 cortes e gordura abdominal, lipidograma e atividade enzimática foi utilizado um
124 delineamento em blocos casualizados, sendo blocado o local de criação das aves

125 (boxes e gaiolas) e, para as variáveis mensuradas no ensaio de metabolismo e
126 características químicas da carcaça foi utilizado um delineamento inteiramente
127 casualizado (gaiolas - ensaio de metabolismo e boxes – variáveis de características
128 químicas da carcaça). Ambos os delineamentos foram distribuídos em um esquema
129 fatorial 2 (sexo dos animais) x 5 (níveis de suplementação com L-arginina) totalizando
130 seis repetições por tratamento, sendo 23 aves no boxe e três aves na gaiola.

131 Os tratamentos consistiram de uma dieta basal sem a suplementação de L-
132 arginina e outras quatro com 3, 6, 9, 12 g kg⁻¹ de L-arginina suplementar. A dieta basal
133 foi formulada para atender as exigências das aves segundo Rostagno *et al.* (2011),
134 com nível de proteína bruta de 187,5 g kg⁻¹. A L-arginina foi adicionada às dietas
135 experimentais em substituição ao inerte (20 g kg⁻¹ de caulim), fixado na fórmula da
136 ração basal (Tabela 1). As demais relações aminoácidas, quando necessários,
137 foram mantidas através da suplementação de aminoácidos industriais de acordo com
138 as relações propostas por Rostagno *et al.* (2011).

139 As rações experimentais foram analisadas (Tabela 2) em duplicata e
140 determinado os teores de aminoácidos pela técnica de Cromatografia Líquida de Alta
141 Eficiência (HPLC) seguindo as recomendações do AOAC (método 982.30).

142

143 *Variáveis resposta do ensaio de metabolismo*

144 Após um período de adaptação de sete dias, iniciou-se o ensaio de metabolismo,
145 utilizando o método de coleta total de excretas para a determinação dos coeficientes
146 de metabolizabilidade aparente (CMA) da matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta
147 e a energia metabolizável aparente corrigida pelo nitrogênio retido das dietas
148 experimentais (EMAn). As coletas foram realizadas por um período de três dias (36,
149 37 e 38 dias de idade das aves) conforme descrito por Rodrigues *et al.* (2005). As

150 excretas foram armazenadas em freezer (-5°C) até o final do período de coleta,
151 quando foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas para obtenção de
152 amostras representativas de 400 g. Essas amostras foram submetidas à pré-secagem
153 em estufa de ventilação forçada (65°C) até peso constante e posteriormente moídas
154 (moinho tipo faca com peneira de 1,0 mm) e armazenadas a 4°C até a realização das
155 análises laboratoriais.

156 As análises laboratoriais foram realizadas em triplicata e conforme o
157 procedimento da AOAC, descrito por Horwitz e Latimer Jr. (2005), determinado nas
158 dietas experimentais e nas excretas, a matéria seca (MS) em estufa (método 943.01),
159 proteína bruta (PB) pelo método de Kjeldahl (método 954.01) e extrato etéreo (EE)
160 sem hidrólise ácida (método 920.39). A energia bruta (EB) foi determinada em bomba
161 calorimétrica (modelo C200, IKA®, Stauten, Alemanha).

162 As energias metabolizáveis aparentes (EMAS) das rações foram calculadas
163 utilizando a equação proposta por Matterson *et al.* (1965) e a EMA corrigida por
164 nitrogênio (EMAn) foi calculada para retenção de nitrogênio de acordo com Hill and
165 Anderson (1958):

166

$$167 \quad EMAn = \frac{EB_{ingerida} - (EB_{excretada} \pm 8,22 \times BN)}{MS_{ingerida}}$$

168 em que:

169 EB= energia bruta

170 BN= balanço de nitrogênio (Ningerido – Nexcretado)

171 MS= matéria seca

172 Para os cálculos dos coeficientes de metabolizabilidade aparente dos
173 nutrientes (matéria seca -CMAMS, extrato etéreo-CMAEE e energia bruta-CMAEB),
174 foi utilizado a seguinte fórmula base:

175

$$176 \quad \text{CMA nutrientes (\%)} = \frac{\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente excretada}}{\text{Nutriente ingerida}} \times 100$$

177

178 Para os cálculos de porcentagem de nitrogênio retido (Nretido) das aves foi
179 utilizado a seguinte fórmula:

$$180 \quad \text{Nretido (\%)} = \frac{\text{Ningerido} - \text{Nexcretado}}{\text{Ningerido}} \times 100$$

181

182 *Variáveis de desempenho zootécnico*

183 O consumo de ração (CR), o ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA)
184 e o consumo de arginina digestível (CAD) das aves foram avaliados dos 29 aos 42
185 dias de idade. O CR e a CA, foram corrigidos pela mortalidade das aves seguindo as
186 recomendações de Sakomura and Rostagno (2016).

187

188 *Rendimento da carcaça e partes, e composição química do peito*

189 No 42º dia de vida, duas aves foram aleatoriamente retiradas de cada parcela
190 experimental, totalizando seis aves por tratamento em cada bloco (boxes e gaiolas),
191 após foram submetidas a jejum de 12 horas e posteriormente a colheita sanguínea
192 foram submetidas ao abate por deslocamento cervical, sangria, escaldagem,
193 depenação e evisceração. Em seguida foi calculado o rendimento de carcaça,
194 rendimento de peito, coxa + sobrecoxa e gordura abdominal. Para o rendimento de
195 carcaça foi considerado o peso da carcaça limpa (sem cabeça e pés) e sua relação
196 com peso corporal do animal. Já os rendimentos de corte (peito e coxa + sobrecoxa)
197 foram calculados em relação ao peso da carcaça eviscerada. Para determinação da
198 gordura abdominal, foi considerada a deposição lipídica na região entre a Bursa de

199 Fabricius e a cloaca, sendo posteriormente pesada e calculada sua relação com o
200 peso da carcaça, conforme descrito por Gomide *et al.*, (2014).

201 Os peitos das aves criadas no galpão tiveram sua pele retirada e foram
202 desossadas, trituradas e armazenadas em alíquota de 80 gramas a – 20°C para
203 posteriores análises do infravermelho próximo (método AOAC:2007-04) através do
204 FoodScanTMMeatAnalyser (FOSS, Hillerod, Dinamarca), onde foram avaliados os
205 teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e colágeno do peito.

206

207 *Lipidograma*

208 A colheita de sangue foi realizada obtendo-se uma amostra de seis mililitros,
209 em tubos sem anticoagulante. Em seguida, o sangue foi submetido à centrifugação
210 (6500 rpm durante seis minutos) e o soro foi obtido utilizando uma pipeta automática
211 e armazenados em microtubos de dois mililitros a -20°C para posteriores análises
212 bioquímicas. O colesterol total (TC), triglicerídeos plasmáticos (TGL), colesterol HDL
213 (HDL-C) e colesterol LDL (LDL-C) foram analisados através do leitor de microplaca
214 (modelo NUNC F, Thermo Fischer Scientific InC., Kamstrup, Dinamarca), utilizando
215 kits sorológicos (Labtest®, Lagoa Santa, Brasil). Já o colesterol VLDL foi obtido
216 através da diferença entre o colesterol total e o HDL e LDL.

217

218 *Atividade enzimática da glicose-6-fosfato desidrogenase e enzima málica*

219 No momento da evisceração das aves foram retiradas amostras do fígado para
220 as análises da atividade enzimática da glicose-6-fosfato desidrogenase (G6PD) e da
221 enzima málica (ENZM). Logo após a colheita, as amostras foram armazenadas em
222 microtubos de dois mililitros e rapidamente congeladas em nitrogênio líquido (-140°C)
223 e posteriormente armazenadas em freezer (-80°C) para posteriores análises.

224 Os tecidos hepáticos, após descongelados, foram homogeneizados através de
225 maceração, realizadas nos microtubos, em tampão (0,2 M-Tris-HCl, 0.5 M-sucrose,
226 2mM-EDTA, 0.1 M-NaF, 0.5 mM-phenylmethylsulfonyl fluoride, 0.01M-
227 mercaptoethanol), pH 7,4, na proporção de 10:1 do volume do tampão por peso da
228 amostra. Após a maceração, as amostras foram levadas ao banho ultrassônico
229 UNIQUE USC 700 (São Paulo, Brasil) por 10 minutos, posteriormente centrifugadas a
230 100000 g à 4°C por 30 minutos e o sobrenadante coletado (Alvarez *et al.*, 2000). Tal
231 procedimento foi repetido três vezes para então se realizar as a determinação das
232 atividades enzimáticas, conforme metodologia proposta por Alvarez *et al.* (2000).

233 A atividade enzimática específica da G6PD (E.C. 1.1.1.49) e a ENZM (E.C.
234 1.1.1.40) foram determinadas seguindo a metodologia proposta por Bautista *et al.*
235 (1988) e Spina *et al.* (1970), respectivamente. A cinética enzimática foi monitorada por
236 leitor de microplacas (modelo Multiskan FC, Thermo Fisher Scientific Inc., Vantaa,
237 Finlândia). O conteúdo de proteína solúvel total do fígado foi determinado pelo método
238 descrito por Bradford *et al.* (1976), utilizando albumina sérica bovina (BSA) como
239 padrão.

240 A atividade enzimática (UI), definida como μmol de substrato convertido em seu
241 respectivo produto, por minuto, foi expressa em mg de proteína solúvel hepática.

242

243 *Análise estatística*

244 Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett's e Shapiro-Wilk, em $P < 0,050$
245 nível estatístico, para verificar os pressupostos da análise de variância
246 (homogeneidade e normalidade). Não atingindo um dos pressupostos, foi aplicada
247 aos dados a transformação logarítmica para posterior análise estatística. Atendendo
248 ambos os pressupostos os dados foram submetidos à análise da variância com dois

249 fatores (ANOVA), através do Pacote Experimental Designs (Ferreira *et al.*, 2013) com
250 auxílio do programa estatístico R, versão 3.2.5 (R Core Team, 2017). Para o
251 desdobramento ou para a análise do fator isolado sexo, as médias foram comparadas
252 pelo teste de Fisher em $P < 0.050$ nível estatístico, e para os níveis de suplementação
253 com L-arginina foi aplicado modelos de regressão até o segundo grau, por meio do
254 pacote *Easy nonlinear model* (Arnhold, 2014).

255 Quando os dados não se adequavam aos modelos de regressão de primeiro e
256 segundo grau aplicou-se o teste de Scott-Knott (Scott and Knott, 1974) em $P < 0,05$
257 nível estatístico. Isso porque os modelos superiores ao proposto (linear, linear
258 resposta plateau e quadrático) dificultam interpretações biológicas.

259

260 **Resultados**

261

262 As temperaturas mínimas e máximas médias registradas no período
263 experimental foram de 19.8 ± 1.74 e $30.7 \pm 1.71^\circ\text{C}$; $21.3 \pm 1,16$ e $28.4 \pm 1,71^\circ\text{C}$,
264 respectivamente para boxes e gaiolas. A umidade relativa apresentou médias,
265 mínimas e máximas, nos boxes e nas gaiolas, de 73.30 ± 9.87 e $46.38 \pm 7.75\%$;
266 77.53 ± 5.44 e $50.30 \pm 7.17\%$, respectivamente.

267 Em todas as variáveis respostas estudadas (Tabela 3) não ocorreu interação
268 ($P > 0.05$) entre os fatores estudados (níveis de suplementação de L-arginina na dieta
269 e o sexo das aves). Desta forma, os fatores foram estudados em separado.

270

271

272

273

274 *Variáveis de desempenho zootécnico*

275 No período experimental (29 a 42 dias de idade) foi registrada uma
276 mortalidade de 2.10% sem quaisquer influências ($P > 0.050$) ou interação entre os
277 fatores estudados, sendo esta considerada normal para a fase de criação.

278 Em relação ao desempenho zootécnico (Tabela 4) observou-se que o consumo
279 de ração ($P = 0.060$) e o ganho de peso ($P = 0.514$) não foram influenciados pelo nível
280 de suplementação de L-arginina na dieta das aves. No entanto, ocorreu efeito ($P =$
281 0.042) para a conversão alimentar ajustando-se ($P = 0.014$) ao modelo linear response
282 plateau [$y = 1.671 - 0.0107(x - 6.875)$, $R^2 = 0.977$], com plateau no nível de 6.87 g kg^{-1}
283 de suplementação de L-arginina, nível este que estabilizou em uma melhora de
284 5,06%.

285 Ao analisar o desempenho zootécnico (Tabela 4) em relação ao sexo das aves
286 foi possível observar que não houve efeito ($P = 0.514$) para o consumo de ração. Por
287 outro lado, os machos apresentaram desempenho superior ($P < 0.050$) às fêmeas em
288 3,17 e 2,15% para ganho de peso e conversão alimentar, respectivamente.

289

290 *Variáveis de rendimento de carcaça e partes, e composição química do peito*

291 Ao suplementar as aves com L-arginina na dieta não ocorreu efeito ($P > 0.050$)
292 no rendimento de carcaça, peito e coxa-sobrecoxa (Tabela 5), mas observou-se efeito
293 ($P = 0.046$) da suplementação na gordura abdominal, a qual reduziu de forma linear
294 ($P = 0.049$, $y = 15.936 - 0.213x$, $R^2 = 0.773$), em 16% até o nível máximo estudo.

295 Quanto aos dados de composição química do peito (Tabela 5), apenas a
296 quantidade de matéria mineral foi alterada ($P = 0.010$) pela suplementação com L-
297 arginina na dieta. Observou-se que a deposição de matéria mineral reduziu ao se
298 suplementar as aves com L-arginina na dieta em todos os níveis. Porém, os níveis

299 suplementares de 6.0 e 12 g kg⁻¹ foram os que apresentaram a menor deposição de
300 mineral dentre os demais níveis estudados. As demais variáveis de composição
301 química do peito, como umidade, proteína bruta e extrato etéreo não sofreram efeito
302 ($P > 0.050$) da suplementação com L-arginina.

303 Houve efeito do sexo ($P = 0.001$) para rendimento de peito, coxa-sobrecoxa e
304 gordura abdominal. Os frangos de corte machos apresentaram rendimentos
305 superiores em 23,07% para o peito e 38,88% para coxa-sobrecoxa. No entanto, em
306 relação a gordura abdominal observou-se uma deposição 17.27% superior nas
307 fêmeas.

308 Os dados de composição química do peito (Tabela 5) sofreram efeito ($P <$
309 0.050) do sexo apenas para os teores de proteína bruta e matéria mineral, no qual o
310 peito dos frangos de corte machos apresentaram quantidades superiores em 1.35%
311 de proteína bruta ($P = 0.008$) e 5,03% de matéria mineral ($P = 0.044$).

312

313 *Variáveis de lipidograma e atividade enzimática*

314 A suplementação de L-arginina na dieta das aves propiciou efeito ($P < 0.050$)
315 nos níveis sorológicos (Tabela 6) de triglicerídeos, colesterol total, colesterol LDL e
316 colesterol VLDL. No nível de colesterol HDL não houve efeito ($P = 0.535$) da
317 suplementação com L-arginina.

318 Nos níveis de triglicerídeos das aves observou-se um efeito quadrático ($P =$
319 0.028 , $y = 0.002x^2 - 0.028x + 0.605$, $R^2 = 0.951$) com ponto mínimo no nível de 6.69 g kg⁻¹
320 de suplementação, o que propiciou 16.19% de redução, comparado com os níveis
321 de triglicerídeos do ponto sem suplementação. No entanto, o colesterol total ajustou-se
322 de forma linear ($P = 0.001$, $y = 3.478 - 0.038x$, $R^2 = 0.929$) reduzindo os níveis em
323 13.11% quando aplicado o maior nível de suplementação com L-arginina (12 g kg⁻¹).

324 Nos níveis de colesterol VLDL observou-se efeito quadrático ($P = 0.036$, $y =$
325 $0.001x^2 - 0.0120x + 0.275$, $R^2 = 0.930$) com redução máxima de 13.09% no nível 6.63 g
326 kg^{-1} de L-arginina suplementar na dieta das aves. O nível sorológico de colesterol LDL
327 das aves apresentou um efeito linear ($P = 0.025$, $y = 0.840 - 0.032x$, $R^2 = 0.852$), assim
328 como o colesterol total, reduzindo 45.71% no maior nível de L-arginina utilizado.
329 Porém, o colesterol HDL não se diferenciou ($P > 0.050$) com a variação nos níveis de
330 suplementação com L-arginina.

331 Em relação à atividade enzimática (Tabela 6) da G6PD e da ENZM no fígado
332 das aves, observou-se efeito ($P < 0.050$) quando essas foram suplementadas com L-
333 arginina. Os níveis de G6PD não se adequaram ($P > 0.050$) a nenhuma das
334 regressões propostas neste estudo, porém, ao aplicar o teste de Scott-Knott observou-
335 se um aumento médio de 26.57% ao se adicionar L-arginina na dieta das aves,
336 notando-se que os dados de G6PD mantiveram-se estatisticamente iguais ($P > 0.050$)
337 entre os níveis de 3 a 12 g kg^{-1} de suplementação. Em contrapartida os níveis de
338 ENZM adequaram-se ao modelo linear response plateau [$P = 0.042$, $y = 30.132 -$
339 $1.342(x - 0.785)$, $R^2 = 0.959$] reduzindo 29,24% até o nível de 7.85 g kg^{-1} .

340 Não houve diferença ($P < 0.050$) do sexo sobre as variáveis bioquímicas e
341 atividade enzimática da G6PD no fígado. No entanto, houve efeito ($P < 0,001$) do sexo
342 na atividade enzimática da ENZM no fígado, onde observou-se uma maior atividade
343 no fígado das fêmeas, que foi 11.11% maior que as dos machos.

