

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

**Jéssica Amaral Miranda**

**INTERAÇÃO GENÓTIPO x RELAÇÃO METIONINA+CISTINA: LISINA EM  
DIETAS DE CODORNAS DE CORTE**

**Diamantina - MG  
2015**

**Jéssica Amaral Miranda**

**INTERAÇÃO GENÓTIPO x RELAÇÃO METIONINA+CISTINA: LISINA EM  
DIETAS DE CODORNAS DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Aldrin Vieira Pires (*In memoriam*)

Coorientador: Martinho de Almeida e Silva

**Diamantina – MG  
2015**

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM  
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

M672i	<p>Miranda, Jéssica Amaral</p> <p>Interação genótipo x relação metionina+cistina: lisina em dietas de codornas de corte / Jéssica Amaral Miranda. – Diamantina: UFVJM, 2015.</p> <p>112 f. : il.</p> <p>Orientador: Aldrin Vieira Pires (In memorian) Coorientador: Martinho de Almeida e Silva</p> <p>Dissertação (Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p>1. Coturnix coturnix. 2. Heterogeneidade de variância. 3. Norma de reação. 4. Regressão aleatória. 5. Exigência nutricional. I. Título. II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p style="text-align: right;"><b>CDD 636.594</b></p>
-------	---

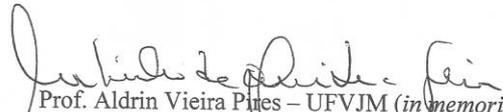
Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

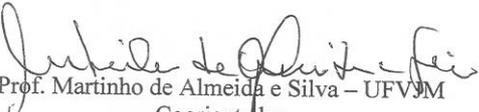
JÉSSICA AMARAL MIRANDA

**INTERAÇÃO GENÓTIPO X RELAÇÃO METIONINA+CISTINA: LISINA  
EM DIETAS DE CODORNAS DE CORTE**

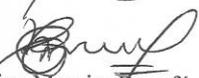
Dissertação apresentada à Universidade Federal dos  
Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das  
exigências do Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia, para obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

APROVADA em 29/09/2015

  
Prof. Aldrin Vieira Pires – UFVJM (*in memoriam*)  
Orientador

  
Prof. Martinho de Almeida e Silva – UFVJM  
Coorientador

  
Prof. Raphael Rocha Wenceslau – ICA/UFMG

  
Prof.<sup>a</sup> Cristina Moreira Bonafé – UFVJM

  
Prof.<sup>a</sup> Sandra Regina Freitas Pinheiro – UFVJM

DIAMANTINA – MG  
2015

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas minhas vitórias e por permitir que tudo isso acontecesse guiando meus caminhos.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, pelas oportunidades e formação.

Ao CNPq, à FAPEMIG e à CAPES pelo apoio financeiro ao projeto.

À Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos Ltda., pela doação dos aminoácidos.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus amados pais, Dimas e Luciene, pelas lições valiosas, amor e dedicação que tiveram comigo durante toda minha vida, pela confiança e amor que me fortalece todos os dias.

À minha irmã Natane pela amizade, conselhos, e principalmente por não medir esforços em me ajudar a vencer esta etapa de minha vida.

Ao Luiz Gustavo, pacientemente sempre me dando conselhos, força, coragem e incentivo.

Ao meu orientador Aldrin Vieira Pires por toda dedicação, pelas sábias palavras, amizade, pelos ensinamentos, paciência, competência, contribuindo muito para meu crescimento profissional.

Ao meu coorientador Martinho de Almeida e Silva, pela atenção, apoio e sugestões para o aprimoramento deste trabalho.

À Luíza Rodrigues Alves Abreu, pela imensa ajuda nas análises estatísticas, pela amizade e paciência na resolução de problemas e dúvidas.

Aos membros da banca, Cristina, Raphael e Sandra pela contribuição ao meu trabalho e disponibilidade.

Aos meus amigos e companheiros do Grupo de Estudo em Melhoramento Animal, mostrando muito mais que simples companheiros de pesquisa, aos amigos que jamais esquecerei e que conquistei durante a realização deste trabalho: Lucília, Graziela, Luíza, Leonardo, Karine, Diego, Thaiza, Namíbia, Francelly, Rafael, Carol, Lúcio, Thiago, Talita, Gabriela, Aroldo.

Aos funcionários do departamento e a todos que me ajudaram durante o experimento com as codornas.

Ao DZO, professores e funcionários pela grande ajuda nas atividades com os animais.

A todos que de alguma forma ajudaram, meu eterno agradecimento!

## RESUMO

Esta pesquisa foi realizada para determinar a exigência nutricional e avaliar o efeito da interação genótipo x relações (metionina+cistina):lisina das dietas sobre pesos corporais e características de carcaça de duas linhagens de codornas de corte (LF1 e LF2), em diferentes fases do crescimento. O experimento foi constituído de duas fases sendo que na primeira as codornas foram alimentadas do nascimento aos 21 dias de idade com dietas contendo as relações (metionina+cistina):lisina iguais a 0,61, 0,66, 0,71, 0,76 e 0,81 e na segunda fase alimentadas do 22º ao 35º dia de idade, com dietas contendo as relações 0,68, 0,73, 0,78, 0,83 e 0,88 de (metionina+cistina):lisina. As codornas foram pesadas ao nascimento, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de idade. Foram também registrados os pesos corporais ao abate, pesos e rendimentos da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa. Modelos que consideram duas classes de variância residual foram mais adequados para avaliação genética de codornas de corte alimentadas com dietas contendo diferentes relações (metionina+cistina):lisina. As melhores codornas da linhagem LF1 e LF2, selecionadas em dietas com determinada relação (metionina+cistina):lisina, não apresentarão desempenho semelhante quando alimentadas com dietas contendo diferentes relações (metionina+cistina):lisina, evidenciando expressiva interação genótipo x ambiente (relações (metionina+cistina):lisina). A seleção deve ser praticada em codornas alimentadas com dietas que as codornas serão alimentadas no sistema comercial de produção. Na primeira fase a exigência de (metionina+cistina):lisina para maiores peso corporal, pesos da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa foi 0,88, e para o melhor rendimento da carcaça a relação foi estimada em 0,75. De modo geral, as fêmeas e a linhagem LF1 apresentaram os melhores desempenhos. Na segunda fase, codornas alimentadas com dieta contendo a relação (metionina+cistina):lisina 0,81, fornecida do nascimento ao 21º dia de idade, apresentaram melhores resultados, sem contudo atingirem máximo desempenho.

Palavras-chave: *Coturnix coturnix*. Heterogeneidade de variância. Norma de reação. Regressão aleatória. Exigência nutricional.

## ABSTRACT

This research was carried out to estimate the nutritional requirement and to evaluate the effect of genotype x (methionine+cystine):lysine ratio on body weight and carcass traits of two strains of European quails (LF1 and LF2) in two phases of the growth. The experiment was composed of two phases, in the first one, from hatch to 21 days of age, quails were fed diet containing (methionine+cystine):lysine ratios: 0.61, 0.66, 0.71, 0.76 and 0.81 and during the second experimental phase, quails were fed from 22 to 35 days of age diets containing (methionine+cystine):lysine ratios of 0.68, 0.73, 0.78, 0.83 and 0.88. The quails were weighed at hatch, 7, 14, 21, 28 and 35 days of age. Body weight at slaughter and weights and yields of carcass, breast, and thigh + drumstick were also recorded. Models with two classes of residual variance were more adequate for genetic evaluation of quails fed different (methionine+cystine):lysine ratio diets. Best quails of LF1 and LF2 strains selected in diets containing specific (methionine+cystine):lysine ratio will not present the same performance if fed different diet showing a significant genotype x environment interaction. Selection should be performed in quails fed diets with the same (methionine+cystine):lysine ratio as the quails will be fed in the commercial production system. In the first phase the (methionine+cystine):lysine requirement for maximum body weight and weights of carcass and thigh + drumstick is 0.88 and for carcass the relation is estimated in 0.75. In general females and strain LF1 showed the best performance. In the second phase quails fed diets containing 0.81 of (methionine+cystine):lysine ratio showed the best results without reaching maximum performance.

**Keywords:** *Coturnix coturnix*. Heterogeneity. Residual variance. Reaction norm. Random regression. Nutritional requirement.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	10
2.1. Proteína ideal e metionina+cistina: lisina.....	10
2.2. Interação Genótipo x Ambiente .....	11
2.3. Modelos de regressão aleatória .....	13
2.4. Modelo de normas de reação.....	15
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	16
ARTIGO 01.....	20
Relação (metionina+cistina):lisina para pesos corporais e características de carcaça em codornas de corte na fase inicial do crescimento .....	20
RESUMO .....	20
ABSTRAT.....	21
1. INTRODUÇÃO .....	22
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
4. CONCLUSÃO .....	30
5. AGRADECIMENTO .....	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31
ARTIGO 02.....	33
Exigência de (metionina+cistina):lisina para pesos corporais e características de carcaça em codornas de corte na fase final do período de crescimento .....	33
RESUMO .....	33
ABSTRACT.....	34
1. INTRODUÇÃO .....	35
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	35
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4. CONCLUSÃO .....	42
5. AGRADECIMENTO .....	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42
ARTIGO 03.....	44
Sensibilidade dos valores genéticos dos pesos corporais de codornas de corte às variações das relações (metionina+cistina):lisina das dietas .....	44
RESUMO .....	44
ABSTRACT.....	45

1. INTRODUÇÃO .....	46
1. MATERIAL E MÉTODOS .....	46
2. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	51
3. CONCLUSÃO .....	61
4. AGRADECIMENTO .....	61
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
ARTIGO 04.....	63
Sensibilidade dos valores genéticos de características de carcaça em codornas de corte às mudanças da relação (metionina+cistina):lisina das dietas usando modelos de normas de reação .....	63
RESUMO .....	63
ABSTRACT.....	64
1. INTRODUÇÃO .....	65
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	65
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	71
4. CONCLUSÃO .....	85
5. AGRADECIMENTO .....	86
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	86
ARTIGO 05.....	88
Sensibilidade dos valores genéticos de pesos corporais e características da carcaça de codornas de corte em função das relações (metionina+cistina):lisina da dieta, de 22 a 35 dias de idade, por meio de normas de reação.....	88
RESUMO .....	88
ABSTRACT.....	89
1. INTRODUÇÃO .....	90
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	90
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	96
4. CONCLUSÃO .....	110
5. AGRADECIMENTO .....	110
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	110

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente competição entre os mercados tem pressionado o setor agrícola quanto à melhoria da qualidade da carne e ovos das aves, bem como proporcionar situações que favoreçam melhor desempenho dos animais. Neste segmento, a coturnicultura vem ganhando cada vez mais destaque, com números crescentes, e se concretizando no cenário nacional, o que tem impulsionado o desenvolvimento de estudos em melhoramento genético e nutrição.

O melhoramento genético animal atua com base na escolha correta dos melhores animais que participam do processo de composição da geração subsequente, isto é, a seleção das matrizes e reprodutores do plantel. Esta situação torna-se interessante quando se deseja saber se a seleção praticada nestes animais em determinado ambiente resultará em progresso genético em outro ambiente de criação, ou seja, quando se deseja verificar a existência de interação genótipo x ambiente. Além disso, é de interesse averiguar quanto do melhoramento feito em dado ambiente poderá ser obtido se o genótipo for transferido para outro ambiente (FALCONER e MACKAY, 1996).

A não linearidade da resposta de alguns genótipos frente às mudanças de ambiente resulta na existência de fenótipos distintos como produtos desta interação. Existe interação entre diferentes genótipos e ambientes toda vez que a expressão de determinado genótipo for dependente do ambiente onde ele é avaliado (EUCLIDES FILHO, 1999).

A importância de se avaliarem animais considerando a existência de interação genótipos e ambientes no Brasil está na diversidade de sistemas de produção e variações ambientais aos quais estes animais são submetidos, principalmente nos tipos de instalações, manejo e clima.

Neste sentido, os modelos de normas de reação têm se destacado como forma de se avaliar esta interação genótipo x ambiente. Sendo uma função de covariância que permite atribuir a cada animal, dois coeficientes de regressão aleatórios (intercepto e inclinação da reta) que predizem o valor genético em função do gradiente ambiental. Assim, cada animal poderá possuir um valor genético para cada ambiente, caracterizando e considerando a interação genótipo x ambiente (RODRIGUES, 2012).

Estes modelos possibilitam o estudo de trajetória genética do crescimento dos animais, podendo também, ser utilizados para avaliação da sensibilidade dos valores genéticos às mudanças no nível nutricional da dieta estabelecendo-se, portanto, a importância da interação genótipo x ambiente, por exemplo, em codornas de corte.

Diante deste cenário, os objetivos neste estudo foram avaliar o efeito da interação entre genótipos e relações (metionina+cistina): lisina em duas linhagens de codornas de corte sobre pesos corporais e características de carcaça nas diferentes fases do crescimento, bem como estabelecer a relação ideal de (metionina+cistina): lisina da dieta para maximizar o desempenho das codornas.

## **1. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Proteína ideal e metionina+cistina: lisina**

O melhoramento genético e a nutrição são grandes aliados para o desenvolvimento do animal, onde a expressão genética apenas exerce influência sobre o desempenho animal caso as exigências nutricionais sejam devidamente atendidas. Sabe-se que a deficiência de nutrientes pode comprometer o desempenho das aves e o excesso de proteína além de influir no crescimento dos animais, exige gasto extra de energia e pode aumentar os custos do sistema de produção (ARAÚJO et al., 2001).

Assim, o conceito de proteína ideal tem como objetivo fazer combinação apropriada de aminoácidos indispensáveis capazes de atender todas as necessidades dos animais para crescimento e manutenção, sem que haja deficiência nem excesso de nutrientes (EMMERT e BAKER, 1997).

A proteína ideal tem sido utilizada no ajuste das exigências nutricionais pela diminuição no teor de proteína bruta da dieta e suplementação por meio de aminoácidos sintéticos, tendo como vantagens maior aproveitamento dos nutrientes pelo animal, mais facilidade de balanceamento da dieta, redução do custo e diminuição dos efeitos da poluição ambiental decorrentes da excreção de nitrogênio (SCHMIDT et al., 2011).

Para isso utiliza-se a lisina como aminoácido de referência, sendo o requerimento de outros aminoácidos expresso como porcentagem em relação à lisina (EMMERT e BAKER, 1997).

A lisina é considerada para aves o segundo aminoácido limitante e fisiologicamente essencial, pois é sintetizada pelo organismo em pequenas quantidades, não atendendo à necessidade do animal, o que torna necessária a ingestão de fontes sintéticas como a L-lisina.HCl (ROCHA et al., 2009). Além disso, a lisina é aminoácido essencial cujo principal papel fisiológico consiste na síntese de proteínas musculares e na síntese de carnitina (BAKER e HAN, 1994; COSTA et al., 2001; LANA et al., 2005).

A metionina é aminoácido de grande importância na nutrição de codornas, pois é aminoácido essencial e o primeiro limitante para aves (TOGASHI et al., 2002). Na forma de S-adenosilmetionina, é o mais importante doador do radical metil para reações de metilação, sendo exigida para a biossíntese de creatina, carnitina, poliaminas, epinefrina, colina e melatonina (BAKER, 1991), tendo importante papel no crescimento, manutenção e empenamentos das aves (KIM et al., 2006).

No organismo a metionina serve também como fonte alternativa de cistina em um processo não-reversível, sendo então importante conhecer o requerimento adequado desse aminoácido a fim de não haver falta de metionina no organismo das codornas (FERREIRA et al., 2012). Por isso, torna-se necessário determinar os níveis adequados destes aminoácidos, atendendo, assim, a exigência para esta inter-relação (RODRIGUEIRO et al., 2000).

Na elaboração de programa nutricional para codornas de corte, são utilizadas as recomendações do NRC (1994) que são elaboradas para atender as exigências de codornas japonesas. Essas exigências são baseadas em resultados de experimentos realizados há mais de 15 anos e em codornas com potencial genético diferente das criadas atualmente (CORRÊA et al., 2007).

Corrêa et al. (2010), ao avaliarem níveis de 0,73 a 1,03% de metionina+cistina para codornas de corte EV2 do sétimo ao 21º dia de idade, observaram aumento no peso corporal e ganho de peso das codornas alimentadas com dietas contendo 0,95% e 1,03% de metionina+cistina total para fase inicial (sétimo ao 21º dia) e total de criação (sétimo ao 42º dia de idade).

Em outro estudo, ao avaliarem a exigência de metionina+cistina total para codornas de corte EV1 em crescimento, Corrêa et al. (2006) encontraram maior ganho de peso quando utilizados os níveis de 0,95% na fase inicial (sete a 21 dias) e 0,73% na fase final de criação (22 a 42 dias de idade).

## **2.2. Interação Genótipo x Ambiente**

Uma importante consideração a ser feita sobre a produção econômica dos animais domésticos refere-se à escolha do ambiente onde se deve praticar a seleção dos animais, visto que a expressão das características de importância econômica é influenciada pela genética, pelo ambiente e pela interação entre os mesmos. No entanto, alguns genótipos podem não se expressar da mesma maneira quando submetidos a diferentes ambientes, em razão da

interação genótipo x ambiente. Por isso, a importância de se avaliarem os animais em diversos ambientes para que o processo de seleção seja eficiente.

Além disso, segundo Alencar et al. (2005), essa interação pode provocar alterações nas variações genéticas, fenotípicas e ambientais, sugerindo mudanças nas estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, e ainda dependendo do ambiente, pode resultar na possibilidade de mudanças nos critérios de seleção.

As melhores condições de ambiente, especialmente alimentação, permitem avaliar de maneira mais eficiente e uniforme a capacidade de resposta dos animais. Neste caso, as diferenças genéticas observadas entre eles permitirão a obtenção de estimativas mais seguras dos reais valores genéticos, pela minimização das influências de origem ambiental (PEREIRA, 2012).

De acordo com Falconer (1987), uma característica medida em ambientes diferentes, pode ser interpretada como sendo características distintas, ou seja, a expressão do conjunto de genes de uma característica, dependendo do ambiente pode sofrer variação.

A interação genótipo x ambiente, quando não é devidamente detectada, implica na predição viesada dos valores genéticos, com conseqüente redução do progresso genético (CARDOSO, 2009).

Vários autores têm estudado a existência da interação genótipo x ambiente em diferentes espécies animais, como Ambrosini et al. (2012) que, ao avaliarem a interação genótipo x ambiente quanto ao peso ajustado aos 365 dias de idade, em bovinos da raça Nelore Mocha do Nordeste do Brasil, encontraram resultados que indicaram a ocorrência desta interação com efeito de escala e alteração na classificação de reprodutores.

Faquinello et al. (2011), ao trabalharem com abelhas *Apis mellifera* africanizadas, estudaram a ocorrência de interação genótipo x ambiente para características ligadas à produção de geleia real e, encontraram baixos valores de correlação genética e a alteração na classificação das rainhas filhas nos diferentes sistemas, demonstrando a existência de interação genótipo x ambiente. Portanto, o sistema de produção deve ser levado em consideração na escolha das rainhas selecionadas.

Em codornas, Georg et al. (2009) estudaram a existência de interação genótipo x ambiente no desempenho de três linhagens de codornas de postura criadas em diferentes ambientes de energia metabolizável, e por meio dos resultados de herdabilidade e correlações genéticas, concluíram que houve interação genótipo x ambiente somente para as características altura de albúmen e espessura da casca. A presença da interação genótipo x ambiente indica que a seleção praticada nas aves alimentadas com ração contendo nível de

energia recomendado pode não resultar em ganhos genéticos na descendência alimentada com rações com menores níveis de energia.

Ao avaliarem a sensibilidade de valores genéticos de duas linhagens de codornas de corte, EV1 e EV2, em relação às mudanças de níveis proteicos das dietas, Santos et al. (2008) observaram a existência de interação genótipo x ambiente em razão das codornas da linhagem EV1 apresentarem aumento de dispersão dos valores genéticos com o aumento dos níveis proteicos da dieta.

A heterogeneidade de variância pode ser vista como forma primária de interação genótipo x ambiente e pode comprometer o resultado do processo de seleção caso fatores ambientais sejam a fonte dessa heterogeneidade. Consequentemente, a seleção será realizada mais em função do ambiente que propriamente pelo genótipo do animal (ARAÚJO et al., 2011).

### **2.3. Modelos de regressão aleatória**

Os modelos de regressão aleatória têm sido reconhecidos mais apropriados na análise de dados em melhoramento genético, pois ajustam as medidas repetidas no mesmo indivíduo para características que se alteram gradualmente e de forma contínua, ao longo do tempo, isto é, são mais adequados para a análise de dados longitudinais na avaliação de animais de interesse zootécnico (MEYER, 2000).

Estes modelos consideram a modificação contínua do fenótipo e de todos os efeitos fixos e aleatórios que o compõem em função da idade, sendo então adequados para modelar características de pesos corporais (VALENTE et al., 2008).

Os modelos de regressão aleatória, também conhecidos como modelos de dimensão infinita, foram introduzidos para modelar as características que são descritas por função contínua (KIRKPATRICK et al., 1990), podendo ser aplicados para avaliação genética resultando em maior acurácia com relação ao modelo multicaracterístico e repetibilidade (MEYER, 2003).

Segundo Valente et al. (2008), o modelo prediz para cada indivíduo avaliado o comportamento do valor genético, ou trajetória genética, em função do tempo, representada pelos coeficientes de regressão genéticos aditivos. Além de considerar as informações de parentesco do animal avaliado, não exigindo número mínimo de observações por indivíduo e as funções apropriadas da trajetória de crescimento podem ser usadas para identificar animais de rápido crescimento e maturidade precoce (ALBUQUERQUE e MEYER, 2001).

Quando se ajusta um modelo de regressão aleatória, assume-se, implicitamente, certa estrutura de covariância entre as observações, determinada pelas covariâncias entre os coeficientes de regressão (KIRKPATRICK et al., 1990). As vantagens da utilização destas funções estão na criação de uma estrutura de covariância mais acurada da característica, permitem a predição de estruturas de covariância para qualquer ponto de uma escala contínua e ainda admitem o uso de medidas tomadas em qualquer momento da trajetória, sem a necessidade de correções para idades (ASSIS et al., 2006).

Além da modelagem de características usando funções polinomiais, os modelos de regressão aleatória permitem que seja considerada a heterogeneidade de variância residual em cada classe ou até mesmo modelagem do resíduo por meio de função polinomial. Considerar variâncias residuais heterogêneas pode ter impacto positivo sobre a partição da variação total, resultando, assim, em incremento na qualidade das estimativas. Entretanto, modelos que consideram heterogeneidade de variância residual contêm quantidade maior de parâmetros e, por consequência, suas matrizes de incidência são mais complexas, o que pode dificultar a convergência na estimação dos componentes de variância, principalmente no caso de banco de dados com número elevado de informações (FELIPE et al., 2012).

Ao compararem modelos de regressão aleatória com diferentes estruturas para modelar a variância residual em estudos genéticos da curva de crescimento em cordeiros da raça Santa Inês, Sarmiento et al. (2010) concluíram que, de acordo com os critérios utilizados, a variância residual contendo sete classes heterogêneas proporcionou melhor ajuste, embora um modelo mais parcimonioso, com cinco classes, pudesse ser utilizado sem perdas na qualidade de ajuste da variância nos dados.

El Faro e Albuquerque (2003), ao compararem diferentes estruturas de variâncias residuais para modelos de regressão aleatória em vacas Caracu, verificaram que, a utilização de heterogeneidade de variâncias residuais foi mais adequada para modelar os dados longitudinais de produção de leite e as funções de variância com polinômios ordinários de sexta ordem poderiam ser usadas sem perda na precisão das estimativas.

Bonafé et al. (2011) compararam diferentes modelos de regressão aleatória ajustados por meio de funções polinomiais de Legendre de diferentes ordens, para avaliar o que melhor se ajusta ao estudo genético da curva de crescimento de codornas de corte. Os autores verificaram que a função polinomial de Legendre com as ordens seis para efeito genético aditivo direto e cinco para efeito permanente de animal, para a linhagem UFV-1, e seis para ambos efeitos aleatórios, para a linhagem UFV-2, sendo sugerida na avaliação genética do crescimento de codornas de corte.

## 2.4. Modelo de normas de reação

Por meio das funções de covariância é possível determinar a norma de reação dos animais para variações gradativas no ambiente de produção, que podem ser obtidas pela regressão do desempenho dos genótipos no valor médio de desempenho observado em cada ambiente (DE JONG, 1995; FALCONER e MACKAY, 1996). Isto é, permite atribuir a cada animal, dois coeficientes de regressão aleatória (intercepto e linear), que por sua vez predizem o valor genético em função do ambiente (RODRIGUES, 2012).

Assim, é possível identificar os genótipos de melhor desempenho em cada ambiente e generalizar esse desempenho para número infinito de ambientes, além de remover o limite de número de registros e considerar a heterogeneidade de variâncias (MEYER, 2003). Em um modelo de normas de reação, a sensibilidade ao ambiente é definida como a primeira derivada da função da norma de reação, isto é, o coeficiente de regressão linear da norma de reação (DE JONG, 1995).

A norma de reação descreve o fenótipo expresso por um genótipo em função do meio ambiente (KOLMODIN et al., 2002), sendo útil quando fenótipos mudam de forma gradual e continuamente ao longo de um gradiente ambiental (DE JONG, 1995).

Corrêa et al. (2009), ao compararem modelos para o ajuste do ganho pós-desmama padronizado para 345 dias de bovinos da raça Devon, verificaram que o modelo de norma de reação proporcionou melhor ajuste aos dados, sendo o mais apropriado para considerar a interação genótipo x ambiente dessa população.

