



Universidade Federal do Maranhão  
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal

**EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA LISINA PARA  
CODORNAS DE CORTE EM CRESCIMENTO**

FRANCISCO DAS CHAGAS VIEIRA FILHO

Chapadinha

2019

FRANCISCO DAS CHAGAS VIEIRA FILHO

**EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA LISINA PARA  
CODORNAS DE CORTE EM CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Costa de Siqueira

Chapadinha

2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Vieira Filho, Francisco das Chagas.

Eficiência de utilização da lisina para codornas de corte em crescimento / Francisco das Chagas Vieira Filho. - 2019.

51 f.

Orientador(a): Jefferson Costa de Siqueira.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (25.06)/ccaa, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha/MA, 2019.

1. Aminoácido essencial. 2. Composição corporal. 3. Coturnix coturnix coturnix. 4. Método fatorial. I. Siqueira, Jefferson Costa de. II. Título.

FRANCISCO DAS CHAGAS VIEIRA FILHO

**EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA LISINA PARA  
CODORNAS DE CORTE EM CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Jefferson Costa de Siqueira (Orientador)  
Universidade Federal do Maranhão

---

Pós-Doutoranda Dáphinne Cardoso Nagib do Nascimento (Co-orientadora)  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim (Avaliador Interno)  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. José Anchieta de Araújo (Avaliador Externo)  
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

*“Um dia você aprende que não importa o quanto você se importe, algumas pessoas simplesmente não se importam... E aceita que não importa quão boa seja uma pessoa, ela vai feri-lo de vez em quando e você precisa perdoá-la por isso... Descobre que se leva anos para se construir confiança e apenas segundos para destruí-la, e que você pode fazer coisas em um instante, das quais se arrependerá pelo resto da vida. Aprende que verdadeiras amizades continuam a crescer mesmo a longas distâncias. E o que importa não é o que você tem na vida, mas quem você é na vida. E que bons amigos são a família que nos permitiram escolher. Aprende que não temos que mudar de amigos se compreendermos que os amigos mudam, percebe que seu melhor amigo e você podem fazer qualquer coisa, ou nada, e terem bons momentos juntos. Descobre que as pessoas com quem você mais se importa na vida são tomadas de você muito depressa, por isso sempre devemos deixar as pessoas que amamos com palavras amorosas, pode ser a última vez que as vejamos”.*

**William Shakespeare**

*A Deus pai todo poderoso*

*Aos meus pais Ariadene Souza Vieira e Francisco das Chagas Vieira (in memoriam)*

*Aos meus avós Ananias Teles de Souza e Maria Dalva Correia Souza*

*Aos meus irmãos Lucas Souza Vieira, Luanne Souza Vieira e Lilian Souza Ibiapina*

*A meu padrasto Manoel de Jesus Ibiapina*

*A meu sobrinho Pedro Guilherme*

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela sabedoria e por sempre me ajudar e fortalecer nos momentos de dificuldade.

À minha eterna guerreira, minha querida e amada mãe, **Ariadene Souza Vieira**, por sempre está ao meu lado, nos momentos bons ou ruins, estando ou não de acordo com sua vontade. Por sempre ser meu abrigo, minha referência de perseverança e humildade. Por ter proporcionado a mim e meus irmãos uma criação digna, sem deixar faltar nada a nós apesar das dificuldades. Enfim, palavras não descrevem o meu amor e admiração por ela. Te amo **Mãe!**

A meu orientador **Jefferson Costa de Siqueira**, pelos ensinamentos repassados, não apenas científicos, mas ensinamentos para a vida toda. Muito Obrigado!

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Universidade Federal do Maranhão pela grande oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), pelo financiamento do projeto de pesquisa executado.

À empresa Evonik Degussa Brasil Ltda, em especial ao Dr. Nei André Arruda Barbosa pela doação e realização das análises de aminogramas nas carcaças e penas de codornas, essenciais para a conclusão desse estudo.

Aos membros da banca de defesa e do exame de qualificação, meus Co-orientadores Dáphinne Cardoso Nagib do Nascimento e Felipe Barbosa Ribeiro, e professores Marcos Antônio Delmondes Bomfim e José Anchieta de Araújo (Avaliador externo).

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFMA, por todos os ensinamentos repassados que serão de grande valia, em especial ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Ivo Guilherme Ribeiro de Araújo por cada palavra de incentivo. Meu muito Obrigado!

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação, Tomáz e Daniel.

À todos que participaram com muito empenho na execução do experimento, Bruna Pantoja, Dário de Sousa, Daylane Oliveira, Julyanna Vaz, Ana Carolinne, Juliany Oliveira, Yara Souza, Isabel Pereira, Madalena Silva, Jerluana Portela, Cláudia Coutinho, Renata

Sousa, Leydson Marques, Antônio Thiago, Antônia Francisca, Larissi Fial, Maria Priscila e Edson Matheus. Meu muito obrigado!

À Rafael Silva, Neliane Galvão, Dayana da Costa e Dhuliane pela grande ajuda nas análises laboratoriais.

A todos os companheiros de República, em especial Marciara Lopes, por tudo que foi compartilhado, alegrias, angústias e por todos os momentos de descontração.

À todos, dedico meus sinceros e profundos Agradecimentos!



## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
INTRODUÇÃO.....	13
REVISÃO DA LITERATURA.....	14
Coturnicultura.....	14
Lisina.....	15
Métodos para estimar as exigências de aminoácidos.....	16
Exigência de lisina para crescimento e eficiência de utilização.....	17
REFERÊNCIAS.....	21
INTRODUÇÃO.....	30
MATERIAL E MÉTODOS.....	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Rações formuladas para obter níveis crescentes de lisina digestível pela técnica da diluição, para codornas de corte de 21 a 35 dias de idade.....	32
Tabela 2. Rações formuladas pela técnica da diluição com níveis crescentes de lisina digestível para codornas de corte de 21 a 35 dias <sup>1</sup> .....	32
Tabela 3. Composição em aminoácidos totais e digestíveis do milho e do farelo de soja utilizados nas rações experimentais.....	33
Tabela 4. Peso inicial (PI), peso final (PF), consumo de ração (CR), consumo de lisina (CLys), deposições de proteína bruta (DPBCD), lisina (DLysCD) e gordura (DGCD) no corpo depenado, peso de penas (PP), deposições de proteína bruta (DPBP), lisina (DLysP) e gordura (DGP) nas penas e deposições de proteína bruta (DPBCT), lisina (DLysCT) e gordura (DGCT) no corpo como um todo de codornas de corte de 21 a 35 dias de idade.....	37
Tabela 5. Coeficientes das regressões lineares para as deposições de proteína bruta (DPBCD), lisina (DLysCD) e gordura (DGCD) no corpo depenado e deposições de proteína bruta (DPBCT), lisina (DLysCT) e gordura (DGCT) no corpo como um todo de codornas de corte de 21 a 35 dias de idade em função do consumo de lisina das aves.....	39
Tabela 6. Equação de regressão linear múltipla ajustada com o consumo de lisina (CLys) e a deposição de lisina no corpo depenado (DLysCD; mg/mg) e penas (DLysP; mg/mg). Erros padrões são fornecidos entre parênteses.....	44

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Deposição de proteína bruta no corpo depenado (DPBCD) em função do consumo de lisina digestível nas rações para codornas de corte de 21 a 35 dias de idade.....	40
FIGURA 2. Deposição de proteína bruta no corpo como todo (DPBCT) em função do consumo de lisina digestível nas rações para codornas de corte de 21 a 35 dias de idade.....	40
FIGURA 3. Deposição de lisina no corpo depenado (DLysCD) em função do consumo de lisina digestível nas rações para codornas de corte de 21 a 35 dias de idade.....	41
FIGURA 4. Deposição de lisina no corpo todo (DLysCT) em função do consumo de lisina digestível nas rações para codornas de corte de 21 a 35 dias de idade.....	42
FIGURA 5. Consumo de lisina digestível em função das deposições de lisina no corpo depenado e nas penas de codornas de corte de 21 a 35 dias de idade. ....	45

## RESUMO

As codornas possuem características favoráveis à sua produção, contudo, sua criação ainda enfrenta dificuldades, apesar de nos últimos anos ter expressivo aumento de produtividade, devido à introdução no mercado de codornas específicas para o abate. Para que essas aves expressem seu potencial é necessário que tenham uma boa nutrição, mas para isso é essencial a obtenção de estimativas adequadas das exigências de lisina, por tratar-se de um dos aminoácidos mais importantes para aves. Essas exigências podem ser determinadas utilizando-se modelos fatoriais, que necessitam de parâmetros como a eficiência de utilização da lisina para sua elaboração. Entretanto, estudos que determinaram essas eficiências para codornas de corte são inexistentes. Diante disso, objetivou-se estimar a eficiência de utilização da lisina para o crescimento de codornas de corte machos e fêmeas no período de 21 a 35 dias de idade. Foram utilizadas 500 codornas com 21 dias de idade, de ambos os sexos, com peso médio inicial de  $119,23 \pm 1,92$  g. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial  $5 \times 2$  (nível de lisina digestível  $\times$  sexo), com cinco repetições por tratamento. As aves foram alimentadas com rações contendo 0,714; 0,816; 0,918; 1,020 e 1,122% de lisina digestível. As variáveis avaliadas foram: peso final (PF; g/ave); consumo de ração (CR; g/ave/dia); consumo de lisina digestível (CLys; mg/ave/dia); peso de penas (PP; g/ave); deposição de proteína bruta no corpo depenado (DPBCD; mg/ave/dia), nas penas (DPBP; mg/ave/dia) e no corpo como um todo (DPBCT; mg/ave/dia); deposição de lisina no corpo depenado (DLysCD; mg/ave/dia), nas penas (DLysP; mg/ave/dia) e no corpo como um todo (DLysCT; mg/ave/dia); deposição de gordura no corpo depenado (DGCD; mg/ave/dia), nas penas (DGP; mg/ave/dia) e no corpo todo (DGCT; mg/ave/dia). As variáveis foram regredidas em função do CLys em cada sexo, e as equações individuais de cada sexo comparadas por meio de testes de paralelismo, utilizando-se o sexo como variável categórica e o CLys como co-variável. Esse procedimento permitiu a obtenção das estimativas da eficiência de utilização da lisina no corpo depenado e no corpo como um todo, por meio dos coeficientes “ $b_1$ ” das equações. Também foi utilizada uma regressão múltipla sem intercepto, na tentativa de estimar as eficiências de uso da lisina para as deposições do corpo depenado e nas penas individualmente. Para comparar as eficiências de utilização da lisina para deposição no corpo depenado, obtidas pelos diferentes métodos, utilizou-se a estatística t. Não observou-se interação entre o nível de lisina e o sexo em nenhuma das variáveis avaliadas. Observou-se efeito de sexo nas DGCD ( $P=0,0374$ ) e DGCT ( $P=0,0469$ ), sendo que as fêmeas apresentaram deposições superiores em relação aos machos correspondentes à 26,23 e 25,91%, respectivamente. Não observou-se efeito de sexo ( $P>0,05$ ) para a DLysCD, e a eficiência média comum para ambos os sexos foi igual a 48%. Pelo método da regressão linear múltipla a DLysCD foi de 44,6%. Tendo em vista que a eficiência de utilização da lisina para deposição na carcaça determinada pelo método da regressão linear simples não diferiu do método da regressão linear múltipla ( $P>0,05$ ), a melhor estimativa da eficiência da deposição da lisina foi de 46,3%. As eficiências de utilização da lisina para deposição no corpo depenado e nas penas de codornas de corte foram de 46,3 e 18,1%, respectivamente, não havendo diferenças entre machos e fêmeas.

Palavras-chave: aminoácido essencial, composição corporal, *Coturnix coturnix coturnix*, método fatorial.

## ABSTRACT

Quails have favorable characteristics for their production, however, its creation is still facing difficulties, although in recent years have significant increase in productivity due to the introduction in specific quail for slaughter. For these birds to express their potential is necessary a good nutrition, but it is essential to obtain adequate estimates of lysine requirements as it is one of the most important amino acids for birds. These requirements can be determined using factorial models, which require parameters such as the efficiency of lysine utilization for their elaboration. However, studies that have determined these efficiencies for meat quail are non-existent. Therefore, the objective was to estimate the efficiency of lysine utilization for the growth of male and female meat quail from 21 to 35 days of age. A total of 500 21-day-old quails of both sexes with an average initial weight of  $119.23 \pm 1.92$  g were used. The birds were randomly distributed in a 5 x 2 factorial design (digestible lysine level x sex), with five replications per treatment. The birds were fed rations containing 0.714; 0.816; 0.918; 1.020 and, 1.122% digestible lysine. Final weight (FW; g/bird); feed intake (FI; g/bird/day); digestible lysine intake (LysI; mg/bird/day); feather weight (FW; g/bird); feather free body protein deposition (FFBPD; mg/bird/day); feather protein deposition (FPD; mg/bird/day) and, protein deposition in the body as a whole (BPD; mg/bird/day); feather free body lysine deposition (FFBLysD; mg/bird/day), feather lysine deposition (FLysD; mg/bird/day), and lysine deposition in the body as a whole (BLysD; mg/bird/day), feather free body fat deposition (FFBFD; mg/bird/day), feather fat deposition (FFD; mg/bird/day), and fat deposition in the body as a whole (BFD; mg/bird/day) were assessed. The variables were regressed as a function of LysI in each sex, and the individual equations of each sex were compared by parallelism tests, using sex as the categorical variable and LysI as the covariate. This procedure allowed the estimation of the efficiency of lysine utilization in the feather free body and in the body as a whole, through the coefficients "b<sub>1</sub>" of the equations. A multiple regression without intercept was also used in an attempt to estimate the efficiencies of lysine utilization for feather free body depositions and feathers individually. To compare the efficiencies of lysine utilization for feather free body lysine deposition, obtained by the different methods, the t-statistic was used. There was no interaction between lysine level and sex in any of the evaluated variables. Sex effect on FFBFD was observed (P=0.0374) and BFD (P=0.0469), with females showing higher depositions compared to males corresponding to 26.23 and 25.91%, respectively. There was no sex effect (P>0.05) for FFBLysD, and the average common efficiency for both sexes was 48%. By the multiple linear regression method the DLysCD was 44.6%. Since the efficiency of lysine use for carcass deposition determined by the simple linear regression method did not differ from the multiple linear regression method (P>0.05), the best estimate of the lysine deposition efficiency was 46.3%. The efficiency of lysine utilization for deposition in the feather free body and quail feathers were 46.3 and 18.1%, respectively, no differences between males and females.

Key words: body composition, *Coturnix coturnix coturnix*, essential amino acid, factorial method.

## INTRODUÇÃO

As codornas possuem características que favorecem a sua criação tais como, pequeno porte, baixo consumo de ração, maturidade sexual precoce e elevado crescimento inicial (BARRETO et al., 2006; KAUR; MANDAL, 2015; WEN et al., 2016), além do alto valor nutricional de sua carne e ovos.

Nos últimos anos têm ocorrido expressivo aumento na produtividade e qualidade da carne dessas aves (MUNIZ et al., 2018), ocasionados pela introdução no mercado brasileiro de linhagens de codornas específicas para produção de carne (*Coturnix coturnix coturnix*), que apresentam pesos superiores e atingem o ponto de abate mais precocemente. Entretanto, adoção de programas alimentares que proporcionem uma nutrição adequada é essencial para um bom desenvolvimento corporal dessas aves (MEHRI et al., 2013), havendo escassez de informações acerca desse tema.