344

345 *Aproveitamento do nitrogênio, coeficiente de metabolizabilidade, EMA e EMAn*

346 Ao avaliar os dados de aproveitamento de nitrogênio (Tabela 7) notou-se efeito
347 ($P < 0.050$) do nível de suplementação com L-arginina na dieta das aves para as
348 variáveis de nitrogênio ingerido (N ingerido), nitrogênio excretado (N excretado) e

349 balanço de nitrogênio (balanço de N). Com efeito linear crescente ($P < 0.050$) para as
350 médias de N ingerido ($y = 17.660 + 0.183x$, $R^2 = 0.920$) e balanço de nitrogênio ($y =$
351 $11.839 + 0.141x$, $R^2 = 0.876$). Dessa forma, ao adicionar o nível máximo de L-arginina
352 na dieta das aves houve aumento de 12.43% na ingestão de N e 14.29% nos valores
353 de balanço de N. Porém, ao analisar os dados de excreção de nitrogênio, não houve
354 adequação aos modelos de regressão estudados e mesmo observando diferença (P
355 $= 0.039$) no teste F presente na ANOVA não observou-se diferença significativa ($P >$
356 0.05) entre as médias ao aplicar o teste de comparação múltipla de médias Scott-
357 Knott (Scott and Knott, 1974). Consequentemente, as médias de porcentagem de
358 nitrogênio retido (%N retido, Tabela 7) não foram afetadas ($P = 0.203$) pelo nível de
359 suplementação com L-arginina.

360 Ao suplementar as aves com L-arginina ocorreu efeito ($P = 0.007$) na variável
361 de coeficiente de metabolizabilidades (Tabela 7) do extrato etéreo (CMEE). Quando
362 se suplementou as aves com L-arginina, independentemente do nível, na dieta
363 apresentaram uma melhora ($P < 0.050$) de 2.1% no CMEE ao analisar pelo teste de
364 Scott-Knott.

365 Em relação ao CMEB, não houve efeito ($P = 0.253$) da suplementação de L-
366 arginina por kg da dieta. Porém, observou-se que as médias de energia metabolizável
367 (Tabela 7) aparente (EMA) e aparente corrigida por nitrogênio (EMAn) foram afetadas
368 ($P = 0.001$) pelo nível suplementar de L-arginina na dieta. Tanto para a EMA quanto
369 para a EMAn observou-se que houve 3,75% e 4.74% de redução, respectivamente ao
370 adicionar 9 e 12 g kg⁻¹ de L-arginina na dieta das aves, quando comparado com o valor
371 médio dos níveis inferiores (0, 3 e 6 g kg⁻¹) que não diferenciaram ($P > 0.050$) entre
372 si.

373 O fator sexo influenciou ($P < 0.050$) as variáveis de aproveitamento de
374 nitrogênio, exceto o N excretado. Os frangos de corte machos apresentaram médias
375 9.39%, 14,12% e 4,20% de ingestão, balanço e porcentagem de retenção de N
376 maiores que as das fêmeas, respectivamente.

377 Os dados de CMMS, CMEB, CMEE foram estatisticamente iguais ($P > 0.050$)
378 em ambos os sexos. Da mesma forma, ocorreu ($P > 0.050$) para as médias de EMA
379 e EMAn.

380

381 **Discussão**

382

383 *Efeito do nível de suplementação de L-arginina na dieta de frangos de corte*

384 A suplementação com L-arginina na dieta das aves, em diferentes níveis, já
385 vem sendo discutida como possível melhoradora do desempenho zootécnico de
386 frangos de corte (Emadi *et al.*, 2011; Ebrahimi *et al.*, 2014; Hasegawa *et al.*, 2017) e
387 patos (Wu *et al.*, 2011). A melhora na conversão alimentar encontrada no nível 6.87 g
388 kg^{-1} (efeito plateau) no presente trabalho, corroborando com os resultados obtidos por
389 Sharifi *et al.*, (2015), supostamente pode estar associada a modificações hepáticas da
390 lipogênese (Ebrahimi *et al.* 2014) e ao favorecimento da síntese proteica (Al-Daraji
391 and Salih, 2012). Por outro lado, Fouad *et al.* (2013) não encontraram diferenças no
392 desempenho zootécnico ao suplementar as aves com L-arginina (5 e 10 g kg^{-1}) dos
393 21 aos 42 dias de idade.

394 A gordura abdominal reduziu linearmente ao se suplementar a dieta das aves
395 com L-arginina, redução esta já sido observado na literatura para frangos de corte
396 (Fouad *et al.*, 2013; Ebrahimi *et al.*, 2014; Sharifi *et al.*, 2015) e patos (Wu *et al.*, 2011).
397 Desta forma, pode-se supor que a energia presente na dieta, ao suplementar as aves

398 com L-arginina, possivelmente destina-se em maior parte para a síntese proteica e
399 não para síntese e armazenamento de lipídeos (lipogênese), resultando em redução
400 da percentagem de gordura abdominal.

401 A lipogênese nas aves ocorre quase que exclusivamente no fígado e, para a
402 sua efetivação, é necessário a coenzima nicotinamida adenina dinucleótido fosfato
403 (NADPH) para doação da molécula de hidrogênio e formação dos ácidos graxos. Esta
404 coenzima é produzida, principalmente, pela enzima G6PD e ENZM o que as torna
405 influenciadoras diretas da lipogênese (Wu *et al.*, 2011). A suplementação da dieta das
406 aves com L-arginina aumentou a atividade da G6PD, independente dos níveis de
407 suplementação, e reduziu até o nível suplementar de 7.85 g kg⁻¹ (efeito plateau) a
408 atividade da ENZM. Resultados semelhantes para ENZM foram observados por
409 Ebrahimi *et al.* (2014). Em seu trabalho Wu *et al.* (2011) encontraram redução da
410 atividade enzimática de ambas as enzimas (G6PD e ENZM) ao suplementar os patos
411 com 10 g kg⁻¹ de L-arginina.

412 Em mamíferos e peixes, a participação da G6PD no fornecimento de
413 equivalentes redutores para o processo lipogênico é maior quando comparado com a
414 ENZM (Murray, 2014). No entanto, a ENZM possui uma contribuição essencial que
415 pode variar de acordo com a espécie, idade e estágio fisiológico do animal, da mesma
416 forma que foi discutido por Ribeiro *et al.* (2013) para peixes. Desta forma, existe
417 diferenças no comportamento das enzimas estudadas (G6PD e ENZM) entre os
418 frangos de corte e patos.

419 Pode-se pressupor que, ao adicionar a L-arginina na dieta das aves ocorreu o
420 aumento da síntese proteica como já observado em poedeiras (Yuan *et al.*, 2016), o
421 que pode ter estimulado positivamente a atividade da G6PD, como já estudado em
422 mamíferos (Düvel *et al.*, 2010). A enzima G6PD é necessária para produzir, além do

423 NADPH que possui importância para muitos processos metabólicos e não somente
424 para síntese de ácidos graxos (Stanton, 2012), a ribose-5-fosfato para síntese de
425 nucleotídeos, base da síntese proteica. Outra via de estímulo positivo da atividade da
426 G6PD é a síntese de óxido nítrico, a qual necessita de NADPH (Leopold et al., 2003)
427 e sabe-se que existe o aumento dessa via nas aves ao ingerirem L-arginina (Guo et
428 al., 2015). Já a redução da atividade da ENZM e, conseqüentemente, a redução da
429 lipogênese até determinado nível de suplementação com L-arginina, pode estar
430 associada ao aumento do óxido nítrico, sendo este um regulador da via lipogênica
431 (Fouad et al., 2012), fato esse que possibilita supor que o NADPH produzido pela
432 ENZM nas aves é destinado quase que exclusivamente para a lipogênese quando
433 ocorre a suplementação de L-arginina na dieta, diferentemente do NADPH produzido
434 pela G6PD.

435 As reduções encontradas nas variáveis bioquímicas até determinado nível para
436 o triglicérido e o colesterol VLDL (efeito quadrático), e linear para o colesterol total e
437 colesterol LDL também foram observadas e discutidas por Fouad et al. (2013) onde
438 os autores estudaram o efeito da suplementação de L-arginina em frangos de corte e
439 encontraram a redução linear da expressão da enzima ácido graxo sintase (FAS) e,
440 conseqüentemente, dos níveis de triglicérido, e da expressão da enzima 3-hidroxil-
441 3-metilglutaril-CoA (HMGR), enzima responsável pela síntese do colesterol,
442 associando o efeito da L-arginina na modulação da lipogênese via óxido nítrico.
443 Ebrahimi et al. (2014) também encontraram reduções nas variáveis bioquímicas e na
444 expressão da FAS ao estudar diferentes níveis suplementares de L-arginina para
445 frangos de corte.

446 Como os resultados encontrados por Fouad et al. (2013), no presente trabalho
447 não se observou alteração nos níveis de extrato etéreo no peito das aves. Estes

448 resultados são contrários àqueles obtidos por Ebrahimi *et al.* (2014), os quais
449 encontraram aumento nos níveis de extrato etéreo ao suplementar a dieta das aves
450 de 1 a 42 dias de idade com L-arginina. Porém, a diferença encontrada entre os
451 trabalhos pode ser associada ao tempo que as aves receberam a suplementação. De
452 acordo com Leng *et al.* (2016) a manutenção dos níveis de extrato etéreo no peito
453 (gordura intramuscular), ou até mesmo o seu aumento é benéfico para a produção de
454 carne de frango por estar associado a melhora das características organolépticas da
455 carne.

456 A matéria mineral do peito dos frangos reduziu, ao se suplementar as aves com
457 L-arginina, sendo mais expressivo no nível de 12 g kg⁻¹ de suplementação. Porém,
458 esta redução não está descrita na literatura. Alguns trabalhos com ratos relatam o
459 efeito da suplementação com L-arginina em modificar, de forma positiva e negativa, a
460 deposição mineral em diferentes tecidos, como o hepático, cardíaco e ósseo (Seaborn
461 and Nielsen, 2002; Suliburska *et al.*, 2014). O achado do presente trabalho é
462 importante para alertar o impacto de que a suplementação possa exercer na
463 deposição de minerais nos tecidos dos frangos de corte, e mais estudos relacionados
464 devem ser elaborados, principalmente, visando a deposição de minerais nos tecidos
465 muscular e ósseo e seus efeitos na locomoção das aves que é um dos problemas
466 atuais da avicultura.

467 A retenção de nitrogênio é um indicativo de deposição de proteína e pode
468 também ser um indicativo de necessidade de nitrogênio para a síntese proteica
469 (Sakomura and Rostagno, 2016). Dessa forma, mesmo ocorrendo o aumento de
470 nitrogênio ingerido nas aves que receberam a suplementação com L-arginina, não
471 houve aumento na excreção, mantendo-se a retenção, ou seja, as aves utilizaram
472 uma maior quantidade de nitrogênio absoluto com a L-arginina na dieta. Este fato

473 evidencia que, ao suplementar as aves possivelmente ocorrem o aumento da síntese
474 proteica corroborando com a suposição proposta para a enzima G6PD e servindo de
475 justificativa para a melhora na conversão alimentar.

476 O aumento no CMEE das aves que receberam suplementação,
477 independentemente do nível suplementar, está associado a melhora nas vilosidades
478 intestinais e, conseqüentemente, melhora na absorção de nutriente como descrito por
479 Oso *et al.* (2017), os quais avaliaram os níveis de 0, 5 e 10 g kg⁻¹ de L-arginina na
480 dieta de perus e encontraram aumento linear no CMEE. Porém, os referidos autores
481 encontraram aumento linear no coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca,
482 extrato etéreo e maior retenção de nitrogênio, o que não foi observado no presente
483 trabalho. Essa diferença pode estar associada ao tempo de suplementação, bem
484 como ao tipo de ave utilizada nos ensaios. No entanto, ainda existem poucos trabalhos
485 relacionados à suplementação com L-arginina e os coeficientes de metabolizabilidade
486 das aves.

487 A redução encontrada nos valores de EMA e EMAn pode ser relacionada em que
488 nos frangos de corte ocorra da mesma forma ao que foi descrito por Kelley *et al.* (2014)
489 para cavalos, ao suplementá-los com L-arginina. Os estudos dos autores indicaram
490 que, dependendo da quantidade de L-arginina utilizada na suplementação, ocorre a
491 diminuição na absorção de outros aminoácidos (lisina, histidina, glutamina e outros).
492 Portanto, quando não ocorre a absorção de alguns aminoácidos, os mesmos estarão
493 presentes na excreta das aves, elevando a energia bruta da mesma e,
494 conseqüentemente, reduzindo a EMA e EMAn. Seguindo essa suposição, pensa-se
495 que a excreção de nitrogênio também deveria ser aumentada ao suplementar níveis
496 supostamente elevados (9 e 12 g kg⁻¹), porém, não foi o que ocorreu no presente
497 trabalho, porque como demonstrado por Kelley *et al.* (2014) a L-arginina é quase que

498 totalmente e rapidamente absorvida, gerando assim um contra balanço de N entre os
499 aminoácidos que tiveram sua absorção diminuída e a L-arginina absorvida. Sabe-se
500 também que a L-arginina possui uma EMA para aves menor (2863 kcal kg⁻¹) do que
501 muitos aminoácidos, como por exemplo a L-lisina (3762 kcal kg⁻¹, Rostagno *et al.*,
502 2017).

503

504 *Efeito do sexo*

505 De maneira geral, o desempenho zootécnico dos machos foi superior que o das
506 fêmeas, o que já era esperado como descrito na literatura (Fernandes *et al.*, 2013;
507 Benyi *et al.*, 2015). Apenas o consumo de ração foi igual em ambos os sexos,
508 resultado esse também encontrado por Salim *et al.* (2012). Os machos são abatidos
509 precocemente por conta do seu rápido crescimento, sendo este um resultado,
510 principal, do melhor aproveitamento do alimento ingerido, e não da quantidade de
511 alimento. No entanto, o rápido crescimento não é apenas um fator isolado, e sim o
512 resultado de diversos fatores como por exemplo a dominância social, hormonais,
513 taxas metabólicas, morfologia e histologia digestiva, entre outros (Holst-Schumacher
514 *et al.*, 2010; Benyi *et al.*, 2015; Mabelebele *et al.*, 2017).

515 Além do desempenho zootécnico, observou-se um maior rendimento de peito
516 maior nos machos que nas fêmeas, contrariando os resultados encontrados por López
517 *et al.* (2011) e Nikolova and Pavlovski (2009). Em ambos trabalhos, foi observado um
518 maior rendimento de peito das fêmeas. Essa diferença, provavelmente, é devido à
519 metodologia de coleta, pois, os autores diferentemente do presente trabalho,
520 consideraram apenas o peito sem os ossos. Também se observou nos machos maior
521 rendimento de coxa-sobrecoxa, corroborando com os achados de Havenstein *et al.*

522 (2003) e contrário aos resultados descritos por Fernandes *et al.* (2013), que não
523 encontraram diferenças entre os sexos.

524 O maior acúmulo de gordura abdominal nas fêmeas já é recorrente na literatura
525 (Baéza and Le Bihan-Duval, 2013; Benyi *et al.*, 2015; Marx *et al.*, 2016) e explicado
526 devido as fêmeas apresentarem processos fisiológicos distintos dos machos, e
527 possuírem um número maior de adipócitos, principalmente na região abdominal (Marx
528 *et al.*, 2016). As fêmeas, possivelmente, apresentam essa maior quantidade de
529 adipócitos na região abdominal para uma futura maturação da atividade reprodutiva
530 que exige maior reserva energética do que a atividade reprodutiva dos machos
531 (Langslow and Lewis, 1974). O resultado da porcentagem de gordura abdominal
532 podem ser associado ao da atividade enzimática da ENZM que também foi maior nas
533 fêmeas, em relação aos machos, mostrando, possivelmente, que as fêmeas possuem
534 uma maior capacidade e necessidade para a síntese e deposição lipídica do que os
535 machos.

536 Na produção de frangos de corte o peito possui um valor comercial elevado,
537 sendo uma das características primordiais nos programas de melhoramento genético
538 (Lorentz *et al.*, 2011) e sua qualidade também deve ser estudada. Dessa forma, ao
539 estudar a qualidade do peito, em relação a deposição de nutrientes observou-se que
540 os machos apresentaram uma maior deposição de proteína e de matéria mineral do
541 que as fêmeas, corroborando com os achados de Evans *et al.*, (1976).

542 A maior deposição de proteína no peito dos frangos de corte macho pode ser
543 relacionado com a maior retenção de nitrogênio em relação às fêmeas. Ao relacionar
544 a quantidade de proteína, a retenção de nitrogênio, a porcentagem de gordura
545 abdominal e a atividade da ENZM permite-se supor que, ao alimentar machos e
546 fêmeas com a mesma dieta, existe uma diferente distribuição da energia ingerida entre

547 deposição lipídica e de proteína, ou seja, ocorre-se um favorecimento da síntese e
548 deposição de proteína nos machos e, conseqüentemente, um maior rendimento de
549 partes (peito e coxa-sobrecoxa), e inversamente, o favorecimento da síntese e
550 deposição de lipídeos nas fêmeas, tendo como consequência um maior acúmulo de
551 gordura abdominal.

552 Em síntese, os frangos de corte machos apresentam melhores condições
553 produtivas do que as fêmeas, mesmo com o avanço do melhoramento genético para
554 equalizar os sexos. A adição de L-arginina no nível de 6.69 g kg⁻¹ possibilita a redução
555 da lipogênese, reduzindo os níveis de lipídeos sanguíneos (triglicerídeos, colesterol
556 total e LDL) e a atividade da ENZM, e, possivelmente, o aumento da síntese proteica.
557 Porém, existe um impacto no aproveitamento da EMAn que deve ser mais estudado.
558 Além disso, mais estudos devem ser realizados para entender os efeitos da
559 suplementação da L-arginina no metabolismo e deposição de minerais nas aves.

560

561 **Referência**

- 562 Al-Daraji HJ and Salih AM 2012. Effect of Dietary L-Arginine on Productive Performance of
563 Broiler Chickens. *Pakistan Journal of Nutrition* 11, 252–257.
- 564 Alvarez MJ, Diez A, Lopez Bote C, Gallego M and Bautista JM 2000. Short-term modulation
565 of lipogenesis by macronutrients in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) hepatocytes.
566 *British Journal of Nutrition* 84, 619–628.
- 567 Baéza E and Le Bihan-Duval E 2013. Chicken lines divergent for low or high abdominal fat
568 deposition: a relevant model to study the regulation of energy metabolism. *Animal* 7,
569 965–973.
- 570 Bautista J, Garrido-Pertierra A and Soler G 1988. Glucose-6-phosphate dehydrogenase from
571 *Dicentrarchus labrax* liver: kinetic mechanism and kinetics of NADPH inhibition. *BBA -*
572 *General Subjects* 967, 354–363.