Felipe et al. (2012), ao avaliarem a sensibilidade dos valores genéticos do peso corporal no 21º e 35º dias de idade em codornas de corte, alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta, observaram que houve heterogeneidade de variância genética aditiva e alteração na herdabilidade com a mudança no nível proteico da dieta para ambos os grupos genéticos e em todas as idades avaliadas. Além disso, as normas de reação do grupo EV1 indicaram presença de interação entre genótipo e ambiente (G x E) em ambas as idades, com alteração na ordem dos efeitos genéticos do peso corporal em função do nível proteico da dieta. Modificação da dispersão dos valores genéticos em função do nível de proteína indicou a presença de G x E na linhagem EV2. Portanto, a avaliação genética de codornas de corte alimentadas com dietas contendo determinado nível de proteína bruta não permite a predição acurada de valores genéticos para outros níveis proteicos da dieta.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, L.G.; MEYER, K. Estimates of covariance functions for growth from birth to 630 days of age in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, n.11, p.2776-2789, 2001.
- ALENCAR, M.M.; MASCIOLI, A.S.; FREITAS, A.R. Evidências de interação genótipo x ambiente sobre características de crescimento em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.489-495, 2005.
- AMBROSINI, D.P.; CARNEIRO, P.L.S.; BRACCINI NETO, J. et al. Interação genótipo x ambiente para peso ao ano em bovinos Nelore Mocho no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.10, p.1489-1495, 2012.
- ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M.; ARAÚJO, C.S.S. et al. Proteína bruta e proteína ideal para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.2, p.157-162, 2001.
- ARAÚJO, C.V.; BITTENCOURT, T.C.B.S.C.; ARAÚJO, S.I. et al. Estudo de heterogeneidade de variâncias na avaliação genética de bovinos de corte da raça Nelore. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.40, n.9, p.1902-1908, 2011.
- ASSIS, G.M.L.; ALBUQUERQUE, L.G.; SARMENTO, J.L.R. et al. Estimação de parâmetros genéticos em caprinos leiteiros por meio de análise de regressão aleatória utilizando-se a Amostragem de Gibbs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.706-714, 2006.
- BAKER, D.H. Partitioning of nutrients for growth and other metabolic functions. **Poultry Science**, v.70, n.8, p.1797-805, 1991.
- BAKER, D.H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chickens during the first three weeks posthatching. **Poultry Science**, v.73, n.9, p.1441-1447, 1994.
- BONAFÉ, C.M.; TORRES, R.A.; SARMENTO, J.L.R. et al. Modelos de regressão aleatória para descrição da curva de crescimento de codornas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.765-771, 2011.
- CARDOSO, L.L. **Modelos de normas de reação para estudo da interação genótipo x ambiente**. 2009. 68 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: 2009.
- CORRÊA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B. et al. Exigência de metionina + cistina total para codornas de corte em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.3, p.414-420, 2006.
- CORRÊA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B. et al. Exigência de proteína bruta e energia metabolizável em codornas de corte durante a fase de crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.2, p.488-494, 2007.

CORRÊA, M.B.B.; DIONELLO, N.J.L.; CARDOSO, F.F. Caracterização da interação genótipo-ambiente e comparação entre modelos para ajuste do ganho pós-desmama de bovinos Devon via normas de reação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1468-1477, 2009.

CORRÊA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B. et al. Níveis de metionina + cistina para características de desempenho e carcaça em codornas de corte EV2. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, p.940-947, 2010.

COSTA, F.G.P.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Níveis dietéticos de lisina para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 40 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.5, p.1490-1497, 2001.

DE JONG, G. Phenotypic plasticity as a product of selection in a variable environment. **The American Naturalist**, v.145, n.4, p.493-512, 1995.

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE L.G. Utilização de Modelos de Regressão Aleatória para Produção de Leite no Dia do Controle, com Diferentes Estruturas de Variâncias Residuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1104-1113, 2003.

EMMERT, M.W.; BAKER, D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broilers diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v.6, n.4, p.462-470, 1997.

EUCLIDES FILHO, K. **Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1999. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc75/>>. Acesso em: 13 set. de 2014.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Trad. Martinho de Almeida e Silva e José Carlos da Silva. Viçosa: Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 279p. 1987.

FALCONER, D.S., MACKAY, T.F.C. **Introduction to Quantitative Genetics**. 4th Edition. Longman, Harrow, Essex. 1996.

FAQUINELLO, P.; TOLEDO, V.A.A.; MARTINS, E.N. et al. Parameters for Royal Jelly Production in Africanized Honeybees. **Sociobiology**, v.57, n.3, p.495-509, 2011.

FELIPE, V.P.S.; SILVA, M.A.; WENCESLAU, R.R. et al. Utilização de modelos de norma de reação com variância residual heterogênea para estudo de valores genéticos de peso de codornas de corte em função de níveis de proteína bruta na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.4, p.991-1000, 2012.

FERREIRA, F.; CORRÊA, G.S.S.; CORRÊA, A.B. et al. Teor de metionina + cistina total para codornas de corte do grupo genético EV2 durante o período de crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.3, p.665-674, 2012.

GEORG, P.C.; PAIVA, E.; CONTI, A.C.M. et al. Interação genótipo × ambiente em codornas de postura alimentadas com rações com dois níveis de energia metabolizável. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1706-1711, 2009.

KIM, W.K.; FROELICH JR., C.A.; PATTERSON, P.H. The potential to reduce poultry nitrogen emissions with dietary methionine or methionine analogues supplementation. **World's Poultry Science Journal**, v.62, n.2, p.338-353, 2006.

KIRKPATRICK, M.; LOFSVOLD, D.; BULMER, M. Analysis of the Inheritance, Selection and Evolution of Growth Trajectories. **Genetics**, v.124, p.979-993, 1990.

KOLMODIN, R., STRANDBERG, E., MADSEN, P. et al. Genotype by environment interaction in Nordic dairy cattle studied using reaction norms. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v.52, n.1, p.11-24, 2002.

LANA, S.R.V.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade mantidos em ambiente de termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1614-1623, 2005.

MEYER, K. Random regressions to model phenotypic variation in monthly weights of Australian beef cows. **Livestock Production Science**, v.65, n.2, p. 19-38, 2000.

MEYER, K. Scope for a random regression model in genetic evaluation of beef cattle for growth. **Livestock Production Science**, v.86, n.3, p.69-83, 2003.

NUTRIENT - National Research Council. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. p.44-45.

PEREIRA, J.C.C. Melhoramento genético das aves. In: PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 6.ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, p.116-124, 2012.

ROCHA, T.C.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações para poedeiras no período de 24 a 40 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1726-1731, 2009.

RODRIGUEIRO, R.J.B.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência de metionina + cistina para frangos de corte na fase de crescimento e acabamento **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p. 507-517, 2000.

RODRIGUES, D.T. **Interação genótipos ambientes em animais via modelos de normas de reação**. 2012. Dissertação (Estatística Aplicada e Biometria) UFV, Viçosa: 2012.

SANTOS, G.G.; CORRÊA, G.S.S.; VALENTE, B.D. et al. Sensibilidade de valores genéticos de codornas de corte em crescimento às modificações de níveis de proteína das dietas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.5, p.1188-1196, 2008.

SARMENTO, J.L.R.; TORRES, R.A.; LÔBO, R.N.B. et al. Modelos de regressão aleatória na avaliação genética do crescimento de ovinos da raça Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1723-1732, 2010.

SCHMIDT, M.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Níveis nutricionais de metionina+cistina digestível para poedeiras leves no segundo ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.142-147, 2011.

TOGASHI, C.K.; FONSECA, J.B.; SOARES, R.T.R.N. et al. Determinação de níveis de metionina+cistina para poedeiras semipesadas alimentadas com rações contendo levedura seca (*Saccharomyces cerevisiae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1426-1433, 2002.

VALENTE, B.D.; SILVA, M.A.; SILVA, L.O.C. et al. Estruturas de covariância de peso em função da idade de animais Nelore das regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.2, p.389-400, 2008.

## ARTIGO 01

### **Relação (metionina+cistina):lisina para pesos corporais e características de carcaça em codornas de corte na fase inicial do crescimento**

#### RESUMO

Estudou-se o efeito de diferentes relações (metionina+cistina):lisina sobre o desempenho de codornas de corte durante o período inicial do crescimento (nascimento ao 21º dia de idade). Foram utilizadas 1400 codornas, de ambos os sexos (identificadas com anilhas ao nascimento), distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso. Os tratamentos consistiram de cinco relações (metionina+cistina):lisina (0,61; 0,66; 0,71; 0,76 e 0,81), utilizando-se duas linhagens (LF1 e LF2) e dois sexos. As variáveis avaliadas foram peso corporal aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias de idade, pesos e rendimentos da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa. Observou-se efeito linear crescente da relação (metionina+cistina):lisina sobre os pesos corporais aos 7, 14 e 35 dias de idade, peso da carcaça, peso do peito, peso da coxa+sobrecoxa e rendimento do peito. Codornas LF1 foram mais pesadas em todas as idades do que codornas LF2. Para os pesos corporais aos 21 e 28 dias de idade foi encontrada interação significativa entre sexo e relação (metionina+cistina):lisina onde o melhor desempenho das codornas ocorreu na maior relação (metionina+cistina):lisina da dieta. Experimentos com dietas contendo relações (metionina+cistina):lisina maiores que 0,81 devem ser conduzidos para se estabelecer a relação aminoacídica adequada para máxima expressão do peso corporal e das características de carcaças de codornas de corte.

Palavras-chave: Codorna. Exigência nutricional. Proteína ideal. Peso corporal.

## ABSTRAT

(Methionine+cystine):lysine requirements for performance and carcass traits of meat quails in the initial phase of the growth

The effect of (methionine+cystine):lysine level on performance of European quail during the first phase of the growing period (from hatch to 21 days) was evaluated using 1400 quails of both sexes (identified with washers at birth) in a completely randomized experimental design. The treatments consisted of a factorial scheme 5x2x2, consisting of five relations (methionine+cystine):lysine (0.61; 0.66; 0.71; 0.76 and 0.81), two strains (LF1 and LF2) and two sexes. Traits evaluated were body weight at 7, 14, 21, 28 and 35 days of age, carcass weight, breast and thigh + drumstick. There was a linear increase in body weights at 7, 14 and 35 days of age, carcass weight, breast, thigh +drumstick weightand breast yield in function of (methionine+cystine):lysine ratios of diets. Quails of LF1 were heavier at all ages than quails LF2. A significant interaction between sex and (methionine+cistine): lysine ratio was observed for body weight at 21 and 28 days of age, the best performance was estimated for quails fed the highest (methionine+cysteine):lysine ratio diet. Experiments with diets containing levels of (methionine + cystine):lysine higher than 0.8 should be conducted to estimate the level of these amino acids for maximum body weight and carcass traits expressions.

Keywords: Quail. Nutritional requirement. Ideal protein. Body weight.

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de aminoácidos sintéticos permite a formulação de dietas com teores reduzidos de proteína bruta, sem que ocorra deficiência ou excesso de aminoácidos essenciais (VIDAL et al., 2015). Dentre os aminoácidos, a metionina e cistina são considerados aminoácidos fisiologicamente essenciais em dietas para aves tendo importante papel no crescimento, manutenção e empenamentos das aves (KIM et al., 2006). Além disso, a lisina é considerada aminoácido essencial cujo principal papel fisiológico consiste na síntese de proteína corporal e na síntese de carnitina (COSTA et al., 2001; LANA et al., 2005).

As recomendações das relações (metionina+cistina):lisina total para codornas de corte para obtenção de melhores resultados para peso corporal na fase inicial de criação (1 a 21 dias de idade), variam na literatura, 0,70 (VIDAL et al., 2015), 0,73 (CORRÊA et al., 2006, CORRÊA et al., 2010), 0,75 (FERREIRA et al., 2012). Além disso, as informações sobre as exigências nutricionais de metionina+cistina para codornas de corte que consideram o conceito de proteína ideal existem, mas são escassas.

Recomenda-se manter a relação entre os aminoácidos para evitar a perda energética da dieta, em consequência do desbalanço entre os aminoácidos (ATENCIO et al., 2004). Neste sentido, o conceito de proteína ideal é utilizado para se fazer combinação apropriada de aminoácidos indispensáveis capazes de atender todas as necessidades dos animais para crescimento e manutenção, sem que haja deficiência nem excesso de nutrientes (EMMERT e BAKER, 1997).

A melhoria no desempenho das codornas e consequente rendimento de carne é desafio para os melhoristas e nutricionistas, visto que o potencial genético é expresso, quando codornas são criadas em condições ambientais adequadas e suas exigências nutricionais atendidas. Além disso, alguns genótipos podem não expressar da mesma maneira, quando submetidos a diferentes ambientes, em razão da interação genótipo x ambiente.

Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes relações (metionina+cistina):lisina da dieta de codornas de corte, sobre o peso corporal e características de carcaça.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida nas instalações do Programa de Melhoramento Genético de Codornas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do

Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), localizada em Diamantina, MG, Brasil, com a autorização do CEUA (Comissão de Ética no Uso de Animais da UFVJM), protocolo nº027/2014.

Foram utilizadas 1400 codornas de corte, de ambos os sexos, identificadas com anilhas ao nascimento, provenientes de duas linhagens (LF1 e LF2), distribuídas em delineamento experimental inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 2x5x2, duas linhagens, cinco relações (metionina+cistina):lisina e dois sexos, sendo cada repetição constituída de um animal.

As aves foram alojadas em galpão convencional, em círculos de proteção, sobre cama de maravalha, campânulas de aquecimento até os 21 dias de idade, com fornecimento de água e dieta experimental. Durante os 35 dias todas as codornas foram pesadas semanalmente para a obtenção dos pesos corporais, e no 36º dia de idade foram submetidas ao abate para obtenção das características de carcaça.

Ao nascimento, as aves foram distribuídas aleatoriamente em cinco boxes, contendo diferentes relações (metionina+cistina):lisina digestível (0,61; 0,66; 0,71; 0,76 e 0,81), com 26,12% de proteína bruta (PB) e 2900 kcal energia metabolizável (EM)/kg (TAB. 1). As dietas foram balanceadas com base no conteúdo aminoacídico digestível dos alimentos (ROSTAGNO et al., 2011), e segundo as exigências nutricionais recomendadas por Silva e Costa (2009). A fim de segurar que nenhum aminoácido ficasse deficiente na dieta, foram acrescentados 3% nas exigências de cada aminoácido, exceto lisina digestível e metionina+cistina digestíveis. Posteriormente, do 22º ao 35º dia de idade, todas as codornas foram alimentadas com dieta contendo 22% PB e 3050 kcal EM/kg (TAB. 2).

Tabela 1 – Composição das dietas fornecidas às codornas de corte do nascimento aos 21 dias de idade, segundo as relações (metionina+cistina):lisina

Ingrediente (%)	Relação (metionina+cistina):lisina				
	0,61	0,66	0,71	0,76	0,81
Milho Moído	50,97	50,97	50,97	50,97	50,97
Farelo de Soja (45%)	34,11	34,11	34,11	34,11	34,11
Glúten de Milho (60%)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Calcário Calcítico	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
Fosfato Bicálcico	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
Sal Comum	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Mistura Mineral <sup>(1)</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Mistura Vitamínica <sup>(2)</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
L- Lisina HCl (78%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
DL- Metionina (99%)	0,00	0,07	0,13	0,19	0,25
L- Treonina (99%)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
L- Isoleucina (99%)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
L- Arginina (99%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
L-Glutâmico (99%)	0,50	0,43	0,36	0,31	0,24
Amido	0,50	0,50	0,51	0,50	0,51
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada					
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900
Proteína Bruta (%)	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12
Cálcio (%)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Fósforo Disponível (%)	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Sódio (%)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Fibra Bruta (%)	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
Aminoácidos digestíveis (%)					
Lisina	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250
Metionina +Cistina	0,760	0,830	0,890	0,950	1,010
Triptofano	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212
Treonina	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987
Arginina	1,798	1,798	1,798	1,798	1,798
Isoleucina	1,075	1,075	1,075	1,075	1,075
Valina	1,104	1,104	1,104	1,104	1,104

<sup>(1)</sup>Composição/kg de produto: Manganês: 160g, Ferro: 100g, Zinco: 100g, Cobre: 20g, Cobalto: 2g, Iodo: 2g, Excipiente q.s.p.: 1000 g.

<sup>(2)</sup>Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D<sub>3</sub>:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B<sub>1</sub>:2.500 mg, Vit B<sub>2</sub>: 8.000 mg, Vit B<sub>6</sub>:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B<sub>12</sub>: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

Tabela 2 – Composição da dieta fornecida às codornas de corte dos 22 aos 35 dias de idade

Ingrediente (%)	Composição (%)
Milho Moído	58,48
Farelo de Soja (45%)	37,79
Calcário Calcítico	0,93
Fosfato Bicálcico	0,82
Sal Comum	0,34
Óleo de soja	1,04
Mistura Mineral ( <sup>1</sup> )	0,20
Mistura Vitamínica ( <sup>2</sup> )	0,20
L- Lisina HCl (78%)	0,00
DL- Metionina (99%)	0,18
Total	100,00
Composição calculada	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3050,00
Proteína Bruta (%)	22,00
Cálcio (%)	0,70
Fósforo Disponível (%)	0,27
Sódio (%)	0,15
Aminoácidos digestíveis (%)	
Lisina	1,250
Metionina +Cistina	1,010
Triptofano	0,212
Treonina	0,987
Arginina	1,798
Isoleucina	1,075
Valina	1,104

<sup>(1)</sup>Composição/kg de produto: Manganês: 160g, Ferro: 100g, Zinco: 100g, Cobre: 20g, Cobalto: 2g, Iodo: 2g, Excipiente q.s.p.: 1000 g.

<sup>(2)</sup>Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D<sub>3</sub>:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B<sub>1</sub>:2.500 mg, Vit B<sub>2</sub>: 8.000 mg, Vit B<sub>6</sub>:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B<sub>12</sub>: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

As análises estatísticas do peso corporal aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias de idade, pesos e rendimentos da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa foram realizadas utilizando-se o PROC GLM do SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2002), segundo o modelo:

$$Y_{ijkm} = \mu + M_i + L_j + S_k + ML_{ij} + MS_{ik} + LS_{jk} + MLS_{ijk} + e_{ijkm};$$

em que:

$Y_{ijkm}$  = característica referente a linhagem  $j$ , na relação  $i$  de (metionina+cistina):lisina, do sexo  $k$ , pertencente a repetição  $m$ ;

$\mu$  = média geral;

$M_i$  = efeito da relação (metionina+cistina):lisina  $i$ ,  $i = 0,61; 0,66; 0,71; 0,76$  e  $0,81$ ;

$L_j$  = efeito da linhagem  $j$ ,  $j = 1, 2$ ;

$S_k$  = efeito do sexo  $k$ ,  $k = 1, 2$ ;

$ML_{ij}$  = efeito da interação relação (metionina+cistina):lisina x linhagem;

$MS_{ik}$  = efeito da interação relação (metionina+cistina):lisina x sexo;

$LS_{jk}$  = efeito da interação linhagem x sexo;

$MLS_{ijk}$  = efeito da interação relação (metionina+cistina):lisina x linhagem x sexo.

$e_{ijkm}$  = erro associado a cada observação.

O efeito da relação (metionina+cistina):lisina, quando significativo ( $P < 0,05$ ), foi avaliado utilizando-se o PROC REG do SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2002), considerando-se a significância a 5% de probabilidade. Os efeitos das relações (metionina+cistina):lisina digestíveis foram calculados por análise de regressão, ao se desdobrarem os graus de liberdade desse fator em seus componentes lineares e quadráticos para escolha do modelo de regressão que melhor descrevesse as observações.

Quando as interações foram significativas ( $P < 0,05$ ) as análises de regressão das variáveis em função das relações (metionina+cistina):lisina foram realizadas dentro de cada linhagem ou sexo, considerando-se o nível de significância de 5% de probabilidade, respeitada a resposta biológica das aves. Na ausência de interações significativas ( $P \geq 0,05$ ), o sexo, linhagem e relações (metionina+cistina):lisina foram estudados como efeitos principais.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observada interação tripla (linhagem x (metionina+cistina):lisina x sexo) para nenhuma das características analisadas.

Não houve interação significativa ( $P \geq 0,05$ ) entre as relações (metionina+cistina):lisina e as linhagens, para pesos corporais e características de carcaça, o que significa que não é necessária a formulação de dietas específicas para cada linhagem nesta fase (nascimento ao 21º dia de idade).

Da mesma forma, não foi observada interação significativa para linhagem x sexo, para nenhuma das características estudadas.

Tabela 4 – Efeito de diferentes relações (metionina+cistina):lisina (MCL) da dieta sobre os pesos corporais de codornas de corte em diferentes idades

Fator		P7	P14	P21	P28	P35
Linhagem	LF1	32,28a	76,92a	136,37a	194,36a	248,48 <sup>a</sup>
	LF2	29,99b	71,86b	129,25b	182,88b	239,74b
MCL	0,61	27,51	62,13	122,73	175,12	236,81
	0,66	30,45	70,43	119,67	179,96	237,78
	0,71	30,02	74,23	130,42	192,42	246,19
	0,76	32,95	81,19	143,09	194,37	244,61
	0,81	33,86	82,67	146,88	200,43	250,70
	Efeito	Linear	Linear	Interação <sup>1</sup>	Interação <sup>1</sup>	Linear
Sexo	Macho	30,82b	73,42b	130,12	184,29	237,74b
	Fêmea	31,33a	75,05a	134,57	191,49	249,86 <sup>a</sup>
Níveis de significância do teste F (P-valores)						
Linhagem x MCL		0,256	0,360	0,777	0,705	0,561
Linhagem x Sexo		0,217	0,227	0,408	0,376	0,771
MCL x Sexo		0,082	0,051	0,008	0,032	0,444
Linhagem x MCL x Sexo		0,111	0,138	0,289	0,313	0,885
CV(%)		13,95	14,45	12,02	12,61	9,72

P7, P14, P21, P28 e P35 – peso corporal aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias de idade; CV – coeficiente de variação.

<sup>1</sup> Interação desdobrada na Figura 1 e Tabela 4.

Médias na coluna, dentro de linhagem ou sexo, seguidas por letras distintas diferem pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Contudo, para os pesos corporais aos 21 e aos 28 dias de idade foi encontrada interação significativa entre sexo x (metionina+cistina):lisina (TAB. 3), embora o melhor desempenho das codornas, de ambos os sexos, ocorreu com a maior relação (metionina+cistina):lisina digestível, ou seja, 0,81 (FIG. 1). Desta forma, verificou-se efeito linear crescente da relação (metionina+cistina):lisina sobre os pesos corporais aos 21 e aos 28 dias de idade dos machos e fêmeas (FIG. 1).

Tabela 3 – Interação entre sexo x (metionina+cistina):lisina para os pesos corporais de codornas de corte aos 21 e aos 28 dias de idade

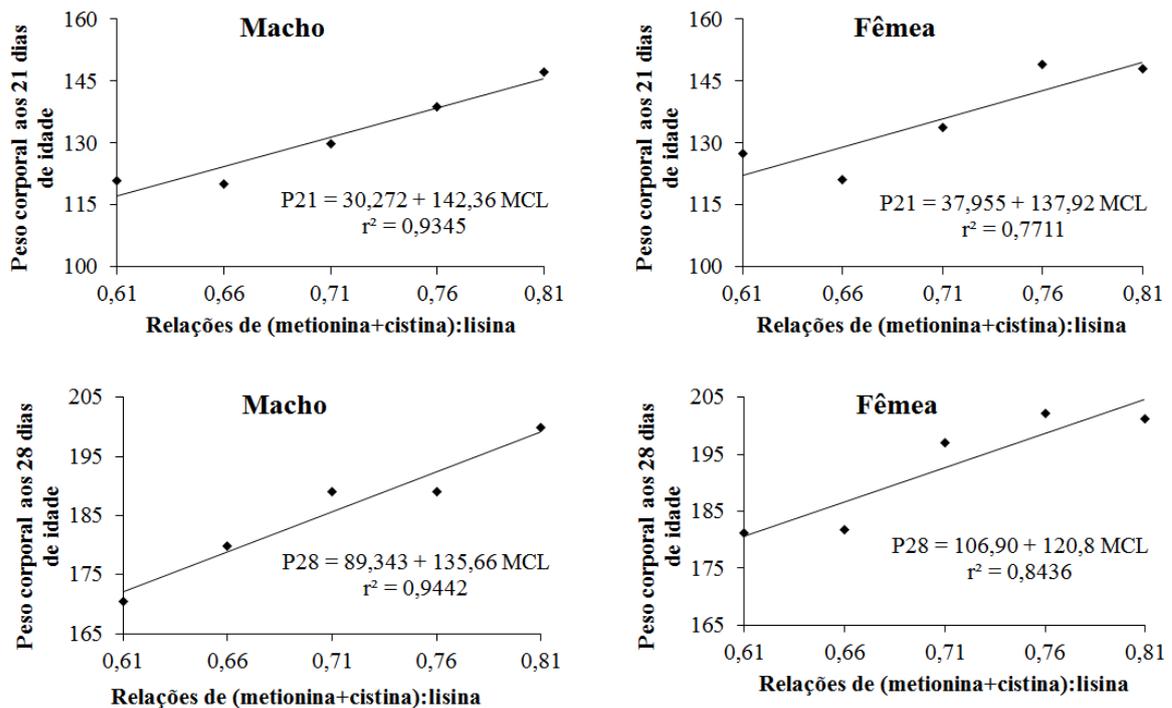
Peso corporal	Sexo	Relações (Metionina+Cistina):Lisina				
		0,61	0,66	0,71	0,76	0,81
P21	Macho	120,86b	120,16a	129,83a	138,72b	147,17 <sup>a</sup>
	Fêmea	127,56a	121,01a	133,72a	149,11a	147,99 <sup>a</sup>
P28	Macho	170,49b	179,92a	189,03a	189,01b	199,86 <sup>a</sup>
	Fêmea	181,29a	181,68a	196,97a	202,16a	201,25 <sup>a</sup>

P21 e P28 – Pesos corporais aos 21 e 28 dias de idade.

Médias na coluna, dentro de cada característica, seguidas por letras distintas diferem pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Para peso corporal aos 21 ou aos 28 dias de idade, as fêmeas foram mais pesadas que os machos nas relações (metionina+cistina):lisina digestível de 0,61 e 0,76, não havendo diferença entre sexos nas demais relações (metionina+cistina):lisina da dieta (TAB. 3).

Figura 1 – Desdobramento da interação entre sexo e relações (metionina+cistina):lisina para os pesos corporais de codornas de corte aos 21 e aos 28 dias de idade.



As relações (metionina+cistina):lisina (MCL) da dieta influenciaram de forma linear crescente ( $P < 0,05$ ) os pesos corporais aos 7, aos 14, e aos 35 dias de idade (TAB. 4).

Verifica-se, portanto, que os maiores pesos corporais das codornas de corte foram obtidos com a utilização da maior relação (metionina+cistina):lisina digestível da dieta, 0,81. Entretanto, destaca-se que a exigência de (metionina+cistina):lisina para peso corporal observada neste estudo encontra-se acima do que é preconizado (0,73) pelo NRC (1994). Porém a recomendação do NRC refere-se à exigência de codornas japonesas, destinadas à postura, que apresentam desempenhos diferentes das codornas de corte (europeias). Como as codornas de corte apresentam maiores pesos e taxas de crescimento que as codornas japonesas, são necessárias maiores concentrações de aminoácidos nas dietas para o rápido crescimento dessas aves, em razão do alto requerimento para a formação do tecido proteico (FERREIRA et al., 2012).

Corrêa et al. (2010) verificaram que codornas alimentadas com dietas contendo às relações metionina + cistina total de 0,95 (sétimo ao 21º dia de idade) e 1,03% na fase total

(sétimo ao 42° dia de idade) propiciam maior ganho de peso, o que corresponde as relações metionina+cistina: lisina total de 0,73 e 0,79 respectivamente. Enquanto Ferreira et al. (2012), ao estudarem a exigência nutricional de metionina+cistina total da dieta para codornas de corte, verificaram que na fase inicial (nascimento ao 21° dia) ela é 0,95%, e para fase total de criação (nascimento ao 35° dia de idade) é 0,93%, o que corresponde às relações (metionina + cistina): lisina total de 0,73 e 0,71, respectivamente.

Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da linhagem sobre o peso corporal, em que as codornas LF1 foram mais pesadas, em todas as idades avaliadas, do que codornas LF2 (TAB. 4), tal diferença pode ser explicada pelo fato de essas aves terem constituição genética diferente.

Assim como para os pesos corporais, não foi observada interação significativa ( $P \geq 0,05$ ) entre as relações (metionina+cistina):lisina na dieta e o sexo das codornas para as características de carcaça.

As relações crescentes (metionina+cistina):lisina na dieta resultaram em aumento linear crescente ( $P < 0,05$ ) no peso da carcaça, do peito, da coxa+sobrecoxa e no rendimento do peito das codornas (TAB. 5). Isto indica que o fornecimento da relação (metionina+cistina):lisina digestível de 0,81 na dieta de codornas de corte, do nascimento aos 21 dias de idade, promove melhorias nas características de carcaça.

Corrêa et al. (2010), ao avaliarem níveis 0,73; 0,79; 0,85; 0,91; 0,97 e 1,03% de metionina+cistina da dieta, fornecidos do 7° ao 42° dia de idade de codornas de corte, não observaram efeito da dieta sobre as características de carcaça. Nem mesmo o nível mais alto de metionina+cistina, usado no experimento (1,03%), foi suficiente para alterar o comportamento do peso vivo antes do abate, peso e rendimento de carcaça, peito, coxa.

As codornas da linhagem LF1 apresentaram maiores pesos da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa, sendo que para as demais características de carcaça não houve efeito de linhagem (TAB. 5). Este resultado ocorre em função das codornas da linhagem LF1 apresentarem, em todas as idades, maior peso corporal e conseqüentemente maiores pesos da carcaça e cortes.

Tabela 5 – Efeito de diferentes relações (metionina+cistina):lisina (MCL) da dieta sobre características de carcaça de codornas de corte abatidas aos 36 dias de idade

Fator		PCARC	RCARC	PPEITO	RPEITO	PCSC	RCSC
Linhagem	LF1	188,71a	74,57	78,24a	41,42	43,24a	22,94
	LF2	181,10b	74,10	75,23b	41,44	41,48b	22,87
MCL	0,61	179,11	73,96	73,34	40,91	41,30	23,12
	0,66	179,65	74,38	75,00	41,72	41,17	23,04
	0,71	187,53	74,52	77,85	41,41	42,94	22,88
	0,76	184,07	74,22	76,78	41,68	42,21	22,81
	0,81	191,20	74,65	79,84	41,66	43,43	22,70
	Efeito	Linear	Linear	ns	Linear	Linear	Linear
Sexo	Macho	178,56b	75,24a	73,60b	41,15b	40,77b	22,83
	Fêmea	190,51a	73,54b	79,51a	41,69a	43,77a	22,98
Níveis de significância do teste F (P-valores)							
Linhagem x MCL		0,814	0,721	0,436	0,180	0,866	0,421
Linhagem x Sexo		0,852	0,482	0,722	0,909	0,919	0,920
MCL x Sexo		0,239	0,692	0,650	0,643	0,240	0,984
Linhagem x MCL x Sexo		0,320	0,952	0,878	0,677	0,625	0,766
CV (%)		9,96	5,28	11,65	5,54	11,26	7,19

PCARC – peso da carcaça; RCARC – rendimento da carcaça; PPEITO – peso do peito; RPEITO – rendimento do peito; PCSC – peso da coxa+sobrecoxa; RCSC – rendimento da coxa+sobrecoxa; ns – não significativo; CV – coeficiente de variação.

Médias na coluna, dentro de linhagem ou sexo, seguidas por letras distintas diferem pelo teste F, a 5% de probabilidade.

As fêmeas apresentaram maiores pesos da carcaça e da coxa+sobrecoxa, além do peso e rendimento do peito. No entanto, os machos apresentaram maior rendimento da carcaça. Segundo Silva et al. (2006), as fêmeas de codornas europeias apresentam maior peso que os machos da sexta à oitava semana de vida, em razão dos órgãos reprodutivos e isto explica o maior rendimento da carcaça obtido pelos machos.

Estes resultados estão de acordo com os descritos por Corrêa et al. (2010) que verificaram que as codornas fêmeas apresentaram maiores peso corporal, carcaça eviscerada, coxa, peito, enquanto que os machos apresentaram maior rendimento de carcaça, quando alimentadas com diferentes níveis de metionina + cistina.

#### 4. CONCLUSÃO

Dieta contendo relação (metionina+cistina):lisina digestível de 0,81, fornecida do nascimento ao 21º dia de idade, proporciona maiores pesos corporais e pesos e rendimentos de carcaça em codornas de corte.

Estudos devem ser realizados, avaliando-se relações destes aminoácidos maiores que 0,81 para se encontrar a relação (metionina+cistina):lisina digestível para máximo desempenho das codornas.

A linhagem LF1 apresenta melhor desempenho e melhores características de carcaça.

O sexo influi significativamente, nas características de peso e rendimento de carcaça.

## 5. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o suporte financeiro da CAPES, CNPq, FAPEMIG, e a Ajinomoto pelo fornecimento dos aminoácidos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATENCIO, A.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigências de Metionina + Cistina para Frangos de Corte Machos em Diferentes Fases de Criação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1152-1166, 2004

CORRÊA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B. et al. Exigência de metionina + cistina total para codornas de corte em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.3, p.414-420, 2006.

CORRÊA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B. et al. Níveis de metionina + cistina para características de desempenho e carcaça em codornas de corte EV2. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, p.940-947, 2010.

COSTA, F.G.P.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Níveis dietéticos de lisina para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 40 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.5, p.1490-1497, 2001.

EMMERT, M.W.; BAKER, D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broilers diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v.6, n.4, p.462-470, 1997.

FERREIRA, F.; CORRÊA, G.S.S.; CORRÊA, A.B. et al. Exigência de metionina + cistina para codornas de corte durante a fase de crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.1, p.120-126, 2012.

KIM, W.K.; FROELICH JR., C.A.; PATTERSON, P.H. The potential to reduce poultry nitrogen emissions with dietary methionine or methionine analogues supplementation. **World's Poultry Science Journal**, v.62, n.2, p.338-353, 2006.

LANA, S.R.V.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade mantidos em ambiente de termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1614-1623, 2005.

NUTRIENT – National Research Council. Nutrient requirements of poultry.9.ed. Washington: National Academy of Sciences, p.44-45, 1994.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011.

SAS STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **User's guide: Statistics**. Version 9.0, NC; SAS Institute, 2002.

SILVA, E.L.; SILVA, J.H.V.; JORDÃO FILHO, J. et al. Redução dos níveis de proteína e suplementação aminoácídica em rações para codornas europeias (*Coturnix coturnix coturnix*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.822-829, 2006.

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

SVACHA, A.; WEBER, C.W.; REID, B.L. Lysine, methionine and glycine requirements of Japanese quail to five weeks of age. **Poultry Science**, v.49, n.1, p.54-59, 1970.

VIDAL, T.Z.B.; FONTES, D.O.; FERREIRA, F. et al. Teor de metionina + cistina para codornas de corte do nascimento aos 21 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.1, p.242-248, 2015.

## ARTIGO 02

### **Exigência de (metionina+cistina):lisina para pesos corporais e características de carcaça em codornas de corte na fase final do período de crescimento**

#### **RESUMO**

Objetivou-se estudar a exigência de (metionina+cistina):lisina dos pesos corporais e características de carcaça de codornas de corte. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 5x2x2, com cinco relações (metionina+cistina):lisina (0,68, 0,73, 0,78, 0,83 e 0,88), duas linhagens (LF1 e LF2) e dois sexos (identificadas com anilhas ao nascimento) utilizando 1060 codornas. Foram estudados os pesos corporais aos 28 e aos 35 dias de idade, pesos e rendimentos da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa. Observou-se efeito linear crescente das relações (metionina+cistina):lisina das dietas sobre os pesos corporais aos 28 e aos 35 dias de idade, peso da carcaça e peso do peito, e efeito quadrático sobre o rendimento da carcaça e peso da coxa+sobrecoxa com máximo e mínimo estimados para codornas alimentadas com dietas contendo 0,75 e 0,74 da relação (metionina+cistina):lisina, respectivamente. O melhor desempenho das codornas nas demais características foi estimado para dietas contendo 0,88 da relação (metionina+cistina):lisina. Codornas da linhagem LF1 apresentaram maiores pesos corporais aos 28 e aos 35 dias de idade, pesos da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa, em relação à linhagem LF2. Recomenda-se a utilização da relação (metionina+cistina):lisina 0,88 para melhor desempenho das codornas, e 0,75 para melhor rendimento da carcaça.

Palavras-chave: Desempenho. Carcaça. Pesos corporais. Aminoácido.

## ABSTRAT

(Methionine+cystine):lysine requirements for performance and carcass traits of meat quails in the second phase of the growth

This research was carried out to estimate the requirements of (methionine+cystine):lysine ratio for body weights and carcass characteristics of European quails in a completely randomized experimental design. The treatments consisted of a 5x2x2 factorial scheme with five (methionine+cystine):lysine ratios (0.68, 0.73, 0.78, 0.83 and 0.88), two strains (LF1 and LF2) and two sexes (identified with washers at birth), using a total of 1060 quails. Body weights at 28 and at 35 days of age, weights and yields of carcass, breast and thigh + drumstick were studied. There was a linear increase in body weights at 28 and 35 days of age, carcass weight and breast weight in function of (methionine+cystine):lysine of diets and quadratic effect on carcass yield and thigh+drumstick weight, with maximum and minimum estimated for quails fed 0.75 and 0.74 (methionine+cystine):lysine diets, respectively. Best performance for other traits were estimated for quails fed 0.88 of (methionine+cysteine):lysine ratios diets. Quails of LF1 strain showed higher body weights at 28 and at 35 days of age, carcass weight, breast and thigh + drumstick, than LF2 quails. The (methionine+cystine):lysine ratio of 0.88 is suggested for best performance of quails and 0.75 for maximum carcass yield.

Keywords: Performance. Carcass yield. Body weights. Amino acid.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os custos de produção de codornas, a alimentação representa aproximadamente 70% do custo total, o que torna necessário fornecimento de níveis nutricionais adequados para melhor desempenho destas aves propiciando melhor retorno econômico (FREITAS et al., 2006).

A incorporação de aminoácidos sintéticos nas dietas permite a formulação de dietas com teores de proteína bruta menores do que os recomendados nas tabelas de exigências nutricionais (SILVA et al., 1997). Maximizando assim o uso dos aminoácidos para síntese proteica e minimizando sua utilização como fonte de energia favorecendo a obtenção do máximo desempenho animal (PINTO et al., 2003). Assim, o excesso de proteína ou o desequilíbrio na relação entre os aminoácidos essenciais aumenta o catabolismo e a perda fecal de nitrogênio (VIDAL et al., 2015), além do organismo desviar parte de sua energia destinada à manutenção e produção para sintetizar ácido úrico (SILVA et al., 2006).

Dentre os aminoácidos essenciais, a metionina e cistina são importantes para o crescimento das aves, reações de metilação e síntese de penas e são também importantes precursores da glutatona, taurina e coenzima A (LEHNINGER et al., 2002). A lisina além de ser aminoácido referência no balanceamento de proteína tem papel importante na síntese de carnitina, que atua no transporte de ácidos graxos para a beta-oxidação na mitocôndria, na formação da matriz óssea em animais jovens e no crescimento muscular (SILVA e RIBEIRO, 2001; RIBEIRO et al., 2003)

Na literatura encontram-se recomendações das relações de (metionina+cistina):lisina total para codornas de corte variando de 0,70 a 0,75 (CORRÊA et al., 2006; CORRÊA et al., 2010; FERREIRA et al., 2012; VIDAL et al., 2015). Sendo assim há necessidade de se estabelecerem as relações adequadas para melhor desenvolvimento de codornas de corte e avaliação de seu impacto nas características de carcaça.

Objetivou-se com este trabalho determinar as exigências nutricionais de (metionina+cistina):lisina do peso corporal e das características de carcaça de codornas de corte, na fase final do crescimento (22 a 35 dias de idade).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas instalações do Programa de Melhoramento Genético de Codornas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do

Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) com a autorização do CEUA (Comissão de Ética no Uso de Animais da UFVJM), protocolo nº027/2014.

As aves foram alojadas após o nascimento, em galpão convencional para codornas de corte, em círculos de proteção, sob cama de maravalha, campânulas de aquecimento contendo lâmpadas infravermelho de 250 watts até os 21 dias de idade.

Foram utilizadas 1060 codornas, em delineamento experimental inteiramente ao acaso, sendo os tratamentos constituídos de um esquema fatorial 5x2x2, ou seja, cinco relações (metionina+cistina):lisina (0,68, 0,73, 0,78, 0,83 e 0,88), dois sexos, e duas linhagens de corte (LF1 e LF2) , sendo cada repetição constituída de uma codorna. Durante 35 dias as codornas foram pesadas semanalmente para a obtenção dos pesos corporais, e aos 36 dias de idade foram abatidas para obtenção das características de carcaça.

As dietas fornecidas para as codornas do nascimento ao 21º dia de idade (TAB. 1) continham 26,12% PB e 2900 kcal EM/kg e foram balanceadas com base no conteúdo aminoacídico digestível dos alimentos (ROSTAGNO et al., 2011), e segundo as exigências nutricionais recomendadas por Silva e Costa (2009). A fim de segurar que nenhum aminoácido ficasse deficiente na dieta, foram acrescentados 3% nas exigências de cada aminoácido, exceto lisina digestível e metionina+cistina digestíveis. Do 22º ao 35º dia de idade as codornas foram alimentadas com dietas contendo as relações 0,68, 0,73, 0,78, 0,83 e 0,88 de (metionina+cistina): lisina, 21,73% PB e 2900 kcal EM/kg (TAB. 2).

Tabela 1 – Composição das dietas fornecidas às codornas de corte do nascimento aos 21 dias de idade, segundo as relações (metionina+cistina):lisina

Ingrediente (%)	Composição (%)
Milho Moído	50,97
Farelo de Soja (45%)	34,11
Glúten de Milho (60%)	10,00
Calcário Calcítico	1,22
Fosfato Bicálcico	1,16
Sal Comum	0,38
Mistura Mineral <sup>(1)</sup>	0,20
Mistura Vitamínica <sup>(2)</sup>	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01
L- Lisina HCl (78%)	0,23
DL- Metionina (99%)	0,25
L- Treonina (99%)	0,12
L- Isoleucina (99%)	0,06
L- Arginina (99%)	0,34
L-Glutâmico (99%)	0,24
Amido	0,51
<b>Total</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição calculada</b>	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.900
Proteína Bruta (%)	26,12
Cálcio (%)	0,85
Fósforo Disponível (%)	0,32
Sódio (%)	0,17
Fibra Bruta (%)	2,72
<b>Aminoácidos digestíveis (%)</b>	
Lisina	1,250
Metionina +Cistina	1,010
Triptofano	0,212
Treonina	0,987
Arginina	1,798
Isoleucina	1,075
Valina	1,104

<sup>(1)</sup>Composição/kg de produto: Manganês: 160g, Ferro: 100g, Zinco: 100g, Cobre: 20g, Cobalto: 2g, Iodo: 2g, Excipiente q.s.p.: 1000 g.

<sup>(2)</sup>Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D<sub>3</sub>:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B<sub>1</sub>:2.500 mg, Vit B<sub>2</sub>: 8.000 mg, Vit B<sub>6</sub>:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B<sub>12</sub>: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

Tabela 2 – Composição da dieta fornecida às codornas de corte dos 22 aos 35 dias de idade

Ingrediente (%)	Relações (metionina+cistina):lisina				
	0,68	0,73	0,78	0,83	0,88
Milho Moído	61,09	61,09	61,09	61,09	61,09
Farelo de Soja (45%)	30,45	30,45	30,45	30,45	30,45
Glúten de Milho (60%)	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70
Calcário Calcítico	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Fosfato Bicálcico	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Sal Comum	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Mistura Mineral <sup>(1)</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Mistura Vitamínica <sup>(2)</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
DL- Metionina (99%)	0,00	0,04	0,09	0,13	0,19
L- Arginina (99%)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
L-Glutâmico (99%)	0,50	0,45	0,40	0,36	0,30
Amido	0,50	0,51	0,51	0,51	0,51
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Composição calculada</b>					
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3050	3050	3050	3050	3050
Proteína Bruta (%)	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Cálcio (%)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Fósforo Disponível (%)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Sódio (%)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Fibra Bruta (%)	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
<b>Aminoácidos digestíveis (%)</b>					
Lisina	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920
Metionina + Cistina	0,630	0,670	0,720	0,760	0,810
Triptofano	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220
Treonina	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733
Arginina	1,370	1,370	1,370	1,370	1,370
Isoleucina	0,843	0,843	0,843	0,843	0,843
Valina	0,927	0,927	0,927	0,927	0,927

<sup>(1)</sup>Composição/kg de produto: Manganês: 160g, Ferro: 100g, Zinco: 100g, Cobre: 20g, Cobalto: 2g, Iodo: 2g, Excipiente q.s.p.: 1000 g.

<sup>(2)</sup>Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D<sub>3</sub>:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B<sub>1</sub>:2.500 mg, Vit B<sub>2</sub>: 8.000 mg, Vit B<sub>6</sub>:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B<sub>12</sub>: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

As características estudadas foram peso corporal aos 28 e aos 35 dias de idade, pesos e rendimentos da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o PROC GLM do SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2002), segundo o modelo:

$$Y_{ijkm} = \mu + M_i + L_j + S_k + ML_{ij} + MS_{ik} + LS_{jk} + MLS_{ijk} + e_{ijkm}$$

em que:

$Y_{ijkm}$  = característica referente a linhagem  $j$ , na relação  $i$  de (metionina+cistina):lisina, do sexo  $k$ , pertencente a repetição  $m$ ;

$\mu$  = média geral;

$M_i$  = efeito da relação (metionina+cistina):lisina  $i$ ,  $i = 0,68; 0,73; 0,78; 0,83$  e  $0,88$ ;

$L_j$  = efeito da linhagem  $j$ ,  $j = 1, 2$ ;

$S_k$  = efeito do sexo  $k$ ,  $k = 1, 2$ ;

$ML_{ij}$  = efeito da interação relação (metionina+cistina):lisina x linhagem;

$MS_{ik}$  = efeito da interação relação (metionina+cistina):lisina x sexo;

$LS_{jk}$  = efeito da interação linhagem x sexo;

$MLS_{ijk}$  = efeito da interação relação (metionina+cistina):lisina x linhagem x sexo.

$e_{ijkm}$  = erro associado a cada observação.

O efeito da relação (metionina+cistina):lisina digestíveis, quando significativo ( $P < 0,05$ ), foi avaliado por meio de análise de regressão, utilizando-se o PROC REG do SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2002), ao se desdobrarem os graus de liberdade desse fator em seus componentes lineares e quadráticos para escolha do modelo de regressão que melhor descrevesse as observações.

Quando as interações foram significativas ( $P < 0,05$ ) as análises de regressão das variáveis em função das relações (metionina+cistina):lisina foram realizadas dentro de cada linhagem ou sexo, considerando-se o nível de significância de 5% de probabilidade, respeitada a resposta biológica das aves. Na ausência de interações significativas ( $P \geq 0,05$ ), o sexo, linhagem e relações (metionina+cistina):lisina foram estudados como efeitos principais.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado efeito significativo da interação relação (metionina+cistina):lisina x sexo x linhagem ( $P \geq 0,05$ ) e das interações simples: (metionina+cistina):lisina x linhagem, (metionina+cistina):lisina x sexo e linhagem x sexo para nenhuma das características.

Observou-se efeito da linhagem nos pesos corporais aos 28 e 35 dias de idade, pesos da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa (TAB. 4), em que a linhagem LF1 apresentou as maiores médias em relação a LF2, decorrente da constituição genética destas linhagens.

Tabela 4 – Efeito de diferentes relações (metionina+cistina):lisina (MCL) da dieta sobre pesos corporais e características de carcaça de codornas de corte abatidas aos 36 dias de idade

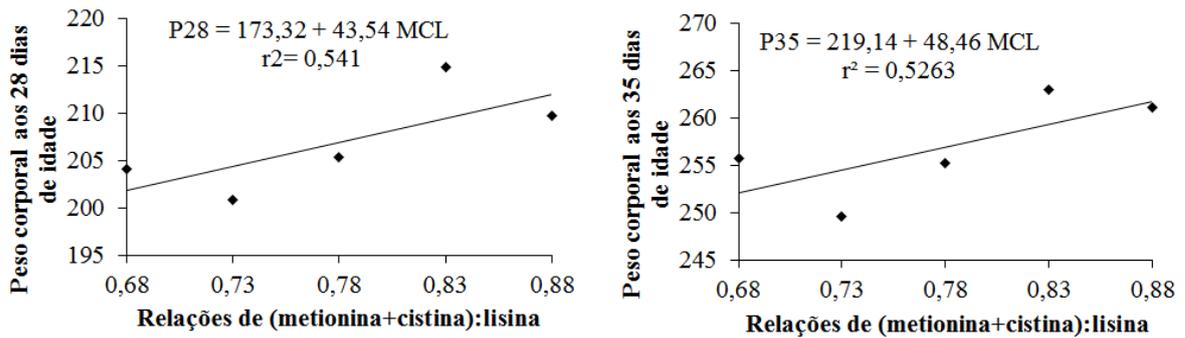
Fator		P28	P35	PCARC	RCARC	PPEITO	RPEITO	PCSC	RCSC
Linhagem	LF1	210,23a	261,68a	196,82a	74,72	82,64a	41,79	45,71a	23,14
	LF2	204,00b	253,33b	190,47b	74,69	80,06b	42,02	44,06b	23,20
MCL	0,68	204,02	255,68	192,02	74,56	80,72	42,14	45,11	23,57
	0,73	200,82	249,64	190,77	76,00	79,49	41,64	44,23	23,21
	0,78	205,32	255,28	192,62	74,97	80,07	41,52	44,77	23,24
	0,83	214,79	262,97	197,18	74,21	83,79	42,73	45,56	23,23
	0,88	209,65	261,13	195,09	73,50	82,68	42,65	45,70	23,58
	Efeito	Linear	Linear	Linear	Quadr.	Linear	Ns	Quadr.	Ns
Sexo	Macho	203,04	249,71	187,58b	75,79a	78,75b	41,94	42,55b	22,68b
	Fêmea	210,99	265,14	199,76a	73,46b	83,97a	41,90	47,36a	23,73a
Níveis de significância do teste F (P-valores)									
L x MCL		0,565	0,669	0,703	0,967	0,390	0,345	0,773	0,329
L x S		0,680	0,574	0,334	0,504	0,221	0,609	0,415	0,904
MCL x S		0,633	0,856	0,476	0,195	0,085	0,216	0,931	0,137
L x MCL x S		0,256	0,120	0,490	0,191	0,097	0,167	0,570	0,326
CV(%)		9,10	8,61	9,60	4,20	11,71	6,22	11,10	7,49

P28 e P35 – peso corporal aos 28 e aos 35 dias de idade; PCARC – peso da carcaça; RCARC – rendimento da carcaça; PPEITO – peso do peito; RPEITO – rendimento do peito; PCSC – peso da coxa+sobrecoxa; RCSC – rendimento da coxa+sobrecoxa; L – Linhagem; S – Sexo; Ns – não significativo; Quadr. – efeito quadrático; CV(%) – coeficiente de variação.

As fêmeas apresentaram maiores pesos corporais, pesos da carcaça, do peito e peso e rendimento da coxa+sobrecoxa, e os machos maior rendimento da carcaça. Corroborando os resultados encontrados por Corrêa et al. (2010) que observaram maiores peso corporal e rendimento do peito nas fêmeas, em decorrência da maior precocidade das fêmeas em relação aos machos.

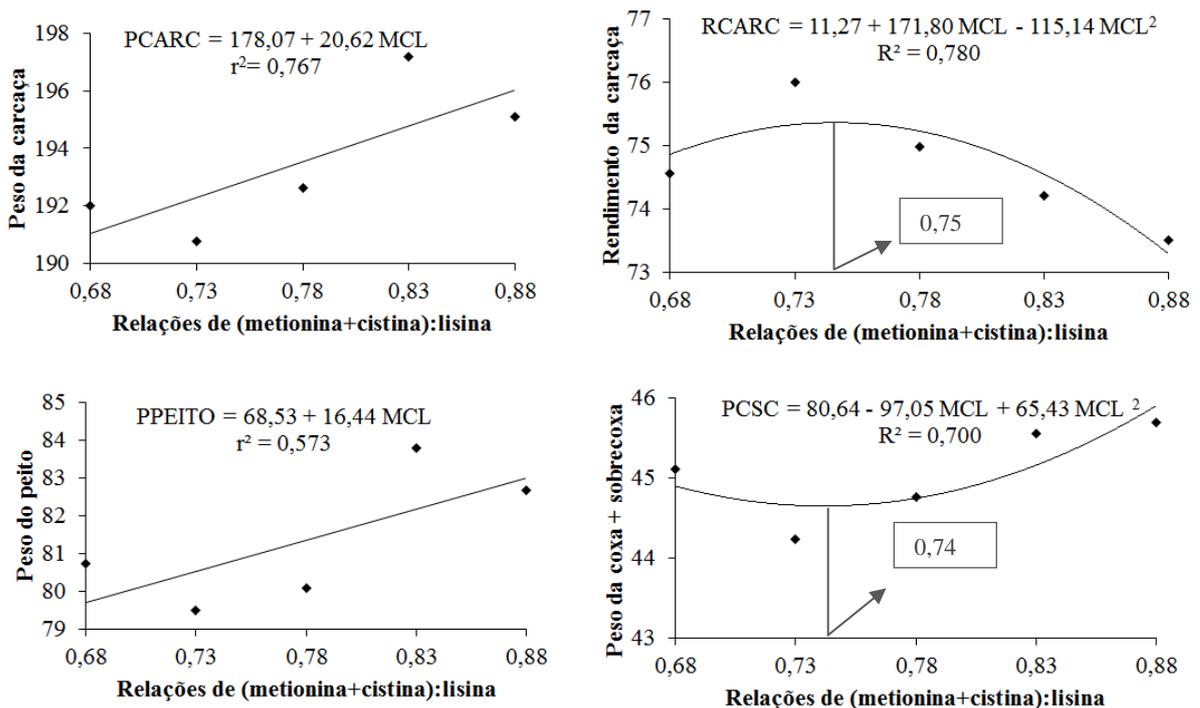
As relações (metionina+cistina):lisina das dietas influenciaram de forma linear crescente ( $P < 0,05$ ) os pesos corporais aos 28 e aos 35 dias de idade (FIG. 1). Portanto, estudos com as dietas formuladas com relações maiores que 0,88 de (metionina+cistina):lisina devem ser conduzidos para estabelecer o nível desta relação para que as codornas expressem peso corporal máximo. Deve ser ressaltado, contudo que, resultados semelhantes foram encontrados por Pinto et al. (2003) que, ao testarem seis porcentagens de metionina + cistina, variando de 0,55 a 0,86%, para codornas japonesas em crescimento (sétimo ao 42º dia de idade), observaram efeito linear crescente, recomendando o nível 0,86% de metionina + cistina para máximo peso final e ganho de peso.