Para que as exigências de aminoácidos das codornas de corte sejam atendidas adequadamente é essencial a obtenção de estimativas precisas das exigências de lisina, pois esse é o aminoácido de referência para a aplicação do conceito de proteína ideal (BAKER; HAN, 1994; HAN; BAKER, 1994; EMMERT; BAKER, 1997), além de ser o segundo aminoácido limitante para as aves quando rações à base de milho e farelo de soja são utilizadas (BAKER; HAN, 1994; D'MELLO, 2003; FAKHRAEI et al., 2010; DOZIER; PAYNE, 2012).

As exigências de lisina podem ser afetadas por fatores genéticos, ambientais e nutricionais (HAN; BAKER, 1993; LANA et al., 2005; BERNAL et al., 2014; CARLOS et al., 2014), sendo essas exigências em muitos casos, determinadas com a utilização de modelos fatoriais, que são aplicáveis para diferentes condições, sejam elas referentes ao animal ou ao ambiente (SILVA et al., 2015).

Entretanto, para que modelos fatoriais possam ser elaborados visando estimar as exigências de lisina é necessária a determinação dos parâmetros ou coeficientes que representam as exigências de manutenção e as eficiências de utilização deste aminoácido para o crescimento, sendo que essas informações podem ser obtidas a partir de estudos dose resposta delineados especificamente para a obtenção desses parâmetros.

Trabalhos realizados para determinar a eficiência de utilização da lisina em codornas de corte são inexistentes na literatura, e por ser um produto em crescente demanda pelo mercado consumidor, faz-se necessária a realização deste estudo com o intuito de subsidiar a elaboração de modelos matemáticos para predição das exigências e do crescimento corporal destas aves.

Com base nessas informações, objetivou-se estimar a eficiência de utilização da lisina para o crescimento de codornas de corte machos e fêmeas.

## REVISÃO DA LITERATURA

### Coturnicultura

A codorna é uma ave originária do norte da África, da Ásia e da Europa, pertencendo à família dos Fasianídeos (*Fasianidae*), mesma família que galinhas e perdizes, e da subfamília dos Pernicídios (*Perdicionidae*) e Gênero *Coturnix* (PINTO et al., 2002).

A exploração comercial dessas aves no Brasil teve início em 1989, quando uma grande empresa avícola nacional (PERDIGÃO S.A.) implantou o primeiro criatório com finalidade industrial no Sul do Brasil, e há alguns anos posteriormente iniciou a exportação de carcaças de codornas congeladas. Desde então, essa atividade passou a ter grande importância na economia agropecuária brasileira. Em 2011 o Brasil já constava como o quinto maior produtor mundial de carne de codornas e o segundo de ovos (SILVA et al., 2012).

No ano de 2012, foi registrado no Brasil um total de 16,436 milhões de codornas, representando um aumento de 5,6% em relação a 2011 (IBGE, 2014). Este efetivo no número de codornas, independentemente da finalidade de produção, continuou crescendo até o ano de 2015, atingindo a marca de 21,99 milhões de cabeças, registrando um aumento de 8,1% em relação à 2014 (IBGE, 2015). Entretanto, esse efetivo passou a reduzir, contando em 2016 com um total de 15,1 milhões de aves, com redução de 31,3% em relação a 2015 (IBGE, 2016), retomando o crescimento no ano seguinte, havendo em 2018 um efetivo de 16,8 milhões de cabeças (IBGE, 2018).

A produção de carne de codornas caracterizou-se por muitos anos pelo abate de aves oriundas de criações destinadas à produção de ovos (*Coturnix coturnix japonica*), onde alguns machos classificados incorretamente no processo de sexagem e criados até seis ou sete semanas de idade eram abatidos. As fêmeas eram abatidas no final de seu primeiro ciclo de produção de ovos (GARCIA, 2002; MUNIZ et al., 2018). Todavia, o abate dos machos resultava em carcaças muito pequenas, pesando entre 70 e 100 gramas, enquanto as fêmeas resultavam em uma carne relativamente dura, por serem aves de idade avançada (SILVA et al., 2007; MUNIZ et al., 2018).

Nos últimos anos, esse cenário tem mudado devido a introdução de linhagens de codornas específicas para o abate (*Coturnix coturnix coturnix*) no mercado brasileiro, sendo aves mais pesadas que atingem pesos médios de 240 e 250g para machos e fêmeas, respectivamente, aos 42 dias de idade, de acordo com dados de Drumond et al. (2013). Com isso, vem ocorrendo uma melhora significativa na produtividade e qualidade da carne, explicando o crescente aumento na demanda por este produto (MUNIZ et al., 2018).

A criação de codornas possui características que a torna uma ótima alternativa no setor agropecuário, pois tratam-se de animais de pequeno porte que exigem pouco espaço, assim como

baixo consumo de ração, maturidade sexual precoce, elevado crescimento inicial e precocidade ao abate (BARRETO et al., 2006; KAUR; MANDAL, 2015; WEN et al., 2016), além do alto valor nutricional de sua carne e ovos.

Contudo, ainda é uma atividade que detém de poucos conhecimentos à cerca do melhoramento genético, manejo, sanidade e exigências nutricionais (MUNIZ et al., 2018).

Informações sobre as exigências nutricionais para codornas de corte são escassas, e para se alcançar bons resultados na criação é necessária a utilização de programas alimentares que otimizem o desenvolvimento corporal das aves (MEHRI et al., 2013), por meio do fornecimento de rações balanceadas que resultarão em redução dos custos com alimentação e da quantidade de resíduos nitrogenados excretados pelas aves (NASR; KHEIRI, 2012), resultando em benefícios econômicos e ambientais.

## **Lisina**

A lisina (Ácido 2,6 diamino-hexanóico) é considerada um aminoácido essencial porque sua síntese nos tecidos não é suficiente para atender às necessidades das aves, sendo necessário a utilização da lisina presente na proteína da ração ou em outras fontes sintéticas, como a L-lisina HCl (BAKER; HAN, 1994; D'MELLO, 2003).

A lisina desempenha o papel principal na deposição proteica, atuando de forma reduzida em outras rotas metabólicas (GARCIA et al., 2006). Também atua na formação dos tecidos ósseos e na síntese de carnitina, responsável pelo transporte de ácidos graxos para a  $\beta$ -oxidação na mitocôndria (RIBEIRO et al., 2003; BARRETO et al., 2006; LIMA et al., 2016).

É o segundo aminoácido limitante para aves quando dietas a base de milho e farelo de soja são utilizadas (BAKER; HAN, 1994; D'MELLO, 2003; FAKHRAEI et al., 2010; DOZIER; PAYNE, 2012), e a estimativa de suas exigências é de grande importância para a formulação de rações para aves em crescimento, pois é fundamental no desenvolvimento do músculo do peito (VIOLA et al., 2009). Também é o aminoácido de referência no conceito de proteína ideal, servindo de base para o estabelecimento das exigências de outros aminoácidos (BAKER; HAN, 1994; HAN; BAKER, 1994; EMMERT; BAKER, 1997).

As exigências de lisina podem ser afetadas por fatores genéticos, como sexo e linhagem; ambientais, como estresse térmico e estado sanitário; além de fatores nutricionais, como o tipo de alimentos utilizados nas formulações da ração e os teores de proteína e energia metabolizável (HAN; BAKER, 1993; LANA et al., 2005; BERNAL et al., 2014; CARLOS et al., 2014). Diante disso, a determinação precisa e acurada das necessidades de lisina das codornas de acordo com o padrão genético, condições das instalações e programas nutricionais é de grande importância para maximizar o aproveitamento deste aminoácido na deposição proteica, melhorando o



desempenho das codornas, reduzindo assim os custos com alimentação e conseqüentemente melhorando o retorno econômico da atividade.

### **Métodos para estimar as exigências de aminoácidos**

Para estimar as necessidades nutricionais das aves, sejam elas em crescimento ou adultas, utiliza-se comumente dois métodos: o dose-resposta e o fatorial (D'MELLO, 2003; POMAR et al., 2009).

O método dose-resposta é o mais utilizado para obtenção das estimativas dos níveis ótimos de aminoácidos na dieta, sendo as necessidades nutricionais neste método descritas como a quantidade mínima de aminoácidos que possibilite maximizar o desempenho das aves (SILVA et al., 2015). Essas exigências nutricionais descrevem quantitativamente variáveis de desempenho, em resposta à doses crescentes de um aminoácido limitante na dieta durante determinado período ou faixa de peso (OWENS; PETTIGREW, 1989; GOUS, 1998; SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016), e esse aumento progressivo do aminoácido na ração, proporciona uma resposta no animal passível da aplicação de um modelo matemático para sua interpretação (SILVA et al., 2004).

As exigências encontradas nestes estudos são proporcionais à quantidade de aminoácido fornecida a partir da qual ocorre estabilização nas respostas das aves (OWENS; PETTIGREW, 1989; GOUS, 1998; SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016), e as recomendações obtidas por meio deste método são aplicáveis apenas para condições semelhantes àquelas em que os experimentos foram conduzidos (SILVA et al., 2015).

Apesar disso, é um método muito importante, pois é de fácil execução e muita praticidade, sendo as exigências obtidas utilizadas na elaboração de tabelas de exigências nutricionais, como por exemplo, as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011; ROSTAGNO et al., 2017) e a Tabela para Codornas Japonesas e Europeias (SILVA; COSTA, 2009).

Além das tabelas de exigências disponíveis atualmente, é essencial a realização de estudos que possibilitem e/ou auxiliem a elaboração de dietas mais precisas, mas para isso é necessário que se tenha o conhecimento dos requerimentos de aminoácidos dessas aves com maior exatidão (BERNAL et al., 2014). Com isso, é possível obter uma nutrição mais eficiente, possibilitando assim, que as aves expressem seu potencial genético em condições específicas (SAMADI; LIEBERT, 2008; CARLOS et al., 2014).

Outro método utilizado para determinação das exigências das aves é o fatorial, que possibilita estimar exigências nutricionais aplicáveis para diferentes condições, sejam elas referentes ao animal ou ambientais (SILVA et al., 2015).

No método fatorial as exigências diárias são estimadas a partir do princípio que as aves necessitam de aminoácidos para a manutenção de processos vitais, crescimento e/ou produção (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016), sendo estes requisitos, estimados para cada aminoácido levando em consideração a eficiência com que cada um é utilizado em sua função metabólica no animal (MILGEN; NOBLET, 2003). Neste sentido, torna-se um método flexível, podendo ser adaptado às variações genéticas, ambientais e metodológicas.

Estimativas adequadas da eficiência da utilização dos aminoácidos são essenciais para estimar as necessidades nutricionais por meio de modelos mecanicistas de simulação de crescimento, possibilitando assim, melhorar a eficiência produtiva e consequentemente reduzir custos com a alimentação das aves (WECKE; LIEBERT, 2010).

### **Exigência de lisina para crescimento e eficiência de utilização**

A exigência de lisina para crescimento pode ser definida com base na exigência líquida desse aminoácido, mas para isso é necessário que se tenha posse dos coeficientes referentes à eficiência com que esse aminoácido é utilizado pelo animal. Esses coeficientes podem ser obtidos em ensaios dose-resposta delineados especificamente para isso.

Um fator de caráter metodológico que exerce influência sobre as estimativas da eficiência de utilização da lisina é a forma de mensuração da retenção proteica, que pode ser por meio da medida do balanço de nitrogênio, através da coleta total de excretas, ou utilizando-se a técnica do abate comparativo (CERON et al., 2013). A coleta total de excretas consiste em determinar a diferença entre a quantidade de nitrogênio ingerido e o excretado, sendo necessária a coleta de todo o material excretado pelo animal (fezes e urina), e por diferença, estima-se a quantidade de proteína retida na carcaça. Alguns autores (LAFLAME; HANNAH, 2013) têm questionado essa metodologia por não levar em consideração as mudanças que ocorrem na composição corporal das aves durante o período experimental, havendo a possibilidade de uma subestimativa na determinação dos aminoácidos depositados.

Pela técnica do abate comparativo a determinação do acréscimo de proteína corporal é realizada por meio de abates no início e no final do período experimental, e pela diferença entre a quantidade de proteína corporal medida diretamente na carcaça desses dois grupos, estima-se a deposição de proteína.

Com base na retenção proteica e na composição aminoacídica dessa proteína a composição aminoacídica da carcaça é estimada. De posse desses valores, a estimativa da eficiência de utilização do aminoácido é simples, sendo necessário apenas relacionar a quantidade de aminoácido que foi depositado com a quantidade ingerida pela ave, e esse relacionamento pode ser obtido basicamente por dois métodos.

Um deles refere-se à relação entre a quantidade de lisina depositada no corpo e a quantidade de lisina ingerida por determinado período de tempo, subtraindo-se a quantidade necessária para a manutenção (SIQUEIRA et al., 2011; ARAÚJO et al., 2014). O outro considera a inclinação da reta obtida pela regressão linear da deposição do aminoácido no corpo em função da ingestão do mesmo, ou seja, quanto do que foi ingerido realmente foi depositado no corpo da ave (CERON et al., 2013; SAKOMURA et al., 2015; SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

A eficiência de utilização da lisina para crescimento foi determinada em diversos trabalhos com diferentes espécies, incluindo suínos (LIBAO-MERCADO et al., 2006; HEGER et al., 2008; CERON et al., 2013), peixes (PERES; OLIVIA-TELES, 2008; HELLAND et al., 2010; GRISDALE-HELLAND et al., 2011; HE et al., 2013; HUA et al., 2019), poedeiras na fase de crescimento (SILVA et al., 2014) e frangos de corte em crescimento (EDWARDS et al., 1999; FATUFE et al., 2004; BRITO, 2007; SIQUEIRA et al., 2011; 2013; ZELENKA et al., 2011; REIS et al., 2018).

As estimativas da eficiência de utilização da lisina para suínos foram realizadas utilizando a regressão linear da deposição de lisina corporal pelo consumo de lisina, e o coeficiente de inclinação da reta representou a eficiência de uso do aminoácido.

Libao-Mercado et al. (2006), trabalhando com suínos em crescimento (28 kg) utilizaram o método de coleta total de fezes e urina para determinar o balanço de nitrogênio (BN) e encontraram as eficiências de utilização da lisina de 72 e 87 %, quando utilizaram rações contendo farelo de trigo e caseína, respectivamente, evidenciando que a composição da dieta afeta a eficiência. Resultados divergentes foram encontrados por Ceron et al. (2013), que determinaram o BN em suínos em crescimento (52 kg) e encontraram uma eficiência de 90 %. Da mesma forma, Heger et al. (2008), utilizando a técnica do abate comparativo em suínos em fase de creche (10,8 kg) estimaram uma eficiência de 91% para a deposição da lisina.

Em peixes pela técnica do abate comparativo, Peres e Olivia-Teles (2008) formularam rações com os níveis de 100 e 50% da exigência de lisina recomendadas para pregados jovens (*Scophthalmus maximus*) e encontraram eficiências de 50 e 72%, respectivamente, demonstrando que quanto maior o nível de lisina na dieta menor será sua eficiência. O efeito da concentração de aminoácidos na dieta sobre as eficiências de utilização já haviam sido relatadas anteriormente por Heger e Frydrych (1989).