- 573 Becker W A., Spencer J V., Mirosh LW and Verstrate J a. 1979. Prediction of Fat and Fat
574 Free Live Weight in Broiler Chickens Using Backskin Fat, Abdominal Fat, and Live
575 Body Weight. *Poultry Science* 58, 835–842.
- 576 Benyi K, Tshilate TS, Netshipale AJ and Mahlako KT 2015. Effects of genotype and sex on
577 the growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Tropical*
578 *Animal Health and Production* 47, 1225–1231.
- 579 Bradford MM, 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram
580 quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical*
581 *Biochemistry* 72, 248–254.
- 582 Choct M, Naylor AJ and Oddy VH 2005. Dietary Manipulation of Lean Tissue Deposition in
583 Broiler Chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 18, 692–698.
- 584 Düvel K, Yecies JL, Menon S, Raman P, Lipovsky AI, Souza AL, Triantafellow E, Ma Q,
585 Gorski R, Cleaver S, Vander Heiden MG, MacKeigan JP, Finan PM, Clish CB, Murphy
586 LO and Manning BD 2010. Activation of a metabolic gene regulatory network
587 downstream of mTOR complex 1. *Molecular Cell* 39, 171–183.
- 588 Ebrahimi M, Zare Shahneh A, Shivazad M, Ansari Pirsaraei Z, Tebianian M, Ruiz-Feria CA,
589 Adibmoradi M, Nourijelyani K and Mohamadnejad F 2014. The effect of feeding excess
590 arginine on lipogenic gene expression and growth performance in broilers. *British*
591 *poultry science* 55, 81–8.
- 592 Emadi M, Jahanshiri F, Kaveh K, Hair-Bejo M, Ideris A and Alimon a R 2011. Nutrition and
593 immunity: the effects of the combination of arginine and tryptophan on growth
594 performance, serum parameters and immune response in broiler chickens challenged
595 with infectious bursal disease vaccine. *Avian pathology* 40, 63–72.
- 596 Evans DG, Goodwin TL and Andrews LD 1976. Chemical Composition, Carcass Yield and
597 Tenderness of Broilers as Influenced by Rearing Methods and Genetic Strains. *Poultry*
598 *Science* 55, 748–755.
- 599 Fernandes JIM, Bortoluzzi C, Triques GE, Garcez Neto AF and Peiter DC 2013. Effect of
600 strain, sex and age on carcass parameters of broilers. *Acta Scientiarum. Animal*

- 601 Sciences 35, 99–105.
- 602 Fouad AM and El-Senousey HK 2014. Nutritional Factors Affecting Abdominal Fat
603 Deposition in Poultry: A Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 27,
604 1057–1068.
- 605 Fouad AM, El-Senousey HK, Yang XJ and Yao JH 2013. Dietary L-arginine supplementation
606 reduces abdominal fat content by modulating lipid metabolism in broiler chickens.
607 *Animal* 7, 1239–1245.
- 608 Fouad AM, Yang XJ and Yao JH 2012. Role of Dietary L-Arginine in Poultry Production. 11,
609 718–729.
- 610 Fouad AM, Yao JH, Zhang ZG and Shen QW 2013c. Dietary Alpha Lipoic Acid Improves
611 Body Composition , Meat Quality and Decreases Collagen Content in Muscle of Broiler
612 Chickens. 26, 394–400.
- 613 Gomide EM, Rodrigues PB, Naves LP, Bernardino VMP, Bertechini AG, Fassani EJ and
614 Freitas RTF 2014. Phytase and amino acids for broilers from 36 to 42 days of age.
615 *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences* 9,
616 295–300.
- 617 Guo YW, Shi BL, Yan SM, Xu YQ, Li JL and Li TY 2015. Effects of arginine on cytokines and
618 nitric oxide synthesis in broilers. *Journal of Animal and Plant Sciences* 25, 366–371.
- 619 Hasegawa E, Shiraishi J and Ohta Y 2017. Effects of Dietary Methionine or Arginine Levels
620 on the Urinary Creatinine Excretion in Broiler Chicks.
- 621 Havenstein G, Ferket P and Qureshi M 2003. Growth, livability, and feed conversion of 1957
622 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry*
623 *Science* 82, 1500–1508.
- 624 Holst-Schumacher I, Barrantes SQ, Alpízar MZ and Corella MR 2010. Serum sexual steroid
625 hormones and lipids in commercial broilers (*Gallus domesticus*) in Costa rica. *Journal*
626 *of Applied Poultry Research* 19, 279–287.
- 627 Jobgen W, Meininger CJ, Jobgen SC, Li P, Lee M, Smith SB, Spencer TE, Fried SK and Wu
628 G 2009. Dietary L -Arginine Supplementation Reduces White Fat Gain and Enhances

- 629 Skeletal Muscle and Brown Fat Masses in Diet-Induced Obese Rats 1 – 3. 1–8.
- 630 Kelley DE, Warren LK and Mortensen CJ 2014. Orally supplemented L-arginine impairs
631 amino acid absorption depending on dose in horses¹. *Journal of Animal Science* 92,
632 5560–5566.
- 633 Langslow DR and Lewis RJ 1974. Alterations with age in composition and lipolytic activity of
634 adipose tissue from male and female chickens. *British Poultry Science* 15, 267–273.
- 635 Leng L, Zhang H, Dong JQ, Wang ZP, Zhang XY, Wang SZ, Cao ZP, Li YM and Li H 2016.
636 Selection against abdominal fat percentage may increase intramuscular fat content in
637 broilers. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 1–7.
- 638 Leopold JA, Zhang YY, Scribner AW, Stanton RC and Loscalzo J 2003. Glucose-6-
639 phosphate dehydrogenase overexpression decreases endothelial cell oxidant stress
640 and increases bioavailable nitric oxide. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular*
641 *Biology* 23, 411–417.
- 642 López KP, Schilling MW and Corzo a 2011. Broiler genetic strain and sex effects on meat
643 characteristics. *Poultry science* 90, 1105–1111.
- 644 Lorentz LH, Gaya L de G, Lunedo R, Serman JB, Ferraz, Rezende FM de, Filho and
645 Michelin Tércio 2011. Production and Body Composition Traits of Broilers in Relation
646 to Breast Weight Evaluated by Path Analysis. *Sci. Agric.* 68, 320–325.
- 647 Mabelebele M, Norris D, Brown D, Ginindza M, Ngambi J, Mabelebele M, Norris D, Brown D,
648 Ginindza M and Ngambi J 2017. Breed and Sex Differences in the Gross Anatomy,
649 Digesta pH and Histomorphology of the Gastrointestinal Tract of *Gallus Gallus*
650 *Domesticus*. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 19, 339–346.
- 651 Marx S, Soares J, Prestes R, Schnitzler E, Oliveira C, Demiate I, Backes G and Steffens J
652 2016. Influence of Sex on the Physical-chemical Characteristics of Abdominal Chicken
653 Fat. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 18, 269–276.
- 654 Murray RK, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Rodwell VW, Weil PA 2014. *Harper*
655 *Illustrated Biochemistry*, 29th edition. McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- 656 Nikolova N and Pavlovski Z 2009. Major carcass parts of broiler chicken from different

- 657 genotype, sex, age and nutrition system. *Biotechnology in Animal Husbandry* 25,
658 1045–1054.
- 659 Oso AO, Williams GA, Oluwatosin OO, Bamgbose AM, Adebayo AO, Olowofeso O,
660 Pirgozliev V, Adegbenjo AA, Osho SO, Alabi JO, Li F, Liu H, Yao K and Xin W 2017.
661 Growth performance, nutrient digestibility, metabolizable energy, and intestinal
662 morphology of growing turkeys fed diet supplemented with arginine. *Livestock Science*
663 198, 24–30.
- 664 Ribeiro PAP, Costa LS, Pereira RT, Murgas LDS, Rosa PVR 2013. Parâmetros metabólicos
665 de pacus alimentados com diferentes fontes de óleo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*
666 48, 1035-1042.
- 667 Rodrigues PB, Martinez RDS, Tadeu R and Freitas F 2005. Influência do Tempo de Coleta
668 e Metodologias sobre a Digestibilidade e o Valor Energético de Rações para Aves.
669 *Revista Brasileira de Zootecnia* 34, 882–889.
- 670 Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Perazzo FG, Saraiva A, Abreu MLT,
671 Rodrigues PB, Oliveira RF, Barreto SLT, Brito CO 2011. *Brazilian tables for poultry and*
672 *swine: composition of feedstuffs and nutritional requirements*, 4th edition. UFV, Viçosa,
673 MG, BR.
- 674 Sakomura NK and Rostagno HS 2016. *Metódos de pesquisa em nutrição de monogástrico*,
675 2th edition. FUNEP, Jaboticabal, SP, BR.
- 676 Salim HM, Lee HR, Jo C, Lee SK and Lee BD 2012. Effect of Sex and Dietary Organic Zinc
677 on Growth Performance, Carcass Traits, Tissue Mineral Content, and Blood
678 Parameters of Broiler Chickens. *Biological Trace Element Research* 147, 120–129.
- 679 Scott AAJ and Knott M 1974. A Cluster Analysis Method for Grouping Means in the Analysis
680 of Variance Published by : International Biometric Society Stable URL :
681 <http://www.jstor.org/stable/2529204>. *Biometrics* 30, 507–512.
- 682 Seaborn CD and Nielsen FH 2002. Dietary silicon and arginine affect mineral element
683 composition of rat femur and vertebra. *Biological Trace Element Research* 89, 239–
684 250.

- 685 Sharifi MR, Khajali F, Hassanpour H, Pour-Reza J and Pirany N 2015. L-arginine
686 supplementation of reduced-protein diets improves pulmonary hypertensive response
687 in broiler chickens reared at high altitude. *British poultry science* 56, 470–476.
- 688 Spina J, Bright HJ and Rosenbloom J 1970. Purification and properties of L-malic enzyme
689 from *Escherichia coli*. *Biochemistry* 9, 3794–3801.
- 690 Stanton RC 2012. Glucose-6-phosphate dehydrogenase, NADPH, and cell survival. *IUBMB*
691 *Life* 64, 362–369.
- 692 Suliburska J, Bogdanski P, Krejpcio Z, Pupek-Musialik D and Jablecka A 2014. The effects
693 of L-arginine, alone and combined with vitamin C, on mineral status in relation to its
694 antidiabetic, anti-inflammatory, and antioxidant properties in male rats on a high-fat
695 diet. *Biological Trace Element Research* 157, 67–74.
- 696 Tan B, Yin A E Y, Liu A E Z, Li A E X, Shinzato I, Smith A E S B and Wu A E G 2009. Dietary L -
697 arginine supplementation increases muscle gain and reduces body fat mass in
698 growing-finishing pigs. 169–175.
- 699 Wang C, Hou S S, Huang W, Xu T S, Rong G H and Xie M 2014. Arginine affects appetite via
700 nitric oxide in ducks. *Poultry science* 93, 2048–53.
- 701 Wu L Y, Fang Y J and Guo X Y 2011. Dietary L-arginine supplementation beneficially regulates
702 body fat deposition of meat-type ducks. *British poultry science* 52, 221–226.
- 703 Yuan C, Bu X C, Yan H X, Lu J J and Zou X T 2016. Dietary L-arginine levels affect the liver
704 protein turnover and alter the expression of genes related to protein synthesis and
705 proteolysis of laying hens. *Poultry Science* 95, 261–267.
- 706 Zerehdaran S, Vereijken A L J, Arendonk J A M Van and Waaij E H Van Der 2005. Effect of Age
707 and Housing System on Genetic Parameters for Broiler Carcass Traits. *Poultry Science*
708 84, 833–838.
- 709
- 710
- 711

712 **Tabela 1.** *Porcentagem de inclusão dos ingredientes e valores nutricionais*
 713 *(calculados) das dietas pré-experimental e dieta basal experimental utilizadas para a*
 714 *criação e para o período experimental dos frangos de corte dos 29 dias aos 42 dias*

Ingredientes (g kg ⁻¹)	Pré – experimental I (1-7 dias)	Pré- experimental II (8-28 dias)	Experimental (29-42 dias)
Milho	553.45	594.75	598.0
Farelo de Soja 45%	381.80	340.60	302.3
Óleo de Soja	21.80	28.60	48.3
Sal	5.10	4.80	4.6
Cálcario	9.10	9.10	8.0
Fosfato Bicálcio	19.10	14.60	11.8
DL-metionina	3.60	2.70	2.5
L-Lisina HCl	3.0	2.20	2.0
L-Treonina	1.10	0.70	0.5
L-Valina	-	-	0.2
Suplemento Mineral ¹	0.50	0.50	0.5
Suplemento Vitaminico ²	0.40	0.40	0.4
Cloreto de Colina	0.50	0.50	0.4
Anticoccidiano ³	0.50	0.50	0.5
Antibiótico ⁴	0.05	0.05	-
Caolim (inerte)	-	-	20,0
Total	1000	1000	1000
Valores nutricionais (calculados)			
Energia Metabolizavel (MJ kg ⁻¹)	12.35	12.77	13.18
Proteína Bruta (g kg ⁻¹)	222.0	205,0	187,5
Calcium (g kg ⁻¹)	9.2	8.0	6.8
Sódio (g kg ⁻¹)	2.2	2.1	2.0
Fósforo disponível (g kg ⁻¹)	4.7	3.8	3.2
Metionina + Cistina digestível (g kg ⁻¹)	9.4	8.2	7.6
Lisina digestível (g kg ⁻¹)	13.1	11.5	10.4
Treonina digestível (g kg ⁻¹)	8.5	7.6	6.8
Valina digestível (g kg ⁻¹)	9.3	8.7	8.1
Isoleucina digestível (g kg ⁻¹)	8.7	8.0	7.2
Triptofano digestível (g kg ⁻¹)	2.5	2.3	2.0
Arginina digestível (g kg ⁻¹)	14.0	12.8	11.6
Leucina digestível (g kg ⁻¹)	17.2	16.2	13.7
Glicina + Serina total (g kg ⁻¹)	20.8	19.3	16.1

715 ¹Suplementação por kg de dieta: Zn, 55 mg; Se, 0.18 mg; I, 0.70 mg; Cu, 10 mg; Mn, 78 mg; Fe, 48 mg

716 ²Suplementação por kg de dieta: folic acid, 0.48 mg; pantothenic acid, 8.7 mg; biotin, 0.018 mg;
 717 butylatedhydroxytoluene (BHT), 1.5 mg; niacin, 11.1 mg; vitamin A, 6000 IU; vitamin B1, 0.9 mg; vitamin
 718 E, 12.15 IU; vitamin B12, 8.1 lg; vitamin B2, 3.6 mg; vitamin B6, 1.8 mg; vitamin D3, 1500 IU; vitamin
 719 K3, 1.44 mg.

720 ³Salinomicina na concentração de 66 ppm

721 ⁴Avilamicina na concentração de 100 ppm

722
 723 **Tabela 2.** *Análise da concentração dos principais aminoácidos essenciais das dietas*
 724 *experimentais*

Aminoácidos Totais Analisados (g kg ⁻¹)	Níveis de Suplementação com L-arginina-SArg (g kg ⁻¹)				
	0	3	6	9	12
Arginina	12	14,9	17,7	20,4	22,9
Lisina	11,2	11,3	11,12	11,3	11,3
Metionina+Cistina	8,1	7,9	7,9	7,8	8
Treonina	7,6	7,7	7,5	7,6	7,8
Triptofano	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3
Valina	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740 **Tabela 3.** Apresentação das probabilidades (P-value) da interação (sexo-S x
 741 suplementação com L-arginina-LARG) e do efeito isolado dos fatores (S e LARG) e
 742 coeficiente de variação (CV) para as variáveis respostas analisadas em frangos de
 743 corte dos 29 aos 42 dias de idade

Variáveis Resposta	P- value			
	LARG x S	LARG	S	CV (%)
<i>Desempenho zootécnico</i>				
Consumo de ração	0.070	0.060	0.514	4.40
Ganho de peso	0.232	0.607	0.028	5.43
Conversão alimentar	0.100	0.042	0.014	3.36
<i>Rendimentos</i>				
Carcaça	0.992	0.155	0.251	1.51
Peito	0.980	0.980	0.001	5.88
Coxa-Sobrecoxa	0.944	0.289	0.001	4.78
Gordura abdominal	0.419	0.046	0.001	16.84
<i>Composição Química do Peito</i>				
Água	0.331	0.100	0.151	2.89
Proteína Bruta	0.571	0.562	0.008	1.27
Extrato Etéreo	0.828	0.282	0.541	20.57
Matéria Mineral	0.157	0.001	0.044	6.27
Colágeno	0.105	0.607	0.128	20.05
<i>Bioquímicas</i>				
Triglicerídeos	0.627	0.013	0.079	12.32
Colesterol total	0.181	0.001	0.833	8.37
Colesterol HDL	0.609	0.535	0.997	10.95
Colesterol LDL	0.451	0.011	0.709	25.18
Colesterol VLDL	0.653	0.013	0.086	12.32
<i>Atividade enzimática</i>				
G6PD	0.211	0.004	0.095	21.34
ENZM	0.283	0.001	0.001	12.13
<i>Aproveitamento nitrogênio</i>				
N ingerido	0.249	0.006	0.001	5.29
N excretado	0.249	0.039	0.946	6.75
Balanço nitrogênio	0.193	0.021	0.001	7.15
%N retido	0.107	0.203	0.002	3.18
<i>Coefficiente de Metabolizabilidade</i>				
CMMS	0.198	0.158	0.271	1.68
CMEE	0.444	0.007	0.766	1.11
CMEB	0.473	0.253	0.070	3.93
<i>Energia Metabolizável</i>				
EMA	0.061	0.001	0.080	1.91
EMAn	0.077	0.001	0.091	2.04

745 **Tabela 4.** Desempenho zootécnico de frangos de corte dos 29 aos 42 dias de idade suplementados com nível de L-arginina na dieta

Variáveis Respostas	Suplementação com L-arginina na dieta (g kg ⁻¹)					P-value ¹			Sexo	
	0	3	6	9	12	L	LRP	Q	Machos	Fêmeas
Consumo de ração (kg)	2.355	2.396	2.333	2.309	2.279	0.066	0.999	0.780	2.325	2.342
Ganho de peso (kg)	1.351	1.397	1.389	1.377	1.368	0.844	0.999	0.148	1.398 ^e	1.355 ^f
Conversão Alimentar (kg kg ⁻¹) ²	1.743	1.715	1.679	1.676	1.666	0.014	0.014	0.189	1.677 ^e	1.714 ^f

746 ^{a,b,c,d} As médias do fator níveis de suplementação com L-arginina que não compartilham um sobrescrito comum são significativamente diferentes ($P < 0.05$)
747 pelo teste de Scott-Knott.