Figura 1 – Regressão dos pesos corporais aos 28 e aos 35 dias de idade de codornas de corte submetidas às relações (metionina+cistina):lisina (MCL) nas dietas



Os pesos da carcaça e do peito foram influenciados de forma linear crescente pela relação (metionina+cistina):lisina da dieta, mas o rendimento da carcaça e peso da coxa+sobrecoxa foram influenciados de forma quadrática (FIG. 2).

Figura 2 – Regressão dos pesos da carcaça, do peito, da coxa+sobrecoxa, e rendimento da carcaça de codornas de corte à relação (metionina+cistina):lisina (MCL) da dieta



O rendimento da carcaça aumentou até 0,75 da relação (metionina+cistina):lisina e o peso da coxa+sobrecoxa começou a aumentar com 0,74 de inclusão, sendo esta, portanto, a relação (metionina+cistina):lisina mínima que deve ser fornecida para estas aves.

Não se verificou efeito das relações (metionina+cistina):lisina da dieta sobre o rendimento do peito ou sobre o rendimento da coxa+sobrecoxa. Corrêa et al. (2010) não

observaram efeito dos níveis de metionina + cistina da dieta fornecida do 7º ao 42º dia de idade sobre as características de carcaça das codornas de corte.

Verificou-se, efeito linear crescente das relações (metionina + cistina):lisina sobre todas as características de peso (corporal, carcaça ou cortes) evidenciando neste estudo que a relação (metionina+cistina):lisina da dieta recomendada é 0,88, sem que fossem, atingidos os máximos desempenhos. Sugerem-se novos estudos para testar relações (metionina+cistina):lisina da dieta maiores que 0,88 para estabelecer a relação que otimize a expressão de todas essas características.

#### 4. CONCLUSÃO

A relação (metionina+cistina):lisina para melhor desempenho das codornas é 0,88 e para máximo rendimento da carcaça, 0,75. As fêmeas e a linhagem LF1 apresentaram os melhores resultados.

#### 5. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o suporte financeiro da CAPES, CNPq, FAPEMIG, e a Ajinomoto pelo fornecimento dos aminoácidos.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORRÊA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B. et al. Exigência de metionina + cistina total para codornas de corte em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.3, p.414-420, 2006.

CORRÊA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B. et al. Níveis de metionina + cistina para características de desempenho e de carcaça em codornas de corte EV2. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, p.940-947, 2010.

FERREIRA, F.; CORRÊA, G.S.S.; CORRÊA, A.B. et al. Exigência de metionina + cistina para codornas de corte durante a fase de crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.1, p.120-126, 2012.

FREITAS, A.C.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R. et al. Níveis de proteína bruta e energia metabolizável na ração para codornas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1705-1710, 2006.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios da bioquímica**. 3.ed. São Paulo: Sarvier, 2002, 975p.

NUTRIENT – National Research Council. Nutrient requirements of poultry.9.ed. Washington: National Academy of Sciences, p.44-45, 1994.

PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L. et al. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1174-1181, 2003.

RIBEIRO, M.L.G.; SILVA, J.H.V.; DANTAS, M.O. 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. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011.

SAS STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **User's guide: Statistics**. Version 9.0, NC; SAS Institute, 2002.

SILVA, M.A.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigências nutricionais em metionina + cistina para frangos de corte, em função do nível de proteína bruta da ração. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.357-363, 1997.

SILVA, J.H.V.; RIBEIRO, L.G.R. **Tabela nacional de exigência nutricional de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*)**. Bananeiras, PB: DAP/UFPB/Campus IV, 2001. 19p.

SILVA, E.L.; SILVA, J.H.V.; JORDÃO FILHO, J. et al. Redução dos níveis de proteína e suplementação aminoácídica em rações para codornas europeias (*Coturnix coturnix coturnix*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.822-829, 2006.

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

SVACHA, A.; WEBER, C.W.; REID, B.L. Lysine, methionine and glycine requirements of Japanese quail to five weeks of age. **Poultry Science**, v.49, n.1, p.54-59, 1970.

VIDAL, T.Z.B.; FONTES, D.O.; FERREIRA, F. et al. Teor de metionina + cistina para codornas de corte do nascimento aos 21 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.1, p.242-248, 2015.

## ARTIGO 03

### **Sensibilidade dos valores genéticos dos pesos corporais de codornas de corte às variações das relações (metionina+cistina):lisina das dietas**

#### **RESUMO**

A pesquisa foi realizada para avaliar a sensibilidade de valores genéticos dos pesos corporais durante o período de crescimento das duas linhagens de codornas de corte (LF1 e LF2) às mudanças nas relações (metionina+cistina):lisina das dietas. Seiscentos e noventa e cinco codornas da linhagem LF1 e 708 da linhagem LF2 foram pesadas aos 14, 21, 28 e 35 dias de idade. As codornas foram alimentadas durante a primeira fase do crescimento (do nascimento aos 21 dias de idade) com dietas contendo as relações (metionina+cistina):lisina: 0,61, 0,66, 0,71, 0,76 e 0,81. As análises foram realizadas utilizando modelos de regressão aleatória e considerando classes de variância residual heterogênea (duas, três e quatro classes), de acordo com as diferentes relações (metionina+cistina):lisina e variância residual homogênea. As estimativas de variância genética e herdabilidade variaram de acordo com as relações (metionina+cistina):lisina das dietas. Os resultados indicaram alterações na sensibilidade de valores genéticos de peso corporal, em ambas as linhagens, às mudanças das relações (metionina+cistina):lisina das dietas com alterações quer na dispersão ou no ordenamento de valores genéticos. Avaliações genéticas usando informações de pesos corporais de codornas alimentadas com diferentes relações (metionina+cistina):lisina resultam em diferentes valores genéticos sugerindo que a avaliação genética deve ser feita utilizando dietas com a mesma relação aminoacídica que as codornas do sistema de produção serão alimentadas nesta fase do crescimento.

Palavras-chave: *Coturnix coturnix*. Heterogeneidade de variância. Norma de reação. Regressão aleatória.

## ABSTRACT

### Sensibility of body weight genetic values of quails to changes in the (methionine+cystine):lysine ratio of diets

The research was carried out to evaluate the sensitivity of genetic values of body weight during the growth period of two strains of European quails (LF1 and LF2) to changes in the (methionine+cystine):lysine ratios of diets. A total of 695 quails of LF1 and 708 of LF2 were weighed at 14, 21, 28 and 35 days of age. The quails were fed during the first phase of the growth (from birth to 21 days of age) with diet containing the following (methionine+cystine):lysine ratios: 0.61, 0.66, 0.71, 0.76 and 0.81. The analyses were performed using random regression models, and considering heterogeneous residual variance classes (two, three and four classes) residual variance, according to different (methionine+cystine):lysine ratios and homogeneous residual variance. Estimates of genetic variance and heritability varied according to strains and levels of (methionine+cystine):lysine ratios in diets. The results indicated changes in the sensitivity of genetic values of body weight in both strains, and levels of (methionine+cystine):lysine ratios of diets causing changes in the rank of genetic values. Genetic evaluations performed using body weight informations of quails fed different (methionine+cystine):lysine ratios diets resulted in different breeding values suggesting the evaluation should be performed using the same aminoacid ratio of diet the quails will be fed in this phase of the growth.

Keywords: *Coturnix coturnix*. Heterogeneity residual variance. Reaction norm. Random regression.

## 1. INTRODUÇÃO

As dietas formuladas para codornas são baseadas na exigência de proteína bruta podendo ocasionar consumo excessivo de aminoácidos essenciais, gerar incremento calórico desnecessário pela digestão e metabolismo destes em excesso, além de provocar aumento da excreção de ácido úrico, com maior gasto de energia (PINTO et al., 2003).

Deste modo, uma das formas de diminuir este excesso de excreção pelas aves é reduzir o nível de proteína bruta das dietas por meio de suplementação de aminoácidos (KIM et al., 2006). Com o uso de aminoácidos sintéticos nas dietas, evita-se a perda energética da dieta e diminui seu custo pelo uso de menores níveis de proteína bruta. Dentre os aminoácidos essenciais, a metionina se destaca como o primeiro limitante para aves. Além disso, metionina e cistina são considerados aminoácidos fisiologicamente essenciais para manutenção, crescimento e para o desenvolvimento das penas (PINTO et al., 2003).

Aliada à nutrição, a genética é fator importante na expressão das características produtivas das codornas. A interação entre estes fatores (genótipo x ambiente) é importante uma vez que a expressão de um genótipo ou o desempenho de um animal em um ambiente pode não ser igual quando ocorre a mudança do ambiente de criação (KOLMODIN et al., 2002).

Modelos de regressão aleatória têm sido os mais utilizados para análise de dados longitudinais, pois ajustam curvas de crescimento aleatórias para cada indivíduo e obtém estruturas de variâncias e covariâncias entre as diferentes medidas por meio de funções de covariâncias para os efeitos aleatórios de interesse (SARMENTO et al., 2010).

Dentre os modelos utilizados para avaliar a interação genótipo x ambiente destacam-se os modelos de regressão aleatória, que avaliam o desempenho dos animais em função do gradiente ambiental contínuo possibilitando a predição e a comparação dos valores genéticos, além da estimação da variância genética para qualquer ponto dentro da amplitude de definição do gradiente ambiental (KOLMODIN et al., 2002; SANTOS et al., 2008).

Objetivou-se avaliar a interação genótipo x relações (metionina+cistina):lisina da dieta em duas linhagens de codornas de corte, nos pesos corporais durante o período de crescimento, por meio de normas de reação.

## 1. MATERIAL E MÉTODOS

As informações utilizadas neste estudo são provenientes de um experimento realizado no Programa de Melhoramento Genético de Codornas do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), localizada em Diamantina, MG, Brasil, com a autorização do CEUA (Comissão de Ética no Uso de Animais da UFVJM), protocolo nº027/2014.

Os dados utilizados referem-se a 4512 informações de pesos corporais de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, mensurados aos 14, 21, 28 e 35 dias de idade, referentes a 695 codornas da LF1 e 708 da LF2 (TAB. 1).

Tabela 1 – Estatística descritiva dos dados utilizados nas análises de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 para características de pesos corporais

Linagem	Peso Corporal <sup>1</sup>	Número de observações	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	MP <sup>2</sup>
LF1	P14 (g)	581	76,92	13,33	38,40	109,40	923
	P21 (g)	511	136,51	19,39	83,50	193,20	853
	P28 (g)	517	195,12	25,64	113,70	275,50	859
	P35 (g)	499	249,06	25,07	168,50	319,80	837
LF2	P14 (g)	631	71,86	12,64	33,50	106,70	1115
	P21 (g)	626	129,20	18,51	72,10	181,30	1110
	P28 (g)	624	183,38	23,14	116,40	245,20	1108
	P35 (g)	523	239,69	22,41	179,60	308,20	1001

<sup>1</sup>P14, P21, P28 e P35 – pesos corporais aos 14, 21, 28 e 35 dias de idade; <sup>2</sup>MP – número de animais na matriz de parentesco.

As dietas fornecidas para as aves foram balanceadas com base no conteúdo aminoacídico digestível dos alimentos (ROSTAGNO et al., 2011), e segundo as exigências nutricionais recomendadas por Silva e Costa (2009). A fim de assegurar que nenhum aminoácido ficasse deficiente na dieta, foram acrescentados 3% nas exigências de cada aminoácido, exceto, lisina digestível e metionina+cistina digestíveis. As aves foram alimentadas do nascimento ao 21º dia de idade com dietas contendo as relações 0,61; 0,66; 0,71; 0,76 e 0,81 de (metionina+cistina):lisina, mantendo o nível de proteína bruta de 26,12% e 2900 kcal EM/kg da dieta (TAB. 2). Posteriormente, dos 22 aos 35 dias de idade todas as codornas foram alimentadas com dieta contendo 22% de proteína bruta e 3050 kcal EM/kg (TAB. 3).

Tabela 2 – Composição das dietas fornecidas às codornas de corte do nascimento aos 21 dias de idade, segundo as relações (metionina+cistina):lisina

Ingrediente (%)	Relações (metionina+cistina):lisina				
	0,61	0,66	0,71	0,76	0,81
Milho Moído	50,97	50,97	50,97	50,97	50,97
Farelo de Soja (45%)	34,11	34,11	34,11	34,11	34,11
Glúten de Milho (60%)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Calcário Calcítico	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
Fosfato Bicálcico	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
Sal Comum	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Mistura Mineral <sup>(1)</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Mistura Vitamínica <sup>(2)</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
L- Lisina HCl (78%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
DL- Metionina (99%)	0,00	0,07	0,13	0,19	0,25
L- Treonina (99%)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
L- Isoleucina (99%)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
L- Arginina (99%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
L-Glutâmico (99%)	0,50	0,43	0,36	0,31	0,24
Amido	0,50	0,50	0,51	0,50	0,51
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Composição calculada</b>					
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900
Proteína Bruta (%)	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12
Cálcio (%)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Fósforo Disponível (%)	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Sódio (%)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Fibra Bruta (%)	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
<b>Aminoácidos digestíveis (%)</b>					
Lisina	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250
Metionina + Cistina	0,760	0,830	0,890	0,950	1,010
Triptofano	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212
Treonina	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987
Arginina	1,798	1,798	1,798	1,798	1,798
Isoleucina	1,075	1,075	1,075	1,075	1,075
Valina	1,104	1,104	1,104	1,104	1,104

<sup>(1)</sup>Composição/kg de produto: Manganês: 160g, Ferro: 100g, Zinco: 100g, Cobre: 20g, Cobalto: 2g, Iodo: 2g, Excipiente q.s.p.: 1000 g.

<sup>(2)</sup>Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D<sub>3</sub>:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B<sub>1</sub>:2.500 mg, Vit B<sub>2</sub>: 8.000 mg, Vit B<sub>6</sub>:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B<sub>12</sub>: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

Tabela 3 – Composição da dieta fornecida às codornas de corte dos 22 aos 35 dias de idade

Ingrediente (%)	Composição (%)
Milho Moído	58,48
Farelo de Soja (45%)	37,79
Calcário Calcítico	0,93
Fosfato Bicálcico	0,82
Sal Comum	0,34
Óleo de soja	1,04
Mistura Mineral ( <sup>1</sup> )	0,20
Mistura Vitamínica ( <sup>2</sup> )	0,20
L- Lisina HCl (78%)	0,00
DL- Metionina (99%)	0,18
Total	100,00
Composição calculada	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3050,00
Proteína Bruta (%)	22,00
Cálcio (%)	0,70
Fósforo Disponível (%)	0,27
Sódio (%)	0,15
Aminoácidos digestíveis (%)	
Lisina	1,250
Metionina + Cistina	1,010
Triptofano	0,212
Treonina	0,987
Arginina	1,798
Isoleucina	1,075
Valina	1,104

<sup>(1)</sup>Composição/kg de produto: Manganês: 160g, Ferro: 100g, Zinco: 100g, Cobre: 20g, Cobalto: 2g, Iodo: 2g, Excipiente q.s.p.: 1000 g.

<sup>(2)</sup>Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D<sub>3</sub>:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B<sub>1</sub>:2.500 mg, Vit B<sub>2</sub>: 8.000 mg, Vit B<sub>6</sub>:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B<sub>12</sub>: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

As codornas foram criadas do nascimento ao 35º dia de idade em boxes com dimensões 2m x 2m, piso de cimento forrado com cama de maravalha, círculo de proteção com campânulas de aquecimento até o 21º dia de idade, recebendo dieta e água à vontade.

Para consistência do banco de dados foi feito descarte de observações de aves sem identificação de sexo e que apresentaram peso corporal maior ou menor que três desvios-padrão em relação ao peso médio das codornas em cada idade (TAB. 1).

Os pesos corporais foram analisados utilizando o modelo de regressão aleatória, sob modelo animal unicaracterística, incluindo-se funções do efeito de sexo (fixo) e do valor genético aditivo (aleatórios) das codornas, além do efeito residual. Ambos os efeitos fixos e aleatórios foram modelados como funções lineares de polinômios ortogonais de Legendre de segunda ordem ponderados por coeficientes de regressão. Desta forma, o modelo de avaliação utilizado para todas as características foi definido como:

$$y_{hij} = \sum_{k=0}^1 b_{jk} x_k(i) + \sum_{k=0}^1 a_{hk} x_k(i) + e_{hij}$$

em que:  $y_{hij}$  é a observação do animal  $h$ , do sexo  $j$ , alimentado com dieta com a relação (metionina+cistina):lisina  $i$ ;  $b_{jk}$  é o coeficiente de regressão fixo  $k$  atribuído ao sexo  $j$ ;  $a_{hk}$  é o coeficiente de regressão aleatória  $k$  de efeito genético aditivo direto atribuído ao animal  $h$ ;  $x_k(i)$  é o polinômio de Legendre  $k$  associado ao nível da relação (metionina+cistina):lisina  $i$  e  $e_{hij}$  é o resíduo associado à observação  $y_{hij}$  sendo que este foi o único efeito que não foi considerado uma função da relação (metionina+cistina):lisina das dietas.

O modelo na forma matricial é apresentado como:

$$y = Xb + Za + e;$$

em que:  $y$  é o vetor de observações;  $b$  é o vetor de coeficientes de regressão da trajetória fixa de cada sexo;  $a$  é o vetor de coeficientes de regressão aleatória atribuídos aos efeitos genéticos aditivos diretos;  $X$  e  $Z$  são matrizes de incidência de efeitos em  $b$  e  $a$ , contendo polinômios de Legendre relativos ao valor da variável controle adotada a relação (metionina+cistina):lisina; e  $e$  é o vetor de resíduos.

Comparações dos modelos com variância residual homogênea e modelos com classes de variâncias residuais heterogêneas, foram feitas por meio do critério de informação bayesiano (BIC), proposto por Schwarz (1978) para cada arquivo analisado:

$$BIC = -2 \log L + p \log_e(N - r);$$

em que  $p$  refere-se ao número de parâmetros do modelo,  $N$  é o número total de observações,  $r$  é o posto da matriz de incidência para os efeitos fixos, e  $\log L$  é o logaritmo decimal da função de verossimilhança.

Considerou-se nas análises a existência de classes de variância residual de homogênea a heterogênea, constituídas, segundo diferentes relações (metionina+cistina):lisina, Classe 1: variância residual homogênea (0,61 a 0,81); Classe 2: variâncias heterogêneas em duas classes (0,61 a 0,65 e 0,66 a 0,81); Classe 3: variâncias heterogêneas em três classes (0,61 a 0,65, 0,66 a 0,70 e 0,71 a 0,81); Classe 4: variâncias heterogêneas em quatro classes (0,61 a 0,65, 0,66 a 0,70, 0,71 a 0,77 e 0,78 a 0,81). Assumindo-se que:

$$E \begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; G = \begin{bmatrix} \sigma_{b_0}^2 & \sigma_{b_0 b_1} \\ \sigma_{b_1 b_0} & \sigma_{b_1}^2 \end{bmatrix};$$

$$V(y) = Z(A \otimes G)Z' + I_n \sigma_e^2; e V \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \otimes G & \Phi \\ \Phi & I_n \sigma_e^2 \end{bmatrix};$$

em que:  $\sigma_{b_0}^2$  e  $\sigma_{b_1}^2$  são componentes de variância atribuídos a constante regressão aleatória do intercepto ( $b_0$ ) e ao coeficiente de regressão linear ( $b_1$ ) do efeito genético aditivo direto,  $\sigma_{b_0b_1}$  é o componente de covariância entre os coeficientes de regressão aleatória ( $b_0$  e  $b_1$ ) do efeito genético aditivo direto,  $\sigma_e^2$  é o componente de variância residual,  $A$  é a matriz de numeradores do coeficiente de parentesco de Wright,  $G$  é a matriz de covariância genética aditiva,  $\phi$  é o polinômio de Legendre,  $I_n$  é a matriz identidade e  $n$  é o número de observações.

Para obtenção da covariância genética aditiva entre a relação (metionina+cistina):lisina  $i$  e  $j$  utilizou-se a seguinte fórmula:  $\sigma_{a_{ij}} = Z_i G Z_j'$ , em que:  $Z_i = [\Phi_0(i) \quad \Phi_1(i)]$ ; e  $Z_j = [\Phi_0(j) \quad \Phi_1(j)]$ .

A estimativa da herdabilidade direta foi feita em função da relação (metionina+cistina):lisina da dieta:

$$h_{d_i}^2 = \frac{Z_i G Z_i'}{Z_i G Z_i' + \sigma_e^2},$$

em que  $i$  representa a relação (metionina+cistina):lisina da dieta,  $j$  refere-se à classe residual a qual esta relação faz parte e  $d$  é a herdabilidade direta.

Os componentes de covariância foram estimados por meio do programa WOMBAT (MEYER, 2006) que utiliza a Máxima Verossimilhança Restrita (REML). Funções de covariância foram utilizadas para estimar a estrutura de covariância genética aditiva e a herdabilidade direta em função da relação (metionina+cistina):lisina da dieta e as classes de variâncias residuais.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os modelos que consideraram duas classes de variância residual ajustaram-se melhor às observações do que modelos que consideraram uma classe de variância residual (homogeneidade de variância) ou modelos que consideraram três ou quatro classes de variância residual (TAB. 4). Portanto, para a avaliação da interação genótipo x ambiente, considerando as diferentes relações (metionina+cistina):lisina das dietas e obtenção das estimativas dos componentes de variância, parâmetros genéticos e valores genéticos do peso corporal das codornas nas diferentes idades, foram utilizados modelos com duas classes de variância residual. No presente estudo adotou-se modelo que considera duas classes de variância residual: 0,61 a 0,65 e 0,66 a 0,81 para a relação (metionina+cistina):lisina, por apresentar melhor ajuste, ou seja, menores valores de BIC (TAB. 4), para o peso corporal das

codornas avaliado aos 14, 21, 28 e aos 35 dias de idade (P14, P21, P28 e P35, respectivamente).

Tabela 4 – Avaliação de modelos com diferentes classes de variância residual pelo critério de informação bayesiano (BIC)

Linhagem	Peso Corporal <sup>1</sup>	Número de classes de variância residual	Número de parâmetros	Log L <sup>2</sup>	BIC
LF1	P14	1 classe	4	-1655,460	3321,977
		2 classes	5	-844,282	1702,385
		3 classes	6	-843,822	1704,229
		4 classes	7	-843,178	1705,705
	P21	1 classe	4	-1664,125	3339,084
		2 classes	5	-837,502	1688,546
		3 classes	6	-837,212	1690,675
		4 classes	7	-836,918	1692,795
	P28	1 classe	4	-1876,389	3763,632
		2 classes	5	-940,696	1894,959
		3 classes	6	-941,922	1900,125
		4 classes	7	-944,776	1908,546
	P35	1 classe	4	-1780,704	3572,200
		2 classes	5	-892,374	1798,239
		3 classes	6	-891,455	1799,099
		4 classes	7	-891,056	1800,999
LF2	P14	1 classe	4	-1782,167	3575,534
		2 classes	5	-898,490	1810,980
		3 classes	6	-897,535	1811,870
		4 classes	7	-897,530	1814,660
	P21	1 classe	4	-2009,945	4031,076
		2 classes	5	-1011,211	2036,405
		3 classes	6	-1011,122	2039,023
		4 classes	7	-1011,121	2041,818
	P28	1 classe	4	-2196,240	4403,661
		2 classes	5	-1094,237	2202,450
		3 classes	6	-1094,023	2204,817
		4 classes	7	-1093,830	2207,226
	P35	1 classe	4	-1835,578	3682,030
		2 classes	5	-923,283	1860,159
		3 classes	6	-923,264	1862,839
		4 classes	7	-922,732	1864,494

<sup>1</sup>P14, P21, P28 e P35 – pesos corporais aos 14, 21, 28 e 35 dias de idade, respectivamente.

<sup>2</sup>Logaritmo decimal da função da máxima verossimilhança.

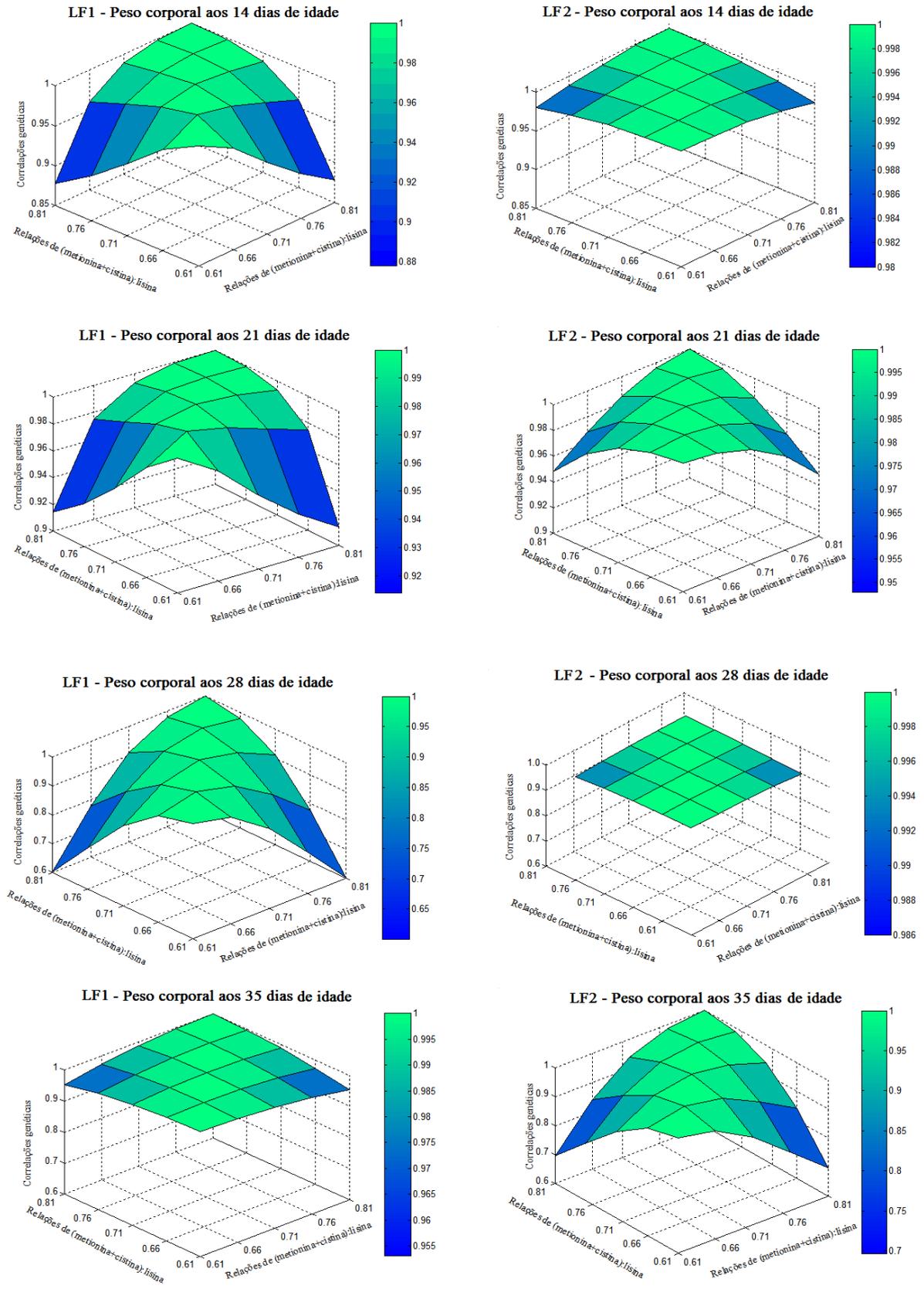
Resultados semelhantes aos deste estudo foram encontrados por outros autores que, ao trabalharem com avaliação genética do crescimento de codornas de corte, verificaram que modelos de regressão aleatória que consideram heterogeneidade de variância residual são melhores do que os que consideram variância residual homogênea (BONAFÉ et al., 2011; FELIPE et al., 2012; GONÇALVES et al., 2012).