Pela mesma técnica, He et al. (2013) trabalharam com tilápias pequenas (20,7 g) e grandes (165 g) e estimaram as eficiências de utilização da lisina em 72 e 52%, respectivamente, evidenciando a influência do peso nas estimativas da eficiência de utilização. Em estudo recente, Hua et al. (2019), também utilizaram tilápias com diferentes classes de pesos corporais, pequenas ( $9,8 \pm 0,0$  g), médias ( $58,1 \pm 0,4$  g) e grandes ( $247,6 \pm 1,5$  g) e determinaram eficiências de

utilização da lisina correspondentes à 68, 63 e 47%, reforçando que o peso corporal afeta a eficiência de uso da lisina.

Já para o salmão do atlântico (*Salmo salar*), Helland et al. (2010) utilizaram peixes com peso médio de 95,7 g e determinaram uma eficiência de uso da lisina de 62%, enquanto que, Grisdale-Helland et al. (2011), trabalhando com salmões menores (62,8 g) estimaram uma eficiência de 85%.

Em aves a eficiência de utilização de aminoácidos deve ser determinada separadamente para penas e para o corpo livre de penas (SAKOMURA et al., 2015; REIS et al., 2018), pois estudos demonstraram que a composição desses dois componentes são variáveis entre si (FISHER et al., 1981; STILBORN et al., 1997; 2010), além da proporção de penas em relação ao corpo aumentar ao longo do tempo quando se utiliza aves em crescimento (SAKOMURA et al., 2015; REIS et al., 2018). Dessa forma, a determinação das eficiências separadamente para cada componente pode influenciar positivamente na exatidão dos modelos de predição das exigências de aminoácidos desenvolvidos a partir desses dados.

Em frangos de corte, Edwards et al. (1999), utilizaram o abate comparativo em aves de 10 a 20 dias de idade e encontraram valores de eficiência de utilização da lisina correspondentes à 76% para frangos New Hampshire x Columbian e 79% para frangos Avian x Avian, considerando o coeficiente de inclinação.

Da mesma forma, Fatufe et al. (2004), estimaram as eficiências de utilização da lisina em frangos de corte em 71% para machos da linhagem Ross e em 61% machos Lohmann White, durante o período de 8 a 22 dias, evidenciando, que linhagens destinadas ao abate são mais eficientes que linhagens de postura.

Já Siqueira et al. (2011), determinaram a eficiência de utilização da lisina em frangos da linhagem Cobb 500 no período de um a 42 dias de idade, utilizando a relação da lisina depositada e da ingerida apenas para crescimento e encontraram uma eficiência média correspondente à 76,9%. Da mesma forma, Siqueira et al. (2013), com frangos da mesma linhagem, utilizaram duas técnicas de formulação de ração para estimar as eficiências de uso da lisina nas fases pré-inicial (1 a 8 dias de idade) e inicial (8 a 22 dias de idade), e encontraram eficiências médias de 74,4 e 79,04%, respectivamente, independentemente da técnica utilizada para formular a ração.

Uma terceira metodologia foi utilizada por Brito (2007) para estimar a eficiência de utilização da lisina para crescimento utilizando valores de deposição corporal e consumo de lisina, estimados por meio de um modelo não linear. O autor estimou os valores de deposição corporal e consumo de lisina por meio do modelo de Gompertz (1825), e com isso determinou as eficiências de utilização de lisina para frangos de corte Ross, machos e fêmeas, durante o período

de 7 a 42 dias de idade, encontrando eficiências que variaram de 49,6 (sete dias) a 78,5% (22 dias) em machos, e de 55 (sete dias) a 81% (21 dias) em fêmeas. Pelo mesmo procedimento, Silva et al. (2014), estimou uma eficiência de utilização da lisina correspondente à 49% para quatro linhagens de aves de postura durante o período de um a 126 dias de idade. Já Zelenka et al. (2011), trabalhando com frangos de crescimento lento (híbridos de Isa Brown) e acelerado (Ross 308) durante o período de um a 22 dias de idade, encontraram eficiências de 49,6 e 56,5%, respectivamente, reforçando que, a linhagem influencia a eficiência de utilização da lisina.

Trabalhando com um banco de dados de frangos Cobb em crescimento, Reis et al. (2018), utilizaram um modelo de regressão linear múltipla sem intercepto para estimar as eficiências de utilização da lisina para deposição nas penas e corpo livre de penas separadamente, e obtiveram eficiências de 58 e 68%, respectivamente, evidenciando a variação na eficiência de uso da lisina por diferentes componentes do corpo.

É evidente que as recomendações dos variados estudos realizados com diferentes espécies e linhagens são divergentes e para a aplicação adequada do método fatorial é fundamental que as estimativas das eficiências de utilização sejam realizadas de maneira específica. Trabalhos realizados para determinar a eficiência de utilização da lisina em codornas de corte são inexistentes na literatura, e devido à crescente demanda deste produto pelo mercado consumidor, faz-se necessária a realização de novos estudos que subsidiarão a elaboração de modelos matemáticos para a predição das exigências e crescimento corporal destas aves.

Com isso, será possível a elaboração de planos nutricionais mais precisos e acurados de acordo com o potencial genético e as condições ambientais, podendo reduzir os custos com alimentação e consequentemente aumentar a rentabilidade da atividade.

**REFERÊNCIAS**

ARAUJO, J. A.; SAKOMURA, N. K.; SILVA, E. P.; DORIGAM J. C. P.; DONATO, D. C. Z.; SILVA, J. H. V.; FERNANDES, J. B. K. Response of pullets to digestible lysine intake. **Czech Journal Animal Science**, v.59, p.208-218, 2014.

BAKER, D. H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chickens during the first three weeks posthatching. **Poultry Science**, Savoy, v.73, p.1441-1447, 1994.

BARRETO, S. L. T.; ARAÚJO, M. S.; UMIGI, R. T.; DONZELE, J. L.; ROCHA, T. C.; PINHEIRO, S. R. F.; TEIXEIRA, R. B.; ABREU, F. V. S.; SILVA, R. F. Exigência nutricional de lisina para codornas europeias machos de 21 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.750-753, 2006.

BERNAL, L. E. P.; TAVERNARI, F. C.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T. Digestible lysine requirements of broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.16, n.1, p.49-55, 2014.

BRITO, C. O. **Avaliação de dietas formuladas com aminoácidos totais e digestíveis e estimativas do crescimento e da deposição de nutrientes em frangos de corte**. 155f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

CARLOS, T. C. F.; MARINO, C. T.; SILVA, N. V. P.; BARBOSA, L. C. G. S.; REIS, R. N.; MURAMATSU, K.; ARAÚJO, C. S. S.; ARAÚJO, L. F. Evaluation of different digestible lysine levels for male broilers during the period of 18 to 40 days of age. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.16, n.1, p.83-88, 2014.

CERON, M. S.; OLIVEIRA, V.; LOVATTO, P. A.; VALE, M. M. Maintenance requirement and deposition efficiency of lysine in pigs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.9, p.1269-1274, 2013.

D'MELLO, J. P. F. Responses of growing poultry to amino acids. In: D'MELLO, J. P. F. **Amino acid in animal nutrition**. 2. ed. Wallingford: CABI Publishing, 2003. p.237-264.

DOZIER, W. A.; PAYNE, R. L. Digestible lysine requirements of female broilers from 1 to 15 days of age. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.21, n.2, p.348-357, 2012.

DRUMOND, E. S. C.; GONÇALVES, F. M.; VELOSO, R. C.; AMARAL, J. M.; BALOTIN, L. V.; PIRES, A. V.; MOREIRA, J. Curvas de crescimento para codornas de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.10, p.1872-1877, 2013.

EDWARDS, H. M.; FERNANDEZ, S. R.; BAKER, D. H. Maintenance lysine requirement and efficiency of using lysine for accretion of whole-body lysine and protein in young chicks. **Poultry Science**, Savoy, v.78, p.1412-1417, 1999.

EMMERT, J. L.; BAKER, D. H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v.6, p.462-470, 1997.

FAKHRAEI, J.; LOUTFOLLAHIAN, H.; SHIVAZAD, M.; CHAMANI, M.; HOSEINI, S. A. Reevaluation of lysine requirement based on performance responses in broiler breeder hens. **African Journal of Agricultural Research**, v.5, n.16, p.2137-2142, 2010.

FATUFE, A. A.; TIMMBER, R.; RODEHUTSCORD, M. Response to lysine in composition of body weight gain and efficiency of lysine utilization of growing male chickens from two genotypes. **Poultry Science**, Savoy, v.83, p.1314-1324, 2004.

FISHER, M. L.; LEESON, S.; MORRISON, W. D.; SUMMERS, J. D. Feather growth and feather composition of broiler chickens. **Canadian Journal of Animal Science**, v.61, n.3, p.769-773, 1981.

GARCIA, A. R.; BATAL, A. B.; BAKER, D. H. Variations in the digestible lysine requirement of broiler chickens due to sex, performance parameters, rearing environment, and processing yield characteristics. **Poultry Science**, v.85, n.3, p.498-504, 2006.

GARCIA, E. A. Codornas para produção de carnes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1., Lavras. **Anais...** Lavras: NECTA/DZO/UFLA, 2002. p.97-108.

GOMPERTZ, B. On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new method of determining the value of life contingencies. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v.115, p.513-585, 1825.

GOUS, R. M. Making progress in the nutrition of broilers. **Poultry Science**, Savoy, v.77, p.111-117, 1998.

GRISDALE-HELLAND, B.; GATLIN, D. M. III; CORRENT, E.; HELLAND, S. J. The minimum dietary lysine requirement, maintenance requirement and efficiency of lysine utilization for growth of Atlantic salmon smolts. **Aquaculture Research**, v.42, p.1509-1529, 2011.

HAN, Y.; BAKER, D. H. Digestible lysine requirement of male and female broiler chicks during the period three to six weeks posthatching. **Poultry Science**, Savoy, v.73, p.1739-1745, 1994.

HAN, Y.; BAKER, D. H. Effects of sex, heat stress, body weight, and genetic strain on the dietary lysine requirement of broiler chicks. **Poultry Science**, Savoy, v.72, n.4, p.701-708, 1993.

HEGER, J.; FRYDRYCH, Z. Efficiency of utilization of amino acids. In: FRIEDMAN, M. **Absorption and utilization of amino acids**. Boca Raton: CRC Press, 1989. v.1, p.31- 56.

HEGER, J.; NITRAYOVA, P. P. S.; KARCOL, J.; DOSELOVA, P. Lysine maintenance requirement and efficiency of its utilisation in young pigs as estimated by comparative slaughter technique. **Archives of Animal Nutrition**, v.62, n.3, p.182-192, 2008.

HE, J. Y.; TIAN, L. X.; LEMME, A.; GAO, W.; YANG, H. J.; NIU, J.; LIU, Y. J. Methionine and lysine requirements for maintenance and efficiency of utilization for growth of two sizes of tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v.19, p.629-640, 2013.

HELLAND, S. J.; HATLEN, B.; GRISDALE-HELLAND, B. Energy, protein and amino acid requirements for maintenance and efficiency of utilization for growth of atlantic salmon post-salmons determined using increasing ration levels. **Aquaculture**, v.305, n.1, p.150-158, 2010.

HUA, K.; SUWENDI, E.; BUREAU, D. P. Effect of body weight on lysine utilization efficiency in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.505, p.47-53, 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, 2014, v.42, 39 p. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2014\\_v42\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2014_v42_br.pdf)>. Acesso em: 8 de Outubro de 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, 2015, v.43, 49 p. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2015\\_v43\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf)>. Acesso em: 8 de Outubro de 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, 2016, v.44, 51 p. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2016\\_v44\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2016_v44_br.pdf)>. Acesso em: 8 de Outubro de 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, 2018, v.46, 8 p. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2018\\_v46\\_br\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2018_v46_br_informativo.pdf)>. Acesso em: 8 de Outubro de 2019.



KAUR, S.; MANDAL, A. B. The performance of japanese quail (white breasted line) to dietary energy and amino acid levels on growth and immuno-competence. **Journal of Nutrition and Food Science**, v.5, n.4, p.1-7, 2015.

LAFLAMME, D. P.; HANNAH, S. S. Discrepancy between use of lean body mass or nitrogen balance to determine protein requirements for adult cats. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, v.15, n.8, p.691–697, 2013.

LANA, S. R. V.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; VAZ, R. G. M. V.; REZENDE, W. O. Níveis de lisina digestível em rações para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, mantidos em ambiente de termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1624-1632, 2005.

LIBAO-MERCADO, A. J.; LEESON, S.; LANGER, S.; MARTY, B. J.; LANGE, C. F. M. Efficiency of utilizing ileal digestible lysine and threonine for whole body protein deposition in growing pigs is reduced when dietary casein is replaced by wheat shorts. **Journal of Animal Science**, v.84, n.6, p.1362-1374, 2006.

LIMA, H. J. D.; BARRETO, S. L. T.; DONZELE, J. L.; SOUZA, G. S.; ALMEIDA, R. L.; TINOCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T. Digestible lysine requirement for growing Japanese quails. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.25, n.4, p.483-491, 2016.

MEHRI, M.; JALILVAND, G. J.; MAHDAVI, A. H.; KASMANI, F. B. Estimation of optimal lysine in quail chicks during the second and third weeks of age. **Italian Journal of Animal Science**, v.12, p.518-522, 2013.

MILGEN, V.; NOBLET, J. Partitioning energy intake to heat, protein, and fat in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.86-93, 2003.

MUNIZ, J. C. L.; BARRETO, S. L. T.; VIANA, G. S.; MENCALHA, R.; REIS, R. S.; HANNAS, M. I.; BARBOSA, L. M. R.; MAIA, R. C. Metabolizable energy levels for meat-type quails at starter phase. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.20, n.2, p.197-202, 2018.

NASR, J.; KHEIRI, F. Effects of lysine levels of diets formulated based on total or digestible amino acids on broiler carcass composition. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.14, n.4, p.249-258, 2012.

OWENS, F. N.; PETTIGREW, J. E. Subdividing amino acid requirements into portions for maintenance and growth. In: FRIEDMAN, M. **Absorption and utilization of aminoacids**. Boca Raton: CRC Press, 1989. v.1, p.15-30.

PERES, H., OLIVIA-TELES, A. Lysine requirement and efficiency of lysine utilization in turbot (*Scophthalmus maximus*) juveniles. **Aquaculture**, v.275, p.283-290, 2008.

PINTO, R.; FERREIRA, A. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; VARGAS JUNIOR, J. G. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1761-1770, 2002.

POMAR, C.; HAUSCHILD, L.; ZHANG, G.; POMAR, J.; LOVATO, P. A. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.226-237, 2009.

REIS, M. D. P.; SAKOMURA, N. K.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; SILVA, E. P.; KEBREAB, E. Partitioning the efficiency of utilization of amino acids in growing broilers: Multiple linear regression and multivariate approaches. **PLoS One**, v.13, n.12, 2018.