748 ^{e,f} As médias do fator sexo que não compartilha um sobrescrito comum são significativamente diferentes ($P < 0.05$) pelo teste de Fisher.

749 ¹P-value do Efeitos Linear (L), linear response plateau (LRP) e quadrático (Q) da suplementação com L-arginina na dieta.

750 ² Conversão Alimentar: Efeito Linear ($y=1.734-0.006x$, $R^2=0.895$) e efeito LRP [$y=1.671-0.011(x-6.87)$, $R^2=0.985$] com resposta plateau no ponto 6.87 g kg⁻¹
751 de suplementação com L-arginina na dieta.

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768 **Tabela 5.** *Rendimento de carcaça e cortes (n=6 aves por tratamento em cada bloco), e composição química do peito (n=6 aves por*
 769 *tratamento-boxes) de frangos de corte dos 29 aos 42 dias de idade suplementados com nível de L-arginina na dieta*

Variáveis Respostas	Suplementação com L-arginina na dieta (g kg ⁻¹)					P-value ¹			Sexo	
	0	3	6	9	12	L	LRP	Q	Machos	Fêmeas
<i>Rendimento</i>										
Carcaça (g kg ⁻¹ de peso vivo)	766.05	762.80	770.58	774.20	766.62	0.448	0.499	0.562	769.78	766.31
Peito (g kg ⁻¹ de carcaça)	310.32	308.81	308.75	309.20	305.75	0.092	0.999	0.999	340.32 ^e	276.53 ^f
Coxa-sobrecoxa (g kg ⁻¹ de carcaça)	248.85	245.62	254.60	251.69	254.83	0.164	0.958	0.999	292.00 ^e	210.25 ^f
Gordura abdominal (g kg ⁻¹ de carcaça) ²	15.307	16.033	14.682	14.310	12.96	0.049	0.671	0.999	13.49 ^e	15.82 ^f
<i>Composição Química do Peito (g kg⁻¹)</i>										
Água	720.13	726.86	727.05	725.05	729.25	0.139	0.999	0.569	727.17	724.16
Proteína Bruta	229.24	229.34	229.63	231.05	228.15	0.999	0.999	0.402	231.03 ^e	227.94 ^f
Extrato Etéreo	15.00	11.75	13.20	12.21	13.78	0.703	0.999	0.235	13.490	12.880
Matéria Mineral	29.91 ^a	27.15 ^b	25.07 ^c	26.75 ^b	23.37 ^c	0.054	0.999	0.721	27.103 ^e	25.808 ^f
Colágeno	5.70	4.89	5.05	4.93	5.45	0.741	0.999	0.085	5.512	4.901

770 ^{a,b,c,d} As médias do fator níveis de suplementação com L-arginina que não compartilham um sobrescrito comum são significativamente diferentes ($P < 0.05$)

771 pelo teste de Scott-Knott.

772 ^{e,f} As médias do fator sexo que não compartilha um sobrescrito comum são significativamente diferentes ($P < 0.05$) pelo teste de Fisher.

773 ¹P-value do Efeitos Linear (L), linear response plateau (LRP) e quadrático (Q) da suplementação com L-arginina na dieta.

774 ² Efeito linear ($y=15.936-0.213x$, $R^2=0.773$) da suplementação com L-arginina na dieta.

775

776

777

778

779 **Tabela 6.** Variáveis bioquímicas e atividade enzimática da G6PD e ENZM de frangos de corte ($n=6$ aves por tratamento em cada
780 bloco), dos 29 aos 42 dias de idade suplementados com nível de L-arginina na dieta

Variáveis Respostas	Suplementação com L-arginina na dieta (g kg^{-1})					P-value ¹			Sexo	
	0	3	6	9	12	L	LRP	Q	Machos	Fêmeas
<i>Bioquímicas (mmol l^{-1})</i>										
Triglicerídeos ²	0.600	0.552	0.512	0.513	0.576	0.557	0.999	0.028	0.535	0.564
Colesterol total ³	3.535	3.314	3.228	3.102	3.071	0.008	0.999	0.081	3,257	3,242
Colesterol HDL	2.419	2.377	2.240	2.349	2.355	0.537	0.999	0.257	2,348	2,348
Colesterol LDL ⁴	0.844	0.684	0.752	0.517	0.453	0.025	0.999	0.762	0.664	0.636
Colesterol VLDL ⁵	0.272	0.253	0.235	0.235	0.264	0.598	0.999	0.036	0.245	0.258
<i>Atividade enzimática (mUI mg^{-1} de proteína)</i>										
G6PD	2.963 ^a	3.935 ^b	4.044 ^b	4.208 ^b	3.953 ^b	0.166	0.999	0.053	4.000	3.641
ENZM ⁶	41.437	35.142	33.380	29.952	30.313	0.021	0.049	0.089	32.194 ^e	35.896 ^f

781 ^{a,b,c,d} As médias do fator níveis de suplementação com L-arginina que não compartilham um sobrescrito comum são significativamente diferentes ($P < 0.05$) pelo
782 teste de Scott-Knott.

783 ^{e,f} As médias do fator sexo que não compartilha um sobrescrito comum são significativamente diferentes ($P < 0.05$) pelo teste de Fisher.

784 ¹ P-value do Efeitos Linear (L), linear response plateau (LRP) e quadrático (Q) da suplementação com L-arginina na dieta.

785 ² Triglicerídeos: Efeito quadrático ($y=0.002x^2-0.028x+0.605$, $R^2=0.951$) com o ponto mínimo em 6.69 g kg^{-1} de suplementação com L-arginina na dieta.

786 ³ Colesterol total: Efeito linear ($y=3.478-0.038x$, $R^2=0.929$) da suplementação com L-arginina na dieta.

787 ⁴ Colesterol LDL: Efeito linear ($y=0.840-0.032x$, $R^2=0.852$) da suplementação com L-arginina na dieta.

788 ⁵ Colesterol VLDL: Efeito quadrático ($y=0.001x^2-0.0120x+0.275$, $R^2=0.930$) com ponto mínimo em 6.63 g kg^{-1} de suplementação com L-arginina na dieta.

789 ⁶ ENZM: Efeito linear ($y=39.532-0.915x$, $R^2=0.866$) e efeito LRP [$y=30.132-1.342(x-7.85)$], $R^2=0.959$] com resposta plateau no ponto 7.85 g kg^{-1} de
790 suplementação com L-arginina na dieta

791

792 **Tabela 7.** Balanço de nitrogênio, coeficiente de metabolizabilidade, EMA e EMAn de frangos de corte (n=9 aves por tratamento),
 793 dos 29 aos 42 dias de idade suplementados com nível de L-arginina na dieta.

Variáveis Respostas	Suplementação com L-arginina na dieta (g kg ⁻¹)					P-value ¹			Sexo	
	0	3	6	9	12	L	LRP	Q	Machos	Fêmeas
<i>Aproveitamento de nitrogênio</i>										
N ingerido (g) ²	17.495	18.149	19.078	19.510	19.560	0.010	0.999	0.110	19.600 ^e	17.917 ^f
N excretado (g)	5.950 ^a	5.636 ^a	6.145 ^a	6.421 ^a	6.207 ^a	0.201	0.999	0.991	6.079	6.068
Balanço de N (g) ³	11.535	12.513	12.932	13.089	13.353	0.020	0.061	0.094	13.521 ^e	11.848 ^f
N retido (%)	67.933	70.945	69.784	69.088	70.260	0.597	0.999	0.549	68.895 ^e	66.115 ^f
<i>Coeficiente de metabolizabilidade (%)</i>										
Matéria seca (CMMS)	72.211	72.790	71.706	70.982	72.224	0.486	0.999	0.634	71.587	72.337
Extrato etéreo (CMEE)	86.157 ^a	88.203 ^b	87.477 ^b	87.618 ^b	88.203 ^b	0.412	0.999	0.785	87.478	87.585
Energia Bruta (CMEB)	77.648	77.603	77.030	77.619	76.738	0.279	0.249	0.320	76.045	77.060
<i>Energia metabolizável (MJ kg⁻¹ de ração)</i>										
Aparente (EMA)	14.366 ^a	14.184 ^a	14.195 ^a	13.547 ^b	13.879 ^b	0.114	0.999	0.142	13.922	14.147
Aparente corrigida por N (EMAn)	13.597 ^a	13.352 ^a	13.441 ^a	12.677 ^b	12.971 ^b	0.095	0.999	0.310	13.109	13.307

794 ^{a,b,d,c,d} As medias do fator níveis de suplementação com L-arginina que não compartilham um sobrescrito comum são significativamente diferentes ($P < 0.05$)
 795 pelo teste de Scott-Knott.

796 ^{e,f} As médias do fator sexo que não compartilha um sobrescrito comum são significativamente diferentes ($P < 0.05$) pelo teste de Fisher.

797 ¹P-value do Efeitos Linear (L), linear response plateau (LRP) e quadrático (Q) da suplementação com L-arginina na dieta.

798 ² N ingerido: Efeito Linear ($y = 17.660 + 0.183x$, $R^2 = 0.920$) da suplementação com L-arginina na dieta.

799 ³ Balanço de N: Efeito Linear ($y = 11.839 + 0.141x$, $R^2 = 0.876$) da suplementação com L-arginina na dieta.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**ARTIGO 2 – PROTEÍNA BRUTA REDUZIDA E A INFLUÊNCIA DA
SUPLEMENTAÇÃO COM L-ARGININA NA RAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

Artigo formatado de acordo com as normas do periódico:

Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition

1 **Proteína bruta reduzida e a influência da suplementação com L-arginina em**
2 **frangos de corte**

3
4
5
6 **Resumo**

7 Avaliou-se a suplementação de L-arginina em rações com nível 170 g kg⁻¹ de PB
8 (reduzida) para frangos de corte (machos e fêmeas) e sua influência no desempenho, na
9 deposição lipídica, na excreção de nutrientes e valor energético das rações (EMAn) para
10 frangos de corte na fase de 29 aos 42 dias de idade. Foram conduzidos dois ensaios, sendo
11 um de desempenho zootécnico e outro de metabolismo com frangos de cortes machos e
12 fêmeas, da linhagem comercial Cobb®. Para as variáveis respostas de desempenho
13 zootécnico, rendimentos de carcaça e cortes e parâmetros bioquímicos foi utilizado um
14 delineamento em blocos casualizados (boxes e gaiolas) e para o ensaio de metabolismo
15 (gaiolas) e composição centesimal da carcaça (boxes) foi utilizado um delineamento
16 inteiramente casualizado. Ambos os delineamentos foram distribuídos em um esquema
17 fatorial 2 (sexo dos animais) x 5 (cinco níveis de suplementação com L-arginina: 0, 3, 6,
18 9 e 12 g kg⁻¹) com seis repetições, sendo 23 aves no boxe e três aves na gaiola. Os frangos
19 de corte machos que recebem as dietas com níveis reduzidos de proteína bruta apresentam
20 melhores respostas produtivas que as fêmeas. Ao suplementar as aves com L-arginina,
21 houve melhora (p<0.05), no consumo de ração (3 e 6 g kg⁻¹), no ganho de peso (6 e 9 g
22 kg⁻¹) e na conversão alimentar (efeito LRP) melhorando 4.5% até o ponto 7.66 g kg⁻¹
23 quando comparado com as aves que não receberam suplementação. A adição de L-
24 arginina na dieta propiciou aumento do colágeno do peito, independentemente do nível
25 suplementar e propiciou um efeito quadrático nos triglicerídeos sanguíneos, reduzindo
26 17,48% no ponto de 7,63 g kg⁻¹ de suplementação. Entretanto, ao adicionar qualquer nível
27 de L-arginina na dieta não houve alteração na excreção de nutriente e na EMAn. O nível
28 de suplementação de 7.66 g kg⁻¹ de L-arginina é eficiente para melhorar o desempenho
29 zootécnico e reduzir os níveis de triglicerídeos em frangos de corte alimentados com
30 proteína reduzida na dieta.

31

32 **Palavras-Chave:** lipogênese, níveis de proteína, frangos de corte, aminoácidos,

33 avicultura

34

35

36

37

38

39

40 1. Introdução

41

42 Os avanços genéticos e nutricionais na produção de frangos de corte propiciaram
43 o elevado desempenho produtivo, porém, ocasionaram maior capacidade de biossíntese e
44 deposição lipídica nas carcaças de frangos, resultando no aumento da gordura abdominal
45 e desafios para a indústria avícola (Fouad & El-Senousey, 2014). Segundo Choct, Naylor,
46 & Oddy (2005) as linhagens de frangos de corte possuem entre 15 a 20% de gordura
47 corporal na qual 85% dessa gordura não é fisiologicamente necessária para o
48 funcionamento do organismo. Desta forma, ocorre um desperdício da energia na dieta
49 para gerar um produto de baixo valor econômico, além de reduzir o rendimento das
50 carcaças e afetar a aceitação do consumidor final.

51 A gordura abdominal é uma variável utilizada para avaliar a deposição lipídica em
52 frangos de corte porque está diretamente relacionada com a gordura total da carcaça
53 (Becker et al., 1979). Existe uma tendência de que os processos de seleção genética na
54 avicultura de corte, visando o desempenho zootécnico, ocasionam a cada ano o aumento
55 da gordura abdominal devido à elevada correlação genética entre as características
56 selecionadas e a deposição lipídica, conforme descrito por Gaya et al. (2005). Os mesmos
57 autores indicaram que o critério de seleção deve ser revisto, pois, a deposição lipídica
58 com o passar dos anos pode se agravar e a seleção por conta da quantidade de gordura
59 abdominal pode ser necessária para diminuir o teor lipídico das carcaças destes animais.

60 Por muito tempo a formulação de rações para aves baseou-se em satisfazer os
61 níveis de proteína bruta (quantidade de nitrogênio x 6,25), ou seja, um conceito
62 tradicional que resultava em dietas contendo níveis de aminoácidos superiores às reais
63 necessidades dos animais, gerando um problema econômico pelos gastos elevados com
64 as fontes proteicas e ambiental pela excreção elevada de nitrogênio no ambiente (Gomide,

65 Rodrigues, De Freitas, & Fialho, 2007). O conceito de proteína ideal e a produção
66 comercial dos aminoácidos favoreceram a redução da proteína bruta das dietas, sem
67 prejuízo no desempenho produtivo das aves conforme demonstrado por alguns autores
68 (Aletor et al., 2000; Oliveira et al., 2011; Gomide et al., 2014). Porém, ao avaliarem as
69 características de carcaça Gomide et al. (2014) e Aletor et al. (2000) observaram um
70 aumento na deposição de lipídeos nas aves alimentadas com baixos teores de proteína
71 bruta e suplementadas com aminoácidos comerciais, com base no conceito de proteína
72 ideal.

73 Nas aves, a deposição lipídica aumenta de duas maneiras, sendo uma através do
74 aumento no número de adipócitos (hiperplasia) e outra pelo aumento no volume dos
75 mesmos (hipertrofia). Nas aves de corte, a hiperplasia ocorre até a quarta semana de idade
76 e, posteriormente, o crescimento dos depósitos de gordura se dá por hipertrofia (Guo et
77 al., 2011). Desta maneira, a maioria das pesquisas que enfoca a deposição de lipídeos
78 ocorre a partir dos 21 dias, quando a ave está próxima de iniciar os aumentos dos
79 depósitos pela hipertrofia (Crespo & Esteve-Garcia, 2002; Fouad et al., 2013).

80 Com a problemática envolvida na produção de frangos de corte a arginina que é
81 um aminoácido considerado essencial para as aves, por não possuírem algumas enzimas
82 para ciclo da ureia, vem sendo discutida como forma de diminuir a gordura corporal em
83 ratos, suínos e frangos de corte, em dietas contendo níveis de proteínas recomendados.
84 Alguns autores têm demonstrado em seus estudos que a inclusão de 1 a 2% de L-arginina
85 é eficiente em diminuir a deposição de tecido adiposo, colesterol e o triglicérido nestes
86 animais, por influenciar as enzimas que atuam no processo de lipogênese e favorecer a
87 síntese proteica (Jobgen et al., 2009; Tan et al., 2009; Fouad et al., 2013).

88 Assim, devido à problemas relacionados aos avanços da genética, da nutrição
89 animal e os interesses da sociedade moderna, que busca uma alimentação saudável e com

90 menor teor de gordura, avaliou-se a suplementação de L-arginina em rações com 17% de
91 proteína bruta (reduzida) e sua influência no desempenho, na deposição lipídica e na
92 excreção de nutrientes por frangos de corte.

93

94 **2. Material e Métodos**

95

96 2.1. Animais, local e período pré-experimental

97

98 Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no
99 Uso de Animais - CEUA/UFLA (protocolo n° 057/14). Dois ensaios, sendo um de
100 desempenho zootécnico e outro de metabolismo, foram conduzidos na fase de 29 aos 42
101 dias de vida das aves, no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras-
102 UFLA, Minas Gerais, Brasil para avaliar o efeito da suplementação de dietas com L-
103 arginina em relação ao desempenho zootécnico, características de carcaça, lipidograma,
104 coeficientes de metabolizabilidade e energia metabolizável.

105 No período pré-experimental (um aos 28 dias) as aves (machos e fêmeas), da
106 linhagem comercial Cobb®, receberam uma dieta a base de milho e farelo de soja e
107 suplementos minerais e vitamínicos, e sem a suplementação de L-arginina (Tabela 1) para
108 atender à necessidade nutricional conforme recomendado por Rostagno et al. (2017). No
109 28° dia, as aves (machos e fêmeas) foram pesadas individualmente e separadas por faixa
110 de peso obtendo que posteriormente foram distribuídas buscando manter uma
111 uniformidade no peso (1.403 ± 22 g e 1.244 ± 50 g, respectivamente para machos e
112 fêmeas). As aves foram alojadas em boxes com dimensões de 1,5 x 2,0 m e em gaiolas
113 de metabolismo com dimensões de 50 x 50 x 40 cm. Ambos os locais experimentais

114 receberam iluminação constante (24 horas) e as aves receberam água e alimentação *ad*
115 *libitum*.