Modelos que consideram heterogeneidade de variância residual para cada classe proporcionam maior acurácia na estimação de parâmetros, por melhorar a partição da variação total, mas aumentam o número de parâmetros a serem estimados. Segundo El Faro e Albuquerque (2003), isto se torna um entrave na utilização dessa metodologia para avaliações genéticas com grande volume de dados, pois aumenta o número de parâmetros no modelo, e a estrutura de covariância e as matrizes de incidência são mais densas que os modelos convencionais e que podem dificultar a convergência na estimação dos componentes de variância.

As estimativas das correlações genéticas para peso corporal (FIG. 1) entre as diversas relações (metionina+cistina):lisina foram altas e positivas tanto para LF1 quanto para LF2. Entretanto, para o peso corporal aos 28 dias de idade, para LF1; e aos 35 dias de idade, para LF2; estas correlações foram menores que 0,80, indicando que houve interação genótipo x ambiente (ROBERTSON, 1959), o que proporcionou reordenamento na classificação dos animais (FIG. 3). Isto é, alguns genes que controlam a característica em dado ambiente, não são os mesmos que controlam a mesma característica em outro ambiente.

Comparando-se as correlações genéticas entre os pesos corporais, nota-se que os resultados tendem a ser mais baixos nas maiores idades (P28 e P35), evidenciando a presença da interação genótipo x ambiente. Também vale ressaltar que para o peso corporal aos 28 e aos 35 dias de idade, respectivamente para as linhagens LF1 e LF2, obtiveram-se menores correlações genéticas na maior relação (metionina+cistina):lisina da dieta (0,81). Para os pesos corporais aos 14 e aos 21 dias de idade não se observou interação genótipo x ambiente, para ambas as linhagens, entre as relações (metionina+cistina):lisina avaliadas em razão da alta correlação genética entre os ambientes (FIG. 1).

Figura 1 – Correlações genéticas para os pesos corporais de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, para as diferentes relações (metionina+cistina):lisina



Correlações genéticas de uma mesma característica, avaliada em diferentes ambientes, abaixo de 0,80 indicam que há interação genótipo x ambiente, pois pode haver um reordenamento dos animais entre os ambientes (ROBERTSON, 1959). Por conseguinte, as correlações genéticas maiores que 0,80 sugerem que a maioria dos genes responsáveis pela expressão da característica está agindo de forma semelhante em ambientes distintos e, portanto, a interação genótipo x ambiente, deverá ser mínima e poderá ser praticamente ignorada, em função da sua inexpressiva relevância.

Desta forma, Felipe et al. (2012) verificaram a presença de interação genótipo x ambiente para pesos corporais aos 21 e 35 dias de idade em duas linhagens de codornas de corte, alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta.

A variância estimada para a constante de regressão que representa o intercepto ( $b_0$ ) foi maior do que a estimada para o coeficiente de regressão aleatória linear ( $b_1$ ), em todas as características estudadas (TAB. 5). Este resultado indica que a amplitude ambiental influencia com maior intensidade o intercepto. Tendência semelhante para o coeficiente de regressão aleatória do intercepto e linear em codornas de corte também foi reportada por outros autores (BONAFÉ et al., 2011; FELIPE et al., 2012; SANTOS et al., 2008).

Tabela 5. Variâncias atribuídas à constante de regressão – intercepto ( $\sigma_{b_0}^2$ ) e ao coeficiente de regressão linear ( $\sigma_{b_1}^2$ ) do efeito genético aditivo direto, covariância ( $\sigma_{b_0b_1}$ ) e correlação ( $r_{b_0b_1}$ ) entre o intercepto e o coeficiente linear, e variância residual ( $\sigma_e^2$ ), estimadas para pesos corporais de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2

Peso corporal	LF1					
	$\sigma_{b_0}^2$	$\sigma_{b_1}^2$	$\sigma_{b_0b_1}$	$\sigma_{e_1}^2$	$\sigma_{e_2}^2$	$r_{b_0b_1}$
P14	124,632	9,085	29,965	126,510	55,347	0,890
P21	166,319	12,850	43,246	350,952	152,464	0,935
P28	293,703	24,956	16,130	259,261	470,258	0,188
P35	894,420	7,212	-6,005	30,782	144,528	-0,075
Peso corporal	LF2					
	$\sigma_{b_0}^2$	$\sigma_{b_1}^2$	$\sigma_{b_0b_1}$	$\sigma_{e_1}^2$	$\sigma_{e_2}^2$	$r_{b_0b_1}$
P14	85,363	0,382	-2,866	134,543	62,155	-0,502
P21	163,097	1,845	-8,148	344,182	136,167	-0,470
P28	228,705	3,141	-24,533	305,350	313,562	-0,915
P35	165,113	10,562	13,063	436,146	351,701	0,313

<sup>1</sup>P14, P21, P28 e P35 – pesos corporais aos 14, 21, 28 e 35 dias de idade, respectivamente.

As correlações entre estes coeficientes ( $b_0$  e  $b_1$ ) foram, em geral, positivas para LF1, exceto para peso corporal aos 35 dias de idade, e negativas para LF2 com exceção para peso corporal aos 35 dias de idade. Correlações negativas indicam que os maiores valores genéticos dessas características, a partir do intercepto, estão associados aos menores valores do coeficiente de regressão linear, e as progênies apresentam diferentes valores genéticos nas diferentes relações (metionina+cistina):lisina da dieta, sugerindo a existência de modificações na ordem de classificação dos valores genéticos. Correlações positivas entre estes coeficientes indicam que quanto maior o valor do intercepto, maior será a inclinação na reta que descreve a sensibilidade das codornas à mudança da relação (metionina+cistina):lisina da dieta

Assim como neste trabalho, Dionello et al. (2008), ao estudarem a trajetória genética do crescimento de codornas de corte de dois grupos genéticos, encontraram correlações altas e positivas entre o intercepto e o coeficiente de regressão aleatória linear em ambos grupos estudados.

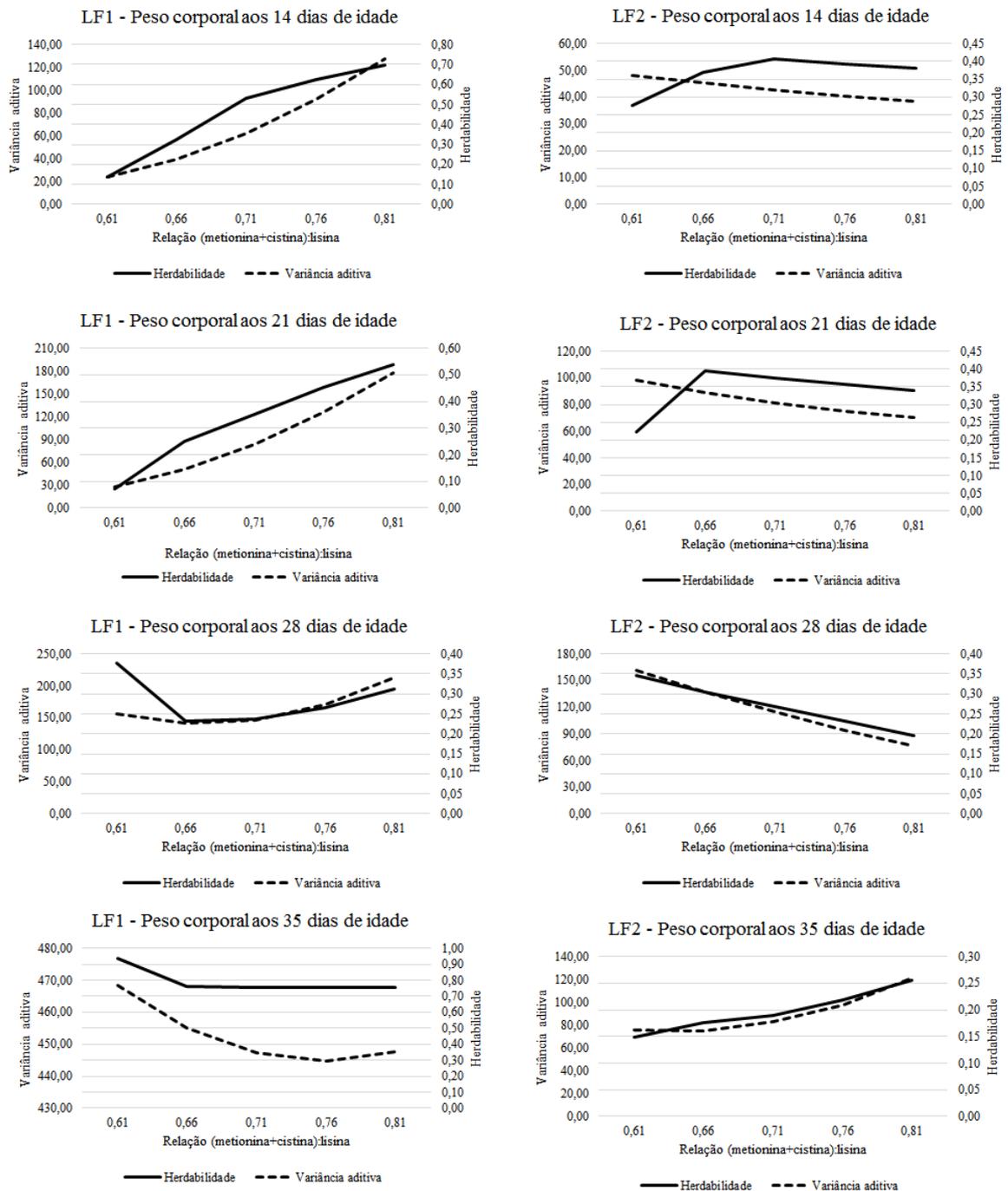
Estimativas de herdabilidade para as linhagens LF1 e LF2 para os pesos corporais em diferentes idades (FIG. 2) alteraram com mudanças na relação (metionina+cistina):lisina da dieta. As estimativas apresentaram comportamento diferente entre as linhagens LF1 e LF2, sendo que, de maneira geral, as estimativas de herdabilidade para a linhagem LF1 foram maiores do que as da linhagem LF2.

As herdabilidades e variâncias genéticas aditivas do peso corporal aos 14 e aos 21 dias de idade das codornas da linhagem LF1 aumentaram progressivamente com o aumento da relação (metionina+cistina):lisina (FIG. 2). Já as estimativas de herdabilidade dos pesos corporais aos 28 e aos 35 dias de idade reduziram com o aumento da relação (metionina+cistina):lisina de 0,61 a 0,66, e aumentaram quando essa relação aminoacídica aumentou de 0,71 a 0,81, à semelhança do que ocorreu com a variância genética aditiva. Isto sugere a utilização da menor relação (metionina+cistina):lisina para LF1, visto que na idade usualmente utilizada para seleção, 28 dias de idade, as estimativas de herdabilidade e variância aditiva foram maiores.

Observou-se na linhagem LF2 aumento da herdabilidade do P35 com o aumento da relação (metionina+cistina):lisina. Diminuição da herdabilidade do peso corporal aos 28 dias de idade foi observada com o aumento da relação (metionina+cistina):lisina, em decorrência da maior redução na variância genética aditiva em relação à variância fenotípica. Assim como observado na LF1, os resultados sugerem que a utilização de níveis mais baixos desta relação seria mais favorável para fins de seleção. Visto que a herdabilidade é um parâmetro importante, pois permite expressar a confiança que se pode ter no valor fenotípico de um animal, como guia para predizer seu valor genético aditivo (FALCONER, 1987; PEREIRA 1999), ela é fundamental na formulação da estratégia a ser usada em melhoramento e na predição da resposta esperada à seleção (SANTOS et al., 2008).

Houve aumento da herdabilidade para P14 com o aumento da relação (metionina+cistina):lisina de 0,61 para 0,71; e redução quando essa relação aumentou de 0,71 para 0,81. Para o P21, observou-se aumento da herdabilidade com o aumento da relação (metionina+cistina):lisina de 0,61 para 0,66, tendo redução na herdabilidade com a diminuição da relação (metionina+cistina):lisina na dieta.

Figura 2 – Estimativas de herdabilidade e variância genética aditiva para os pesos corporais de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 aos 14, 21, 28 e 35 dias de idade, segundo as relações (metionina+cistina):lisina da dieta



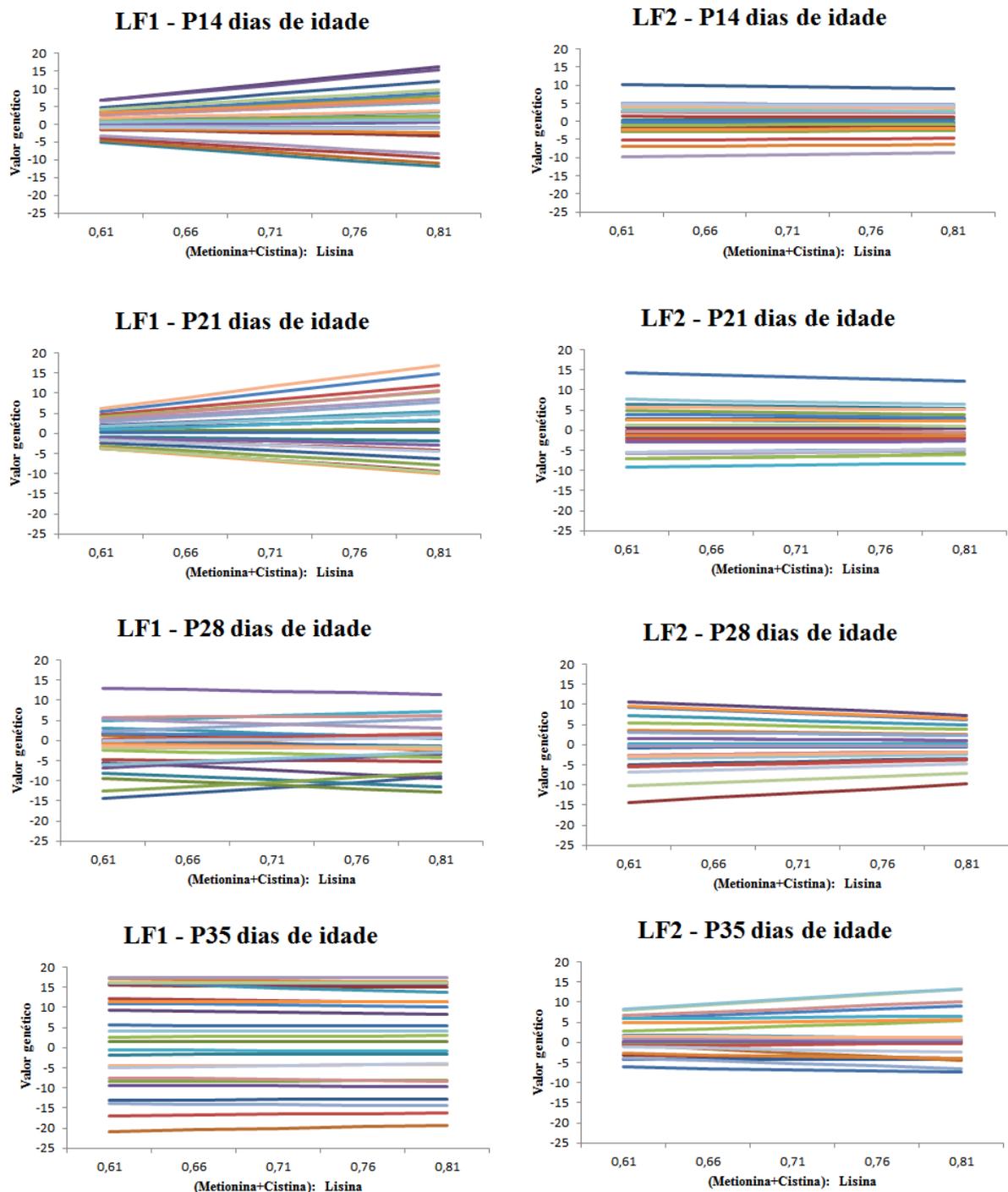
As normas de reação dos valores genéticos de 25 codornas amostradas aleatoriamente para cada análise (FIG. 3) indicaram alteração na sensibilidade dos valores genéticos em função da mudança do gradiente ambiental. As linhagens apresentaram, de forma geral, comportamentos distintos para os valores genéticos preditos nas diferentes relações (metionina+cistina):lisina da dieta.

Apesar de não ter sido observada interação genótipo x ambiente pelos resultados de correlações genéticas para as características P14 e P21 para a linhagem LF1 (FIG. 1), as normas de reação dos valores genéticos para estas características indicam aumento na dispersão dos valores genéticos com o aumento da relação (metionina+cistina):lisina dietética sem reordenamento dos valores genéticos (FIG. 3). Este comportamento indica heterogeneidade de sensibilidades de valores genéticos à mudança ambiental, caracterizando a existência de interação genótipo x ambiente. Segundo Falconer (1987), a interação genótipo x ambiente é observada em ambientes onde a correlação genética é menor que a unidade, independente da magnitude, sendo indicativo de diferentes grupos de genes atuando em diferentes ambientes. Porém, a interação não é biologicamente importante se a correlação genética está muito próxima da unidade (ROBERTSON, 1959). O que não ocorre para as características P28 e P35, para LF1 e LF2, respectivamente, que apresentaram correlações genéticas mais baixas (diferentes da unidade), o que sugere significativa interação genótipo x ambiente, pois houve alterações na dispersão dos valores genéticos com o aumento do gradiente ambiental, inclusive com mudanças na ordenação dos valores genéticos, apresentados nas normas de reação.

Os valores genéticos dos pesos corporais aos 35 dias dos animais amostrados na LF1; e aos 14 e 21 dias de idade na LF2, mantiveram-se constantes ao longo do gradiente ambiental avaliado indicando que melhores codornas selecionadas em uma relação (metionina+cistina):lisina, expressariam todo seu potencial genético, se alimentadas com dietas contendo outras relações desses aminoácidos. Fato este já esperado considerando as altas correlações genéticas estimadas (FIG. 1) e que indicam ausência de interação genótipo x ambiente para estas características.

Observou-se para o peso corporal aos 28 dias de idade das codornas da LF2 pequena redução na dispersão dos valores genéticos com a modificação da relação (metionina+cistina):lisina, porém sem reordenação dos valores genéticos. Esse comportamento indica diferença na sensibilidade de valores genéticos aditivos à mudança do gradiente ambiental, o que caracteriza a existência de interação genótipo x ambiente. Assim, codornas selecionadas em relações baixas de (metionina+cistina):lisina, não apresentariam o mesmo desempenho em níveis maiores dessas relações. Porém, como as correlações genéticas foram próximas à unidade, pode-se inferir que esta interação não é biologicamente importante (ROBERTSON, 1959).

Figura 3 – Normas de reação dos valores genéticos aditivos de pesos corporais aos 14, 21, 28 e 35 dias de idade das linhagens LF1 e LF2 alimentadas, do nascimento aos 21 dias de idade, com dietas contendo diferentes relações (metionina+cistina):lisina



De modo semelhante, Santos et al. (2008) observaram que a interação genótipo x nível proteico interfere no peso corporal em menores idades nas codornas de corte da linhagem EV2. Além disso, também os referidos autores verificaram para a linhagem EV1 uma crescente dispersão dos valores genéticos com o aumento dos níveis proteicos da dieta indicando a existência de interação genótipo x ambiente.

Portanto, a partir dos resultados nota-se diferença entre as duas linhagens e a presença de interação genótipo x ambiente seja por reordenamento dos valores genéticos ou pela mudança na dispersão dos mesmos.

### 3. CONCLUSÃO

Modelos que consideram classes de variância residual heterogênea são mais adequados para avaliação da sensibilidade de valores genéticos dos pesos corporais de codornas de corte às variações nas relações (metionina+cistina):lisina das dietas.

Os valores genéticos preditos das codornas de corte, para pesos corporais em determinada relação (metionina+cistina):lisina, nas linhagens LF1 e LF2 podem não ser válidos para outras relações (metionina+cistina):lisina nas dietas.

A seleção destas codornas deve ser praticada utilizando dietas com a mesma relação (metionina+cistina):lisina que as codornas serão criadas no sistema produtivo.

### 4. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o suporte financeiro da CAPES, CNPq, FAPEMIG, e a Ajinomoto pelo fornecimento dos aminoácidos.

### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONAFÉ, C.M.; TORRES, R.A.; SARMENTO, J.L.R. et al. Modelos de regressão aleatória para descrição da curva de crescimento de codornas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.765-771, 2011.

DIONELLO, N.J.L.; CORREA, G.S.S.; SILVA, M.A. et al. Estimativas da trajetória genética do crescimento de codornas de corte utilizando modelos de regressão aleatória. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.2, p.454-460, 2008.

EL FARO, L. e ALBUQUERQUE L.G. Utilização de Modelos de Regressão Aleatória para Produção de Leite no Dia do Controle, com Diferentes Estruturas de Variâncias Residuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1104-1113, 2003.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Editora UFV, Viçosa, 279p. 1987.

FELIPE, V.P.S.; SILVA, M.A.; WENCESLAU, R.R. et al. Utilização de modelos de norma de reação com variância residual heterogênea para estudo de valores genéticos de peso de codornas de corte em função de níveis de proteína bruta na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.4, p.991-1000, 2012.

- GONÇALVES, F.M.; PIRES, A.V.; PEREIRA, I.G. et al. Genetic evaluation of European quails by random regression models. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.9, p.2005-2011, 2012.
- KIM, W.K.; FROELICH JR., C.A.; PATTERSON, P.H. The potential to reduce poultry nitrogen emissions with dietary methionine or methionine analogues supplementation. **World's Poultry Science Journal**, v.62, n.2; p.338-353, 2006.
- KOLMODIN, R.; STRAMBERG, E.; MADSEN, P. et al. Genotype by environment interaction in Nordic dairy cattle studied using reaction norms. **Acta Agriculture Scandinavia, Sect. A, Animal Science**, v.52, n.1, p.11-24, 2002.
- MEYER, K. "WOMBAT" – Digging deep for quantitative genetic analyses by restricted maximum likelihood. In: WORLD CONGRESS OF GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8, 2006, Belo Horizonte. **Proceedings...** Belo Horizonte, 2006, 1 CD-ROM.
- PEREIRA, J. C. C. Melhoramento genético aplicado à produção animal – editora F. E. P.-MVZ; 493 p.; Belo Horizonte, 1999.
- PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L. et al. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1174-1181, 2003.
- ROBERTSON, A. The sampling variance of genetic correlation coefficient. **Biometric**, v.15, n.3, p.469-485, 1959.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- SANTOS, G.G.; CORRÊA, G.S.S.; VALENTE, B.D. et al. Sensibilidade de valores genéticos de codornas de corte em crescimento às modificações de níveis de proteína das dietas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.5, p.1188-1196, 2008.
- SARMENTO, J.L.R.; TORRES, R.A.; LÔBO, R.N.B. et al. Modelos de regressão aleatória na avaliação genética do crescimento de ovinos da raça Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1723-1732, 2010.
- SCHWARZ, G. Estimating the dimension of a models. **The Annals of Statistics**, v.6, n.2, p.461-464, 1978.
- SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2.ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2009. 110p.

## ARTIGO 04

### **Sensibilidade dos valores genéticos de características de carcaça em codornas de corte às mudanças da relação (metionina+cistina):lisina das dietas usando modelos de normas de reação**

#### **RESUMO**

Estudou-se a sensibilidade dos valores genéticos para características de carcaça de duas linhagens de codornas de corte (LF1 e LF2) às variações das relações (metionina+cistina):lisina das dietas. Para as análises foram utilizadas 7000 informações de pesos e rendimentos de características de carcaça. As codornas foram alimentadas na fase inicial (do nascimento aos 21 dias de idade) com dietas contendo 26,12% PB e 2900 kcal EM/kg da dieta com as relações (metionina+cistina):lisina iguais a 0,61, 0,66, 0,71, 0,76 e 0,81. Para o ajuste dos modelos de regressão aleatória utilizou-se o programa WOMBAT considerando-se nas análises heterogeneidade de variância residual. As estimativas da variância genética e da herdabilidade foram influenciadas pela relação (metionina+cistina):lisina da dieta e pela linhagem. Observou-se a existência da interação genótipo x ambiente (relação (metionina+cistina):lisina), com mudanças no ordenamento dos valores genéticos. Portanto, a avaliação genética de codornas de corte deve ser realizada sob a relação (metionina+cistina):lisina em que as codornas serão criadas.

Palavras-chave: *Coturnix coturnix*. Norma de reação. Rendimento de carcaça. Interação genótipo x ambiente.

## ABSTRACT

Sensitivity of breeding values of carcass traits to changes in (methionine+cystine):lysine ratios of diets using reaction norm models

The sensitivity of breeding values of carcass weights and yields of two strains of European quails (LF1 and LF2) to changes in (methionine+cystine):lysine ratios of diets was evaluated. The analyses included 7000 information of carcass weights and yields. Quails were fed during the first phase of the growth (from birth to 21 days of age) 26.12% CP and 2900 kcal ME/kg diets with the following (methionine+cystine):lysine ratios: 0.61, 0, 66, 0.71, 0.76 and 0.81. The analyses were performed using random regression models (WOMBAT program) that included linear functions of sex (fixed effect) and breeding value (random effect) of carcass weights and yields of quails and the residual effect. Both the fixed and the random effects were modeled using Legendre polynomials of second order. Estimates of genetic variance and heritability were affected by (methionine+cystine):lysine ratio levels of diets and strains and increased along the levels of these aminoacid ratios. Genotype x (methionine+cystine):lysine ratio interaction was observed for carcass weights and yields. Therefore, genetic evaluation for carcass weight and yields should be performed using the same (methionine+cystine):lysine ratio in which the quails will be reared.