RIBEIRO, M. L. G.; SILVA, J. H. V.; DANTAS, M. O.; COSTA, F. G. P.; OLIVEIRA, S. F.; JORDÃO FILHO, J.; SILVA, E. L. Exigências nutricionais de lisina para codornas durante a fase de postura, em função do nível de proteína da ração. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.156-161, 2003.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, E. P.; DORIGAM, J. C. P.; GOUS, R. M.; PIERRE, N. Modeling amino acid requirements of poultry. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.24, n.2, p.267-282, 2015.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2016. 262p.

SAMADI; LIEBERT, F. Modelling the optimal lysine to threonine ratio in growing chickens depending on age and efficiency of dietary amino acid utilisation. **British Poultry Science**, v.49, n.1, p.45-54, 2008.

SILVA, E. L.; SILVA, J. H. V.; JORDÃO FILHO, J.; RIBEIRO, M. L. G. Efeito do plano de nutrição sobre o rendimento de carcaça de codornas tipo carne. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p.514-522, 2007.

SILVA, E. P.; MALHEIROS, E. B.; SAKOMURA, N. K.; VENTURINI, K. S.; HAUSCHILD, L.; DORIGAM, J. C. P.; FERNANDES, J. B. K. Lysine requirements of laying hens. **Livestock Science**, v.173, p.69-77, 2015.

SILVA, E. P.; SAKOMURA, N. K.; DORIGAM, J. C. P.; MALHEIROS, E. B.; FERNANDES, J. B. K.; ARAÚJO, J. A. A procedure to evaluate the efficiency of utilization of dietary amino acid for poultry. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.36, n.2, p.163-169, 2014.

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2009. 110 p.

SILVA, J. V. H.; JORDÃO FILHO, J.; COSTA, F. G. P.; LACERDA, P. B.; VARGAS, D. G. V.; LIMA, M. R. Exigências nutricionais de codornas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, p. 775-790, 2012.

SILVA, J. H. V.; SILVA, M. B.; JORDÃO FILHO, J.; SILVA, E. L.; ANDRADE, I. S.; MELO, D. A.; RIBEIRO, M. L. G.; ROCHA, M. R. F.; COSTA, F. G. P.; DUTRA JÚNIOR, W. M. Exigências de manutenção e de ganho de proteína e de energia em codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de 1 a 12 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1209-1219, 2004.

SIQUEIRA, J. C.; SAKOMURA, N. K.; DOURADO, L. R. B.; EZEQUIEL, J. M. B.; BARBOSA, N. A. A.; FERNANDES, J. B. K. Diet formulation techniques and lysine requirements of 1- to 22-day-old broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.15, n.2, p.123-134, 2013.

SIQUEIRA, J. C.; SAKOMURA, N. K.; GOUS, R. M.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; FERNANDES, J. B. K.; MALHEIROS, E. B. Model to estimate lysine requirements of broilers. In: SAUVANT, D.; VAN MILGEN, J.; FAVERDIN, P.; FRIGGENS, N. (Eds) **Modelling nutrient digestion and utilisation in farm animals**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2011. p.306-314.

STILBORN, H. L.; MORAN, E. T. JR.; GOUS, R. M.; HARRISON, M. D. Effect of age on feather amino acid content in two broiler strain crosses and sexes. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.6, p.205-209, 1997.

STILBORN, H. L.; MORAN, E. T.; GOUS, R. M.; HARRISON, M. D. Influence of age on carcass (feather-free) amino acid content for two broiler strain-crosses and sexes. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.19, p.13-23, 2010.

VIOLA, T. H.; KESSLER, A. M.; RIBEIRO, A. M. L.; VIOLA, E. S.; TREVIZAN, L.; GONÇALVES, T. A. Desempenho e peso de frações corporais, na suplementação crescente de lisina, dos 19 aos 40 dias de idade em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.2, p.515-521, 2009.

WECKE, C.; LIEBERT, F. Optimal dietary lysine to threonine ratio in pigs (30-110 kg BW) derived from observed dietary amino acid efficiency. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.94, p.277-285, 2010.

WEN, Z. G.; DU, Y. K.; XIE, M.; LI, X. M.; WANG, J. D.; YANG, P. L. Effects of low-protein diets on growth performance and carcass yields of growing French meat quails (*France coturnix coturnix*). **Poultry Science**, Savoy, v.96, n.5, p.1364-1369, 2016.

ZELENKA, J.; HEGER, J.; KRACMAR, S.; MRKVICOVÁ, E. Allometric growth of protein, amino acids, fat and minerals in slow- and fast-growing young chickens. **Czech Journal Animal Science**, v.56, n.3, p.127-135, 2011.

## RESUMO

Objetivou-se determinar a eficiência de utilização da lisina em codornas de corte no período de 21 a 35 dias de idade. Foram utilizadas 500 codornas com 21 dias de idade, de ambos os sexos, com peso médio inicial de  $119,23 \pm 1,92$  g. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2 (nível de lisina digestível x sexo), com cinco repetições por tratamento. As aves foram alimentadas com rações contendo 0,714; 0,816; 0,918; 1,020 e 1,122% de lisina digestível. As variáveis avaliadas foram: peso final (PF; g/ave); consumo de ração (CR; g/ave/dia); consumo de lisina digestível (CLys; mg/ave/dia); peso de penas (PP; g/ave); deposição de proteína bruta no corpo depenado (DPBCD; mg/ave/dia), nas penas (DPBP; mg/ave/dia) e no corpo como um todo (DPBCT; mg/ave/dia); deposição de lisina no corpo depenado (DLysCD; mg/ave/dia), nas penas (DLysP; mg/ave/dia) e no corpo como um todo (DLysCT; mg/ave/dia); deposição de gordura no corpo depenado (DGCD; mg/ave/dia), nas penas (DGP; mg/ave/dia) e no corpo todo (DGCT; mg/ave/dia). As variáveis foram regredidas em função do CLys em cada sexo, e as equações individuais de cada sexo comparadas por meio de testes de paralelismo, utilizando-se o sexo como variável categórica e o CLys como co-variável. Esse procedimento permitiu a obtenção das estimativas da eficiência de utilização da lisina no corpo depenado e no corpo como um todo, por meio dos coeficientes “ $b_1$ ” das equações. Também foi utilizada uma regressão múltipla sem intercepto, na tentativa de estimar as eficiências de uso da lisina para as deposições do corpo depenado e nas penas individualmente. Para comparar as eficiências de utilização da lisina para deposição no corpo depenado, obtidas pelos diferentes métodos, utilizou-se a estatística t. Não observou-se interação entre o nível de lisina e o sexo em nenhuma das variáveis avaliadas. Observou-se efeito de sexo nas DGCD ( $P=0,0374$ ) e DGCT ( $P=0,0469$ ), sendo que as fêmeas apresentaram deposições superiores em relação aos machos correspondentes à 26,23 e 25,91%, respectivamente. Não observou-se efeito de sexo ( $P>0,05$ ) para a DLysCD, e a eficiência média comum para ambos os sexos foi igual a 48%. Pelo método da regressão linear múltipla a DLysCD foi de 44,6%. Tendo em vista que a eficiência de utilização da lisina para deposição na carcaça determinada pelo método da regressão linear simples não diferiu do método da regressão linear múltipla ( $P>0,05$ ), a melhor estimativa da eficiência da deposição da lisina foi de 46,3%. As eficiências de utilização da lisina para deposição no corpo depenado e nas penas de codornas de corte foram de 46,3 e 18,1%, respectivamente, não havendo diferenças entre machos e fêmeas.

Palavras-chave: aminoácido essencial, composição corporal, *Coturnix coturnix coturnix*, método fatorial.

## ABSTRACT

The objective of this work was estimate the efficiency of lysine utilization for meat quail from 21 to 35 days of age. A total of 500 21-day-old quails of both sexes with an average initial weight of  $119.23 \pm 1.92$  g were used. The birds were randomly distributed in a 5 x 2 factorial design (digestible lysine level x sex), with five replications per treatment. The birds were fed rations containing 0.714; 0.816; 0.918; 1.020 and, 1.122% digestible lysine. Final weight (FW; g/bird); feed intake (FI; g/bird/day); digestible lysine intake (LysI; mg/bird/day); feather weight (FW; g/bird); feather free body protein deposition (FFBPD; mg/bird/day); feather protein deposition (FPD; mg/bird/day) and, protein deposition in the body as a whole (BPD; mg/bird/day); feather free body lysine deposition (FFBLysD; mg/bird/day), feather lysine deposition (FLysD; mg/bird/day), and lysine deposition in the body as a whole (BLysD; mg/bird/day), feather free body fat deposition (FFBFD; mg/bird/day), feather fat deposition (FFD; mg/bird/day), and fat deposition in the body as a whole (BFD; mg/bird/day) were assessed. The variables were regressed as a function of LysI in each sex, and the individual equations of each sex were compared by parallelism tests, using sex as the categorical variable and LysI as the covariate. This procedure allowed the estimation of the efficiency of lysine utilization in the feather free body and in the body as a whole, through the coefficients “ $b_1$ ” of the equations. A multiple regression without intercept was also used in an attempt to estimate the efficiencies of lysine utilization for feather free body depositions and feathers individually. To compare the efficiencies of lysine utilization for feather free body lysine deposition, obtained by the different methods, the t-statistic was used. There was no interaction between lysine level and sex in any of the evaluated variables. Sex effect on FFBFD was observed ( $P=0.0374$ ) and BFD ( $P=0.0469$ ), with females showing higher depositions compared to males corresponding to 26.23 and 25.91%, respectively. There was no sex effect ( $P>0.05$ ) for FFBLysD, and the average common efficiency for both sexes was 48%. By the multiple linear regression method the DLysCD was 44.6%. Since the efficiency of lysine use for carcass deposition determined by the simple linear regression method did not differ from the multiple linear regression method ( $P>0.05$ ), the best estimate of the lysine deposition efficiency was 46.3%. The efficiency of lysine utilization for deposition in the feather free body and quail feathers were 46.3 and 18.1%, respectively, no differences between males and females.

Key words: body composition, *Coturnix coturnix coturnix*, essential amino acid, factorial method.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a comercialização de carne de codornas vem crescendo no Brasil, sobretudo, devido à introdução de codornas específicas para a produção de carne no mercado nacional (MUNIZ et al., 2018). Apesar do crescimento da produção e comercialização das codornas de corte, informações sobre suas exigências nutricionais são pouco definidas e conflitantes, o que justifica pesquisas voltadas para estabelecer as necessidades nutricionais dessas aves.

O fornecimento de uma alimentação balanceada que proporcione uma correta nutrição é indispensável para que as codornas possam expressar seu potencial genético, alcançando um desempenho satisfatório e uma ótima deposição proteica. Desta maneira, evidencia-se a importância de se estabelecer com precisão as necessidades nutricionais dessas aves, especialmente de lisina, que é o principal aminoácido associado à deposição de proteína corporal (GARCIA et al., 2006).

Além de seu importante papel na deposição proteica, a lisina também é o segundo aminoácido limitante para aves quando dietas à base de milho e farelo de soja são utilizadas (BAKER; HAN, 1994; FAKHRAEI et al., 2010; DOZIER; PAYNE, 2012). Por estas e outras razões, a lisina tornou-se o aminoácido de referência para a aplicação do conceito de proteína ideal, em que as concentrações dos demais aminoácidos na ração são proporcionais à quantidade de lisina.

As exigências de lisina das aves são determinadas utilizando-se dois métodos principais (D'MELLO, 2003; POMAR et al., 2009): o dose resposta, no qual as exigências nutricionais são consideradas como sendo a quantidade de aminoácidos necessária para maximizar o desempenho das aves (SILVA et al., 2015), e o método fatorial, no qual as exigências são estimadas partindo do pressuposto que as aves necessitam de aminoácidos para a manutenção dos processos vitais, crescimento e/ou produção, o que possibilita estimativas mais flexíveis e precisas das exigências (SAKOMURA et al., 2015; REIS et al., 2018; MELARÈ et al., 2019).

Contudo, para que modelos fatoriais de predição das exigências de lisina possam ser elaborados, são necessários coeficientes específicos, dentre eles, a eficiência de utilização da lisina, obtida à partir de estudos de dose resposta delineados especificamente para a obtenção desse parâmetro.

A eficiência de utilização da lisina para o crescimento já foi estimada em estudos com suínos (LIBAO-MERCADO et al., 2006; HEGER et al., 2008; CERON et al., 2013), poedeiras em crescimento (ZELENKA et al., 2011; SILVA et al., 2014) e frangos de corte (HAN; BAKER, 1991; EDWARDS et al., 1999; FATUFE et al., 2004; SKLAN; NOY, 2004;

SIQUEIRA et al., 2011; 2013; REIS et al., 2018), entretanto, estudos com codornas de corte são inexistentes na literatura, o que inviabiliza a elaboração de modelos fatoriais de predição das exigências para essas aves.

Diante disso, objetivou-se com este estudo estimar as eficiências de utilização da lisina para o crescimento de codornas de corte machos e fêmeas em crescimento.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, localizado no município de Chapadinha - MA, situada a 03° 44' 30" de latitude (Sul) e 43° 21' 33" de longitude (Oeste), com altitude de 105m, de acordo com o *software* SPRING 4.3.3 ® (INPE, 2010). O clima da região é do tipo Aw, considerado zona tropical com inverno seco, de acordo com a classificação climática de Köppen (ALVARES et al., 2013).

Os procedimentos experimentais foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Maranhão (registro nº 23115.004145/2017-44), estando de acordo com os princípios éticos estabelecidos pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA, 2013).

Foram utilizadas 500 codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*), com 21 dias de idade, de ambos os sexos, com peso médio inicial de  $119,23 \pm 1,92$ g. As aves foram alojadas em baterias contendo gaiolas com 0,375 m<sup>2</sup> (0,5x0,75 m), acondicionadas em sala de alvenaria com 38,5 m<sup>2</sup> (5,0x7,7 m), providas de janelas laterais.

As aves foram pesadas individualmente para constituir parcelas com pesos homogêneos, e em seguida distribuídas em delineamento experimental inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2 (nível de lisina digestível x sexo), constituindo 10 tratamentos, com cinco repetições de 10 aves por parcela, totalizando 50 unidades experimentais, durante o período de 21 a 35 dias de idade.

As rações experimentais foram formuladas por meio da técnica da “diluição” (FISHER; MORRIS, 1970) para a obtenção de níveis crescentes de lisina digestível correspondentes a 70, 80, 90, 100 e 110% das recomendações (1,020%) para codornas pesadas na fase de crescimento (SILVA; COSTA, 2009). A amplitude dos níveis de lisina nas rações foi estabelecida para que respostas lineares fossem obtidas, viabilizando a estimativa das eficiências.

Inicialmente foi formulada uma ração concentrada, contendo 22,19% de proteína bruta (PB) e 110% da recomendação de lisina digestível (1,122%), com os outros aminoácidos excedendo em pelo menos cinco pontos percentuais a relação de proteína ideal recomendada por Silva e Costa (2009) para evitar que outro aminoácido se tornasse limitante. Essa ração foi



diluída sequencialmente com outra isenta de proteína bruta contendo os mesmos níveis de energia, vitaminas e minerais (FISHER; MORRIS, 1970), possibilitando a obtenção de níveis crescentes de lisina digestível nas rações experimentais (0,714; 0,816; 0,918; 1,020 e 1,122%) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Rações formuladas para obter níveis crescentes de lisina digestível pela técnica da diluição, para codornas de corte de 21 a 35 dias de idade.