116 Em todo o período experimental os locais (boxes e gaiolas) experimentais foram
117 equipados com termo-higrômetro digital (modelo HTH-240, HIKARI, Planalto Paulista,
118 Brasil) para a mensuração da temperatura e da umidade relativa (máximas e mínimas) nas
119 instalações, durante o período experimental.

120

121 2.2. Delineamentos e rações experimentais

122

123 Para as variáveis respostas de desempenho zootécnico, rendimento de carcaça e
124 cortes, gordura abdominal e lipidograma foi utilizado um delineamento em blocos
125 casualizados, sendo bloqueado o local de criação (boxes e gaiolas) e, para as variáveis
126 mensuradas no ensaio de metabolismo e características químicas da carcaça foi utilizado
127 um delineamento inteiramente casualizado (gaiolas - ensaio de metabolismo e boxes –
128 variáveis de características químicas da carcaça). Ambos os delineamentos foram
129 distribuídos em um esquema fatorial 2 (sexo dos animais) x 5 (cinco níveis de
130 suplementação com L-arginina) com seis repetições por tratamento, sendo 23 aves no
131 boxe e três aves na gaiola.

132 Os tratamentos consistiram de uma dieta sem a suplementação de L-arginina e
133 outras quatro com diferentes níveis de suplementação da dieta basal com 3, 6, 9, 12 g
134 kg^{-1} e o sexo das aves (machos e fêmeas). A dieta basal foi formulada para atender as
135 exigências das aves segundo Rostagno et al. (2017), com exceção do nível de proteína
136 bruta o qual foi reduzido para 170 g kg^{-1} por essa redução resultar em aumento da gordura
137 abdominal, conforme descrito por Gomide et al. (2014), ao avaliarem a fase de 35 a 42
138 dias. Os níveis suplementares de L-arginina foram adicionados nas dietas experimentais

139 em substituição ao inerte (20 g kg⁻¹ de caulim, Tabela 1). As demais relações
140 aminoácídicas, quando necessários, foram mantidas de acordo com as relações propostas
141 por Rostagno et al. (2017) através da adição de aminoácidos comerciais na dieta.

142 A dieta basal e com os níveis de suplementação de L-arginina foram analisadas
143 (Tabela 2) em duplicata e determinado os teores de aminoácidos pela técnica de
144 Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) realizada por um laboratório particular
145 (Ajinomoto Brasil, Limeira, São Paulo, Brasil) seguindo as recomendações da AOAC
146 (método 982.30).

147

148 2.3.Variáveis resposta do ensaio de metabolismo

149

150 Após um período de adaptação de sete dias, iniciou-se o ensaio de metabolismo,
151 utilizando o método de coleta total de excretas para a determinação dos coeficientes de
152 metabolizabilidade aparente: (CMA) da matéria seca (CMAMS), extrato etéreo
153 (CMAEE) e energia bruta (CMAEB). Além da porcentagem de retenção do nitrogênio,
154 a energia metabolizável aparente (EMA) e a energia metabolizável corrigida pelo
155 nitrogênio (EMAn). As coletas foram realizadas por um período de três dias (36, 37 e 38
156 dias de idade das aves) conforme descrito por Rodrigues et al. (2005). As excretas foram
157 armazenadas em freezer (-5°C) até o final do período de coleta, quando foram
158 descongeladas, pesadas e homogeneizadas para obtenção de amostras representativas de
159 400 g. Essas amostras foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada
160 (65°C) até peso constante e posteriormente moídas (moinho tipo faca com peneira de 1,0
161 mm) e armazenadas a 4°C até a realização das análises laboratoriais.

162 As análises laboratoriais foram realizadas em triplicata e conforme o
163 procedimento da AOAC descrito por Horwitz e Latimer Jr. (2005), determinado nas

164 dietas experimentais e nas excretas, a matéria seca (MS) em estufa (método 943.01),
 165 proteína bruta (PB) pelo método de Kjeldahl (método 954.01) e extrato etéreo (EE) sem
 166 hidrólise ácida (método 920.39). A energia bruta (EB) foi determinada em bomba
 167 calorimétrica (modelo C200, IKA®, Stauten, Alemanha).

168 As energias metabolizáveis aparentes (EMA) das rações foram determinadas em
 169 ensaio vivo e calculadas utilizando a equação proposta por Matterson et al. (1965) e a
 170 EMA corrigida por nitrogênio (EMAn) foi calculada por correção para zero a retenção de
 171 nitrogênio de acordo com Hill and Anderson (1958):

172

$$173 \quad EMAn = \frac{EB_{ingerida} - (EB_{excretada} + 8,22 \times BN)}{MS_{ingerida}}$$

174

175 em que:

176 EB= energia bruta

177 BN= balanço de nitrogênio (N_{ingerido} – N_{excretado})

178 MS= matéria seca

179 Para os cálculos dos coeficientes de metabolizabilidade aparente dos nutrientes
 180 (matéria seca -CMAMS, extrato etéreo-CMAEE e energia bruta-CMAEB), foi utilizado
 181 a seguinte fórmula base:

182

$$183 \quad CMA \text{ nutrientes (\%)} = \frac{Nutriente \text{ ingerido} - Nutriente \text{ excretada}}{Nutriente \text{ ingerida}} \times 100$$

184

185 A porcentagem de nitrogênio retido (N_{retido}) das aves foi obtida através da
 186 seguinte fórmula:

$$187 \quad N_{retido} (\%) = \frac{N_{ingerido} - N_{excretado}}{N_{ingerido}} \times 100$$

188

189 2.4. Variáveis de desempenho zootécnico

190

191 O consumo de ração (CR), o ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA) e o
192 consumo de arginina digestível (CAD) das aves foram avaliados dos 29 aos 42 dias de
193 idade. O CR e a CA, foram corrigidos por meio da mortalidade dos animais seguindo as
194 recomendações de Sakomura & Rostagno (2016) e o CAD calculado em função do CR e
195 percentagem de arginina digestível na dieta.

196

197 2.5. Lipidograma

198

199 No 42º dia de vida, duas aves foram aleatoriamente retiradas de cada parcela
200 experimental, totalizando seis aves por tratamento em cada bloco (boxes e gaiolas), após
201 serem submetidas a jejum de 12 horas e posteriormente realizada a colheita de seis
202 mililitros de sangue por punção cardíaca, em tubos sem anticoagulante. E em seguida, o
203 sangue foi submetido à centrifugação (6500 rpm durante seis minutos) e o soro foi obtido
204 utilizando uma pipeta automática e armazenados em microtubos de dois mililitros a -20°C
205 para posteriores análises bioquímicas. O colesterol total, triglicerídeos, colesterol HDL e
206 colesterol LDL foram analisados através do leitor de microplaca (modelo Multiskan FC,
207 Thermo Fisher Scientific Inc., Vantaa, Finlândia) utilizando kits sorológicos comerciais
208 (Labtest®, Campinas, Brasil). Já o colesterol VLDL foi obtido através da diferença entre
209 o colesterol total e o HDL e LDL.

210

211 2.6. Rendimento e qualidade da carcaça e partes

212

213 Após a colheita sanguínea, as aves foram submetidas ao abate por deslocamento
214 cervical, sangria, escaldagem, depenação e evisceração. Em seguida foram obtidos o
215 rendimento de carcaça, rendimento de peito, coxa+sobrecoxa e gordura abdominal. Para
216 o rendimento de carcaça foi considerado o peso da carcaça limpa (sem cabeça e pés) e
217 sua relação com peso corporal do animal. Já os rendimentos de corte (peito e coxa +
218 sobrecoxa) foram calculados em relação ao peso da carcaça eviscerada. Para
219 determinação da gordura abdominal, foi considerada a deposição lipídica na região entre
220 a Bursa de Fabricius e a cloaca, sendo posteriormente pesada e calculada sua relação com
221 o peso da carcaça conforme descrito por Gomide et al., (2014).

222 O peito e a coxa + sobrecoxa das aves criadas no galpão tiveram sua pele retirada
223 e foram desossadas, trituradas e armazenadas em alíquota de 80 gramas a -20°C para
224 posteriores análises do infravermelho próximo (método AOAC:2007-04) através do
225 FoodScanTMMeatAnalyser (FOSS, Hillerod, Dinamarca), onde foram avaliados os teores
226 de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e colágeno dos cortes (peito e
227 coxa+sobrecoxa).

228

229 2.7. Análise estatística

230

231 Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett's e Shapiro-Wilk, em $p < 0,05$
232 nível estatístico, para verificar os pressupostos da análise de variância (homogenicidade
233 e normalidade). Não atingindo um dos pressupostos foi aplicada, aos dados, a
234 transformação logarítmica para posterior análise estatística. Atendendo ambos os
235 pressupostos os dados foram submetidos à análise da variância com dois fatores (ANOVA
236 two-way), através do *Pacote Experimental Designs* (Ferreira et al., 2013) com auxílio do
237 programa estatístico R, versão 3.2.5 (R Core Team, 2017). Para o desdobramento ou para

238 a análise do fator isolado sexo, as médias foram comparadas pelo teste de Fisher a 5% de
239 probabilidade, e para os níveis de suplementação com L-arginina foi aplicado modelos de
240 regressão até o segundo grau, por meio do pacote Easy nonlinear model (Arnhold, 2014).
241 Quando os dados não se adequavam aos modelos de regressão de primeiro e segundo grau
242 aplicou-se o teste de Scott-Knott (Scott and Knott, 1974) em $p < 0.05$ nível estatístico. Isso
243 porque os modelos superiores ao proposto (linear, linear resposta plateau e quadrático)
244 dificultam interpretações biológicas.

245

246 **3. Resultados**

247

248 3.1. Desempenho Animal

249

250 As temperaturas mínimas e máximas médias registradas no período experimental
251 foram de 19.8 ± 1.74 e $30.7 \pm 1.71^\circ\text{C}$; 21.3 ± 1.16 e $28.4 \pm 1.71^\circ\text{C}$, respectivamente para
252 boxes e gaiolas. A umidade relativa apresentou médias, mínimas e máximas, nos boxes e
253 nas gaiolas, de 73.30 ± 9.87 e $46.38 \pm 7.75\%$; 77.53 ± 5.44 e $50.30 \pm 7.17\%$, respectivamente.

254 No período experimental (29 a 42 dias de idade), foi registrada uma mortalidade de
255 2,56% sem quaisquer influencia ou interação dos fatores estudados, sendo considerada
256 uma mortalidade normal de criação.

257 Em relação as variáveis de desempenho zootécnico (Tabela 3) não houve
258 interação ($p > 0,10$) dos níveis de suplementação com L-arginina (SArg) e o sexo dos
259 animais, porém, houve efeito isolado do sexo em todas as variáveis avaliadas ($p < 0,01$).
260 Os machos apresentaram um consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e
261 consumo de arginina digestível melhores que às fêmeas, em 11.18%, 20.67%, 8.59% e
262 11.08%, respectivamente.

263 A suplementação com L-arginina influenciou ($p < 0.05$) todas as variáveis
264 respostas de desempenho zootécnico. O consumo de ração apresentou um aumento
265 ($p = 0.017$) médio de 3.64% ao suplementar aves com os níveis de 3 e 6 g kg⁻¹ de L-arginina
266 na dieta quando comparado com as aves que receberam a dieta sem suplementação e com
267 níveis superiores (9 e 12 g kg⁻¹), que não diferenciaram entre si.

268 Ao suplementar a dieta das aves com L-arginina observou-se, também, uma
269 melhora ($p = 0.001$) de 4.37% no ganho de peso ao utilizar os níveis de 6 e 9 g kg⁻¹ de
270 suplementação, quando comparados, pelo teste de Scott-Knott, com a média dos demais
271 níveis (0, 3, 12 g kg⁻¹). No entanto, a conversão alimentar melhorou ($P = 0.044$) de forma
272 linear resposta plateau [$y = 1.685 - 0.01283(x - 7.662)$, $R^2 = 0.962$] até o ponto 7.66 g kg⁻¹ de
273 suplementação gerando uma redução de 4.5 %, em relação as aves que não receberam a
274 suplementação.

275 O consumo de arginina digestível aumentou ($p = 0.001$) de forma linear
276 ($y = 26.9322 + 2.027x$, $R^2 = 0.994$), com um aumento de 78.75%, em relação ao nível sem
277 suplementação, quando a dieta foi suplementada com o nível de 12 g kg⁻¹.

278

279 3.2. Rendimento de carcaça, cortes e gordura abdominal e composição centesimal
280 dos cortes

281

282 Não houve interação significativa ($p > 0,05$) dos fatores estudados para nenhuma das
283 variáveis de rendimento de carcaça, cortes e gordura abdominal (Tabela 4). Porém, assim
284 como observado no desempenho zootécnico houve efeito isolado do sexo ($p < 0.01$) para
285 todas as variáveis. O rendimento de carcaça das fêmeas foi superior ($p = 0.012$) em 0,98%
286 que os machos. No entanto, os machos foram superiores nos rendimentos ($p = 0.001$) de
287 peito (11,05%) e coxa + sobrecoxa (25.66%). A gordura abdominal depositada pelas

288 fêmeas foi 32% maior do que os valores obtidos para os machos ($p=0.001$), resultando
289 em uma maior deposição lipídica na carcaça.

290 Os níveis de L-arginina suplementar não influenciaram ($p>0.05$) nenhuma das
291 variáveis de rendimento de carcaça avaliadas, bem como não reduziram
292 significativamente ($p=0.130$) a gordura abdominal. Ressalva-se, entretanto, que
293 possivelmente não se encontrou uma resposta significativa devido a elevada variabilidade
294 desta característica, que resultou em maior coeficiente de variação obtido para esta
295 variável ($CV= 15\%$).

296 Quanto à composição centesimal dos cortes, observou-se que não houve interação
297 significativa ($p>0.05$) entre o sexo e o nível de suplementação com L-arginina tanto para
298 o peito (Tabela 5) quanto para coxa+sobrecoxa (Tabela 6). Porém, observou-se efeito
299 ($p<0.05$) do sexo na quantidade de colágeno e extrato etéreo no peito. No entanto, para
300 os níveis de suplementação com L-arginina só se observou efeito na quantidade de
301 colágeno do peito.

302 Ocorreu uma maior deposição de colágeno no peito pelos machos, os quais
303 apresentaram uma deposição aproximadamente 19% maior do que as fêmeas. Porém, ao
304 avaliar a deposição de colágeno na coxa + sobrecoxa não foi observada diferença
305 significativa entre os sexos ($p=0.075$). Além disso, a quantidade de extrato etéreo na
306 composição do peito dos machos foi de aproximadamente 20% superior ($p=0.020$) às
307 fêmeas.

308 Observou-se uma maior ($p=0.001$) quantidade de colágeno no peito ao adicionar
309 o nível suplementar de 6 g kg^{-1} de e superiores de L-arginina na dieta. Os níveis
310 suplementares de 6 e 12 g kg^{-1} propiciaram um aumento de 22.47%, enquanto o nível de
311 12 g kg^{-1} propiciou um aumento de 47.62%, quando comparados com os animais que
312 receberam as dietas sem suplementação e com 3 g kg^{-1} de L-arginina suplementar.

313

314 3.3. Lipidograma

315

316 Não foi observada interação significativa (Tabela 7) do sexo e os níveis de
317 suplementação da dieta com L-arginina no lipidograma das aves, bem como efeito isolado
318 do sexo das aves ($p>0.05$). No entanto, ao avaliar o efeito da arginina suplementar,
319 observou-se efeito ($p=0.002$) para os níveis séricos de triglicerídeos e de colesterol
320 presente na lipoproteína de muito baixa densidade (colesterol VLDL).

321 Ao suplementar de forma crescente os frangos de corte com L-arginina observou-
322 se um efeito quadrático ($p=0.043$) para o nível sérico de triglicerídeos ($y= 0.188x^2-$
323 $0.287x+0.648$, $R^2=0.95$), onde o menor nível sérico foi obtido com a suplementação de
324 7.6 g kg^{-1} de L-arginina na dieta ($0.538 \text{ mmol L}^{-1}$) possibilitaria uma redução de 17,48%
325 ($p<0.05$) nos valores de triglicerídeos.

326 Embora tenha sido observada diferença significativa em relação aos níveis de L-
327 arginina suplementar, as médias do colesterol VLDL não se enquadraram em nenhuma
328 das análises de regressão propostas no estudo (resposta linear ou quadrática) e, assim,
329 encontrou-se diferença significativa ($p<0.05$), por meio do teste de Scott-Knott,
330 observando-se que a suplementação com L-arginina na dieta das aves permite uma
331 redução média de 13% ($p<0,05$) nos níveis séricos do colesterol VLDL, quando se
332 suplementa a dieta com 3 a 12 g kg^{-1} de L-arginina.

333

334 3.4. Coeficiente de metabolizabilidade, balanço de nitrogênio, EMA e EMAn

335

336 Os níveis de suplementação com L-arginina e os sexo dos animais não
337 apresentaram interação ($p>0.05$) para nenhuma das variáveis de metabolizabilidade

338 (CMMS, CMEB e CMEE), EMA (Tabela 8) e EMAn (Tabela 9). Da mesma forma, não
339 se observou o efeito isolado ($P>0.05$) do sexo ou da suplementação com L-arginina na
340 dieta das aves.

341 Ao avaliar o balanço de nitrogênio e a EMA corrigida pelo nitrogênio retido
342 (EMAn) das aves notou-se que não houve interação ($p>0.05$) do sexo das aves e dos níveis
343 de suplementação com L-arginina na dieta tanto na ingestão, na excreção e na retenção
344 do nitrogênio, bem como para a EMAn (Tabela 9). Entretanto, o sexo do animal
345 influenciou ($p<0.05$) o consumo de nitrogênio (Nconsumido) e o nitrogênio retido
346 (Nretido), onde os machos apresentaram um percentual de 8.17% e 5.75% de aumento na
347 ingestão e na retenção, respectivamente, quando comparados com as fêmeas.

348 A suplementação da dieta com L-arginina influenciou ($p<0.05$) a ingestão e
349 excreção de nitrogênio, sem efeito ($p=0.743$) sobre a EMAn.