Keywords: *Coturnix coturnix*. Reaction norm. Carcass yield. Genotype x environment interaction.

## 1. INTRODUÇÃO

O custo de produção de codornas, assim como o de outras espécies animais, tem como principal parcela de investimento a alimentação, sendo as fontes proteicas o componente com o preço mais elevado (SILVA et al., 2006). Dentre os aminoácidos para aves, a metionina é o primeiro limitante, e fisiologicamente essencial, além disso, no organismo pode ser catabolizada à cistina, mas o contrário não ocorre (FERREIRA et al., 2012). Trabalhos envolvendo a busca pelo balanço aminoacídico ideal em codornas, e em outras espécies, são desenvolvidos (TAVERNARI et al., 2014; RABIE et al., 2015; REDA et al., 2015; VIDAL et al., 2015) com a finalidade de se estabelecer uma alimentação mais adequada às codornas, visando a maior eficiência no sistema de produção.

A alimentação, assim como outros fatores de origem não genética, é considerada como de origem ambiental. Desta forma, o comportamento diferencial de genótipos em diferentes ambientes (nutricionais), pode ser enquadrado no conceito de interação genótipo x ambiente, o que poderia resultar em alterações na classificação dos genótipos em ensaios de competição ou mudanças nos valores das diferenças entre genótipos de um ambiente para outro (SILVA, 2008).

Uma das formas de se estudar esta interação genótipo x ambiente é por meio de modelos de regressão aleatória, em que o valor genético de cada animal é considerado função do gradiente ambiental, possibilitando a predição dos valores genéticos e a estimação da variância genética para qualquer ponto dentro de um intervalo ambiental (KOLMODIN et al., 2002; SANTOS et al., 2008).

Por meio dos modelos de regressão aleatória é possível estudar a norma de reação dos animais para variações gradativas no ambiente, pela regressão dos valores genéticos observados em cada ambiente (FALCONER e MACKAY, 1996).

Sendo assim, objetivou-se avaliar a interação genótipo x ambiente em linhagens de codornas de corte alimentadas com diferentes relações (metionina+cistina):lisina da dieta no período de 1 a 21 dias de idade, sobre características de carcaça, utilizando normas de reação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As informações de codornas de corte utilizados neste estudo são provenientes de um experimento realizado no Programa de Melhoramento Genético de Codornas, do

Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), localizada em Diamantina, MG, Brasil, com a autorização do CEUA (Comissão de Ética no Uso de Animais da UFVJM), protocolo nº027/2014.

Os dados são compostos de aproximadamente 7000 informações de pesos e rendimentos de carcaça e cortes de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2. As dietas fornecidas para as codornas foram balanceadas com base no conteúdo aminoacídico digestível dos alimentos (ROSTAGNO et al., 2011), e segundo as exigências nutricionais recomendadas por Silva e Costa (2009). A fim de segurar que nenhum aminoácido ficasse deficiente na dieta, foram acrescentados 3% nas exigências de cada aminoácido, exceto lisina digestível e metionina+cistina digestíveis. As aves foram alimentadas do nascimento ao 21º dia de idade com dietas contendo 26,12% PB e 2900 kcal EM/kg e as relações 0,61; 0,66; 0,71; 0,76 e 0,81 de (metionina+cistina):lisina (TAB. 1). A partir dos 22 dias de idade até o abate (36 dias de idade) todas as codornas foram alimentadas com dieta contendo 22% PB e 3050 kcal EM/kg (TAB. 2).

Tabela 1 – Composição das dietas fornecidas às codornas de corte do nascimento aos 21 dias de idade, segundo as relações (metionina + cistina):lisina

Ingrediente (%)	Relações (metionina + cistina): lisina				
	0,61	0,66	0,71	0,76	0,81
Milho Moído	50,97	50,97	50,97	50,97	50,97
Farelo de Soja (45%)	34,11	34,11	34,11	34,11	34,11
Glúten de Milho (60%)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Calcário Calcítico	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
Fosfato Bicálcico	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
Sal Comum	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Mistura Mineral <sup>(1)</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Mistura Vitamínica <sup>(2)</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
L- Lisina HCl (78%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
DL- Metionina (99%)	0,00	0,07	0,13	0,19	0,25
L- Treonina (99%)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
L- Isoleucina (99%)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
L- Arginina (99%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
L-Glutâmico (99%)	0,50	0,43	0,36	0,31	0,24
Amido	0,50	0,50	0,51	0,50	0,51
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada					
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2900	2900	2900	2900	2900
Proteína Bruta (%)	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12
Cálcio (%)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Fósforo Disponível (%)	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Sódio (%)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Fibra Bruta (%)	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
Aminoácidos digestíveis (%)					
Lisina	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250
Metionina + Cistina	0,760	0,830	0,890	0,950	1,010
Triptofano	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212
Treonina	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987
Arginina	1,798	1,798	1,798	1,798	1,798
Isoleucina	1,075	1,075	1,075	1,075	1,075
Valina	1,104	1,104	1,104	1,104	1,104

<sup>(1)</sup>Composição/kg de produto: Manganês: 160g, Ferro: 100g, Zinco: 100g, Cobre: 20g, Cobalto: 2g, Iodo: 2g, Excipiente q,s,p.: 1000 g,

<sup>(2)</sup>Composição/kg de produto: Vit,A:12,000,000 U,I., Vit D<sub>3</sub>:3,600,000 U,I., Vit, E: 3,500 U,I., Vit B<sub>1</sub>: 2,500 mg, Vit B<sub>2</sub>: 8,000 mg, Vit B<sub>6</sub>: 5,000 mg, Ácido pantotênico: 12,000 mg, Biotina: 200 mg, Vit, K: 3,000 mg, Ácido fólico: 1,500mg, Ácido nicotínico: 40,000 mg, Vit, B<sub>12</sub>: 20,000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q,s,p.: 1,000g.

Tabela 2 – Composição da dieta fornecida às codornas de corte dos 22 aos 35 dias de idade

Ingrediente (%)	Composição (%)
Milho Moído	58,48
Farelo de Soja (45%)	37,79
Calcário Calcítico	0,93
Fosfato Bicálcico	0,82
Sal Comum	0,34
Óleo de soja	1,04
Mistura Mineral ( <sup>1</sup> )	0,20
Mistura Vitamínica ( <sup>2</sup> )	0,20
L- Lisina HCl (78%)	0,00
DL- Metionina (99%)	0,18
Total	100,00
Composição calculada	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3050,00
Proteína Bruta (%)	22,00
Cálcio (%)	0,70
Fósforo Disponível (%)	0,27
Sódio (%)	0,15
Aminoácidos digestíveis (%)	
Lisina	1,250
Metionina + Cistina	1,010
Triptofano	0,212
Treonina	0,987
Arginina	1,798
Isoleucina	1,075
Valina	1,104

<sup>(1)</sup>Composição/kg de produto: Manganês: 160g, Ferro: 100g, Zinco: 100g, Cobre: 20g, Cobalto: 2g, Iodo: 2g, Excipiente q.s.p.: 1000 g.

<sup>(2)</sup>Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D<sub>3</sub>:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B<sub>1</sub>:2.500 mg, Vit B<sub>2</sub>: 8.000 mg, Vit B<sub>6</sub>:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B<sub>12</sub>: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

As aves foram criadas do nascimento ao 35º dia de idade em boxes com dimensões 2m x 2m, piso de cimento forrado com cama de maravalha, com campânulas de aquecimento e círculo de proteção até o 21º dia de idade, recebendo dieta e água à vontade. Para o abate aos 36 dias de idade, as codornas foram submetidas a jejum alimentar de 6 horas, transportadas para a sala de abate provida de luz azul, em seguida pesadas e insensibilizadas por deslocamento cervical e abatidas, realizando-se a sangria. Foram pesados a carcaça (sem cabeça), o peito e a coxa+sobrecoxa. O rendimento da carcaça foi feito em relação ao peso corporal ao abate e o rendimento dos cortes em relação ao peso da carcaça.

Foram retiradas do banco de dados observações de aves sem identificação de sexo, pai, mãe ou que apresentaram a variável maior ou menor que três desvios-padrão em relação à média (TAB. 3).

Tabela 3 – Estatística descritiva dos dados utilizados nas análises de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 para características de carcaça

Linhagem	Parâmetro <sup>1</sup>	Número de observações	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	MP <sup>2</sup>
LF1	PABATE (g)	493	254,16	27,26	180,50	331,40	831
	PCARC (g)	494	188,86	20,31	135,20	247,40	832
	RCARC (%)	482	74,22	2,81	59,94	88,07	816
	PPEITO (g)	494	78,32	9,97	49,65	106,33	832
	RPEITO (%)	492	41,44	2,19	34,39	48,42	826
	PCSC (g)	495	43,14	5,19	28,24	58,04	833
	RCSC (%)	492	22,86	1,54	18,69	28,23	830
LF2	PABATE (g)	518	244,98	25,39	176,10	321,00	1000
	PCARC (g)	512	181,10	18,67	124,40	231,60	995
	RCARC (%)	491	74,10	2,83	63,82	85,78	973
	PPEITO (g)	511	75,23	8,95	48,12	101,42	994
	RPEITO (%)	509	41,44	2,15	33,95	48,98	992
	PCSC (g)	509	41,48	4,67	27,14	55,70	992
	RCSC (%)	508	22,87	1,50	18,93	28,51	991

<sup>1</sup>PABATE – peso ao abate; PCARC – peso da carcaça; RCARC – rendimento da carcaça; PPEITO – peso do peito; RPEITO – rendimento do peito; PCSC – peso da coxa+sobrecoxa; RCSC – rendimento da coxa+sobrecoxa; <sup>2</sup>MP – número de animais na matriz de parentesco.

Nas análises foi utilizado modelo de regressão aleatória sob modelo unicaracterística que incluiu funções lineares do efeito fixo de sexo e os aleatórios do valor genético das codornas (aditivo direto) e residual. Ambos os efeitos fixos e aleatórios foram modelados como funções lineares de polinômios ortogonais de Legendre de segunda ordem, ponderados por coeficientes de regressão. O mesmo modelo de avaliação utilizado para todas as características foi definido como:

$$y_{hij} = \sum_{k=0}^1 b_{jk} x_k(i) + \sum_{k=0}^1 a_{hk} x_k(i) + e_{hij}$$

em que:  $y_{hij}$  é a observação do animal  $h$ , do sexo  $j$ , alimentado com dieta da relação (metionina+cistina):lisina  $i$ ;  $b_{jk}$  é o coeficiente de regressão fixo  $k$  atribuído ao sexo  $j$ ;  $a_{hk}$  é o coeficiente de regressão aleatória  $k$  de efeito genético aditivo direto atribuído ao animal  $h$ ;  $x_k(i)$  é o polinômio de Legendre  $k$  associado ao nível da relação (metionina+cistina):lisina  $i$  e  $e_{hij}$  é o resíduo associado à observação  $y_{hij}$  sendo que este foi o único efeito que não foi considerado uma função da relação (metionina+cistina):lisina das dietas.

O modelo na forma matricial é apresentado como:  $y = Xb + Za + e$

em que:  $y$  é o vetor de observações;  $b$  é o vetor de coeficientes de regressão da trajetória fixa de cada sexo;  $a$  é o vetor de coeficientes de regressão aleatória atribuídos aos efeitos genéticos aditivos diretos;  $X$  e  $Z$  são matrizes de incidência de efeitos em  $b$  e  $a$ , contendo polinômios de

Legendre relativos ao valor da variável controle adotada a relação (metionina+cistina):lisina; e  $e$  é o vetor de resíduos.

Comparações dos modelos com variância residual homogênea e modelos com classes de variâncias residuais heterogêneas, foram feitas por meio do critério de informação bayesiano (BIC), proposto por Schwarz (1978) para cada análise:

$$BIC = -2\text{Log } L + p \text{Log}_e(N - r);$$

em que  $p$  refere-se ao número de parâmetros do modelo,  $N$  é o número total de observações,  $r$  é o posto da matriz de incidência para os efeitos fixos, e  $\text{Log } L$  é o logaritmo decimal da função de verossimilhança.

Considerou-se nas análises a existência de classes de variância residual que variaram de homogênea a heterogênea, segundo diferentes relações (metionina+cistina):lisina, e foram assim constituídas: Classe 1: variância residual homogênea (0,61 a 0,81); Classe 2: variâncias heterogêneas em duas classes (0,61 a 0,65 e 0,66 a 0,81); Classe 3: variâncias heterogêneas em três classes (0,61 a 0,65, 0,66 a 0,70 e 0,71 a 0,81); Classe 4: variâncias heterogêneas em quatro classes (0,61 a 0,65, 0,66 a 0,70, 0,71 a 0,77 e 0,78 a 0,81). Assumindo-se que:

$$E \begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; G = \begin{bmatrix} \sigma_{b_0}^2 & \sigma_{b_0 b_1} \\ \sigma_{b_1 b_0} & \sigma_{b_1}^2 \end{bmatrix};$$

$$V(y) = Z(A \otimes G)Z' + I_n \sigma_e^2; e V \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \otimes G & \Phi \\ \Phi & I_n \sigma_e^2 \end{bmatrix},$$

em que:  $\sigma_{b_0}^2$  e  $\sigma_{b_1}^2$  são componentes de variância atribuídos a constante regressão aleatória do intercepto ( $b_0$ ) e ao coeficiente de regressão linear ( $b_1$ ) do efeito genético aditivo direto,  $\sigma_{b_0 b_1}$  é o componente de covariância entre os coeficientes de regressão aleatória ( $b_0$  e  $b_1$ ) do efeito genético aditivo direto,  $\sigma_e^2$  é o componente de variância residual,  $A$  é a matriz de numeradores do coeficiente de parentesco de Wright,  $G$  é a matriz de covariância genética aditiva,  $\Phi$  é o polinômio de Legendre,  $I_n$  é a matriz identidade e  $n$  é o número de observações.

Para obtenção da covariância genética aditiva entre a relação (metionina+cistina):lisina  $i$  e  $j$  utilizou-se a seguinte fórmula:  $\sigma_{a_{ij}} = Z_i G Z_j'$ , em que:  $Z_i = [\Phi_0(i) \quad \Phi_1(i)]$ ; e  $Z_j = [\Phi_0(j) \quad \Phi_1(j)]$ .

A estimativa da herdabilidade direta foi feita em função da relação (metionina+cistina): lisina da dieta, da seguinte maneira:

$$h_{d_i}^2 = \frac{Z_i G Z_i'}{Z_i G Z_i' + \sigma_e^2}, \text{ em que } i \text{ representa a relação (metionina+cistina):lisina da dieta.}$$

Os componentes de covariância foram estimados por meio do programa WOMBAT (MEYER, 2006) que utiliza a Máxima Verossimilhança Restrita (REML). Funções de covariância foram utilizadas para estimar a estrutura de covariância genética aditiva e a herdabilidade direta em função da relação (metionina+cistina):lisina da dieta.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Comparando a modelagem do resíduo por meio de classes observa-se que o menor valor de BIC (Bayesian information criterion) foi obtido para o modelo com duas classes de variâncias residuais, sugerindo que estas classes foram suficientes para modelar a variância residual, indicando melhor ajuste em ambas as linhagens (TAB. 4 e 5). Por este motivo, o modelo com duas classes de heterogeneidade de variância foi utilizado para se obterem as estimativas dos componentes de variância e, conseqüentemente, as predições dos parâmetros genéticos e valores genéticos utilizados neste estudo.

Outros autores também verificaram a necessidade de se considerar a heterogeneidade de variância residual em modelos, como Gonçalves et al. (2012) e Lewis e Brotherstone (2002) que concluíram que a variância residual com seis classes heterogêneas proporcionou melhor ajuste, comparado ao modelo com variância residual homogênea. De maneira semelhante, Assis et al. (2006) encontraram melhor ajuste utilizando modelos com quatro classes de variâncias residuais, por serem menos parametrizados. Da mesma maneira Teixeira et al. (2012), ao estudarem a curva de crescimento de codornas de corte de dois grupos genéticos, concluíram que os modelos com heterogeneidade de variância residual com 3 e 5 classes, foram mais adequados para as linhagens UFV1 e UVF2 respectivamente.

Tabela 4 – Comparação de modelos com heterogeneidade e homogeneidade de variância residual pelo critério de informação bayesiano (BIC), para a linhagem LF1

Característica <sup>1</sup>	Modelo quanto a variância residual	Número de parâmetros	Log L <sup>2</sup>	BIC
PABATE (g)	1 classe	4	-1778,170	3567,111
	2 classes	5	-901,022	1815,508
	3 classes	6	-900,041	1816,239
	4 classes	7	-898,644	1816,138
PCARC(g)	1 classe	4	-1655,019	3320,813
	2 classes	5	-840,600	1694,669
	3 classes	6	-842,503	1701,168
	4 classes	7	-840,222	1699,300
RCARC (%)	1 classe	4	-725,279	1461,290
	2 classes	5	-359,073	731,561
	3 classes	6	-358,113	732,324
	4 classes	7	-357,793	734,367
PPEITO (g)	1 classe	4	-1309,491	2629,757
	2 classes	5	-659,315	1332,099
	3 classes	6	-659,190	1334,542
	4 classes	7	-658,687	1336,230
RPEITO (%)	1 classe	4	-622,641	1256,050
	2 classes	5	-313,108	639,676
	3 classes	6	-313,066	642,284
	4 classes	7	-311,283	641,410
PCSC (g)	1 classe	4	-1017,693	2046,164
	2 classes	5	-522,879	1059,231
	3 classes	6	-522,517	1061,202
	4 classes	7	-522,347	1063,556
RCSC (%)	1 classe	4	-457,605	925,978
	2 classes	5	-236,445	486,350
	3 classes	6	-237,516	491,184
	4 classes	7	-234,311	487,466

<sup>1</sup>PABATE – peso corporal ao abate; PCARC – peso da carcaça; RCARC – rendimento da carcaça; PPEITO – peso do peito; RPEITO – rendimento do peito; PCSC – peso da coxa+sobrecoxa; RCSC – rendimento da coxa+sobrecoxa;

<sup>2</sup>Log L - Logaritmo decimal da função da máxima verossimilhança.

Tabela 5 – Comparação de modelos com heterogeneidade e homogeneidade de variância residual pelo critério de informação bayesiano (BIC), para a linhagem LF2

Característica <sup>1</sup>	Modelo quanto a variância residual	Número de parâmetros	Log L <sup>2</sup>	BIC
PABATE (g)	1 classe	4	-1852,541	3715,939
	2 classes	5	-933,948	1881,468
	3 classes	6	-933,945	1884,176
	4 classes	7	-934,428	1887,856
PCARC(g)	1 classe	4	-1708,371	3427,579
	2 classes	5	-857,012	1727,570
	3 classes	6	-856,765	1729,786
	4 classes	7	-855,509	1729,983
RCARC (%)	1 classe	4	-739,388	1489,540
	2 classes	5	-370,124	753,703
	3 classes	6	-369,375	754,896
	4 classes	7	-368,838	756,514
PPEITO (g)	1 classe	4	-1327,431	2665,696
	2 classes	5	-664,838	1343,218
	3 classes	6	-664,785	1345,821
	4 classes	7	-664,458	1347,875
RPEITO (%)	1 classe	4	-636,400	1283,627
	2 classes	5	-333,609	680,752
	3 classes	6	-333,096	682,432
	4 classes	7	-334,674	688,295
PCSC (g)	1 classe	4	-1003,148	2017,123
	2 classes	5	-471,398	956,330
	3 classes	6	-471,394	959,028
	4 classes	7	-469,406	957,759
RCSC (%)	1 classe	4	-460,048	930,919
	2 classes	5	-250,949	515,427
	3 classes	6	-250,332	516,899
	4 classes	7	-250,701	520,343

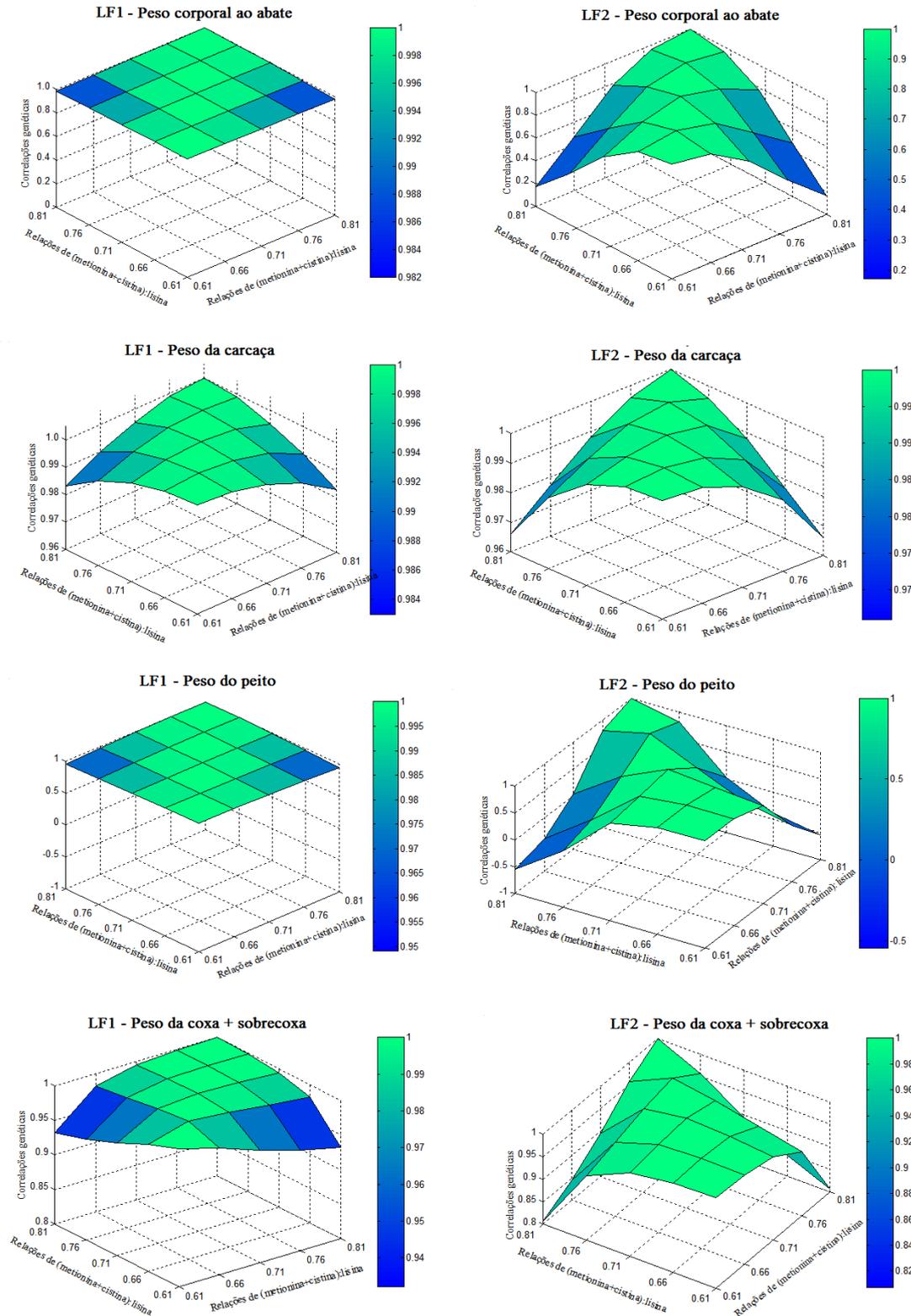
<sup>1</sup>PABATE – peso corporal ao abate; PCARC – peso da carcaça; RCARC – rendimento da carcaça; PPEITO – peso do peito; RPEITO – rendimento do peito; PCSC – peso da coxa+sobrecoxa; RCSC – rendimento da coxa+sobrecoxa;

<sup>2</sup>Log L - Logaritmo decimal da função da máxima verossimilhança.

As correlações genéticas entre as características de carcaça nos diversos ambientes nutricionais foram positivas e altas ambas as linhagens, à exceção do peso corporal ao abate e peso do peito para a linhagem LF2 que apresentaram valores abaixo de 0,80 indicando assim a presença de interação genótipo x ambiente (ROBERTSON, 1959) (FIG. 1). Isto mostra que para tais características poderá haver mudança no ordenamento do valor genético das codornas, segundo a relação (metionina+cistina):lisina da dieta. De forma contrária, as correlações genéticas acima de 0,80 indicam ausência de interação entre os genótipos e gradiente ambiental, isto é, os genes responsáveis pela expressão de uma

característica em um ambiente serão considerados os mesmos em outro ambiente (ROBERTSON, 1959).

Figura 1 – Estimativas das correlações genéticas para características de carcaça de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, para as diferentes relações (metionina+cistina):lisina da dieta

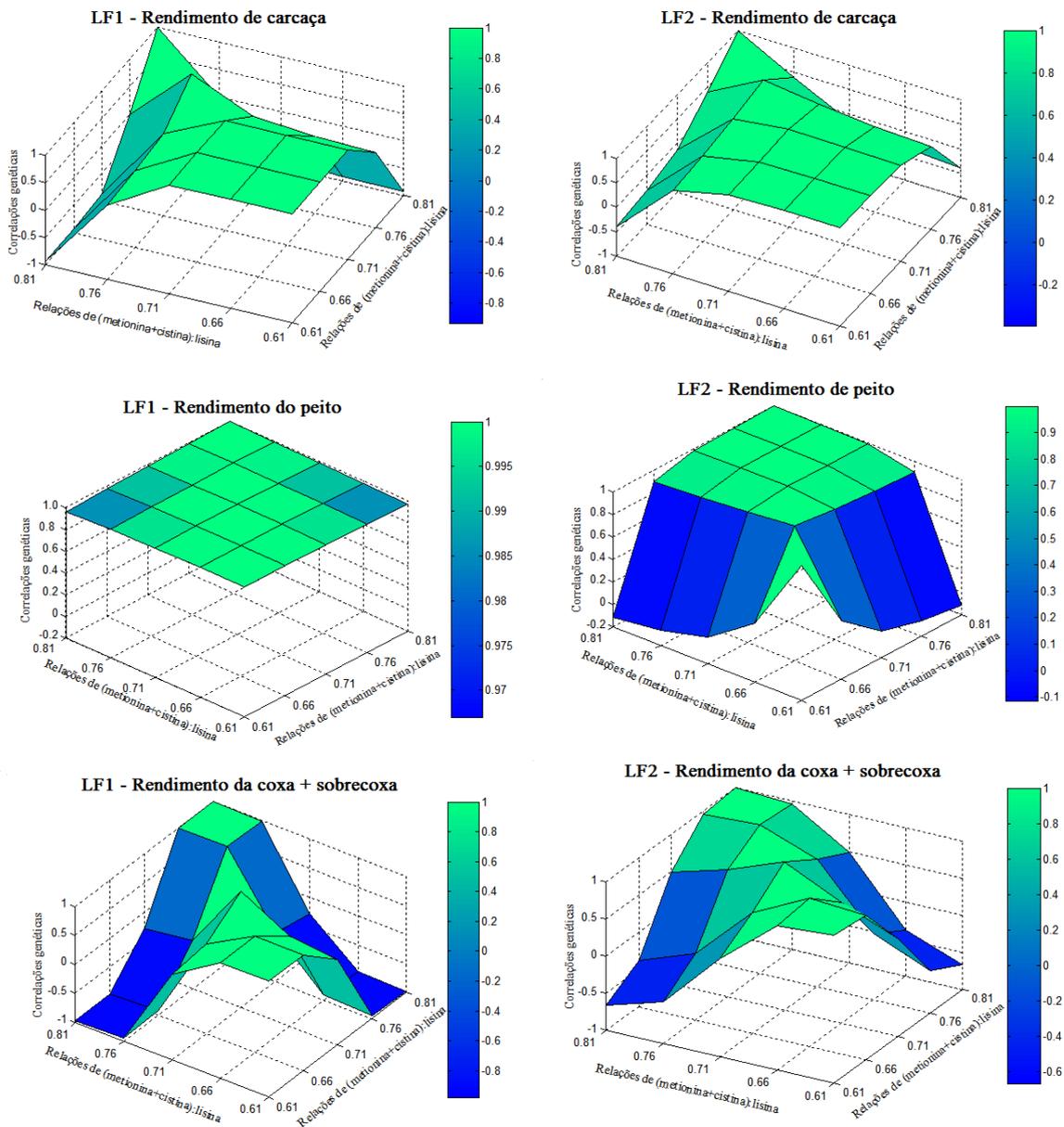


As características de rendimento da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa apresentaram, em geral, correlações genéticas baixas e negativas (valores abaixo de 0,80), indicando interação genótipo x ambiente e assim ocorrendo alterações na classificação dos valores genéticos das codornas com a mudança da relação (metionina+cistina):lisina da dieta (FIG. 2). O mesmo não foi observado para as correlações genéticas estimadas para rendimento do peito das codornas LF1, que apresentaram correlações genéticas altas e positivas em todas relações (metionina+cistina):lisina da dieta.