Ingredientes (%)	Dietas	
	Isenta de PB	Ração concentrada (1,122 % Lis)
Milho	-	55,918
Farelo de soja	-	37,566
Fosfato Bicálcico	1,459	0,730
Calcário calcítico	0,537	1,034
Óleo de soja	2,280	3,374
Sal comum	0,335	0,336
Suplemento mineral <sup>1</sup>	0,200	0,200
Suplemento vitamínico <sup>2</sup>	0,200	0,200
L-lisina HCl (78,5%)	-	0,019
DL-metionina (99%)	-	0,450
L-treonina (99%)	-	0,174
Amido de milho	79,449	-
Casca de arroz	15,539	-
Total	100,00	100,00

<sup>1</sup>Conteúdo/kg: Mn = 150.000 mg, Fe = 100.000 mg, Zn = 100.000 mg, Cu = 16.000 mg, I = 1.500 mg, veículo qsp 1000g. <sup>2</sup>Conteúdo/kg: Ácido fólico = 700 mg, Ácido pantotênico = 13.000 mg, Niacina = 35.000 mg, vit B1 = 1.600 mg, vit. B12 = 10.000 mg, vit. B2 = 5.000 mg, vit. B6 = 2.600 mg, vit D3 = 1.500.000 UI, vit E = 12.000 mg, vit. K3 = 1.500 mg, Se = 300 mg, antioxidante = 500 mg, veículo qsp 1000 g. <sup>3</sup>Salinomicina Sódica – 60 ppm.

Tabela 2. Rações formuladas pela técnica da diluição com níveis crescentes de lisina digestível para codornas de corte de 21 a 35 dias<sup>1</sup>.

Ingredientes (%)	Nível de lisina digestível (%)					
	0,714	0,816	0,918	1,020	1,122	
Isenta de PB	36,36	27,27	18,18	9,09	-	
Ração concentrada	63,64	72,73	81,82	90,91	100,00	
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Aminoácidos digestíveis (%)	aa/Lys <sup>3</sup>		aa/Lys <sup>3</sup>		aa/Lys <sup>3</sup>	
Proteína bruta	14,45	16,39	18,32	20,26	22,19	
Lisina (100) <sup>2</sup>	0,714	100	0,816	100	0,918	100
Metionina+cistina (78) <sup>2</sup>	0,596	84	0,681	84	0,766	84
Metionina (40) <sup>2</sup>	0,435	61	0,498	61	0,560	61
Treonina (76) <sup>2</sup>	0,582	82	0,665	82	0,748	82
Valina (74) <sup>2</sup>	0,623	87	0,712	87	0,801	87
Triptofano (15) <sup>2</sup>	0,141	20	0,161	20	0,181	20

<sup>1</sup>Composição calculada: Energia metabolizável = 3050kcal/kg; Fósforo disponível = 0,270%, Cálcio = 0,700%; Sódio = 0,150%. <sup>2</sup>Relação de proteína ideal recomendada por Silva e Costa (2009). <sup>3</sup>Relação aminoácido : lisina.

Pelo fato das rações terem sido formuladas pela técnica da diluição, os níveis de PB variaram de 14,45% a 22,19%. Para confirmar que a lisina realmente foi o primeiro nutriente limitante, e que as respostas obtidas foram em função da lisina e não da PB na ração, utilizou-se

uma sexta ração (controle) em cada sexo, obtida por meio da adição de 1,3 g/kg de L-lisina HCl (78,5%) na ração contendo 0,714% de lisina digestível, para que esta atingisse a concentração de 0,816% correspondente ao segundo nível testado, conforme proposto por Nonis e Gous (2008). Com isso, houve o acréscimo de oito unidades experimentais, quatro de cada sexo.

Os teores de aminoácidos totais do milho e do farelo de soja utilizados nas rações experimentais foram obtidos por meio de cromatografia líquida de alta performance (HPLC), e posteriormente convertidos em aminoácidos digestíveis sendo utilizado para isso os coeficientes de digestibilidade das Tabelas para Codornas Japonesas e Europeias (SILVA; COSTA, 2009) (Tabela 3).

Tabela 3. Composição em aminoácidos totais e digestíveis do milho e do farelo de soja utilizados nas rações experimentais.

(%)	Milho		Farelo de soja	
	AAT <sup>1</sup>	AAD <sup>2</sup>	AAT <sup>1</sup>	AAD <sup>2</sup>
Lisina	0,27	0,22	2,78	2,62
Metionina	0,13	0,12	0,51	0,47
Metionina + cistina	0,24	0,21	1,07	0,99
Treonina	0,28	0,23	1,85	1,62
Valina	0,37	0,33	2,27	2,17
Triptofano	0,03	0,03	0,62	0,55
Proteína bruta	7,60		46,60	

<sup>1</sup>Aminoácidos totais, determinados por cromatografia líquida de alta performance (HPLC) pelo laboratório CBO – Valinhos, SP. <sup>2</sup>Aminoácidos digestíveis, calculados com base nos coeficientes de digestibilidade apresentados nas Tabelas para codornas japonesas e europeias (SILVA; COSTA, 2009).

O manejo dos bebedouros e comedouros foi realizado diariamente três vezes por dia (7, 12 e 18 horas), sendo a água e as dietas experimentais ofertadas *ad libitum* durante o período experimental. As temperaturas e as umidades relativas máximas e mínimas no interior das instalações foram registradas diariamente com o uso de termohigrômetros instalados no interior das instalações experimentais. As temperaturas média, mínima e máxima registradas durante o experimento foram 29,81±0,97 °C; 27,74±0,72 °C; 31,88±1,88 °C, respectivamente, enquanto a umidades relativas média, mínima e máxima foram 68,15±3,56%; 58,40±4,16% e 77,90±4,26%, respectivamente. O programa de luz adotado foi o contínuo (24 horas de luz).

Em estudos com aves, as estimativas das exigências de aminoácidos baseadas na composição corporal exigem que as avaliações sejam realizadas separadamente no corpo depenado e nas penas, tendo em vista que estes componentes corporais apresentam concentrações de aminoácidos completamente distintas, e que as variações na composição ocorrem durante todo o período de crescimento da ave de maneira independente nestes componentes (STILBORN et al., 2010; SAKOMURA et al., 2015; REIS et al., 2018). Com base

nisso, as variáveis de interesse foram avaliadas no corpo depenado, nas penas e no corpo como um todo.

As variáveis avaliadas foram: peso final (PF; g/ave); consumo de ração (CR; g/ave/dia); consumo de lisina digestível (CLys; mg/ave/dia); peso de penas (PP; g/ave); deposição de proteína bruta no corpo depenado (DPBCD; mg/ave/dia), nas penas (DPBP; mg/ave/dia) e no corpo como um todo (DPBCT; mg/ave/dia); deposição de lisina no corpo depenado (DLysCD; mg/ave/dia), nas penas (DLysP; mg/ave/dia) e no corpo como um todo (DLysCT; mg/ave/dia); deposição de gordura no corpo depenado (DGCD; mg/ave/dia), nas penas (DGP; mg/ave/dia) e no corpo todo (DGCT; mg/ave/dia).

Para a determinação das deposições de proteína, lisina e gordura no corpo depenado, nas penas e no corpo todo foi utilizada a técnica do abate comparativo, sendo realizados abates no início (grupo referência) e final do experimento. O grupo referência foi constituído por 15 aves de cada sexo com peso  $\pm 5\%$  do peso médio inicial, totalizando 30 aves. No término do período experimental, três aves de cada parcela com peso  $\pm 5\%$  do peso médio foram selecionadas, totalizando 150 aves (75 de cada sexo). Além de mais 24 aves referentes ao tratamento controle (12 de cada sexo).

Após jejum alimentar de 12 horas para o esvaziamento do trato digestório, as aves foram pesadas, abatidas por deslocamento cervical e, após a obtenção de uma amostra representativa das penas de cada ave, foram completamente depenadas e pesadas novamente. Pela diferença entre o peso em jejum (g) e o peso das aves depenadas (g) foi obtido o peso das penas (g). As aves depenadas e as respectivas amostras de penas foram identificadas e congeladas ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) para serem processadas em seguida.

As aves de cada parcela foram processadas em moinho de carne industrial 98 STI (C.A.F.), homogeneizadas e logo após, retiradas alíquotas que foram acondicionadas em placas de Petri, pesadas e congeladas novamente ( $-20^{\circ}\text{C}$ ). As amostras foram liofilizadas por 72h ( $-50^{\circ}\text{C}$ ;  $-80\text{kPa}$ ) em liofilizador L108 (LIOTOP) e pesadas novamente, sendo na sequência, processadas em moinho analítico A11 Basic (IKA). As amostras de penas foram trituradas e homogeneizadas manualmente com o uso de tesouras até apresentarem tamanho adequado de partículas. As amostras de penas e carcaça foram encaminhadas ao laboratório para determinação dos teores de proteína bruta (método 954.01) e gorduras (método 960.39), de acordo com metodologia descrita pela *Association of Official Agricultural Chemists* (AOAC, 1995).

As concentrações médias de lisina na proteína do corpo depenado e das penas das codornas foram de 69,5 e 22,1 g/kg, respectivamente, determinados por meio de cromatografia líquida de alta performance (HPLC).

A DLysCD (mg/ave/dia) e a DLysP (mg/ave/dia) foram obtidas pelos produtos da DPBCD (mg/ave/dia) e a DPBP (mg/ave/dia), pelas concentrações médias de lisina no corpo depenado e nas penas, respectivamente. A DLysCT foi obtida pela soma da DLysCD com a DLysP.

Os dados referentes a cada uma das variáveis foram submetidos a testes de normalidade (Cramer-Von Mises) e homocedasticidade (Levene), sendo essas pressuposições atendidas para todas as variáveis avaliadas, que foram, na sequência, submetidas a análise de variância (ANOVA) segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ij(k)} = \mu + Lys_i + S_j + Lys * S_{ij} + e_{ij(k)}; \text{ (Eq.1)}$$

Em que:  $Y_{ij(k)}$  é o valor observado de cada variável estudada referente ao  $i$ -ésimo nível de lisina digestível, no  $j$ -ésimo sexo e  $k$ -ésima repetição;  $\mu$  é o efeito da média geral;  $Lys_i$  é o efeito do  $i$ -ésimo nível de lisina digestível (%);  $S_j$  é o efeito do  $j$ -ésimo sexo;  $Lys * S_{ij}$  é o efeito da interação entre o  $i$ -ésimo nível de lisina e o  $j$ -ésimo sexo;  $e_{ij(k)}$  é o erro experimental associado ao  $i$ -ésimo nível de lisina digestível, no  $j$ -ésimo sexo e  $k$ -ésima repetição.

Adicionalmente, as variáveis: DPBCD (mg/ave/dia); DLysCD (mg/ave/dia); DGCD (mg/ave/dia); DPBCT (mg/ave/dia); DLysCT (mg/ave/dia) e DGCT (mg/ave/dia) foram regredidas em função do CLys (mg/ave/dia), sendo as equações individuais para cada sexo comparadas por meio de testes de paralelismo (KAPS; LAMBERSON, 2004), utilizando-se o sexo como variável categórica e o CLys (mg/ave/dia) como co-variável segundo o modelo:

$$Y_{ij(k)} = b_0 + S_i + b_1 * CLys_{ij} + \sum b_{2i} * (S * CLys)_{ij} + e_{ij(k)}; \text{ (Eq.2)}$$

Em que  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_{2i}$  são os parâmetros da regressão.

Esse procedimento permitiu estimar as eficiências de utilização da lisina consumida para a deposição de proteína e deposição de lisina no corpo depenado e no corpo como um todo, por meio dos coeficientes  $b_1$  das equações.

Visando estimar as eficiências de utilização da lisina para deposição no corpo depenado e nas penas individualmente, foi utilizada uma metodologia alternativa proposta por Reis et al. (2018), que consistiu na regressão múltipla sem intercepto conforme a equação:

$$CLys \text{ (mg/ave/dia)} = (b_1' * DLysCD) + (b_2 * DLysP); \text{ (Eq.3)}$$

Em que  $b_1'$  e  $b_2$  são os coeficientes da regressão e podem ser interpretados como sendo a taxa de conversão da lisina para o corpo depenado e para as penas, respectivamente. Sendo assim, a recíproca desses valores representam as eficiências de utilização da lisina para deposição no corpo depenado ( $EU_C = 1/b_1'$ ) e nas penas ( $EU_P = 1/b_2$ ), dadas em mg de lisina depositada por mg de lisina consumida.

Para comparar as eficiências de utilização da lisina para deposição no corpo depenado, obtidas pelos diferentes métodos, utilizou-se a estatística  $t$  de acordo com Kaps e Lamberson (2004):

$$t = \frac{(y_1 - y_2) - 0}{\sqrt{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)}}; \text{ (Eq. 4)}$$

Sendo os graus de liberdades (GL) definidos como:

$$GL = \frac{(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)^2}{\frac{(s_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1} + \frac{(s_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}}; \text{ (Eq. 5)}$$

Em que:  $y_1 = b_1$ , estimado para o corpo depenado pelo método da regressão linear simples;  $y_2 = 1/b_1'$  estimado para o corpo depenado pelo método da regressão múltipla sem intercepto;  $s_1^2$  e  $s_2^2$  são as estimativas das variâncias de  $b_1$  e  $b_1'$ , respectivamente, e  $n_1$  e  $n_2$  são os números de observações utilizados para as estimativas de  $b_1$  e  $b_1'$ , respectivamente.

Baixos valores de  $t$  (correspondentes a valores de  $P > 0,05$ ) indicaram que as eficiências de utilização da lisina obtidas pelos diferentes métodos não diferem.

Todas as análises estatísticas foram realizadas considerando-se o nível de significância de até 5% ( $P \leq 0,05$ ) com o auxílio do *software* SAS 9.0 (2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento controle (com adição de L-lisina HCl (78,5%) na ração contendo 0,714% de lisina digestível), utilizado para verificar se a lisina foi o primeiro nutriente limitante nas rações, apresentou respostas superiores ( $P < 0,05$ ) à ração contendo 0,714% e compatíveis com a ração contendo 0,816% de lisina digestível em todas as variáveis avaliadas em ambos os sexos, o que confirmou que a lisina realmente foi o primeiro nutriente limitante nas rações experimentais.

Não observou-se interação ( $P > 0,05$ ) entre o nível de lisina digestível na ração (Lys; %) e o sexo em nenhuma das variáveis avaliadas evidenciando que estes fatores atuaram de maneira independente. O consumo de ração (CR, g/dia), o peso de penas (PP; g/ave), deposições de proteína (DPBP; mg/ave/dia), lisina (DLysP; mg/ave/dia) e gordura (DGP; mg/ave/dia) nas penas não foram influenciadas pelo Lys ou pelo sexo ( $P > 0,05$ ). O Lys exerceu efeito ( $P < 0,001$ ) sobre o peso final (PF; g/ave), consumo de lisina (CLys; mg/ave/dia), deposições de proteína bruta, lisina e gordura no corpo depenado (DPBCD, DLysCD e DGCD, respectivamente; mg/ave/dia) e no corpo como um todo (DPBCT, DLysCT e DGCT, respectivamente; mg/ave/dia), havendo efeito de sexo ( $P < 0,05$ ) sobre o peso inicial (PI; g/ave), PF, DGCD e DGCT (Tabela 4).