350 O consumo de nitrogênio (Ningerido) das aves aumentou ($P=0.022$) de forma
351 linear ($14.447+0.376x$, $R^2= 0.882$) ao suplementá-las com L-arginina, no nível máximo
352 de suplementação estudado (12 g kg^{-1}) o aumento foi de 31.23% em relação as aves que
353 receberam a dieta sem suplementação. Entretanto observou-se na excreção de nitrogênio
354 (Nexcretado), pelo teste de Scott-Knott, que os níveis suplementares de 3 e 6 g kg^{-1} não
355 diferenciaram ($p>0.05$) da dieta sem suplementação que, em média, apresentaram uma
356 excreção de nitrogênio 13.52% menor ($p<0,05$) às aves que receberam 9 e 12 g kg^{-1} . Os
357 valores de EMA e EMAn das dietas não foram influenciados ($p>0,05$) pela L-arginina
358 suplementar, e determinou-se valores médios de 14.133 e $13,419 \text{ MJ kg}^{-1}$,
359 respectivamente.

360

361 **4. Discussões**

362

363 A interação não significativa ($p>0.05$) do fator sexo e nível de suplementação de
364 L-arginina em nenhuma das variáveis resposta. Demonstra independência dos fatores
365 estudados, levando à discussão de seus efeitos de forma isolada.

366

367 *4.1. Sexo*

368

369 Em relação a diferença observada no sexo dos animais, já era esperado um melhor
370 desempenho dos machos quando comparados com as fêmeas. Conforme relatado na
371 literatura por Benyi et al. (2015) e Fernandes et al. (2013) para diversos tipos de
372 linhagens, em que os machos são abatidos anteriormente as fêmeas devido ao seu rápido
373 crescimento, resultado de um maior aproveitamento do alimento fornecido, sendo mais
374 precoce do que as fêmeas. Porém, deve-se ressaltar que o rápido crescimento dos machos
375 não é um fator único e sim um resultado da somatória de diversos fatores destacando-se
376 a elevada competição por ração, diferentes comportamentos de dominância social,
377 diferenças hormonais e nas suas concentrações, além de taxas metabólicas diferentes
378 (Benyi et al., 2015; Holst-Schumacher et al., 2010; Zerehdaran et al., 2005).

379 Da mesma forma, o rendimento do peito e da coxa+sobrecoxa foram maiores
380 ($p<0.05$) nos machos, contrariando os resultados encontrados por López et al. (2011) e
381 Nikolova and Pavlovski (2009), nos quais os autores observaram um maior rendimento
382 de peito das fêmeas. Por outro lado as fêmeas apresentaram maior ($p<0.05$) rendimento
383 de carcaça, assim como o verificado nos estudos de López et al., (2011), que observaram
384 duas linhagens amplamente utilizadas na avicultura industrial, e contrário aos resultados
385 de Fernandes et al. (2013).

386 O colágeno é uma proteína fibrosa e possui como aminoácido importante para a
387 sua síntese a prolina (Wu et al., 2011), e esta necessita de arginina para a síntese endógena

388 (Fernandes and Murakami, 2010) . Assim é possível inferir que o aumento de colágeno
389 percentual no peito dos machos se dá pelo maior consumo de ração, ou seja consumo de
390 prolina digestível e de arginina digestível. Podendo também supor que a maior ingestão
391 de arginina propiciou um maior rendimento do peito dos machos em comparação com as
392 fêmeas.

393 As fêmeas apresentaram um maior acúmulo de gordura abdominal ($p < 0.05$), o que
394 já era esperado (Moreira et al., 2003; López et al., 2011; Benyi et al., 2015). Isso pode ser
395 atribuído pelo fato das fêmeas apresentarem processos fisiológicos diferente dos machos,
396 e possuem uma maior quantidade de adipócitos, principalmente na região abdominal
397 (Marx et al., 2016). Essa maior quantidade possivelmente está associada a maturação da
398 atividade reprodutiva, a qual demanda uma maior reserva energética nas fêmeas do que
399 nos machos (Langslow and Lewis, 1974). Porém, ao observarmos a deposição lipídica na
400 carne do peito os machos apresentaram teores maiores de extrato etéreo ($p < 0.05$) que as
401 fêmeas corroborando com os dados encontrados por Souza et al. (2011), dados esses que
402 retificam a inferência de que as fêmeas, apesar do melhoramento genético para evitar a
403 formação rápida dos órgãos reprodutivos, apresentam desvios de nutrientes para
404 formação reprodutiva mesmo com a idade tão precoce de 42 dias.

405 É importante destacar, porém, que o lipidograma das aves estudadas não foi
406 alterado em relação ao sexo do animal. Isso também foi apresentado por Jia et al. (2011)
407 onde os autores, em seu trabalho visando a redução de lipídeos sanguíneos, não
408 encontraram diferenças nos valores de lipídeos sanguíneos quando avaliaram o efeito
409 isolado do sexo. As médias de todas as variáveis do lipidograma dessa pesquisa
410 encontram-se de acordo com as os dados apresentadas por Jia et al., (2011) e Ozdogan
411 & Aksit, (2003).

412 O CMMS, CMEB e CMEE e a EMA apresentaram o mesmo resultado entre os
413 sexos, não sendo observada diferença ($p>0.05$). Doeschate et al. (1993) observaram que
414 o sexo não apresentou efeito para o CMMS, assim como no presente trabalho, mas
415 citaram efeito do sexo para o CMEB. Desta forma, podemos associar a igualdade do sexo
416 encontrada aos avanços da seleção genética das fêmeas que, apesar de não resultar em
417 total igualdade com os machos no desempenho zootécnico, já apresenta exigências e
418 muitas vezes aproveitamento de nutrientes similar aos machos, como observado pelos
419 resultados de CMMS, CMEB, CMEE e a EMAn, obtidos no presente trabalho e também
420 observados por Novele et al. (2008). Devido a esse avanço, as tabelas de exigências
421 nutricionais, mesmo separando as exigências por sexo, apresentam exigência de energia
422 metabolizável semelhante para ambos, como recomendado por Rostagno et al. (2017).

423 A retenção de nitrogênio é um estimador da deposição de proteína em frangos de
424 corte conforme relatado por Temim et al. (1999). Desta forma, a maior ingestão de
425 nitrogênio e igualdade na excreção ocasionaram uma maior retenção de nitrogênio nos
426 machos que nas fêmeas, sendo um indicativo que os machos aproveitam melhor o
427 nitrogênio e o utilizam de forma mais eficiente para a deposição de proteínas, ou seja,
428 para o crescimento muscular, sendo um efeito do dimorfismo sexual e intensificado pelos
429 processos de seleção das aves conforme descrito por Maniatis et al. (2013) . A maior
430 retenção de nitrogênio observada nos machos também pode ser demonstrada no aumento
431 dos níveis de colágeno no peito.

432 Tanto a EMA quanto a EMAn não foram alterada por conta do sexo dos animais.
433 Desta forma, as fêmeas metabolizam a energia na mesma eficiência que os machos,
434 porém, a destinam de forma diferente. Enquanto os machos destinam a energia
435 principalmente para a síntese proteica as fêmeas armazenam uma quantidade maior na
436 forma de gordura abdominal. O que reforça a inferência que mesmo imaturas (42 dias de

437 idade) essas já garantam uma reserva energética para o desenvolvimento do seu complexo
438 sistema reprodutivo.

439

440 *4.2. Suplementação com L-arginina*

441

442 A suplementação da dieta, em determinados níveis, com L-arginina possibilitou
443 uma melhora no consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar dos animais
444 corroborando com os achados de Emadi et al. (2011). Os autores observaram que ao
445 suplementar as aves, no período de 1 a 49 dias com 2.5 vezes o valor de arginina digestível
446 recomendado no NRC (1994), ocorreu aumento no consumo de ração e no ganho de peso,
447 e conseqüentemente melhorou a conversão alimentar. No entanto, Ebrahimi et al. (2014)
448 verificaram ao suplementar (153% a 183% de arginina digestível acima das
449 recomendações do NRC-1994) as aves com L-arginina, no período de 1 a 46 dias, houve
450 melhora no ganho de peso e na conversão alimentar e não encontraram diferença no
451 consumo de ração. Contraditório aos dados encontrados no presente trabalho, Fouad et
452 al. (2013) relataram que a suplementação com L-arginina nos níveis de 2.5 e 10 g kg⁻¹,
453 dos 21 a 42 dias de idade das aves, não alteraram os dados de desempenho zootécnico
454 dos animais. É importante ressaltar que todos os autores supracitados trabalharam com
455 níveis recomendados de proteína bruta na dieta para as fases de crescimento das aves
456 trabalhadas, diferentemente do presente trabalho em que o nível proteico da dieta foi
457 reduzido.

458 Sharifi et al. (2015) suplementaram frangos de corte com 2 e 4 g kg⁻¹ de L-arginina
459 na dieta com nível reduzido de proteína bruta (169 g kg⁻¹), no período de 22 a 42 dias
460 criados em elevada altitude, e encontraram diminuição no consumo de ração e melhora
461 na conversão alimentar das aves. Porém os autores não encontraram melhora no ganho

462 de peso e justificaram seus achados com base na modulação da lipogênese hepática gerada
463 pela suplementação citando os achados de Ebrahimi et al. (2014).

464 A arginina é precursora para a síntese de diversos compostos, tais como: ornitina,
465 poliaminas, prolina, creatinina, citrulina e óxido nítrico (Fernandes and Murakami, 2010).
466 É a única forma de obter arginina endógena nas aves é através da L-citrulina dietética
467 (Fernandes and Murakami, 2010). Wang et al. (2014) observaram os efeitos da deficiência
468 de arginina na dieta de patos e notaram a inibição no apetite devido à baixa concentração
469 de óxido nítrico no organismo das aves que exerce ação negativa bloqueando o efeito do
470 neuropeptídeo Y, e reduzindo as concentrações do hormônio grelina e de crescimento.

471 Como já demonstrado na literatura ao aumentar a concentração de arginina
472 digestível na dieta ocorre o aumento da síntese de óxido nítrico (Zhao et al., 2009), e
473 também, por reduzir a concentração de proteína bruta da dieta ocorre, possivelmente, a
474 redução da L-citrulina dietética dificultando a síntese endógena de arginina nas aves, que
475 seria possível em níveis normais de proteína sem suplementação. Dessa forma, pode-se
476 supor que a suplementação com L-arginina propicia a síntese e aumento na concentração
477 de óxido nítrico, conseqüentemente, a liberação dos hormônio grelinas e de crescimento,
478 resultando no aumento da síntese proteica (Yuan et al., 2006, 2016), e como consequência
479 melhorando as características de desempenho. Entretanto, conforme observado no
480 presente trabalho, o consumo de ração foi maior ao adicionar 3 e 6 g kg⁻¹ de L-arginina
481 na dieta, podendo a partir desses níveis de suplementação (9 e 12 g kg⁻¹) ter ocorrido uma
482 elevada concentração de óxido nítrico e um feedback negativo inibindo o consumo de
483 ração, porém, a inibição do consumo só afetou o ganho de peso acima do nível de 9 g kg⁻¹
484 ¹ de suplementação com L-arginina.

485 Outro efeito notório na suplementação com L-arginina é o aumento do consumo
486 de arginina digestível, e conseqüentemente a ingestão de nitrogênio, mas não foram

487 observado aumento na excreção, até os níveis 6 g kg^{-1} , o que resultou em igualdade na
488 retenção do nitrogênio. Essa igualdade na retenção de nitrogênio das aves é um indicativo
489 de deposição proteica, além disso, é sabido que, em poedeiras, a L-arginina estimula a
490 síntese proteica (Yuan et al. 2016), sendo esses fatos relevantes para justificar a melhor
491 conversão alimentar no nível de 7.66 g kg^{-1} .

492 Assim como observado por Fernandes et al. (2009), o rendimento de carcaça e de
493 cortes das aves suplementada com L-arginina não foi alterado. Por outro lado, (Sharifi et
494 al., 2015) verificaram que ao suplementar com L-arginina ($2 \text{ e } 4 \text{ g kg}^{-1}$) a dieta das aves
495 com proteína bruta reduzida ($199 \text{ e } 169 \text{ g kg}^{-1}$), em duas fases de criação (5 a 21 e 22 a
496 42 dias), aumentou o rendimento de carcaça e se assemelhou ao tratamento controle,
497 contendo níveis recomendados de proteína bruta ($227 \text{ e } 198 \text{ g kg}^{-1}$). O mesmo não foi
498 observado ($p>0.05$) no presente experimento, em nenhuma variável de rendimento de
499 carcaça ou cortes (peito e coxa-sobrecoxa). Tais resultados podem estar associados ao
500 período em que os animais receberam a suplementação com L-arginina. Além disso,
501 Sharifi et al. (2015) utilizaram uma formulação contendo menor quantidade de
502 aminoácidos industriais que o presente experimento e ao de Fernandes et al. (2009) que
503 acarretaria em déficit energético para a formação muscular. Pois, a utilização de um
504 número maior de aminoácidos industriais e redução da proteína bruta possibilita uma
505 menor excreção de nitrogênio, que demanda gastos energéticos para a ave, resultando,
506 assim, em uma maior disponibilidade de energia para a formação muscular, por esse fato
507 possivelmente não houve diferença entre os níveis de suplementação.

508 Apesar de não se observar efeito significativo ($p>0.05$) na gordura abdominal
509 ($p=0.138$), e por se tratar de uma variável que possui um elevado coeficiente de variação
510 ($CV= 15.02\%$), pode-se notar que houve uma tendência de linearidade em resposta à
511 suplementação da dieta com crescentes níveis de L-arginina. Fouad et al. (2013) e

512 Ebrahimi et al. (2014) observaram a redução da gordura abdominal ao suplementar os
513 frangos de corte com L-arginina, observando por análises de expressão gênica que a
514 suplementação atua na modulação lipídica da enzima ácido graxo síntase no fígado
515 diminuindo o processo lipogênico das aves. No experimento conduzido por Fouad et al.
516 (2013), assim como a tendência observada nesse trabalho, observaram uma redução linear
517 na gordura abdominal ao aumentar os níveis de suplementação com L-arginina de (0 a 10
518 g kg⁻¹).

519 Em seu trabalho Ebrahimi et al. (2014) verificaram uma redução na expressão da
520 lipoproteína lipase presente na gordura abdominal, e um aumento da expressão dessa
521 mesma enzima no musculo, sugerindo uma inversão entre a deposição lipídica e uma
522 maior deposição intramuscular de lipídeos, o que possivelmente pode favoreceria o
523 paladar da carne de frangos de corte. Porém, no presente estudo observou-se que os
524 valores de extrato etéreo na carne do peito e da coxa+sobrecoxa das aves não foram
525 alterados em relação aos níveis suplementares de L-arginina, corroborando com os
526 resultados encontrados por Fouad et al. (2013). É provável que para se alterar a gordura
527 intramuscular seja necessário um maior período de exposição a suplementação, ou até
528 mesmo, utilizar a suplementação a partir do primeiro dia de vida, ou em nutrição “in ovo”,
529 para modular a quantidade de adipócitos e não somente os diâmetros dos mesmo (Wang
530 et al., 2017).

531 No presente trabalho houve aumento (p=0.001) na quantidade de colágeno no
532 peito e uma tendência de aumento (p=0.075). Sabe-se que a arginina pode modular a
533 síntese de colágeno devido ao fato da L-arginina passa por hidrólise através da enzima
534 arginase, tendo como produto a L-ornitina que sofre ação da ornitinaaminotransferase,
535 transferindo o grupamento amino, para 2-oxoglutarato tendo como produto uma molécula
536 de glutamato e o L-delta-pirrolina-5-fosfato que passa por redução formando a L-prolina

537 (Fernandes & Murakami, 2010; Wu, 2014). De acordo com Wu et al. (2014) a prolina é
538 o principal aminoácido utilizado na síntese do colágeno. Desta forma, mesmo que L-
539 prolina possua uma baixa biossíntese através da L-arginina (Wu et al., 2011) é possível
540 que exista uma relação direta na ingestão de arginina digestível e formação do colágeno
541 no peito quando trabalha-se com níveis reduzidos de proteína na dieta, como observou-
542 se no presente trabalho.

543 Contrário ao observado por Emadiet al. (2011), Fouad et al. (2013), Ebrahimi et
544 al. (2014) não se observou alterações nos níveis de colesterol total ao se suplementar a
545 dieta das aves com L-arginina. Fouad et al. (2013) observaram redução na expressão da
546 enzima HMGR (3-hidroxil-3-metilglutaril-CoA redutase), enzima esta associada a síntese
547 do colesterol, justificando a diminuição dos níveis de colesterol total no sangue das aves.

548 No presente estudo, o nível de triglicerídeo reduziu até o nível de 7.6 g kg^{-1} de L-
549 arginina (efeito quadrático) corroborando com os resultado observado por Fouad et al.
550 (2013), quando se utilizou níveis superiores houve aumento nos valores de triglicerídeos
551 sanguíneos. Fouad et al. (2013) descreveram que a suplementação das aves com L-
552 arginina reduziu a enzima ácido graxo síntese (FAS) hepática, o que ocasionou a redução
553 da esterificação dos ácidos graxos para triglicerídeos e o armazenamento destes no tecido
554 adiposo.

555 As diferenças do obtidas nesse estudo em relação aos níveis séricos sanguíneos de
556 colesterol e triglicerídeo, é um indicativo que suplementação com L-arginina atua de
557 forma distinta em relação à quantidade de proteína bruta presente na dieta, uma vez que
558 é sabido que a redução dos níveis de proteína bruta na dieta altera o metabolismo de
559 lipídios intensificando-o (Choi et al., 2006; Gomide et al., 2014; Rosebrough, Russell, &
560 Richards, 2011; Rosebrough, Russell, & Richards, 2008).

561 O que foi notório no presente experimento é que nenhum nível de suplementação
562 com L-arginina propiciou maior excreção de nutrientes. Por ser um aminoácido
563 classificado como funcional, a arginina atua em diversas vias do metabolismo,
564 favorecendo o desempenho, possivelmente diminuindo o metabolismo de lipídeos, dessa
565 forma é possível que toda a L-arginina administrada foi utilizada pelo metabolismo das
566 aves. Porém, mais estudos são necessários para conhecer como atua a suplementação de
567 L-arginina em frangos de corte alimentados com proteína bruta reduzida.