Verificou-se, portanto, que os valores genéticos das codornas apresentaram variações, com o aumento da relação (metionina+cistina):lisina da dieta, sugerindo interação genótipo x gradiente ambiental. Neste sentido, Su et al. (2006) afirmaram que quanto maior a distância da estimativa da correlação em relação a unidade, mais intenso será o reordenamento de valores genéticos nos diferentes ambientes.

Resultados semelhantes ao deste estudo foram encontrados por Felipe et al. (2012) que, ao trabalharem com dois grupos genéticos de codornas de corte (EV1 e EV2), encontraram a presença de interação entre genótipo e ambiente em diferentes idades, com alteração na ordem dos efeitos genéticos para peso corporal em função do nível proteico da dieta, considerando heterogeneidade de variância nas análises.

Figura 2 – Estimativas das correlações genéticas para as características de rendimento da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa em codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, para as diferentes relações (metionina+cistina):lisina



Pode-se verificar que as variâncias estimadas da constante de regressão ( $b_0$ ) foram maiores do que as do coeficiente de regressão linear ( $b_1$ ), exceto para rendimentos da carcaça e da coxa+sobrecoxa das codornas LF1; e rendimento da coxa+sobrecoxa das codornas LF2 (TAB. 8).

As correlações entre a constante de regressão ( $b_0$ ) e o coeficiente de regressão linear ( $b_1$ ) foram positivas para peso corporal ao abate, peso do peito e peso da coxa+sobrecoxa; e negativas para peso e rendimento da carcaça e rendimentos do peito e da coxa+sobrecoxa, para as codornas da LF1. Já para codornas LF2, o peso corporal ao abate,

peso do peito e da coxa+sobrecoxa apresentaram correlações positivas; e, para peso e rendimento da carcaça, rendimentos do peito e da coxa+sobrecoxa foram negativas (TAB. 8). Estas correlações positivas indicam que quanto maior o valor do intercepto, maior será a inclinação na reta que descreve a sensibilidade das aves à mudança de ambiente, isto é, maiores valores genéticos respondem positivamente ao aumento da relação (metionina+cistina):lisina da dieta. As correlações negativas sugerem que o valor genético das aves responde negativamente ao aumento da relação (metionina+cistina):lisina da dieta.

Felipe et al. (2012), apesar de estudarem a sensibilidade de valores genéticos às mudanças nos níveis proteicos das dietas, chegaram a resultados semelhantes acerca das correlações positivas entre os coeficientes de regressão aleatória do intercepto e linear, porém uma linhagem apresentou maior magnitude dos valores para as características de peso corporal.

Tabela 8 – Variâncias atribuídas à constante de regressão – intercepto ( $\sigma_{b_0}^2$ ) e ao coeficiente de regressão linear ( $\sigma_{b_1}^2$ ) do efeito genético aditivo direto, covariância ( $\sigma_{b_0b_1}$ ) e correlação ( $r_{b_0b_1}$ ) entre o intercepto e o coeficiente linear, e variância residual ( $\sigma_e^2$ ), estimadas para características de carcaça de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2

Característica <sup>1</sup>	LF1					
	$\sigma_{b_0}^2$	$\sigma_{b_1}^2$	$\sigma_{b_0b_1}$	$\sigma_{e_1}^2$	$\sigma_{e_2}^2$	$r_{b_0b_1}$
PABATE	833,595	8,331	70,186	296,736	196,651	0,842
PCARC	595,048	1,949	-12,397	50,266	118,736	-0,364
RCARC	0,936	1,010	-0,944	3,227	6,769	-0,970
PPEITO	70,833	0,679	2,227	42,773	45,704	0,321
RPEITO	1,241	0,036	-0,194	1,567	4,903	-0,913
PCSC	15,982	1,356	4,458	19,840	16,142	0,958
RCSC	0,009	0,236	-0,018	2,810	2,117	-0,386

Característica	LF2					
	$\sigma_{b_0}^2$	$\sigma_{b_1}^2$	$\sigma_{b_0b_1}$	$\sigma_{e_1}^2$	$\sigma_{e_2}^2$	$r_{b_0b_1}$
PABATE	655,334	154,299	18,044	1,603	162,107	0,057
PCARC	133,913	2,482	-15,345	205,449	252,070	-0,842
RCARC	0,432	0,212	-0,269	6,835	7,044	-0,889
PPEITO	0,401	0,368	-0,222	57,151	71,018	-0,579
RPEITO	0,620	0,221	0,354	6,594	3,994	0,956
PCSC	3,084	0,309	-0,864	7,947	15,006	-0,884
RCSC	0,011	0,018	0,001	2,296	2,622	0,112

<sup>1</sup>PABATE – peso corporal ao abate; PCARC – peso da carcaça; RCARC – rendimento da carcaça; PPEITO – peso do peito; RPEITO – rendimento do peito; PCSC – peso da coxa+sobrecoxa; RCSC – rendimento da coxa+sobrecoxa;

As correlações entre  $b_0$  e  $b_1$  foram de modo geral, negativas, exceto para peso corporal ao abate, peso do peito e da coxa+sobrecoxa das codornas da LF1; e peso corporal ao abate, rendimento do peito e da coxa+sobrecoxa das codornas da LF2. As baixas correlações entre esses coeficientes de regressão para peso ao abate e rendimento de coxa+sobrecoxa da linhagem LF2 indicam a não associação entre esses coeficientes. Em qualquer situação, a taxa de mudança no valor genético em função da relação (metionina+cistina):lisina da dieta ficará sempre em função da magnitude do coeficiente de regressão linear ( $b_1$ ). Correlações positivas indicam que os maiores valores do intercepto ( $b_0$ ) estão associados aos maiores valores do coeficiente de regressão linear ( $b_1$ ) e, portanto maior será a inclinação da reta que descreve a sensibilidade das codornas às mudanças das relações (metionina+cistina):lisina.

Santos et al. (2008), ao estudarem a sensibilidade de valores genéticos de codornas de corte às mudanças de proteína bruta com modelo de normas de reação,

observaram correlação de 0,003 entre os coeficientes de regressão aleatória, indicando ausência de interação genótipo x ambiente.

As estimativas das herdabilidades e das variâncias aditivas para as características avaliadas variaram de acordo com a mudança da relação (metionina+cistina):lisina da dieta em ambas as linhagens (FIG. 2 e 3). Houve aumento das estimativas da herdabilidade e da variância aditiva para peso ao abate e peso da coxa+sobrecoxa para LF1, à medida que se aumentou a relação (metionina+cistina):lisina da dieta. Já para peso da carcaça e rendimento do peito para linhagem LF1 e peso e rendimento da carcaça e peso da coxa+sobrecoxa para LF2, as maiores estimativas de herdabilidade e variância aditiva foram observadas nas menores relações (metionina+cistina):lisina.

Figura 3 – Estimativas de herdabilidade e variância genética aditiva para as características de carcaça de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, segundo as relações (metionina+cistina):lisina da dieta

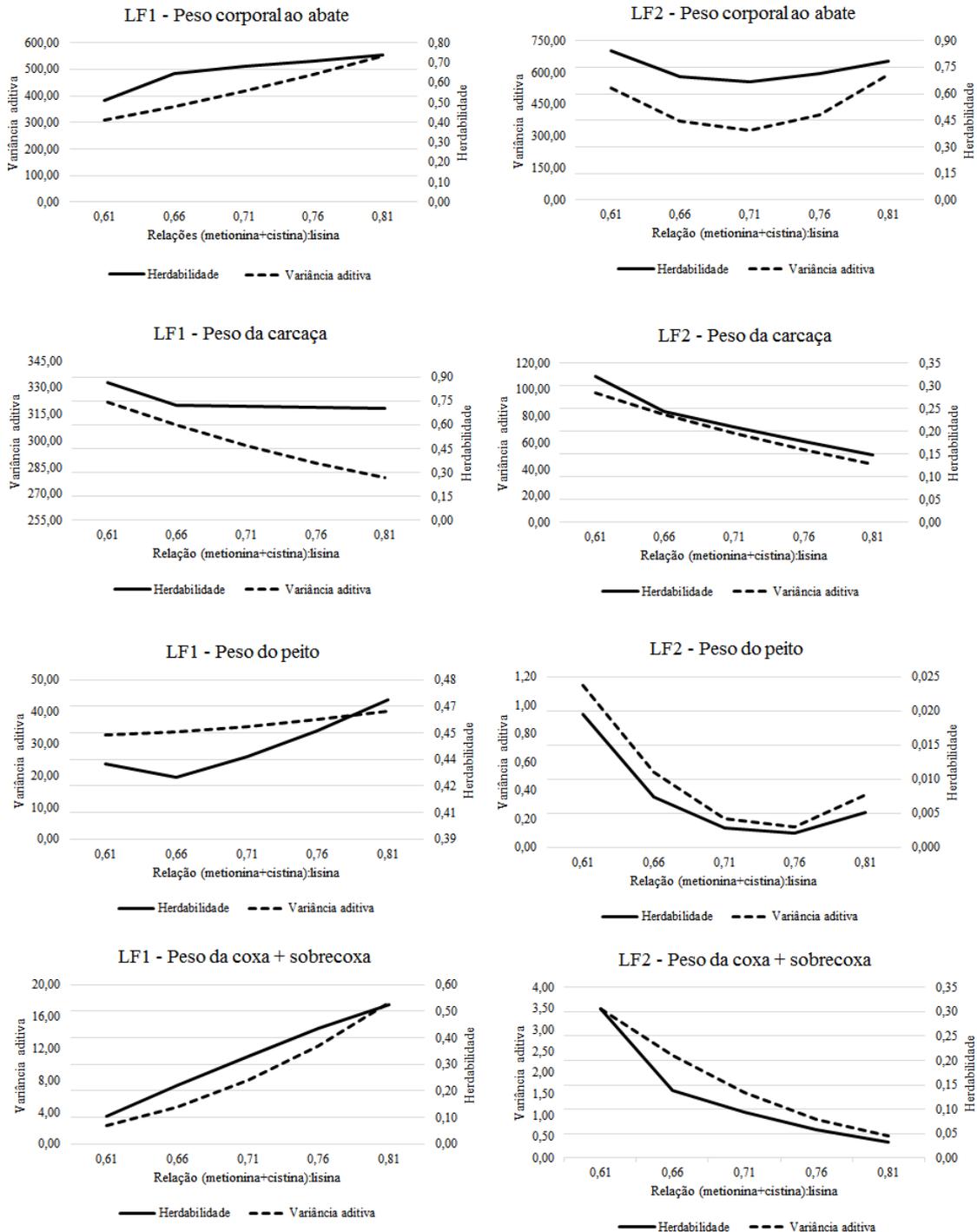
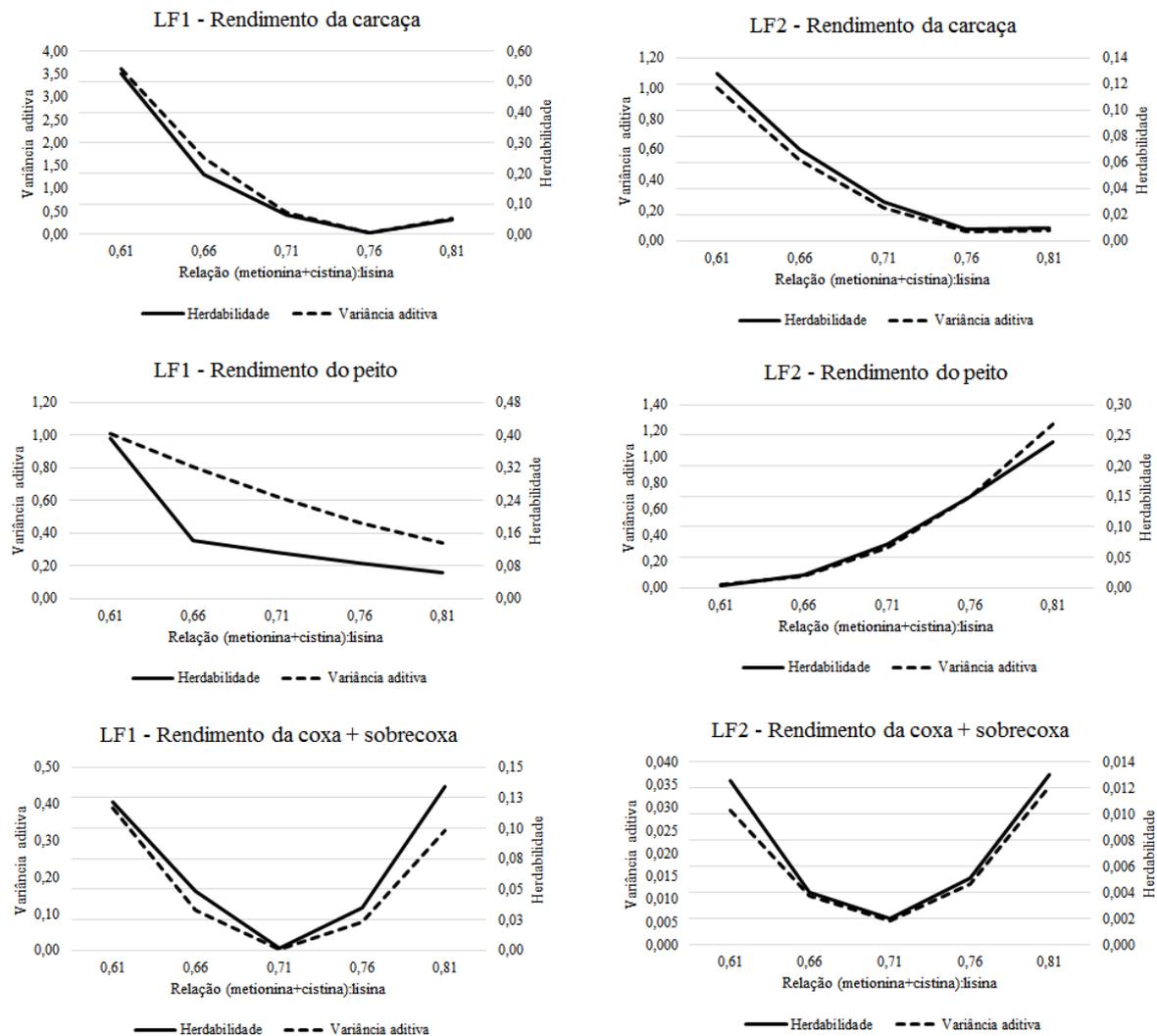


Figura 4 – Estimativas de herdabilidade e variância genética aditiva para as características de rendimento da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, segundo as relações (metionina+cistina):lisina da dieta



As normas de reação de 25 codornas amostradas aleatoriamente, para cada característica de carcaça (FIG.s 5 e 6), mostram o comportamento dos valores genéticos em função das mudanças dos níveis nutricionais.

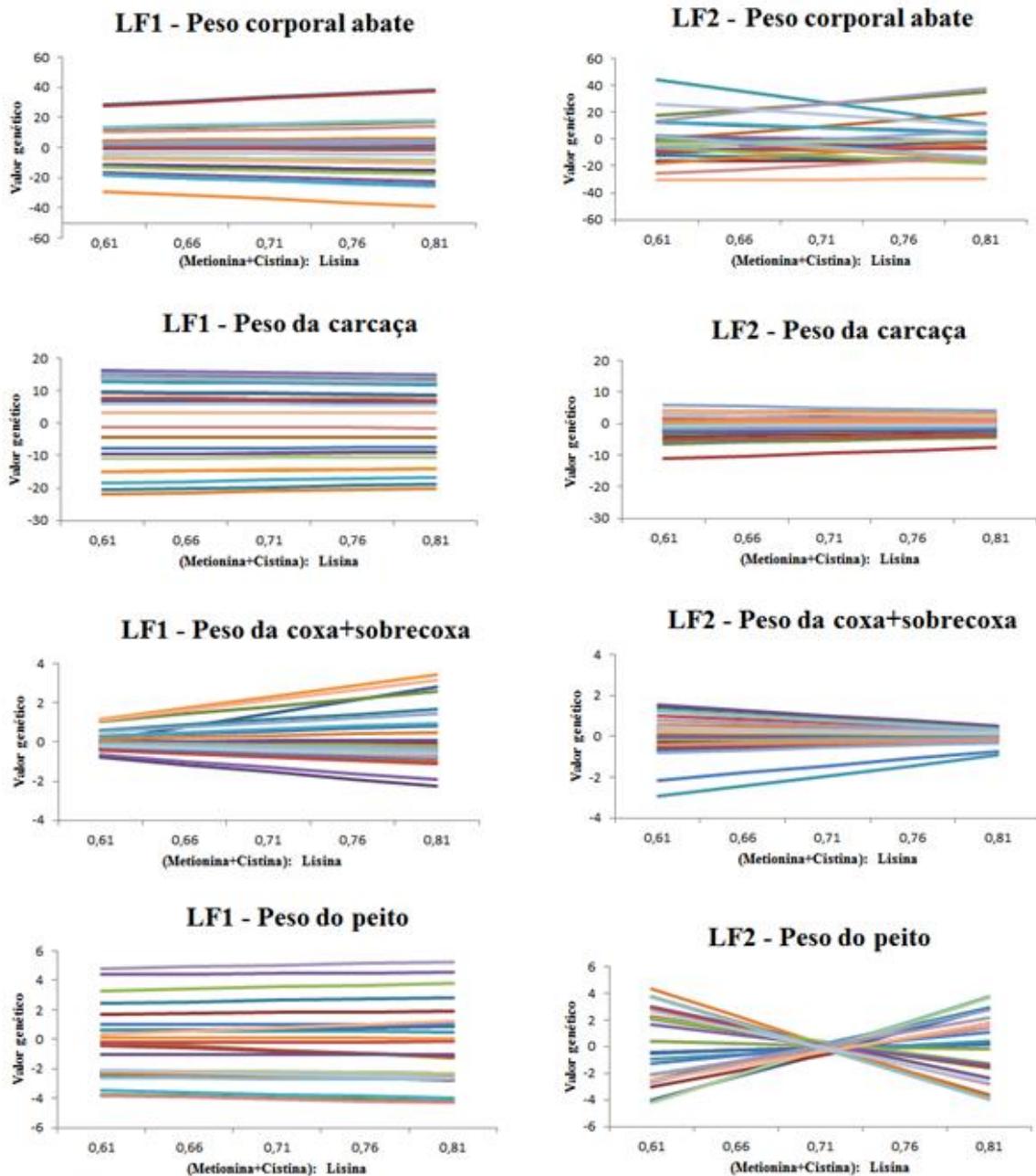
Houve sensibilidade dos valores genéticos de algumas características à mudança no gradiente nutricional. A linhagem LF1 apresentou mudança no ordenamento das aves segundo a relação (metionina+cistina):lisina, para o peso da coxa+sobrecoxa apresentando aumento considerável na dispersão dos valores genéticos, mas pequena dispersão dos valores genéticos para peso corporal ao abate (FIG. 5), o que era esperado em decorrência da alta correlação genética já apresentada (FIG. 1). Entretanto, segundo Falconer (1987), correlações genéticas diferentes da unidade indicam a presença de interação genótipo ambiente, porém esta alta correlação genética (muito próxima da unidade), sugere que a interação não é

biologicamente importante (Robertson, 1959). Para peso da carcaça e peso do peito ainda para LF1, os valores genéticos permaneceram constantes com a mudança do gradiente ambiental e apresentam alta correlação genética (FIG. 1), indicando a ausência da interação genótipo x ambiente.

As normas de reação da linhagem LF2 apresentaram alterações na sensibilidade dos valores genéticos para as características de carcaça (FIG. 4) com menos expressão para peso da carcaça, que apresentou redução discreta dos valores genéticos à mudança do gradiente nutricional. Para peso corporal ao abate houve mudança no ordenamento das aves, segundo a relação (metionina+cistina):lisina das dietas, o que já era previsto em função das correlações genéticas (FIG. 1).

O peso da coxa+sobrecoxa apresentou redução considerável na dispersão dos valores genéticos à medida que as relações (metionina+cistina):lisina das dietas aumentaram indicando a presença de interação genótipo x ambiente. Entretanto codornas selecionadas no nível mais baixo para essa característica ainda seriam melhores se criadas e selecionadas em outras relações destes aminoácidos na dieta. Portanto, a interação genótipo x ambiente pode ser desconsiderada, em virtude das altas correlações genéticas obtidas para esta característica (ROBERTSON, 1959). Pode-se ainda observar grande mudança no ordenamento das aves da linhagem LF2, segundo o nível nutricional das dietas para peso do peito, o que indica importante presença da interação genótipo x ambiente. Estes resultados estão em consonância com as baixas correlações genéticas estimadas anteriormente para esta característica (FIG. 1). Neste caso, a interação genótipo x ambiente tem que ser considerada, pois os maiores valores genéticos preditos para um nível nutricional não serão para outros níveis da relação (metionina+cistina):lisina das dietas.

Figura 5 – Normas de reação dos valores genéticos aditivos para peso corporal ao abate, peso da carcaça, da coxa+sobrecoxa e do peito das codornas das linhagens LF1 e LF2, alimentadas, do nascimento aos 21 dias de idade, com dietas contendo diferentes relações (metionina+cistina):lisina



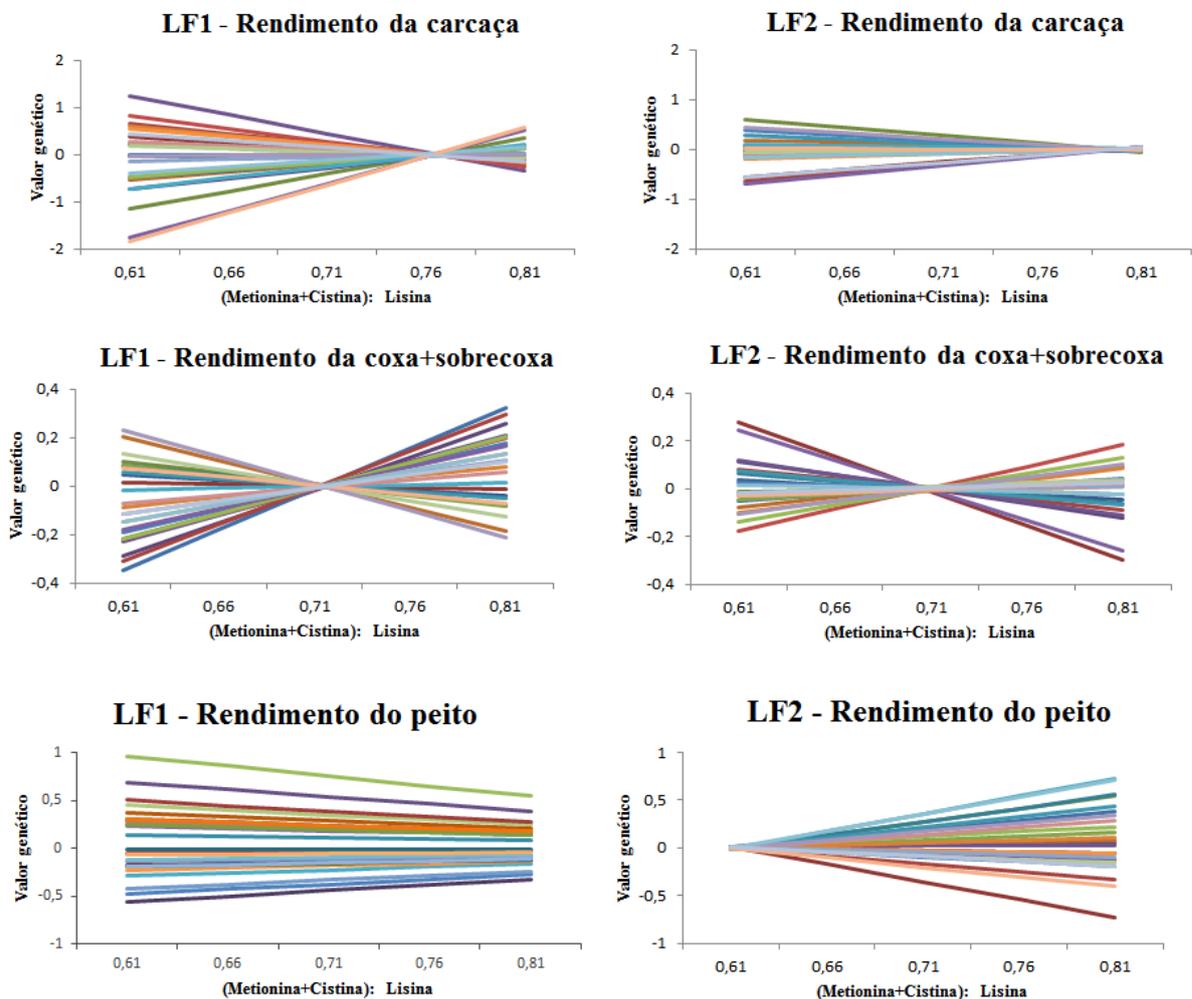
Todas as características de rendimento apresentaram dispersão nos valores genéticos das aves com a mudança do nível nutricional da dieta, com menor expressão para rendimento do peito para as codornas da LF1, com presença da interação genótipo x ambiente (FIG. 6).