Tabela 4. Peso inicial (PI), peso final (PF), consumo de ração (CR), consumo de lisina (CLys), deposições de proteína bruta (DPBCD), lisina (DLysCD) e gordura (DGCD) no corpo depenado, peso de penas (PP), deposições de proteína bruta (DPBP), lisina (DLysP) e gordura (DGP) nas penas e deposições de proteína bruta (DPBCT), lisina (DLysCT) e gordura (DGCT) no corpo como um todo de codornas de corte de 21 a 35 dias de idade

Variável	Sexo	Nível de lisina digestível (%)					Geral
		0,714	0,816	0,918	1,020	1,122	
PI (g/ave)	F	120,50±0,62	120,78±0,40	121,06±0,72	121,04±0,35	121,16±0,44	120,91±0,22
	M	117,36±0,35	117,54±0,39	117,50±0,27	118,02±0,10	117,32±0,20	117,55±0,13
	Geral	118,93±0,62	119,16±0,60	119,28±0,70	119,53±0,53	119,24±0,68	
PF (g/ave)	F	148,54±3,24	145,80±3,57	151,30±5,70	157,22±3,86	162,67±4,67	153,11±1,53
	M	141,32±2,24	142,24±3,83	145,46±2,94	156,03±1,54	155,25±1,14	148,06±1,60
	Geral	144,93±1,95	144,02±2,54	148,70±3,40	156,63±1,97	158,96±2,58	
CR (g/ave/dia)	F	8,99±0,40	8,87±0,41	8,68±0,30	8,82±0,21	9,00±0,45	8,87±0,15
	M	8,42±0,15	7,96±0,25	8,28±0,32	9,19±0,28	8,99±0,21	8,58±0,14
	Geral	8,70±0,22	8,42±0,27	8,50±0,22	9,01±0,18	8,99±0,23	
CLys (mg/ave/dia)	F	64,16±2,83	72,39±3,38	79,70±2,77	89,99±2,17	100,98±5,04	81,44±2,98
	M	60,12±1,05	64,96±2,00	75,97±2,98	93,75±2,86	100,83±2,40	79,13±3,50
	Geral	62,14±1,57	68,67±2,23	77,84±2,01	91,87±1,81	100,90±2,63	
DPBCD (mg/ave/dia)	F	372,27±33,95	392,53±34,10	485,55±51,70	586,91±29,16	578,81±55,93	483,12±25,54
	M	358,39±25,76	380,35±22,74	442,15±26,83	608,77±22,76	615,70±18,14	482,69±24,84
	Geral	365,33±16,40	386,44±19,43	463,85±28,18	597,84±17,81	597,25±28,39	
DLysCD (mg/ave/dia)	F	25,87±2,36	27,28±2,37	33,75±3,59	40,79±2,03	40,23±3,89	33,58±1,78
	M	24,91±1,40	26,44±1,58	30,73±1,86	42,31±1,58	42,79±1,26	33,55±1,73
	Geral	25,39±1,14	26,86±1,35	32,24±1,96	41,55±1,24	41,51±1,97	
DGCD (mg/ave/dia)	F	92,77±21,24	99,39±17,41	123,12±30,67	187,69±21,85	213,68±46,50	143,33±14,95
	M	83,92±8,48	58,27±9,98	110,79±16,37	161,35±26,08	153,40±13,76	113,55±10,69
	Geral	88,34±10,88	78,83±11,68	116,96±17,63	174,52±16,63	183,54±22,92	
PP (g/ave)	F	9,58±0,50	8,47±0,29	9,27±0,47	9,91±0,42	9,49±0,23	9,34±0,19
	M	8,50±0,43	8,59±0,16	9,48±0,32	9,10±0,28	8,97±0,26	8,93±0,15
	Geral	9,04±0,37	8,53±0,16	9,38±0,32	9,51±0,27	9,22±0,19	
DPBP (mg/ave/dia)	F	44,28±16,78	48,40±12,68	43,07±13,78	28,58±6,66	51,51±15,72	43,17±6,01
	M	25,32±5,55	22,19±5,03	33,52±2,36	44,04±9,27	41,68±4,45	33,35±3,06
	Geral	34,80±8,16	35,30±7,78	38,30±6,72	36,31±6,59	46,60±7,87	
DLysP (mg/ave/dia)	F	0,98±0,37	1,07±0,28	0,95±0,30	0,63±0,15	1,14±0,35	0,95±0,13
	M	0,56±0,12	0,49±0,11	0,74±0,05	0,97±0,21	0,92±0,10	0,74±0,07
	Geral	0,77±0,18	0,78±0,17	0,85±0,15	0,80±0,15	1,03±0,17	
DGP (mg/ave/dia)	F	11,91±4,09	9,35±0,44	6,75±1,55	7,02±3,39	6,18±1,90	8,24±1,16
	M	8,38±3,18	7,74±0,13	6,59±1,11	5,34±1,08	6,06±0,65	6,82±0,71
	Geral	10,14±2,51	8,54±0,34	6,67±0,94	6,18±1,70	6,12±0,95	
DPBCT (mg/ave/dia)	F	416,54±45,06	440,93±28,85	528,62±72,67	615,50±57,32	630,32±43,13	524,93±27,12
	M	383,71±7,17	402,54±26,17	475,67±28,92	652,80±26,61	657,38±16,32	516,04±26,79
	Geral	400,13±20,13	421,74±19,44	502,15±34,52	634,15±26,28	643,85±22,20	
DLysCT (mg/ave/dia)	F	26,85±2,96	28,35±2,22	34,70±4,71	41,42±3,67	41,37±3,59	34,41±1,93
	M	25,47±0,39	26,93±1,65	31,47±1,91	43,28±1,64	43,72±1,21	34,17±1,77
	Geral	26,16±1,27	27,64±1,33	33,09±2,26	42,35±1,63	42,54±1,83	
DGCT (mg/ave/dia)	F	104,68±17,83	108,73±17,11	129,87±29,22	194,71±24,89	219,86±47,11	148,71±14,66
	M	92,30±6,76	66,01±9,88	117,53±15,91	166,69±26,33	159,47±13,85	120,36±10,49
	Geral	98,49±9,22	87,37±11,72	123,7±16,86	180,70±17,71	189,67±23,14	

De maneira semelhante ao presente estudo, trabalhos realizados com codornas em crescimento (ALAGAWANY et al., 2014; HASANVAND et al., 2017) apresentaram resultados em que dietas contendo diferentes níveis de lisina digestível não exerceram efeito sobre o CR, evidenciando que não houve consumo compensatório de ração pelas aves alimentadas com níveis limitantes de lisina digestível.

O PP e as deposições nas penas não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pelo Lys. De maneira análoga, trabalhos realizados com frangos de corte (SIQUEIRA et al., 2013) e codornas (ALAGAWANY et al., 2014) alimentados com dietas contendo níveis crescentes de lisina, também não apresentaram efeito sobre as penas.

Em relação ao sexo, observou-se que as fêmeas apresentaram PF 3,41% superior em relação aos machos. As fêmeas também apresentaram DGCD e DGCT 26,23% e 25,91%, respectivamente, superiores em relação aos machos. Outros trabalhos também evidenciaram maiores teores de gordura corporal nas fêmeas de codornas (CARON; MINVIELLE, 1990; RAJI et al., 2015; ABOU-KASSEM et al., 2018).

A maioria dos estudos de dose-resposta realizados para determinar as exigências de lisina para aves considera como variável independente o Lys (%). Entretanto é possível obter informações mais detalhadas realizando-se as regressões utilizando o CLys (mg/ave/dia) como variável independente ao invés do Lys (%), uma vez que as aves necessitam ingerir quantidades diárias de nutrientes (mg/ave/dia). Além disso, regressões realizadas em função do CLys possibilitam calcular as eficiências de utilização da lisina para o crescimento das diferentes variáveis avaliadas. Por esse motivo, todas as variáveis que sofreram efeito dos níveis de lisina foram submetidas a análises de regressão utilizando o CLys (mg/ave/dia) como variável independente (Tabela 5).

Uma vez que o foco principal deste estudo foi determinar a eficiência de utilização da lisina pelo método da regressão linear, os níveis testados variaram de 70 (0,714% na ração) a 110% (1,122% na ração) das recomendações para maximizar o desempenho (SILVA; COSTA, 2009), o que possibilitou a obtenção de respostas lineares ( $P<0,05$ ) em todas as variáveis cujo efeito de lisina foi observado.

Tabela 5. Coeficientes das regressões lineares para as deposições de proteína bruta (DPBCD), lisina (DLysCD) e gordura (DGCD) no corpo depenado e deposições de proteína bruta (DPBCT), lisina (DLysCT) e gordura (DGCT) no corpo como um todo de codornas de corte de 21 a 35 dias de idade em função do consumo de lisina das aves.

Variável	Sexo	Coeficientes		r <sup>2</sup> (1)	p-value (2)
		a	b		
DPBCD (mg/ave/dia)	F	-95,29±72,93	7,10±0,88	0,75	<0,0001
	M	-45,99±41,92	6,67±0,52	0,88	<0,0001
	M e F	-65,81±40,10	6,83±0,49	0,81	0,6685 <sup>(3)</sup> <0,0001
DLysCD (mg/ave/dia)	F	-6,62±5,07	0,49±0,06	0,75	<0,0001
	M	-3,20±2,91	0,46±0,04	0,88	<0,0001
	M e F	-4,57±2,79	0,48±0,03	0,81	0,6685 <sup>(3)</sup> <0,0001
DGCD (mg/ave/dia)	F	-172,71±52,37	3,87±0,64	0,63	<0,0001
	M	-62,67±36,16	2,22±0,45	0,53	0,0001
	M e F	-111,05±32,90	2,97±0,40	0,54	0,0374 <sup>(3)</sup> <0,0001
DPBCT (mg/ave/dia)	F	-34,10±77,15	6,76±0,92	0,75	<0,0001
	M	-48,98±48,12	7,13±0,59	0,87	<0,0001
	M e F	-39,89±41,96	6,93±0,51	0,82	0,7254 <sup>(3)</sup> <0,0001
DLysCT (mg/ave/dia)	F	-6,09±5,18	0,49±0,06	0,78	<0,0001
	M	-3,26±3,03	0,47±0,04	0,88	<0,0001
	M e F	-4,05±2,78	0,47±0,03	0,83	0,8225 <sup>(3)</sup> <0,0001
DGCT (mg/ave/dia)	F	-153,12±52,78	3,73±0,64	0,61	<0,0001
	M	-50,78±35,86	2,16±0,44	0,52	0,0001
	M e F	-95,95±32,98	2,88±0,40	0,52	0,0469 <sup>(3)</sup> <0,0001

(1) r<sup>2</sup> = SQModelo/SQTotal.

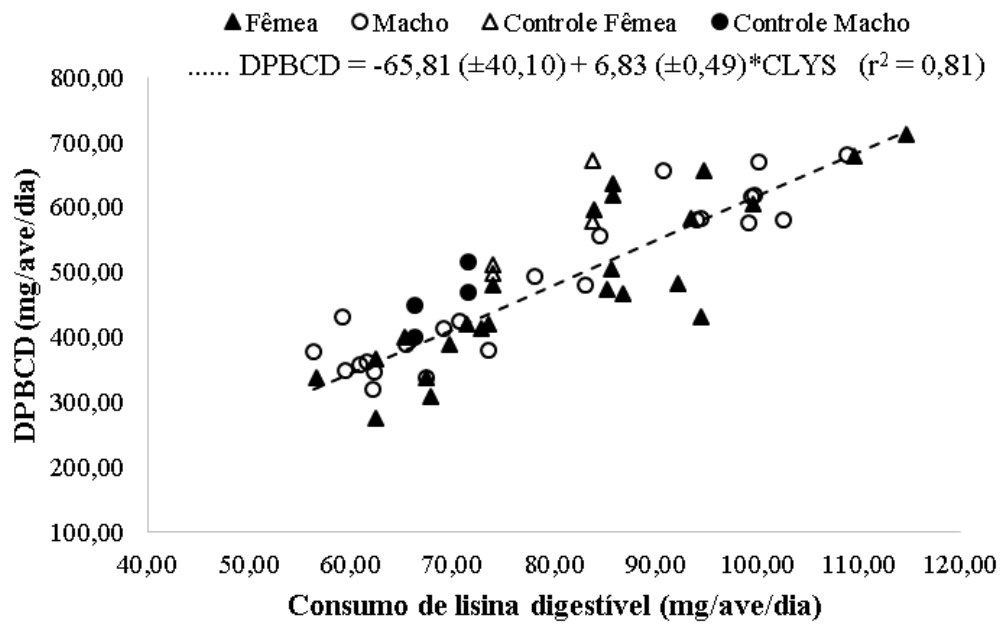
(2) Nível de significância do teste “t” para o coeficiente “b” da regressão linear.

(3) Nível de significância para o teste de paralelismo e coincidência de parâmetros entre sexos.

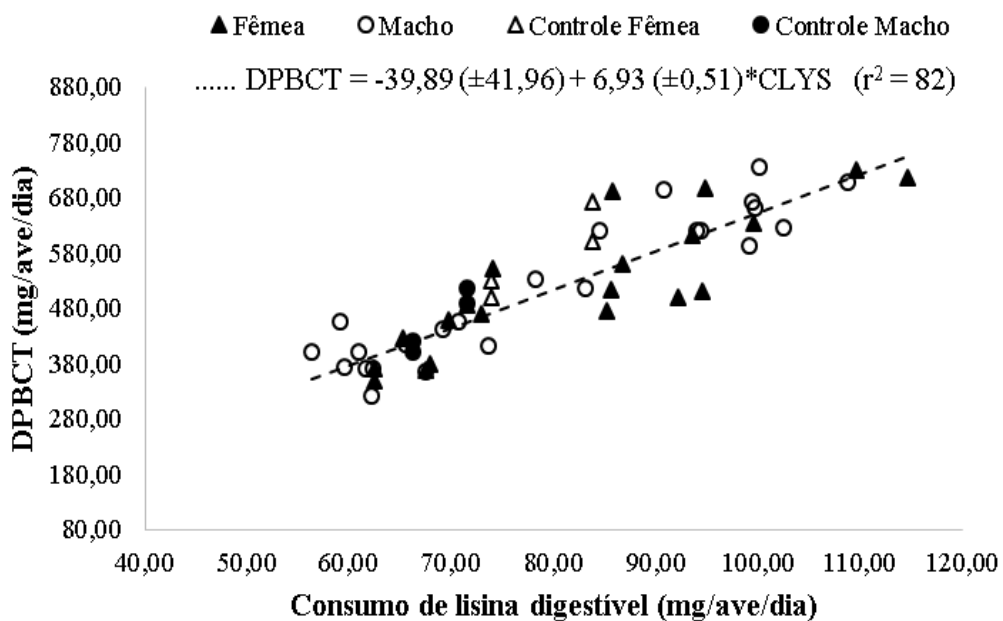
A maior parte das variáveis analisadas em função do CLys não apresentaram efeito de sexo (P>0,05) nos testes de paralelismo, indicando a necessidade de apenas uma equação para descrever as respostas independentemente do sexo. Exceções foram observadas nas DGCD e DGCT em que houve efeito de sexo (P<0,05), sendo necessário o ajuste de equações específicas para machos e fêmeas (Tabela 5).