568

569 **Conclusão**

570

571 Os frangos de corte machos quando recebem dietas com níveis reduzido de
572 proteína bruta apresentam melhores condições produtivas que as fêmeas. O nível de
573 suplementação estimado de 7.66 g kg^{-1} de L-arginina é eficiente para melhorar o
574 desempenho zootécnico e influencia o metabolismo e a deposição lipídica em frangos de
575 corte alimentados com proteína reduzida.

576

577 **References**

578

- 579 Aletor, V. A., Hamid, I. I.; Nieß, E., Pfeffer, E., 2000: Low-protein amino acid-supplemented
580 diets in broiler chickens: Effects on performance, carcass characteristics, whole-body
581 composition and efficiencies of nutrient utilisation. *Journal of the Science of Food and*
582 *Agriculture.*, **80**, 547–554
- 583 Arnhold, E., 2017: easynls: Easy Nonlinear Model. *R package version 5.0*. URL:
584 <https://CRAN.R-project.org/package=easynls>
- 585 Becker, W. A., Spencer, J. V., Mirosh, L. W., Verstrate, J. A. 1979: Prediction of Fat and Fat
586 Free Live Weight in Broiler Chickens Using Backskin Fat, Abdominal Fat, and Live

- 587 Body Weight. *Poultry Science.*, **58**, 835–842
- 588 Benyi, K.; Tshilate, T. S.; Netshipale, A. J.; Mahlako, K. T., 2015: Effects of genotype and sex
589 on the growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Tropical*
590 *Animal Health and Production.*, **47**, 1225–1231
- 591 Choct, M.; Naylor, A. J.; Oddy, V. H., 2005: Dietary Manipulation of Lean Tissue Deposition
592 in Broiler Chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.*, **18**, 692–698
- 593 Choi, J.; Song, J.; Choi, Y. M.; Jang, D. J.; Kim, E.; Kim, I.; Chee, K. M., 2006: Daidzein
594 modulations of apolipoprotein b and fatty acid synthase mRNA expression in chick liver
595 vary depending on dietary protein levels. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.*,
596 **19**, 236–244
- 597 Crespo, N.; Esteve-Garcia, E., 2002: Dietary linseed oil produces lower abdominal fat
598 deposition but higher de novo fatty acid synthesis in broiler chickens. *Poultry science.*,
599 **81**, 1555–1562
- 600 Doeschate, R. A. H. M. Ten; Scheele, C. W.; Schreurs, V. V. A. M.; Van Der Klis, J. D., 1993:
601 Digestibility studies in broiler chickens: Influence of genotype, age, sex and method of
602 determination. *British Poultry Science.*, **34**, 131–146
- 603 Ebrahimi, M.; Zare Shahneh, A.; Shivazad, M.; Ansari Pirsaraei, Z.; Tebianian, M.; Ruiz-Feria,
604 C. A.; Adibmoradi, M.; Nourijelyani, K.; Mohamadnejad, F., 2014: The effect of feeding
605 excess arginine on lipogenic gene expression and growth performance in broilers. *British*
606 *poultry science.*, **55**, 81–88
- 607 Emadi, M.; Jahanshiri, F.; Kaveh, K.; Hair-Bejo, M.; Ideris, A.; Alimon, a R., 2011: Nutrition
608 and immunity: the effects of the combination of arginine and tryptophan on growth
609 performance, serum parameters and immune response in broiler chickens challenged with
610 infectious bursal disease vaccine. *Avian pathology.*, **40**, 63–72
- 611 Fernandes, J. I. M.; Murakami, A. E., 2010: Arginine metabolism in uricotelic species. *Acta*
612 *Scientiarum. Animal Sciences.*, **32**, 357–366
- 613 Fernandes, J. I. M.; Bortoluzzi, C.; Triques, G. E.; Garcez Neto, A. F.; Peiter, D. C., 2013:
614 Effect of strain, sex and age on carcass parameters of broilers. *Acta Scientiarum. Animal*

- 615 *Sciences.*, **35**, 99–105
- 616 Ferreira, E. B.; Cavalcanti, P. P.; Nogueira, D. A., 2013: ExpDes.pt: Experimental Designs
617 package (Portuguese). Rpackage version 1.1.2. URL: [http://CRAN.R-](http://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt)
618 [project.org/package=ExpDes.pt](http://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt)
- 619 Fouad, A. M.; Yang, X. J.; Yao, J. H., 2013: Dietary L-arginine supplementation reduces
620 abdominal fat content by modulating lipid metabolism in broiler chickens, **7**, 1239–1245
- 621 Fouad, A. M.; El-Senousey, H. K., 2014: Nutritional Factors Affecting Abdominal Fat
622 Deposition in Poultry: A Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.*, **27**,
623 1057–1068
- 624 Gaya, L. D. G.; Mourão, G. B.; de Rezende, F. M.; de Mattos, E. C.; Michelan Filho, T.;
625 Figueiredo, L. G. G.; Ferraz, J. B. S.; Eler, J. P., 2005: Genetic trends of abdominal fat
626 content in a male broiler chicken line. *Genetics and molecular research : GMR.*, **4**, 760–
627 764
- 628 Gomide, E. M.; Rodrigues, P. B.; De Freitas, R. T. F.; Fialho, E. T., 2007: Planos nutricionais
629 com a utilização de aminoácidos e fitase para frangos de corte mantendo o conceito de
630 proteína ideal nas dietas. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, **36**, 1769–1774
- 631 Gomide, E. M.; Rodrigues, P. B.; Naves, L. P.; Bernardino, V. M. P.; Bertechini, A. G.; Fassani,
632 E. J.; Freitas, R. T. F., 2014: Phytase and amino acids for broilers from 36 to 42 days of
633 age. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural*
634 *Sciences.*, **9**, 295–300
- 635 Guo, L.; Sun, B.; Shang, Z.; Leng, L.; Wang, Y.; Wang, N.; Li, H., 2011: Comparison of
636 adipose tissue cellularity in chicken lines divergently selected for fatness. *Poultry*
637 *Science.*, **90**, 2024–2034
- 638 Hill, F.W., Anderson, D.L., 1958: Comparison of metabolisable energy and productive energy
639 determinations with growing chicks. *Journal of Nutrition.*, **64**, 587-603
- 640 Holst-Schumacher, I.; Barrantes, S. Q.; Alpízar, M. Z.; Corella, M. R., 2010: Serum sexual
641 steroid hormones and lipids in commercial broilers (*Gallus domesticus*) in Costa rica.

- 642 *Journal of Applied Poultry Research.*, **19**, 279–287
- 643 Horwitz, W. and Latimer, G.W., 2005: *Official methods of analysis of AOAC international*
644 (18nd ed.). Association of Official Analytical Chemistry International-AOAC, Maryland.
- 645 Huang, J.; Zhang, Y.; Zhou, Y.; Zhang, Z.; Xie, Z.; Zhang, J.; Wan, X., 2013: Green Tea
646 Polyphenols Alleviate Obesity in Broiler Chickens through the Regulation of Lipid-
647 Metabolism-Related Genes and Transcription Factor Expression
- 648 Jia, R.; Bao, Y. H.; Zhang, Y.; Ji, C.; Zhao, L. H.; Zhang, J. Y.; Gao, C. Q.; Ma, Q. G., 2011:
649 Effects of dietary α -lipoic acid , acetyl- L -carnitine , and sex on antioxidative ability ,
650 energy , and lipid metabolism in broilers
- 651 Jobgen, W.; Meininger, C. J.; Jobgen, S. C.; Li, P.; Lee, M. jeong; Smith, S. B.; Spencer, T. E.;
652 Fried, S. K.; Wu, G., 2009: Dietary L -Arginine Supplementation Reduces White Fat
653 Gain and Enhances Skeletal Muscle and Brown Fat Masses in Diet-Induced Obese Rats 1
654 – 3, 1–8
- 655 Langslow, D. R.; Lewis, R. J., 1974: Alterations with age in composition and lipolytic activity
656 of adipose tissue from male and female chickens. *British Poultry Science.*, **15**, 267–273
- 657 López, K. P.; Schilling, M. W.; Corzo, a, 2011: Broiler genetic strain and sex effects on meat
658 characteristics. *Poultry science.*, **90**, 1105–1111
- 659 Maniatis, G.; Demiris, N.; Kranis, A.; Banos, G.; Kominakis, A., 2013: Genetic analysis of
660 sexual dimorphism of body weight in broilers. *Journal of Applied Genetics.*, **54**, 61–70
- 661 Marx, S.; Soares, J.; Prestes, R.; Schnitzler, E.; Oliveira, C.; Demiate, I.; Backes, G.; Steffens,
662 J., 2016: Influence of Sex on the Physical-chemical Characteristics of Abdominal
663 Chicken Fat. *Revista Brasileira de Ciência Avícola.*, **18**, 269–276
- 664 Moreira, J.; Mondes, A. A.; Garcia, E. A.; De Oliveira, R. P.; Garcia, R. G.; De Almeida, I. C.
665 L., 2003: Avaliação de desempenho, rendimento de carcaça e qualidade da carne do peito
666 em frangos de linhagens de conformação versus convencionais. *Revista Brasileira de*
667 *Zootecnia.*, **32**, 1663–1673
- 668 Matterson, L.D., Potter, L.M., Stutz, M.W., 1965: The metabolizable energy of feed ingredients
669 for chickens. *Agricultural Experimental Station Research Report*, **7**, 3-11

- 670 Nikolova, N.; Pavlovski, Z., 2009: Major carcass parts of broiler chicken from different
671 genotype, sex, age and nutrition system. *Biotechnology in Animal Husbandry.*, **25**, 1045–
672 1054
- 673 Oliveira, W. P. de; Oliveira, R. F. M. de; Donzele, J. L.; Albino, L. F. T.; Martins, M. dos S.;
674 Maia, A. P. de A., 2011: Redução do nível de proteína bruta em rações para frangos de
675 corte em ambiente de termoneutralidade. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, **40**, 1725–1731
- 676 Ozdogan, M.; Aksit, M., 2003: Effects of Feeds Containing Different Fats on Carcass and Blood
677 Parameters of Broilers. *The Journal of Applied Poultry Research.*, **12**, 251–256
- 678 R Core Team., 2017: *R: A language and environment for statistical computing*. R foundation for
679 statistical computin, Vienna, Austira. URL: [https:// www.R-project.org/](https://www.R-project.org/).
- 680 Rodrigues, P. B.; Martinez, R. D. S.; Tadeu, R.; Freitas, F. De, 2005: Influência do Tempo de
681 Coleta e Metodologias sobre a Digestibilidade e o Valor Energético de Rações para Aves.
682 *Revista Brasileira de Zootecnia.*, **34**, 882–889.
- 683 Rosebrough, R. W.; Russell, B. A.; Richards, M. P., 2008: Short term changes in the expression
684 of lipogenic genes in broilers (*Gallus gallus*). *Comparative Biochemistry and Physiology*
685 *Part A: Molecular & Integrative Physiology.*, **149**, 389–395
- 686 Rosebrough, R. W.; Russell, B. A.; Richards, M. P., 2011: Further studies on short-term
687 adaptations in the expression of lipogenic genes in broilers. *Comparative Biochemistry*
688 *and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology.*, **159**, 1–6
- 689 Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Hannas M.I, Donzele, J.L; Perazzo, F.G.; Saraiva, A.; Abreu,
690 M. L. T.; Rodrigues, P. B.; Oliveira, R.F.; Barreto S. L. T.; Brito, C. O., 2017: *Brazilian*
691 *tables for poultry and swine : composition of feedstuffs and nutritional requirements* (4nd
692 ed.). Viçosa, UFV-ed.
- 693 Sakomura, N. K., & Rostagno, H. S., 2016: *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástrico*
694 (2nd ed.). Jaboticabal, FUNEP-ed.
- 695 Scott, A. A. J.; Knott, M., 1974: A Cluster Analysis Method for Grouping Means in the
696 Analysis of Variance Published by : International Biometric Society Stable URL :
697 <http://www.jstor.org/stable/2529204>. *Biometrics.*, **30**, 507–512

- 698 Sharifi, M. R.; Khajali, F.; Hassanpour, H.; Pour-Reza, J.; Pirany, N., 2015: L-arginine
699 supplementation of reduced-protein diets improves pulmonary hypertensive response in
700 broiler chickens reared at high altitude. *British poultry science.*, **56**, 470–476
- 701 Souza, X. R.; Faria, P. B.; Bressan, M. C., 2011: Proximate Composition and Meat Quality of
702 Broilers Reared under Different Production Systems. *Brazilian Journal of Poultry
703 Science.*, **13**, 15–20
- 704 Tan, B.; Yin, A. Y.; Liu, A. Z.; Li, A. X.; Shinzato, I.; Smith, A. S. B.; Wu, A. G., 2009:
705 Dietary L -arginine supplementation increases muscle gain and reduces body fat mass in
706 growing-finishing pigs, 169–175
- 707 Temim, S.; Chagneau, A. M.; Guillaumin, S.; Michel, J.; Peresson, R.; Geraert, P. A.;
708 Tesseraud, S., 1999: Effects of chronic heat exposure and protein intake on growth
709 performance , nitrogen retention and muscle development in broiler chickens.
710 *Reproduction Nutrition Development.*, **39**, 145–156
- 711 Wang, C.; Hou, S. S.; Huang, W.; Xu, T. S.; Rong, G. H.; Xie, M., 2014: Arginine affects
712 appetite via nitric oxide in ducks. *Poultry science.*, **93**, 2048–2053
- 713 Wang, G.; Kim, W. K.; Cline, M. A.; Gilbert, E. R., 2017: Factors affecting adipose tissue
714 development in chickens: A review. *Poultry Science.*, **96**, 3687–3699
- 715 Wu, G.; Bazer, F. W.; Burghardt, R. C.; Johnson, G. a; Kim, S. W.; Knabe, D. A.; Li, P.; Li, X.;
716 McKnight, J. R.; Satterfield, M. C.; Spencer, T. E., 2011: Proline and hydroxyproline
717 metabolism: implications for animal and human nutrition. *Amino Acids.*, **40**, 1053–1063
- 718 Wu, G., 2014: Dietary requirements of synthesizable amino acids by animals: a paradigm shift
719 in protein nutrition. *Journal of Animal Science and Biotechnology.*, **5**, 34
- 720 Yuan, C.; Bu, X. C.; Yan, H. X.; Lu, J. J.; Zou, X. T., 2006: Dietary L-arginine levels affect the
721 liver protein turnover and alter the expression of genes related to protein synthesis and
722 proteolysis of laying hens, 1–7
- 723 Yuan, C.; Bu, X. C.; Yan, H. X.; Lu, J. J.; Zou, X. T., 2016: Dietary L-arginine levels affect the
724 liver protein turnover and alter the expression of genes related to protein synthesis and
725 proteolysis of laying hens. *Poultry Science.*, **95**, 261–267

726 Zerehdaran, S.; Vereijken, A. L. J.; Arendonk, J. A. M. Van; Waaij, E. H. Van Der, 2005: Effect
727 of Age and Housing System on Genetic Parameters for Broiler Carcass Traits. *Poultry*
728 *Science.*, **84**, 833–838

729 Zhao, J. P.; Jiao, H. C.; Song, Z. G.; Lin, H., 2009: Effects of l-arginine supplementation on
730 glucose and nitric oxide (NO) levels and activity of NO synthase in corticosterone-
731 challenged broiler chickens (*Gallus gallus*). *Comparative Biochemistry and Physiology -*
732 *C Toxicology and Pharmacology.*, **150**, 474–480

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766 **Tabela 1.** Porcentagem de inclusão dos ingredientes e composição calculada das dietas
 767 fornecidas no período pré-experimentais e experimental (basal).
 768 .

Ingredientes (g kg ⁻¹)	Pré- experimental (1-7)	Pré- experimental (8-28)	Experimental -Basal (29-42)
Milho	553.45	594.75	681.90
Farelo de Soja 45%	381.80	340.60	222.60
Óleo de Soja	21.80	28.60	31.80
Sal	5.10	4.80	4.60
Calcário	9.10	9.10	8.00
Fosfato Bicálcico	19.10	14.60	12.50
DL-metionina	3.60	2.70	3.20
L-lisina HCl	3.00	2.20	4.40
L-treonina	1.10	0.70	1.70
Glicina	-	-	2.40
L-Arginina	-	-	2.00
L-Valina	-	-	1.50
L-Isoleucina	-	-	1.30
L-Triptofano	-	-	0.30
Suplemento mineral *	0.50	0.50	0.50
Suplemento Vitamínico †	0.40	0.40	0.40
Cloreto de Colina	0.50	0.50	0.40
Agente anticoccidiano ‡	0.50	0.50	0.50
Antibiótico §	0.05	0.05	-
Caulim (inerte)	-	-	20.00
Total	1000	1000	1000
Composição Calculada			
Energia aparente metabolizada (MJ kg ⁻¹)	12.35	12.77	13.19
Proteína bruta (g kg ⁻¹)	222.0	205,0	170,0
Cálcio (g kg ⁻¹)	9.2	8.0	6.8
Sódio (g kg ⁻¹)	2.2	2.1	2.0
Fósforo disponível (g kg ⁻¹)	4.7	3.8	3.2
Metionina+cistina digestível (g kg ⁻¹)	9.4	8.2	7.6
Lisina digestível (g kg ⁻¹)	13.1	11.5	10.4
Treonina digestível (g kg ⁻¹)	8.5	7.6	6.9
Valina digestível (g kg ⁻¹)	9.3	8.7	8.1
Isoleucina digestível (g kg ⁻¹)	8.7	8.0	7.2
Triptofano digestível (g kg ⁻¹)	2.5	2.3	1.9
Arginina digestível (g kg ⁻¹)	14.0	12.8	11.2
Leucina digestível (g kg ⁻¹)	17.2	16.2	13.7
Glicina + serina total (g kg ⁻¹)	20.8	19.3	15.9

769 *Fornecido por kg da dieta: Zn, 55 mg; Se, 0.18 mg; I, 0.70 mg; Cu, 10 mg; Mn, 78 mg; Fe, 48 mg

770 †Fornecido por kg da dieta: ácido fólico, 0.48 mg; ácido pantatênico, 8.7 mg; biotina, 0.018 mg;
 771 hidroxitolueno butilado (BHT), 1.5 mg; niacina, 11.1 mg; vitamina A, 6000 IU; vitamina B1, 0.9 mg;
 772 vitamina E, 12.15 IU; vitamina B12, 8.1 lg; vitamina B2, 3.6 mg; vitamina B6, 1.8 mg; vitamina D3, 1500
 773 IU; vitamina K3, 1.44 mg.