As DPBCD e DPBCT aumentaram 6,83 e 6,93 mg/ave/dia, respectivamente, para cada mg de lisina consumida. O consumo de lisina necessário para incrementar em uma mg a DPBCD e a DPBCT, corresponderam a 0,146 e a 0,144 mg, respectivamente (Tabela 5; Figuras 1 e 2).





**FIGURA 1.** Deposição de proteína bruta no corpo depenado (DPBCD) em função do consumo de lisina digestível nas rações para codornas de corte de 21 a 35 dias de idade.



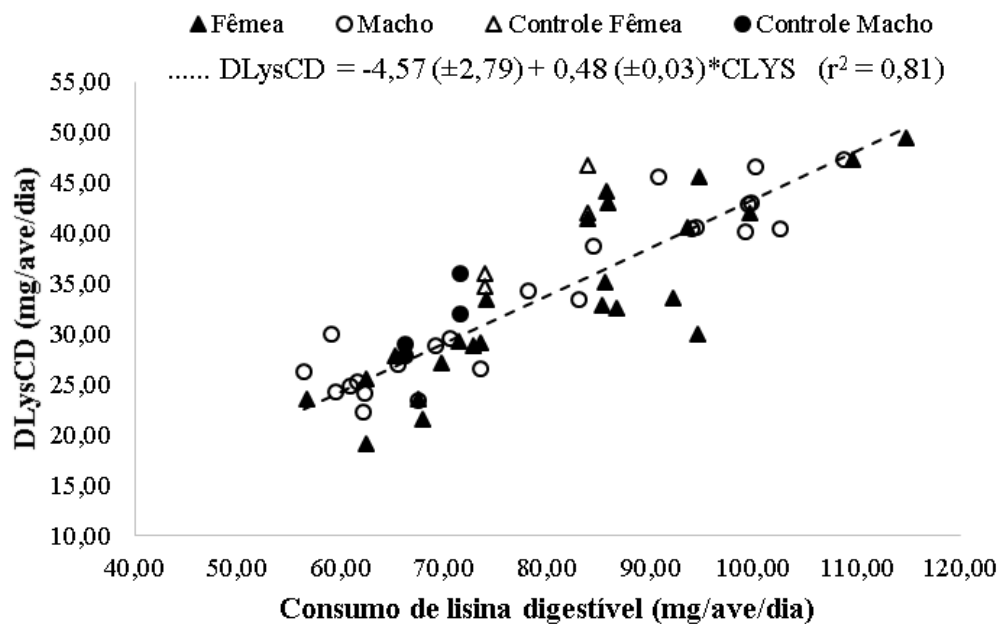
**FIGURA 2.** Deposição de proteína bruta no corpo como todo (DPBCT) em função do consumo de lisina digestível nas rações para codornas de corte de 21 a 35 dias de idade.

As deposições proteicas calculadas para pintinhos jovens de 10 a 20 dias (EDWARDS et al., 1999) e frangos de corte de 37 a 49 dias de idade (TRINDADE NETO et al., 2009),

foram correspondentes à aproximadamente 10 mg/ave/dia, sendo essas respostas, superiores às encontradas para codornas de corte no presente estudo.

Em trabalhos com frangos de corte no período de duas a três semanas de idade (TAKEARA et al., 2010; SIQUEIRA et al., 2013), as deposições proteicas por mg de Lys consumida foram estimadas em aproximadamente 6,0 mg/ave/dia, sendo esses resultados semelhantes ao encontrado no presente estudo.

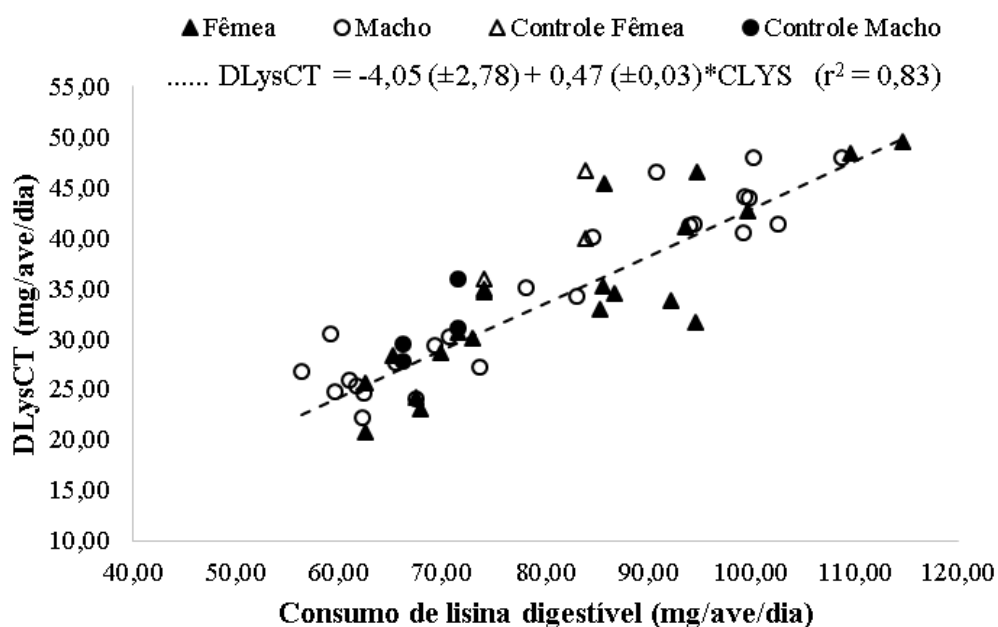
Considerando a DLysCD, a partir dos coeficientes “b” das equações individuais, observou-se eficiências de 0,49 mg/ave/dia para as fêmeas e 0,46 mg/ave/dia para os machos. Uma vez que as equações específicas para cada sexo não diferiram ( $P > 0,05$ ) pelo teste de paralelismo, apenas uma equação foi necessária para descrever as respostas de ambos os sexos, sendo estimada uma eficiência média de 0,48 mg/ave/dia. Dessa forma a eficiência de utilização da lisina para deposição no corpo depenado de codornas de corte correspondeu a 48% independentemente de sexo (Tabela 5; Figura 3).



**FIGURA 3.** Deposição de lisina no corpo depenado (DLysCD) em função do consumo de lisina digestível nas rações para codornas de corte de 21 a 35 dias de idade.

Da mesma forma que para o corpo depenado, para o corpo como um todo também foi necessária apenas uma equação para descrever a DLysCT de machos e fêmeas, sendo estimada uma eficiência comum de 47% (Tabela 5; Figura 4). As eficiências de utilização da

lisina para o corpo depenado e o corpo como um todo foram semelhantes, apesar das penas possuírem menor concentração de lisina em sua composição (2,21%) em relação ao corpo depenado (6,95%), e depositarem este aminoácido com menor eficiência quando comparada às eficiências observadas para a deposição de lisina na carcaça.



**FIGURA 4.** Deposição de lisina no corpo todo (DLysCT) em função do consumo de lisina digestível nas rações para codornas de corte de 21 a 35 dias de idade.

Em estudos realizados com suínos em crescimento, as eficiências de utilização da lisina foram superiores à 70%, sendo as estimativas realizadas por Libao-Mercado et al. (2006) correspondentes a 72 e a 87%, utilizando rações contendo farelo de trigo e caseína, respectivamente. Do mesmo modo, Heger et al. (2008) e Ceron et al. (2013), estimaram eficiências de utilização da lisina para suínos em crescimento em 91 e 90%, respectivamente.

Em frangos de corte, às eficiências de utilização da lisina encontradas por Han e Baker (1991) para frangos Hubbard e híbridos de New Hampshire x Columbian no período de oito a 21 dias de idade, foram de 69 e 67%, respectivamente. Edwards et al. (1999), que utilizaram aves de 10 a 20 dias de idade, observaram eficiências de utilização da lisina correspondentes à 76% para frangos New Hampshire x Columbian e 79% para frangos Avian x Avian.

Skalan e Noy (2004) estimaram a eficiência de utilização da lisina para frangos Ross no período de um a sete dias em 74,7%, enquanto Fatufe et al. (2004), estimaram para frangos

das linhagens Ross e Lohmann White durante o período de oito a 22 dias de idade, eficiências de utilização da lisina que corresponderam a 71 e 61%, respectivamente.

Para frangos de linhagem Cobb 500 Siqueira et al. (2013) estimaram a eficiência de utilização da lisina em 74,4% no período de um a oito dias e 79,04% no período de 8 a 22 dias de idade. Já Siqueira et al. (2011), encontraram a eficiência de utilização de 76,9% no período de um a 42 dias de idade.

Em aves de postura, Silva et al. (2014) determinaram uma eficiência de utilização da lisina correspondente à 49% para as linhagens Hy-Line Brown, Hisex Brown, Hy-Line W-36 White e Hisex White, durante o período de um a 126 dias de idade. Da mesma forma, Zelenka et al. (2011) estimaram a eficiência de utilização da lisina em 49,6% para frangas híbridas de Isa Brown de um a 22 dias de idade.

As eficiências de utilização da lisina observadas no presente estudo (48%) com codornas de corte foram semelhantes àquelas observadas por Zelenka et al. (2011) e Silva et al. (2014) em frangas de postura, sendo inferiores àquelas encontradas nos estudos com suínos e frangos de corte em crescimento. Esses resultados podem estar relacionados ao fato de que as linhagens de suínos e frangos de corte vêm sendo submetidas ao longo de décadas à intensa pressão de seleção para aumentar a deposição de carne magra na carcaça, tornando essas espécies cada vez mais eficientes ao longo do tempo (MAIORANO et al., 2011; TAVANIELLO et al., 2014), enquanto o melhoramento genético de codornas específicas para abate é recente.

Em relação às deposições de gordura, estudos já relataram que não existe exigência de lisina ou de outro aminoácido para a deposição de gordura corporal, pois, o conteúdo de gordura na carcaça pode variar em função do sexo, temperatura ambiente e nível de energia da ração até mesmo entre animais de pesos corporais semelhantes (EMMANS; FISHER, 1986; GOUS, 2007; NONIS; GOUS, 2008).

Desse modo, a determinação da eficiência de utilização da lisina para a deposição de gordura torna-se incoerente. Mesmo assim, as análises referentes às DGCD e DGCT em função do consumo de lisina foram realizadas, e os resultados explicados por equações distintas para cada sexo, sendo isso evidenciado pela significância dos testes de paralelismos ( $P=0,0374$  para DGCD e  $P=0,0469$  para DGCT). Assim, os acréscimos correspondentes para cada mg de lisina consumida em fêmeas e machos foram, respectivamente, de 3,87 e 2,22 mg/ave/dia para as DGCD e 3,73 e 2,16 mg/ave/dia para as DGCT, evidenciando que as

fêmeas apresentaram DGCD e DGCT superiores em relação aos machos 26,23 e 25,91%, respectivamente.

Diferente do que ocorre na maioria das espécies de aves domésticas, em codornas geralmente as fêmeas são mais pesadas que os machos, possivelmente devido à maior deposição de gordura, conforme observado em outros estudos (CARON; MINVIELLE, 1990; RAJI et al., 2015; ABOU-KASSEM et al., 2018). Essa diferença de peso pode estar relacionada ao fato das fêmeas serem mais precoces que os machos, apresentando elevado desenvolvimento dos órgãos reprodutivos à medida que a maturidade sexual se aproxima. Isso pode estar relacionado ao fato do ovário ser responsável pela secreção de estrogênio, que pode ocasionar maiores deposições de gordura nas miofibrilas (CHOI et al., 2012).

Na tentativa de estimar as eficiências de utilização da lisina para deposição nas penas e no corpo depenado separadamente, utilizou-se uma metodologia alternativa, proposta por Reis et al. (2018), onde o CLys foi regredido em função das quantidades de lisina depositadas no corpo depenado e nas penas. À partir das recíprocas dos coeficientes da equação de regressão linear múltipla obteve-se as eficiências específicas para o corpo livre de penas e para as penas (Tabela 6; Figura 5).

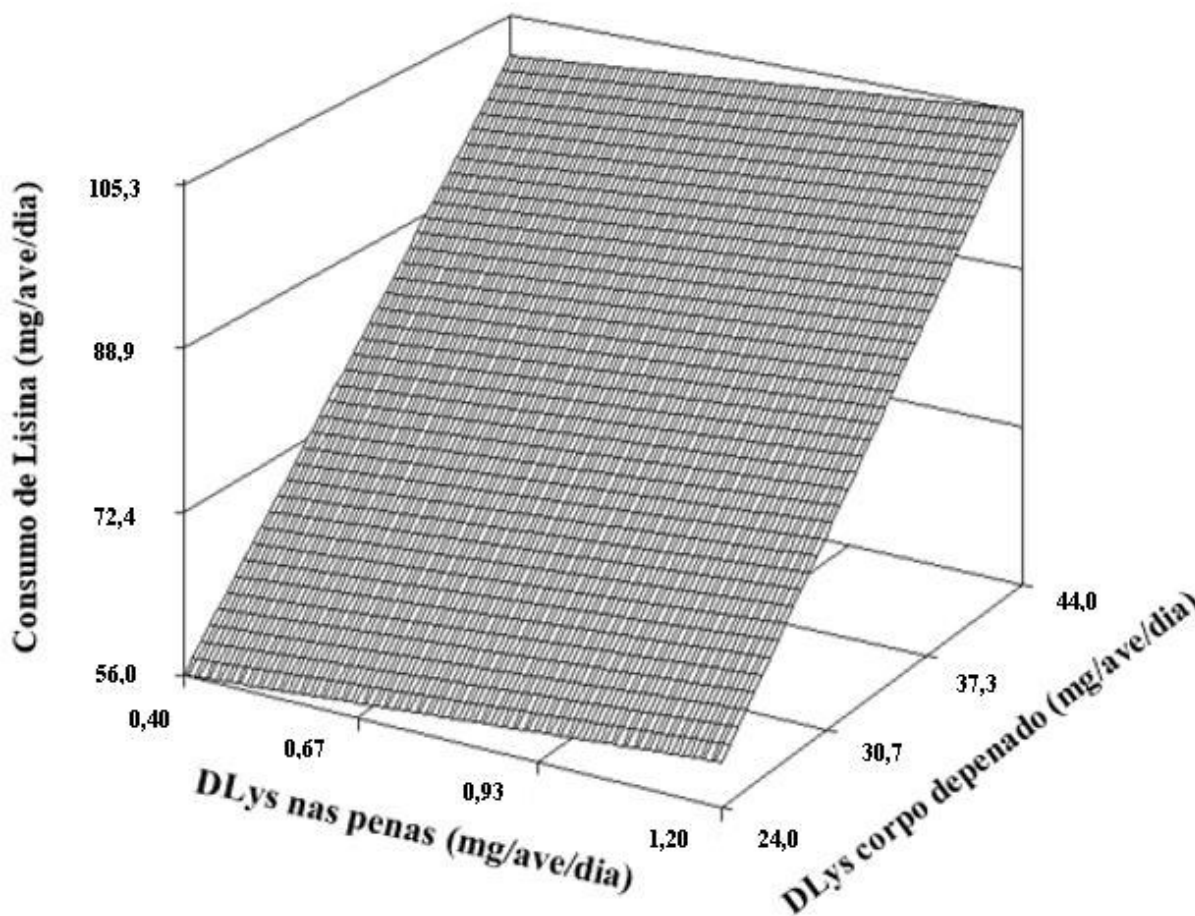
Tabela 6. Equação de regressão linear múltipla ajustada com o consumo de lisina (Clys) e a deposição de lisina no corpo depenado (DLysCD; mg/mg) e penas (DLysP; mg/mg). Erros padrões são fornecidos entre parênteses.