774 ‡Salinomicina na concentração de 66 ppm

775 § Avilomicina na concentração de 100 p

776

777

778

779

780

781 **Tabela 2.** Concentração dos principais aminoácidos nas dietas experimentais
782

Aminoácidos Totais Analisados (g kg ⁻¹)	Níveis de Suplementação com L-arginina-SArg (g kg ⁻¹)				
	0	3	6	9	12
Arginina	11,8	14,7	17,8	20,9	23,8
Lisina	10,9	11,0	10,9	11,1	11,2
Metionina+Cistina	8,0	8,1	8,0	8,0	8,0
Treonina	7,7	7,8	7,8	7,6	7,8
Triptofano	2,1	2,1	2,0	2,1	2,2
Valina	8,8	8,7	8,7	8,8	8,7
Isoleucina	7,0	7,2	6,8	7,1	7,0
Glicina + Serina	15,9	16,0	15,8	15,9	16,0

783
784
785
786
787
788

789 **Tabela 3.** Desempenho zootécnico de frangos de corte, machos e fêmeas, 29 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis
 790 suplementares de L-arginina e nível de proteína bruta reduzido (17%PB).
 791

SArg (g kg ⁻¹)	Consumo de ração (kg)			Ganho de peso (kg)			Conversão alimentar (kg kg ⁻¹)			Consumo arginine digestível (g)		
	Sexo		Média	Sexo		Média	Sexo		Média*†	Sexo		Média*
	Macho	Fêmea		Macho	Fêmea		Macho	Fêmea		Macho	Fêmea	
0	2.451	2.237	2.344 ^a	1.440	1.201	1.320 ^a	1.702	1.863	1.782	27.451	25.054	26.253
3	2.545	2.224	2.385 ^b	1.485	1.246	1.365 ^a	1.713	1.785	1.749	35.445	30.974	33.209
6	2.531	2.313	2.422 ^b	1.576	1.278	1.427 ^c	1.601	1.809	1.705	42.153	38.521	40.334
9	2.439	2.187	2.313 ^a	1.520	1.254	1.387 ^c	1.604	1.744	1.674	47.272	42.388	44.830
12	2.420	2.180	2.300 ^a	1.483	1.237	1.359 ^a	1.632	1.762	1.697	53.504	48.197	50.850
Médias	2.477 ^A	2.228 ^B		1.500 ^A	1.243 ^B		1.652 ^A	1.794 ^B		41.165 ^A	37.057 ^B	
CV (%)		3.41			4.10			3.18			6.18	
p-value												
SArg x Sexo		0.459			0.351			0.425			0.351	
Sexo		0.001			0.001			0.001			0.001	
SArg		0.017			0.001			0.001			0.001	
Linear		0.391			0.501			0.042			0.001	
LRP		0.999			0.999			0.999			0.999	
Quadrático		0.326			0.078			0.149			0.210	

792 CV, Coeficiente de variação

793 LRP, Resposta linear plateau

794 Letras minúsculas sobrescritas nas médias dispostas nas colunas diferem o SArg (p<0.05) de acordo com teste de Scott-Knott

795 Letras maiúsculas sobrescritas médias dispostas em linhas diferem pelo S (p<0.05) de acordo com teste de Fisher

796 *Efeito linear dos SArg: Conversão alimentar (y= 1.7884- 0.0082x, R²= 0.795), Consumo de arginina digestível (y=26.9322+2.027x, R²= 0,994)

797 † Efeito linear resposta plateau dos SArg: Conversão alimentar [y=1.685-0.01283(x-7.662)], R²= 0.962]

798

799

800

801

802

803 **Tabela 4.** Rendimento de carcaça, partes e gordura abdominal de frangos de corte, machos e fêmeas, 29 a 42 dias de idade alimentados com dietas
 804 contendo níveis suplementares de L-arginina e nível de proteína bruta reduzido (17% PB).
 805

SArg (g kg ⁻¹)	Carcaça (%)			Peito (%)			Coxa+sobrecoxa (%)			Gordura abdominal (%)		
	Sexo		Médias	Sexo		Médias	Sexo		Médias	Sexo		Médias*
	Macho	Fêmea		Macho	Fêmea		Macho	Fêmea		Macho	Fêmea	
0	76.955	77.977	77.466	34.143	30.302	32.222	29.171	21.022	25.096	1.341	1.859	1.600
3	77.012	78.214	77.613	34.267	30.718	32.492	30.062	22.205	26.133	1.397	1.655	1.526
6	77.314	77.576	77.445	33.164	30.694	31.929	28.237	21.509	24.873	1.218	1.687	1.452
9	77.396	78.013	77.694	33.512	30.584	32.048	29.143	21.293	25.218	1.223	1.662	1.442
12	77.128	77.814	77.476	34.830	30.261	31.555	28.359	21.718	25.038	1.197	1.549	1.373
Means	77.161 ^A	77.922 ^B		33.983 ^A	30.511 ^B		28.994 ^A	21.549 ^B		1.275 ^A	1.683 ^B	
CV (%)		1.47			6.23			4.94			15.02	
p-value												
SArg x Sexo		0.849			0.595			0.440			0.633	
Sexo		0.012			0.001			0.001			0.001	
SArg		0.974			0.945			0.122			0.138	
Linear		0.871			0.910			0.586			0.003	
LRP		0.999			0.999			0.999			0.999	
Quadrático		0.581			0.096			0.872			0.450	

806 SArg, Níveis de suplementação com L-arginina na dieta das aves

807 CV, Coeficiente de variação

808 LRP, Resposta linear plateau

809 Letras minúsculas sobrescritas nas médias dispostas nas colunas diferem o SArg (p<0.05) de acordo com teste de Scott-Knott

810 Letras maiúsculas sobrescritas médias dispostas em linhas diferem pelo S (p<0.05) de acordo com teste de Fisher

811 *Efeito linear dos SArg: Gordura abdominal (y= 1.5862-0.179x R² 0.957)

812

813

814

815

816

817 **Tabela 5.** Composição centesimal do peito de frangos de corte, machos e fêmeas, 29 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis
 818 suplementares de L-arginina e nível de proteína bruta reduzido (17%PB)
 819

SArg (g kg ⁻¹)	Composição centesimal do peito														
	Umidade (%)			Proteína Bruta (%)			Colágeno (%)			Extrato etéreo (%)			Matéria Mineral (%)		
	Sexo			Sexo			Sexo			Sexo			Sexo		
	Macho	Fêmea	Médias	Macho	Fêmea	Médias	Macho	Fêmea	Médias	Macho	Fêmea	Médias	Macho	Fêmea	Médias
0	72.772	72.004	72.388	23.112	23.021	23,066	0.503	0.473	0.489 ^a	1.656	1.460	1.558	2.736	2.650	2.693
3	72.595	73.007	72.801	23.024	22.787	22.905	0.530	0.433	0.481 ^a	1.800	1.680	1.740	2.599	2.533	2.561
6	72.726	73.761	73.243	23.093	22.715	22.904	0.593	0.535	0.564 ^b	1.773	1.300	1.535	2.406	2.225	2.315
9	73.068	73.032	73.050	23.172	23.139	23.155	0.798	0.635	0.716 ^c	1.520	1.322	1.420	2.281	2.487	2.385
12	72.783	72.940	72.861	22.760	23.422	23.091	0.614	0.457	0.535 ^b	1.530	1.096	1.313	2.932	2.534	2.730
Médias	72.788	72.948		23.032	23.017		0.607 ^A	0.507 ^B		1.655 ^A	1.371 ^B		2.485	2.588	
CV (%)		1.73			1.59			8.39			20.36			11.92	
p-value															
SArg x Sexo		0.813			0.165			0.067			0.814			0.540	
Sexo		0.123			0.890			0.001			0.020			0.362	
SArg		0.478			0.681			0.001			0.208			0.106	
Linear		0.291			0.785			0.355			0.870			0.882	
LRP		0.999			0.999			0.999			0.999			0.999	
Quadrático		0.063			0.552			0.495			0.400			0.073	

820 SArg, Níveis de suplementação com L-arginina na dieta das aves

821 CV, Coeficiente de variação

822 LRP, Resposta linear plateau

823 Letras minúsculas sobrescritas nas médias dispostas nas colunas diferem o SArg (p<0.05) de acordo com teste de Scott-Knott

824 Letras maiúsculas sobrescritas médias dispostas em linhas diferem pelo S (p<0.05) de acordo com teste de Fisher

825

826

827

828 **Tabela 6.** Composição centesimal do coxa-sobrecoxa de frangos de corte, machos e fêmeas, 29 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo
 829 níveis suplementares de L-arginina e nível de proteína bruta reduzido (17%PB)
 830

SArg (g kg ⁻¹)	Composição centesimal do coxa+sobrecoxa														
	Umidade (%)			Proteína Bruta (%)			Colágeno (%)			Extrato etéreo (%)			Matéria Mineral (%)		
	Sexo			Sexo			Sexo			Sexo			Sexo		
	Macho	Fêmea	Médias	Macho	Fêmea	Médias	Macho	Fêmea	Médias	Macho	Fêmea	Médias	Macho	Fêmea	Médias
0	73.291	73.089	73.190	19.474	19.672	19.573	1.056	1.050	1.053	4.005	5.063	4.543	3.136	2.630	2.883
3	72.956	72.546	72.751	19.237	19.393	19.315	1.063	1.055	1.059	5.742	4.771	5.135	2.796	2.800	2.798
6	72.628	72.292	72.460	19.265	19.381	19.323	1.103	1.060	1.081	3.850	4.823	5.255	3.243	2.730	2.986
9	73.007	72.587	72.797	19.246	19.629	19.437	1.080	1.066	1.073	4.833	4.395	4.336	2.952	2.970	2.960
12	73.284	72.774	73.029	19.499	19.688	19.593	1.105	1.036	1.071	4.661	4.816	4.614	2.845	2.800	2.822
Médias	73.033	72.658		19.344	19.552		1.081	1.054		4,220	4,813		2.786	2.994	
CV (%)		1.55			3.07			9.46			14.12			10.56	
p-value															
SArg x Sexo		0.255			0.996			0.107			0.189			0.329	
Sexo		0.290			0.350			0.576			0.533			0.076	
SArg		0.097			0.879			0.075			0.189			0.779	
Linear		0.793			0.459			0.186			0.871			0.863	
LRP		0.999			0.999			0.999			0.999			0.999	
Quadrático		0.052			0.552			0.448			0.400			0;491	

831 SArg, Níveis de suplementação com L-arginina na dieta das aves

832 CV, Coeficiente de variação

833 LRP, Resposta linear plateau

834 Letras minúsculas sobrescritas nas médias dispostas nas colunas diferem o SArg (p<0.05) de acordo com teste de Scott-Knott

835 Letras maiúsculas sobrescritas médias dispostas em linhas diferem pelo S (p<0.05) de acordo com teste de Fisher

836

837

838

839

840 **Tabela 7.** Níveis de lipídeos sanguíneos de frangos de corte, machos e fêmeas, 29 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis
 841 suplementares de L-arginina e nível de proteína bruta reduzido (17%PB)
 842

SArg (g kg ⁻¹)	Colesterol Total (mmol L ⁻¹)			Triglicerídeos (mmol L ⁻¹)			Colesterol HDL (mmol L ⁻¹)			Colesterol LDL (mmol L ⁻¹)			Colesterol VLDL (mmol L ⁻¹)		
	Sexo			Sexo			Sexo			Sexo			Sexo		
	Macho	Fêmea	Médias	Macho	Fêmea	Médias*	Macho	Fêmea	Médias	Macho	Fêmea	Médias	Macho	Fêmea	Médias
0	3.512	3.422	3.467	0.655	0.650	0.652 ^a	2.335	2.254	2.294	0.848	0.862	0.855	0.317	0.320	0.318 ^a
3	3.706	3.414	3.560	0.601	0.533	0.567 ^b	2.522	2.335	2.428	0.900	0.827	0.864	0.283	0.253	0.268 ^b
6	3.320	3.321	3.320	0.555	0.559	0.557 ^b	2.338	2.339	2.338	0.720	0.718	0.719	0.263	0.262	0.263 ^b
9	3.367	3.426	3.369	0.551	0.521	0.536 ^b	2.259	2.518	2.389	0.699	0.663	0.681	0.306	0.292	0.299 ^b
12	3.310	3.639	3.475	0.554	0.596	0.575 ^b	2.430	2.447	2.438	0.629	0.909	0.769	0.263	0.281	0.272 ^b
Médias	3.443	3.444		0.583	0.572		2.385	2.379		0.769	0.796		0.289	0.259	
CV (%)		7.62			11.78			9.23			22.69			11.78	
p-value															
SArg x Sexo		0.079			0.381			0.165			0.127			0.345	
Sexo		0.243			0.511			0.949			0.426			0.582	
SArg		0.987			0.002			0.476			0.053			0.002	
Linear		0.656			0.224			0.080			0.195			0.195	
LRP		0,999			0,999			0,999			0,264			0,394	
Quadrático		0.891			0.043			0.893			0.395			0.264	

843 SArg, Níveis de suplementação com L-arginina na dieta das aves

844 CV, Coeficiente de variação

845 LRP, Resposta linear plateau

846 Letras minúsculas sobrescritas nas médias dispostas nas colunas diferem o SArg (p<0.05) de acordo com teste de Scott-Knott

847 Letras maiúsculas sobrescritas médias dispostas em linhas diferem pelo S (p<0.05) de acordo com teste de Fisher

848 *Efeito quadrático dos SArg: Triglicerídeos ($y = 0.648x^2 - 0.287x + 0.648$, $R^2 = 95.36$)

849

850

851

852 **Tabela 8.** Coeficientes de metabolizabilidade e energia aparente metabolizável de frangos de corte, machos e fêmeas, 29 a 42 dias de idade
 853 alimentados com dietas contendo níveis suplementares de L-arginina e nível de proteína bruta reduzido (17%PB)
 854

SArg (g kg ⁻¹)	CMAMS (%)			CMAEB (%)			CMAEE (%)			EMA (MJ kg ⁻¹)		
	Sexo			Sexo			Sexo			Sexo		
	Macho	Fêmea	Médias	Macho	Fêmea	Médias	Macho	Fêmea	Médias	Macho	Fêmea	Médias
0	77.021	76.507	76.764	80.843	80.602	80.722	88.519	87.917	88.218	14.044	14.086	14.065
3	76.430	76.695	76.562	80.156	80.931	80.543	88.685	88.438	88.556	14.064	14.197	14.130
6	76.312	76.092	76.202	79.289	80.754	80.021	87.971	87.455	87.713	13.958	14.290	14.124
9	76.983	75.933	76.463	80.468	79.967	80.217	87.583	88.292	87.935	14.247	14.161	14.204
12	77.904	77.656	77.780	80.365	80.816	80.590	88.225	89.004	88.614	14.106	14.183	14.145
Médias	76.930	76.576		80.224	80.614		88.197	88.221		14.084	14.183	
CV (%)		1.33			1.38			1.15			1.30	
p-value												
SArg x Sexo		0.857			0.596			0.429			0.591	
Sexo		0.353			0.216			0.930			0.216	
SArg		0.119			0.760			0.280			0.693	
Linear		0.388			0.578			0.895			0.213	
LRP		0.999			0.999			0.999			0.524	
Quadrático		0.107			0.725			0.417			0.728	

855 SArg, Níveis de suplementação com L-arginina na dieta das aves

856 CV, Coeficiente de variação

857 EMA, energia metabolizável aparente

858 LRP, Resposta linear plateau

859 Letras minúsculas sobrescritas nas médias dispostas nas colunas diferem o SArg (p<0.05) de acordo com teste de Scott-Knott

860 Letras maiúsculas sobrescritas médias dispostas em linhas diferem pelo S (p<0.05) de acordo com teste de Fisher

861

862

863 **Tabela 9.** Balanço de nitrogênio e energia aparente metabolizável corrigida para nitrogênio (N) de frangos de corte, machos e fêmeas, 29 a 42 dias
 864 de idade alimentados com dietas contendo níveis suplementares de L-arginina e nível de proteína bruta reduzido (17%PB)
 865

SArg (g kg ⁻¹)	Ningerido (g)			Nexcretado (g)			Nretido (%)			EMAn (MJ kg ⁻¹)		
	Sexo		Médias*	Sexo		Médias	Sexo		Médias	Sexo		Médias
	Macho	Fêmea		Macho	Fêmea		Macho	Fêmea		Macho	Fêmea	
0	15.071	14.633	14.852	4.812	5.523	5.413 ^a	64.639	62.321	63.480	13.401	13.466	13.434
3	15.949	14.512	15.230	5.820	5.541	5.680 ^a	65.244	59.984	62.614	13.349	13.527	13.439
6	16.475	15.448	15.961	5.765	5.421	5.593 ^a	66.976	62.732	64.854	13.309	13.693	13.501
9	19.897	17.584	18.740	6.667	6.478	6.573 ^b	67.497	62.083	64.790	13.387	13.371	13.379
12	19.425	17.517	18.471	6.446	6.135	6.291 ^b	66.758	64.929	65.843	13.291	13.390	13.340
Means	17.363 ^A	15.938 ^B		5.838	5.982		66.222 ^A	62.410 ^B		13.348	13.489	
CV (%)		7.99			10.55			4.14			1.29	
p-value												
SArg x Sexo		0.767			0.922			0.679			0.359	
Sexo		0.008			0.165			0.000			0.133	
SArg		0.000			0.009			0.283			0.743	
Linear		0.017			0.072			0.304			0.103	
LRP		0.999			0.999			0.999			0.999	
Quadrático		0.735			0.984			0.709			0.808	

866 SArg, Níveis de suplementação com L-arginina na dieta das aves

867 CV, Coeficiente de variação

868 EMAn, energia metabolizável aparente corrigida por balanço de nitrogênio

869 LRP, Resposta linear plateau

870 Letras minúsculas sobrescritas nas médias dispostas nas colunas diferem o SArg (p<0.05) de acordo com teste de Scott-Knott

871 Letras maiúsculas sobrescritas médias dispostas em linhas diferem pelo S (p<0.05) de acordo com teste de Fisher

872 *Efeito linear dos SArg: Ningerido (14.447+0.376x, R²= 0.882)

873

874