Aminoácido	Equação <sup>(2)</sup>	R <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	Eficiência (%)	
			DLysCD	DLysP
Lisina	Clys = 2,242(±0,07)*DLysCD + 5,515(±2,46)*DLysP	0,989	44,60	18,13

<sup>(1)</sup> R<sup>2</sup> = SQModelo/SQTotal.

P<0,0001 para o coeficiente da regressão referente ao corpo depenado; P<0,0303 para o coeficiente da regressão referente às penas.

$$C_{Lys} = 2,242(\pm 0,07) * DL_{LysCD} + 5,515(\pm 2,46) * DL_{LysP} \quad (R^2 = 0,99)$$



**FIGURA 5.** Consumo de lisina digestível em função das deposições de lisina no corpo depenado e nas penas de codornas de corte de 21 a 35 dias de idade.

As eficiências de utilização da lisina foram estimadas em 44,6% ( $EU_c = 1/2,242 * 100$ ) e 18,13% ( $EU_p = 1/5,515 * 100$ ), para o corpo depenado e para as penas, respectivamente, demonstrando que a lisina foi utilizada com eficiências distintas em cada componente corporal.

Estudos que determinaram a eficiência de utilização da lisina em diferentes tecidos corporais utilizando tal metodologia são escassos na literatura, sendo encontrada apenas uma referência para frangos de corte.

Reis et al (2018) trabalhando com dados obtidos com frangos de corte em crescimento alimentados com níveis crescentes de lisina digestível, estimaram eficiências de utilização da lisina para corpo livre de penas e para as penas correspondentes à 68 e 58%, respectivamente, sendo estes resultados superiores aos observados no presente estudo (44,6 e 18,13% para o corpo depenado e penas, respectivamente).

A determinação das eficiências de utilização da lisina individualmente para o corpo depenado e para as penas pode influenciar positivamente os modelos de predição das exigências nutricionais desenvolvidos a partir dessas estimativas (MELARÉ et al., 2019), uma vez que, a composição da carcaça depenada e das penas são variáveis entre si (FISHER et al., 1981; STILBORN et al., 1997; 2010), e a proporção de penas em relação ao corpo aumenta com o passar do tempo quando utilizadas aves em crescimento (NITSAN et al., 1981; FISHER; SCOUGALL, 1982).

Observou-se no presente estudo que a eficiência de utilização da lisina para deposição no corpo depenado obtida pelo método da regressão linear simples foi 48,0% e pelo método da regressão linear múltipla foi 44,6%. Para comparar as eficiências obtidas com a utilização das diferentes metodologias utilizou-se a estatística *t*, proposta por Kaps e Lamberson (2004), não sendo observada diferença ( $t=0,3763$ ;  $P=0,354$ ) entre as eficiências estimadas pelas diferentes metodologias. Deste modo, a melhor estimativa da eficiência de utilização da lisina para deposição no corpo depenado foi 46,3%, resultante da média das eficiências obtidas com as diferentes metodologias.

Em razão da ausência de estudos específicos, as eficiências de utilização da lisina para deposição no corpo depenado (46,3%) e nas penas (18,1%) de codornas de corte podem ser consideradas primeiras referências para fins de modelagem, servindo de diretriz para a realização de novos estudos acerca deste tema.

Estimativas das eficiências de utilização da lisina no corpo depenado e nas penas separadamente são essenciais para a elaboração de modelos de predição das exigências de lisina cada vez mais acurados e precisos que contribuirão sobremaneira para o desenvolvimento da coturnicultura.

## **CONCLUSÕES**

As eficiências de utilização da lisina para deposição no corpo depenado e nas penas de codornas de corte são 46,3 e 18,1%, respectivamente, não havendo diferenças entre machos e fêmeas.

## REFERÊNCIAS

ABOU-KASSEM, D. E.; EL-KHOLY, M. S.; ALAGAWANY, M.; LAUDADIO, V.; TUFARELLI, V. Age and sex-related differences in performance, carcass traits, hemato-biochemical parameters, and meat quality in Japanese quails. **Poultry Science**, v.98, n.4, p.1684-1691, 2018.

ALAGAWANY, M.; EL-HINDAWY, M. M.; ATTIA, A. I. Impact of protein and certain amino acids levels on performance of growing japanese quails. **Universal Journal of Applied Science**, v.2, n.6, p.105-110, 2014.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

Association of Official Analytical Chemistry - AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Washington, DC, AOAC, 1995. 2000p.

BAKER, D. H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chickens during the first three weeks posthatching. **Poultry Science**, Savoy, v.73, p.1441-1447, 1994.

BUZALA, M.; JANICKI, B. Review: Effects of different growth rates in broiler breeder and layer hens on some productive traits. **Poultry Science**, v.95, n.9, p.2151–2159, 2016.

CARON, N.; MINVIELLE, F.; DESMARAIS, M.; POSTE, L. M. Mass selection for 45-day body weight in japanese quail: Selection response, carcass composition, cooking properties, and sensory characteristics. **Poultry Science**, v.69, n.7, p.1037–1045, 1990.

CERON, M. S.; OLIVEIRA, V.; LOVATTO, P. A.; VALE, M. M. Maintenance requirement and deposition efficiency of lysine in pigs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.9, p.1269-1274, 2013.

CHOI, Y. I.; AHN, H. J.; LEE, B. K.; OH, S. T.; AN, B. K.; KANG, C. W. Nutritional and hormonal induction of fatty liver syndrome and effects of dietary lipotropic factors in egg-type male chicks. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.25, n.8, p.1145-1152, 2012.

Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA. **Diretrizes da Prática de Eutanásia do CONCEA**, Brasília, 2013.



D'MELLO, J. P. F. Responses of growing poultry to amino acids. In: D'MELLO, J. P. F. **Amino acid in animal nutrition**. 2. ed. Wallingford: CABI Publishing, 2003. p. 237-264.

DOZIER, W. A.; PAYNE, R. L. Digestible lysine requirements of female broilers from 1 to 15 days of age. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.21, n.2, p.348-357, 2012.

EDWARDS, H. M.; FERNANDEZ, S. R.; BAKER, D. H. Maintenance lysine requirement and efficiency of using lysine for accretion of whole-body lysine and protein in young chicks. **Poultry Science**, Savoy, v.78, p.1412-1417, 1999.

EMMANS, G. C.; FISHER, C. Problems in nutritional theory. In: FISHER, C.; BOORMAN, K. N. **Nutrient requirements of poultry and nutritional research**. London: Butterworths, 1986. p. 9-39.

FAKHRAEI, J.; LOUTFOLLAHIAN, H.; SHIVAZAD, M.; CHAMANI, M.; HOSEINI, S. A. Reevaluation of lysine requirement based on performance responses in broiler breeder hens. **African Journal of Agricultural Research**, v.5, n.16, p.2137-2142, 2010.

FATUFE, A. A.; TIMMBER, R.; RODEHUTSCORD, M. Response to lysine in composition of body weight gain and efficiency of lysine utilization of growing male chickens from two genotypes. **Poultry Science**, Savoy, v.83, p.1314-1324, 2004.

FISHER, C.; MORRIS, T. R. The determination of the methionine requirements of laying pullets by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, Abington, v.11, p.67-82, 1970.

FISHER, C.; SCOUGALL, R. K. A note on the amino acid composition of the turkey. **British Poultry Science**, v.23, n.3, p.233-237, 1982.

FISHER, M. L.; LEESON, S.; MORRISON, W. D.; SUMMERS, J. D. Feather growth and feather composition of broiler chickens. **Canadian Journal of Animal Science**, v.61, n.3, p.769-773, 1981.

GARCIA, A. R.; BATAL, A. B.; BAKER, D. H. Variations in the digestible lysine requirement of broiler chickens due to sex, performance parameters, rearing environment, and processing yield characteristics. **Poultry Science**, v.85, n.3, p.498-504, 2006.

GOUS, R. M. Methodologies for modeling energy and amino acid responses in poultry. **Brazilian Journal of Animal Science**, v.36, p.263-274, 2007.

HAN, Y.; BAKER, D. H. Lysine requirements of fast and slow-growing broiler chicks. **Poultry Science**, v.70, p.2108-2114, 1991.

HASANVAND, S.; MEHRI, M.; BAGHERZADEH-KASMANI, F.; ASGHARI-MOGHADAM, M. Estimation of lysine requirements for growing japanese quails. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. V.102, n.2, p.557-563, 2017.

HEGER, J.; NITRAYOVA, P. P. S.; KARCOL, J.; DOSELOVA, P. Lysine maintenance requirement and efficiency of its utilisation in young pigs as estimated by comparative slaughter technique. **Archives of Animal Nutrition**, v.62, n.3, p.182-192, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Manual do software SPRING** (Sistema de processamento de informações georreferenciadas). v.4.3.3, 2010.

KAPS, M.; LAMBERSON, W. R. **Biostatistics for Animal Science**. Wallingford: CABI Publishing, 2004. 445p.

LIBAO-MERCADO, A. J.; LEESON, S.; LANGER, S.; MARTY, B. J.; LANGE, C. F. M. Efficiency of utilizing ileal digestible lysine and threonine for whole body protein deposition in growing pigs is reduced when dietary casein is replaced by wheat shorts. **Journal of Animal Science**, v.84, n.6, p.1362-1374, 2006.

MAIORANO, G.; KNAGA, S.; WITKOWSKI, A.; CIANCIULLO, D.; BEDNARCZYK, M. Cholesterol content and intramuscular collagen properties of pectoralis superficialis muscle of quail from different genetic groups. **Poultry Science**, v.90, n.7, p.1620–1626, 2011.

MELARÉ, M. C.; SAKOMURA, N. K.; REIS, M. P.; PERUZZI, N. J.; GONÇALVES, C. A. Factorial models to estimate isoleucine requirements for broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.103, p.1107-1115, 2019.

MUNIZ, J. C. L.; BARRETO, S. L. T.; VIANA, G. S.; MENCALHA, R.; REIS, R. S.; HANNAS, M. I.; BARBOSA, L. M. R.; MAIA, R. C. Metabolizable energy levels for meat-type quails at starter phase. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.20, n.2, p.197-202, 2018.

NITSAN, Z.; DVORIN, A.; NIR, I. Composition and amino acid content of carcass, skin and feathers of the growing gosling. **British Poultry Science**, v.22, n.1, p.79-84, 1981.

NONIS, M. K.; GOUS, R. M. Threonine and lysine requirements for maintenance in chickens. **South African Journal of Animal Science**, Pretoria, v.38, p.75-82, 2008.

POMAR, C.; HAUSCHILD, L.; ZHANG, G.; POMAR, J.; LOVATO, P. A. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.226-237, 2009.

RAJI, A. O.; GIRGIRI, A. Y.; ALADE, N. K.; JAURO, S. A. Characteristics and proximate composition of japanese quail (*Coturnix japonica*) carcass in a semi arid area of Nigeria. **Trakia Journal of Sciences**, v.13, n.2, p.159-165, 2015.

REIS, M. D. P.; SAKOMURA, N. K.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; SILVA, E. P.; KEBREAB, E. Partitioning the efficiency of utilization of amino acids in growing broilers: Multiple linear regression and multivariate approaches. **PLoS One**, v.13, n.12, 2018.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, E. P.; DORIGAM, J. C. P.; GOUS, R. M.; PIERRE, N. Modeling amino acid requirements of poultry. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.24, n.2, p.267-282, 2015.

SAS INSTITUTE. **Statistical Analysis System for Windows**. v. 9.0. Cary, 2002.

SILVA, E. P.; MALHEIROS, E. B.; SAKOMURA, N. K.; VENTURINI, K. S.; HAUSCHILD, L.; DORIGAM, J. C. P.; FERNANDES, J. B. K. Lysine requirements of laying hens. **Livestock Science**, v.173, p.69-77, 2015.

SILVA, E. P.; SAKOMURA, N. K.; DORIGAM, J. C. P.; MALHEIROS, E. B.; FERNANDES, J. B. K.; ARAÚJO, J. A. A procedure to evaluate the efficiency of utilization of dietary amino acid for poultry. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.36, n.2, p.163-169, 2014.

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2.ed., Jaboticabal: FUNEP, 2009. 110p.

SIQUEIRA, J. C.; SAKOMURA, N. K.; DOURADO, L. R. B.; EZEQUIEL, J. M. B.; BARBOSA, N. A. A.; FERNANDES, J. B. K. Diet formulation techniques and lysine requirements of 1- to 22-day-old broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.15, n.2, p.123-134, 2013.

SIQUEIRA, J. C.; SAKOMURA, N. K.; GOUS, R. M.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; FERNANDES, J. B. K.; MALHEIROS, E. B. Model to estimate lysine requirements of broilers. In: SAUVANT, D.; VAN MILGEN, J.; FAVERDIN, P.; FRIGGENS, N. (Eds) **Modelling nutrient digestion and utilisation in farm animals**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2011. p.306-314.

SKLAN, D.; NOY, Y. Catabolism and deposition of amino acids in growing chicks: effect of dietary supply. **Poultry Science**, v.83, p.952-961, 2004.

STILBORN, H. L.; MORAN, E. T. JR.; GOUS, R. M.; HARRISON, M. D. Effect of age on feather amino acid content in two broiler strain crosses and sexes. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.6, p.205-209, 1997.

STILBORN, H. L.; MORAN, E. T.; GOUS, R. M.; HARRISON, M. D. Influence of age on carcass (feather-free) amino acid content for two broiler strain-crosses and sexes. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.19, p.13-23, 2010.

TAKEARA, P.; TOLEDO, A. L.; GANDRA, E. R. S.; ALBUQUERQUE, R.; TRINDADE NETO, M. A. Lisina digestível para frangos de corte machos entre 12 e 22 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.6, p.1455-1461, 2010.

TAVANIELLO, S.; MAIORANO, G.; SIWEK, M., KNAGA, S.; WITKOWSKI, A.; DI MEMMO, D.; BEDNARCZYK, M. Growth performance, meat quality traits, and genetic mapping of quantitative trait loci in 3 generations of Japanese quail populations (*Coturnix japonica*). **Poultry Science**, v.93, n.8, p.2129–2140, 2014.

TRINDADE NETO, M. A.; TAKEARA, P.; TOLEDO, A. L.; KOBASHIGAWA, E.; ALBUQUERQUE, R.; ARAÚJO, L. F. Níveis de lisina digestível para frangos de corte machos no período de 37 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.508-514, 2009.

ZELENKA, J.; HEGER, J.; KRACMAR, S.; MRKVICOVÁ, E. Allometric growth of protein, amino acids, fat and minerals in slow- and fast-growing young chickens. **Czech Journal Animal Science**, v.56, n.3, p.127-135, 2011.