Verificou-se ainda que o rendimento da coxa+sobrecoxa em ambas as linhagens e o rendimento da carcaça das codornas LF1 apresentaram interação genótipo x ambiente de

grande magnitude (FIG. 6), que estão em consonância com as correlações genéticas distantes da unidade apresentadas para estas características (FIG. 2). Em virtude da magnitude desta interação genótipo x ambiente haverá importante alteração na ordem dos valores genéticos das codornas e conseqüentemente, no desempenho das mesmas, caso estas sejam avaliadas em nível nutricional diferente do qual tenham sido selecionadas.

Com o aumento da relação (metionina+cistina):lisina, houve redução da dispersão dos valores genéticos para o rendimento da carcaça e aumento da dispersão desses valores genéticos para o rendimento do peito das codornas da linhagem LF2 (FIG. 6) indicando a presença de interação genótipo x ambiente e sugerindo ainda que as codornas selecionadas em um nível nutricional provavelmente não apresentarão o mesmo desempenho em outros níveis da relação destes aminoácidos.

Figura 6 – Normas de reação dos valores genéticos aditivos para rendimentos da carcaça, da coxa+sobrecoxa e do peito das linhagens LF1 e LF2 alimentadas, do nascimento aos 21 dias de idade, com dietas contendo diferentes relações (metionina+cistina):lisina



Portanto, detectou-se a presença de interação genótipo x ambiente para ambas as linhagens, seja por reordenamento dos valores genéticos ou pelo aumento na dispersão. Verificou-se ainda que as linhagens têm padrão de resposta diferentes frente a este gradiente nutricional, mostrando que os estudos de interação genótipo x ambiente não podem ser extrapolados para genótipos que não tenham sido avaliados.

#### 4. CONCLUSÃO

Modelos de regressão aleatória que consideram heterogeneidade de variância residual são melhores do que os que consideram a variância residual homogênea para estudo da sensibilidade dos valores genéticos de codornas de corte alimentadas com dietas contendo diferentes relações (metionina+cistina):lisina, para características de carcaça.

Há interação genótipo x ambiente (relações (metionina+cistina):lisina da dieta) para as duas linhagens estudadas, sendo que a LF2 apresentou maior sensibilidade às alterações das dietas. As codornas deverão ser criadas nos níveis nutricionais em que foram selecionadas, como forma de garantir o desempenho das mesmas.

## 5. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o suporte financeiro da CAPES, CNPq, FAPEMIG, e a Ajinomoto pelo fornecimento dos aminoácidos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, G.M.L.; ALBUQUERQUE, L.G.; SARMENTO, J.L.R. Estimação de parâmetros genéticos em caprinos leiteiros por meio de análise de regressão aleatória utilizando-se a Amostragem de Gibbs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.706-714, 2006.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Editora UFV, Viçosa, 279p. 1987.

FALCONER, D.S., MACKAY, T.F.C. **Introduction to Quantitative Genetics**. 4th Edition. Longman, Harrow, Essex. 1996.

FELIPE, V.P.S., SILVA, M.A., WENCESLAU, R.R. et al. Utilização de modelos de norma de reação com variância residual heterogênea para estudo de valores genéticos de peso de codornas de corte em função de níveis de proteína bruta na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.4, p.991-1000, 2012.

FERREIRA, F.; CORRÊA, G.S.S.; CORRÊA, A.B. et al. Teor de metionina + cistina total para codornas de corte do grupo genético EV2 durante o período de crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.3, p.665-674, 2012.

GONÇALVES, F.M.; PIRES, A.V.; PEREIRA, I.G. et al. Genetic evaluation of European quails by random regression models. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.9, p.2005-2011, 2012.

KOLMODIN, R., STRANDBERG, E., MADSEN, P. et al. Genotype by environment interaction in Nordic dairy cattle studied using reaction norms. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v.52, n.1, p.11-24, 2002.

LEWIS, R.M.; BROTHERSTONE, S. A genetic evaluation of growth in sheep using random regression techniques. **Animal Science**, v.74, n.1, p.63-70, 2002.

MEYER, K. "WOMBAT" – Digging deep for quantitative genetic analyses by restricted maximum likelihood. In: WORLD CONGRESS OF GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8, 2006, Belo Horizonte. **Proceedings...** Belo Horizonte, 2006, 1 CD-ROM.

- RABIE, M.H.; HAYAM, M.A.; El-Maaty, A. et al. Growth Performance of Japanese Quail as Affected by Dietary Protein Level and Enzyme Supplementation, **Asian Journal of Animal and Veterinary**, v.10, n.2, p.74-85, 2015.
- REDA, F.M.; ASHOUR, E.A., ALAGAWANY, M. et al. Effects of dietary protein, energy and lysine intake on growth performance and carcass characteristics of growing Japanese quails. **Asian Journal of Poultry Science**, v.9, n.3, p.155-164, 2015.
- ROBERTSON, A. The sampling variance of genetic correlation coefficient. **Biometric**, v.15, n.3, p.469-485, 1959.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- SANTOS, G.G.; CORRÊA, G.S.S.; VALENTE, B.D. et al. Sensibilidade de valores genéticos de codornas de corte em crescimento às modificações de níveis de proteína das dietas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.5, p.1188-1196, 2008.
- SCHWARZ, G. Estimating the dimension of a models. **The Annals of Statistics**, v.6, n.2, p.461-464, 1978.
- SILVA, E.L.; SILVA, J.H.V.; JORDÃO FILHO, J. et al. Redução dos níveis de proteína e suplementação aminoacídica em rações para codornas européias (*Coturnix coturnix coturnix*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3; p.822-829, 2006.
- SILVA, M.A. Interação genótipo x ambiente e estabilidade fenotípica de cana-de-açúcar em ciclo de cana de ano. **Bragantia**, v.67, n.1, p.109-117, 2008.
- SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2.ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2009. 110p.
- SU, G.; MADSEN P.; LUND M. S. et al. Bayesian analysis of the linear reaction norm model with unknown covariates. **Journal Animal Science**, v.84, n.7, p.1651-1657, 2006.
- TAVERNARI, F.C.; BERNAL, L.E.P.; ROSTAGNO, H.S. et al. Relação metionina + cistina / lisina digestível para frangos de corte cobb. **Revista Ceres**, v.61, n.2, p.193-201, 2014.
- TEIXEIRA, B.B.; EUCLYDES, R.F.; TEIXEIRA, R.B. et al. Modelos de regressão aleatória para avaliação da curva de crescimento em matrizes de codorna de corte. **Ciência Rural**, v.42, n.9, p.1641-1647, 2012.
- VIDAL, T.Z.B.; FONTES, D.O.; FERREIRA, F. et al. Teor de metionina + cistina para codornas de corte do nascimento aos 21 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.1, p.242-248, 2015.

## ARTIGO 05

### **Sensibilidade dos valores genéticos de pesos corporais e características da carcaça de codornas de corte em função das relações (metionina+cistina):lisina da dieta, de 22 a 35 dias de idade, por meio de normas de reação**

#### **RESUMO**

Avaliou-se a sensibilidade dos valores genéticos dos pesos corporais e características de carcaça de duas linhagens de codornas de corte (LF1 e LF2) às variações das relações (metionina+cistina):lisina das dietas no período de crescimento. Os dados utilizados neste estudo são provenientes de 8046 informações de pesos corporais aos 28 e 35 dias de idade e características de carcaça de codornas abatidas aos 36 dias de idade. As codornas foram alimentadas do 22º ao 35º dia de idade com dietas contendo as relações 0,68, 0,73, 0,78, 0,83 e 0,88 de (metionina+cistina):lisina, 21,73% PB e 2900 kcal EM/kg. O modelo de normas de reação utilizado nas análises levou em consideração o efeito fixo de sexo e o efeito aleatório do valor genético das características analisadas, além do efeito residual. As estimativas de variância genética e de herdabilidade variaram de acordo com a linhagem e com o gradiente nutricional. Os modelos de normas de reação para cada linhagem avaliada indicaram alteração na sensibilidade dos valores genéticos às variações no gradiente nutricional das dietas, ocasionando alterações dos valores genéticos e mudanças na ordenação dos valores genéticos para as características avaliadas. Avaliações genéticas realizadas para codornas alimentadas com dietas contendo diferentes relações (metionina+cistina):lisina demonstram alterações na predição de valores genéticos dos pesos corporais e características de carcaça destas codornas, indicando, portanto, que as codornas deverão ser criadas nas relações ((metionina+cistina):lisina) em que foram selecionadas.

Palavras-chave: *Coturnix coturnix*. Norma de reação. Regressão aleatória

## ABSTRACT

Sensitivity of breeding values of carcass characteristics of quails according to their relationship (methionine+cystine): lysine ratios of diet using reaction norm models with heterogeneity of residual variance

The sensitivity of genetics values was evaluated of carcass characteristics in growing period of two strains of quails (LF1 and LF2) to changes in relationships (methionine+cystine):lysine diets. The data used in this study are from 8046 information weights and carcass yield measured at 14, 21, 28 and 35 days old. Quails were fed from birth to 21 days of age with common diet containing 26.12% CP and 2,900 kcal ME/kg and 22 to 35 day old diets with relations 0.68, 0.73, 0.78, 0.83 and 0.88 (methionine+cystine):lysine, 21.73% CP and 2,900 kcal ME/kg. The reaction norms model used in the analyzes assumed as the fixed effect of sex and the random effect the breeding value, and the residual effect. Estimates of genetic variance and heritability varied according to the strain and the environmental gradient. The template for each reaction norms indicated strain evaluated in the sensitivity change values of the genetic variations in the gradient of the nutritional diets, for each combination weight and strain, causing changes in the breeding values and genetic changes in the ordering of the values for the weight of quail. Genetic evaluations of quails fed diets with different (methionine+cystine):lysine demonstrate changes in the prediction of breeding values of body weights of these quail, indicating therefore that the genetic evaluation should be made using diets with the same ratio (methionine+cystine):lysine dietary lysine in that birds are fed in this creation phase.

Keywords: *Coturnix coturnix*. Reaction norm. Random regression.

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de modelos de regressão aleatória tem sido proposto como alternativa para modelar características repetidas na vida dos animais, sendo consideradas como dados longitudinais, além disso, possibilitam a obtenção de estruturas de (co)variâncias entre os diferentes controles por funções de covariância para os efeitos aleatórios de interesse (EL FARO e ALBUQUERQUE, 2003).

Estes modelos consideram a modificação contínua do fenótipo e de todos os efeitos fixos e aleatórios que o compõem em função da idade, sendo então adequados para modelar características de pesos corporais, além de estimar estruturas de covariância em função da idade (VALENTE et al., 2008) ou de outro fator contínuo.

Além disso, dentre os modelos de regressões aleatórias, os modelos de normas de reação permitem o estudo da interação genótipo x ambiente nos quais o valor genético de cada animal avaliado é considerado como função do ambiente (KOLMODIN et al., 2002). Possibilitando a predição e a comparação dos valores genéticos e a estimação da variância genética para qualquer ambiente dentro de um intervalo definido, mesmo na presença de heterogeneidade de variância e de sensibilidades de valores genéticos à modificação do ambiente (SANTOS et al., 2008).

Dentro deste gradiente ambiental, a alimentação entra como um importante fator, pois as dietas das codornas, formuladas à base de milho e farelo de soja, são deficientes, entre outros aminoácidos, em metionina e cistina, que são fisiologicamente essenciais para o desempenho normal das codornas, assim as dietas devem ser suplementadas com aminoácidos sintéticos (PINTO et al., 2003).

Diante deste contexto, objetivou-se estudar a interação genótipo x relação (metionina+cistina):lisina da dieta, para peso corporal e características de carcaça, em duas linhagens de codornas de corte alimentadas do 22º ao 35º dia de idade com dietas contendo diferentes relações (metionina+cistina):lisina.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As informações de codornas de corte utilizados neste estudo são provenientes de um experimento realizado no Programa de Melhoramento Genético de Codornas, do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

(UFVJM), localizada em Diamantina, MG, Brasil, com a autorização do CEUA (Comissão de Ética no Uso de Animais da UFVJM), protocolo nº027/2014.

Os dados constituíram de 8046 informações de pesos corporais e características de carcaça de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2. As dietas fornecidas para as aves foram balanceadas com base no conteúdo aminoacídico digestível dos alimentos (ROSTAGNO et al., 2011), e segundo as exigências nutricionais recomendadas por Silva e Costa (2009). A fim de segurar que nenhum aminoácido ficasse deficiente na dieta, foram acrescentados 3% nas exigências de cada aminoácido, exceto lisina digestível e metionina+cistina digestíveis. As codornas foram alimentadas do nascimento ao 21º dia de idade com dieta comum contendo 26,12% PB e 2900 kcal EM/kg segundo recomendações de exigências nutricionais (TAB. 1). No período final de criação, do 22º ao 35º dia de idade, as codornas foram alimentadas com dietas contendo as relações 0,68, 0,73, 0,78, 0,83 e 0,88 (metionina+cistina):lisina, com 21,73% PB e 2900 kcal EM/kg (TAB. 2).

Tabela 1 – Composição das dietas fornecidas às codornas de corte do nascimento aos 21 dias de idade, segundo as relações (metionina+cistina):lisina

Ingrediente (%)	Composição (%)
Milho Moído	50,97
Farelo de Soja (45%)	34,11
Glúten de Milho (60%)	10,00
Calcário Calcítico	1,22
Fosfato Bicálcico	1,16
Sal Comum	0,38
Mistura Mineral <sup>(1)</sup>	0,20
Mistura Vitamínica <sup>(2)</sup>	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01
L- Lisina HCl (78%)	0,23
DL- Metionina (99%)	0,25
L- Treonina (99%)	0,12
L- Isoleucina (99%)	0,06
L- Arginina (99%)	0,34
L-Glutâmico (99%)	0,24
Amido	0,51
<b>Total</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição calculada</b>	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.900
Proteína Bruta (%)	26,12
Cálcio (%)	0,85
Fósforo Disponível (%)	0,32
Sódio (%)	0,17
Fibra Bruta (%)	2,72
<b>Aminoácidos digestíveis (%)</b>	
Lisina	1,250
Metionina +Cistina	1,010
Triptofano	0,212
Treonina	0,987
Arginina	1,798
Isoleucina	1,075
Valina	1,104

<sup>(1)</sup>Composição/kg de produto: Manganês: 160g, Ferro: 100g, Zinco: 100g, Cobre: 20g, Cobalto: 2g, Iodo: 2g, Excipiente q.s.p.: 1000 g.

<sup>(2)</sup>Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D<sub>3</sub>:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B<sub>1</sub>:2.500 mg, Vit B<sub>2</sub>: 8.000 mg, Vit B<sub>6</sub>:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B<sub>12</sub>: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

Tabela 2 – Composição da dieta fornecida às codornas de corte dos 22 aos 35 dias de idade

Ingrediente (%)	Relações (metionina+cistina):lisina				
	0,68	0,73	0,78	0,83	0,88
Milho Moído	61,09	61,09	61,09	61,09	61,09
Farelo de Soja (45%)	30,45	30,45	30,45	30,45	30,45
Glúten de Milho (60%)	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70
Calcário Calcítico	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Fosfato Bicálcico	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Sal Comum	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Mistura Mineral <sup>(1)</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Mistura Vitamínica <sup>(2)</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
DL- Metionina (99%)	0,00	0,04	0,09	0,13	0,19
L- Arginina (99%)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
L-Glutâmico (99%)	0,50	0,45	0,40	0,36	0,30
Amido	0,50	0,51	0,51	0,51	0,51
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada					
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3050	3050	3050	3050	3050
Proteína Bruta (%)	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Cálcio (%)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Fósforo Disponível (%)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Sódio (%)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Fibra Bruta (%)	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
Aminoácidos digestíveis (%)					
Lisina	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920
Metionina + Cistina	0,630	0,670	0,720	0,760	0,810
Triptofano	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220
Treonina	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733
Arginina	1,370	1,370	1,370	1,370	1,370
Isoleucina	0,843	0,843	0,843	0,843	0,843
Valina	0,927	0,927	0,927	0,927	0,927

<sup>(1)</sup>Composição/kg de produto: Manganês: 160g, Ferro: 100g, Zinco: 100g, Cobre: 20g, Cobalto: 2g, Iodo: 2g, Excipiente q.s.p.: 1000 g.

<sup>(2)</sup>Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D<sub>3</sub>:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B<sub>1</sub>:2.500 mg, Vit B<sub>2</sub>: 8.000 mg, Vit B<sub>6</sub>:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B<sub>12</sub>: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

As aves foram criadas do nascimento ao 35º dia de idade em boxes com dimensões 2m x 2m, piso de cimento forrado com cama de maravalha com campânulas de aquecimento até o 21º dia de idade, recebendo ração e água à vontade. O peso corporal das codornas foi obtido aos 28 e aos 35 dias de idade. Para o abate, as codornas com 36 dias de idade foram submetidas a jejum alimentar de 6 horas, em seguida pesadas e insensibilizadas por deslocamento cervical e abatidas, realizando-se a sangria. Foram avaliados o peso corporal aos 28 e 35 dias de idade, peso e rendimento da carcaça, peso e rendimento do peito

e peso e rendimento da coxa+sobrecoxa. O rendimento da carcaça foi feito em relação ao peso corporal ao abate e os rendimentos do peito e da coxa+sobrecoxa, em relação ao peso da carcaça.

Foram retirados do banco de dados observações de aves sem identificação de sexo e informações que apresentaram maior ou menor que três desvios-padrão em relação a sua média (TAB. 3).

Tabela 3 – Estatística descritiva dos dados utilizados nas análises de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 para peso corporal e características de carcaça

Linhagem	Característica <sup>1</sup>	Número de observações	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	MP <sup>2</sup>
LF1	P28 (g)	447	210,23	20,18	146,30	268,20	759
	P35 (g)	445	261,86	24,50	186,40	324,10	757
	PCARC (g)	449	197,11	20,92	130,22	262,45	764
	RCARC (%)	443	74,68	3,56	59,24	90,08	758
	PPEITO (g)	450	82,63	10,15	51,63	111,63	766
	RPEITO (%)	450	41,76	2,76	28,28	52,74	766
	PCSC (g)	452	45,92	6,43	25,80	99,03	768
	RCSC (%)	452	23,35	2,97	15,64	54,64	768
LF2	P28 (g)	565	204,00	19,04	149,80	268,60	776
	P35 (g)	566	253,06	22,87	180,50	322,00	768
	PCARC (g)	555	190,36	18,76	134,10	250,26	766
	RCARC (%)	550	74,69	3,32	61,62	89,01	758
	PPEITO (g)	556	79,95	9,73	50,10	109,23	767
	RPEITO (%)	556	42,00	2,53	33,87	54,11	779
	PCSC (g)	555	44,06	5,46	27,89	60,20	765
	RCSC (%)	555	23,19	1,86	17,06	31,48	770

<sup>1</sup>P28 e P35 – peso corporal aos 28 e aos 35 dias de idade; PCARC – peso da carcaça; RCARC – rendimento da carcaça; PPEITO – peso do peito; RPEITO – rendimento do peito; PCSC – peso da coxa+sobrecoxa; RCSC – rendimento da coxa+sobrecoxa; <sup>2</sup>MP – número de animais na matriz de parentesco.

O modelo animal usado nas análises unicaracterísticas, utilizando o modelo de regressão aleatória incluiu o efeito fixo de sexo e os aleatórios do valor genético das codornas (aditivo direto) para as diferentes características estudadas e residual. Ambos os efeitos fixos e aleatórios foram modelados como funções lineares de polinômios ortogonais de Legendre ponderados por coeficientes de regressão (fixos ou aleatórios, de acordo com o efeito). O modelo de avaliação foi definido como:

$$y_{hij} = \sum_{k=0}^1 b_{jk} x_k(i) + \sum_{k=0}^1 a_{hk} x_k(i) + e_{hij}$$

em que:  $y_{hij}$  é a observação do animal  $h$ , do sexo  $j$ , alimentado com dieta com relação (metionina+cistina):lisina  $i$ ;  $b_{jk}$  é o coeficiente de regressão fixo  $k$  atribuído ao sexo  $j$ ;  $a_{hk}$  é o coeficiente de regressão aleatória  $k$  de efeito genético aditivo direto atribuído ao animal  $h$ ;  $x_k(i)$  é o polinômio de Legendre  $k$  associado ao nível da relação (metionina+cistina):lisina  $i$  e  $e_{hij}$  é o resíduo associado à observação  $y_{hij}$  sendo que este foi o único efeito que não foi considerado uma função da relação (metionina+cistina):lisina das dietas.

O modelo na forma matricial é apresentado como:  $y = Xb + Za + e$ ;

em que:  $y$  é o vetor de observações;  $b$  é o vetor de coeficientes de regressão da trajetória fixa de cada sexo;  $a$  é o vetor de coeficientes de regressão aleatória atribuídos aos efeitos genéticos aditivos diretos;  $X$  e  $Z$  são matrizes de incidência de efeitos em  $b$  e  $a$ , contendo polinômios de Legendre relativos ao valor da variável controle adotada a relação (metionina+cistina):lisina; e  $e$  é o vetor de resíduos.

Comparações dos modelos com variância residual homogênea e modelos com classes de variância heterogêneas, foram feitas por meio do critério de informação bayesiano (BIC), proposto por Schwarz (1978) para cada arquivo analisado:

$$BIC = -2\text{Log } L + p \text{Log}_e(N - r);$$

em que  $p$  refere-se ao número de parâmetros do modelo,  $N$  é o número total de observações,  $r$  é o posto da matriz de incidência para os efeitos fixos, e  $\text{Log } L$  é o logaritmo decimal da função de verossimilhança.

Considerou-se nas análises a existência classes de variância residual de homogênea a heterogênea, segundo diferentes relações (metionina+cistina):lisina, sendo: Classe 1: variância residual homogênea (0,68 a 0,88); Classe 2: variâncias heterogêneas em duas classes diferentes (0,68 a 0,72 e 0,73 a 0,88); Classe 3: variâncias heterogêneas em três classes (0,68 a 0,72, 0,73 a 0,77 e 0,78 a 0,88); Classe 4: variâncias heterogêneas em quatro classes (0,68 a 0,72, 0,73 a 0,77, 0,78 a 0,82 e 0,83 a 0,88). Assumindo-se que:

$$E \begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; G = \begin{bmatrix} \sigma_{b_0}^2 & \sigma_{b_0b_1} \\ \sigma_{b_1b_0} & \sigma_{b_1}^2 \end{bmatrix};$$

$$V(y) = Z(A \otimes G)Z' + I_n \sigma_e^2; e V \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \otimes G & \Phi \\ \Phi & I_n \sigma_e^2 \end{bmatrix};$$

em que:  $\sigma_{b_0}^2$  e  $\sigma_{b_1}^2$  são componentes de variância atribuídos a constante de regressão aleatória (intercepto) ( $b_0$ ) e ao coeficiente de regressão linear ( $b_1$ ) do efeito genético aditivo direto,  $\sigma_{b_0b_1}$  é o componente de covariância entre os coeficientes de regressão aleatória ( $b_0$  e  $b_1$ ) do efeito genético aditivo direto,  $\sigma_e^2$  é o componente de variância residual,  $A$  é a matriz de

numeradores do coeficiente de parentesco de Wright,  $G$  é a matriz de covariância genética aditiva,  $\phi$  é o polinômio de Legendre e  $I_n$  é a matriz identidade e  $n$  é o número de observações.

Para obtenção da covariância genética aditiva entre a relação (metionina+cistina):lisina  $i$  e  $j$  utilizou-se a seguinte fórmula:  $\sigma_{a_{ij}} = Z_i G Z_j'$ , em que:  $Z_i = [\Phi_0(i) \ \Phi_1(i)]$ ; e  $Z_j = [\Phi_0(j) \ \Phi_1(j)]$ .

A estimativa da herdabilidade direta foi feita em função da relação (metionina+cistina):lisina da dieta, da seguinte maneira:

$$h_{d_i}^2 = \frac{Z_i G Z_i'}{Z_i G Z_i' + \sigma_e^2}, \text{ em que } i \text{ representa a relação (metionina+cistina):lisina da dieta.}$$

Os componentes de covariância foram estimados por meio do programa WOMBAT (MEYER, 2006) que utiliza a Máxima Verossimilhança Restrita (REML). Funções de covariância foram utilizadas para estimar a estrutura de covariância genética aditiva e a herdabilidade direta em função da relação (metionina+cistina):lisina da dieta.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os modelos que consideraram número classes de variância residual (heterogeneidade) se mostraram melhores do que aqueles que consideraram a homogeneidade de variância (somente uma classe de variância residual), com base no menor valor de BIC (TAB.s 4 e 5). Portanto, para a avaliação da interação genótipo x ambiente das características das codornas de corte foi adotado o modelo que considerou a variância residual em duas classes, resultantes das diferentes relações (metionina+cistina):lisina da dieta, pois foi o melhor modelo, segundo o critério de avaliação adotado (BIC). O modelo com duas classes de heterogeneidade de variância foi utilizado então para se obterem as estimativas dos componentes de variância e, conseqüentemente, os parâmetros genéticos e valores genéticos.

Tabela 4 – Comparação de modelos com heterogeneidade e homogeneidade de variância residual pelo critério de informação bayesiano (BIC), para codornas de corte da linhagem LF1

Característica <sup>1</sup>	Modelo quanto a variância residual	Número de parâmetros	Log L <sup>2</sup>	BIC
P28 (g)	1 classe	4	-1537,657	3085,915
	2 classes	5	-766,385	1546,022
	3 classes	6	-765,411	1546,724
	4 classes	7	-765,334	1549,220
P35 (g)	1 classe	4	-1594,532	3199,657
	2 classes	5	-791,495	1596,232
	3 classes	6	-797,639	1611,168
	4 classes	7	-791,072	1600,683
PCARC (g)	1 classe	4	-1541,056	3092,721
	2 classes	5	-769,825	1552,911
	3 classes	6	-768,948	1553,809
	4 classes	7	-767,904	1554,374
RCARC (%)	1 classe	4	-755,735	1522,056
	2 classes	5	-373,304	759,840
	3 classes	6	-373,205	762,288
	4 classes	7	-372,594	763,713
PPEITO (g)	1 classe	4	-1235,069	2480,751
	2 classes	5	-620,275	1253,816
	3 classes	6	-619,687	1255,293
	4 classes	7	-619,459	1257,490
RPEITO (%)	1 classe	4	-684,790	1380,193
	2 classes	5	-338,554	690,374
	3 classes	6	-340,509	696,937
	4 classes	7	-343,322	705,216
PCSC (g)	1 classe	4	-1023,151	2056,923
	2 classes	5	-509,622	1032,520
	3 classes	6	-512,368	1040,667
	4 classes	7	-512,702	1043,990
RCSC (%)	1 classe	4	-692,587	1395,795
	2 classes	5	-303,201	619,678
	3 classes	6	-302,814	621,559
	4 classes	7	-301,553	621,692

<sup>1</sup>P28 e P35 – peso corporal aos 28 e aos 35 dias de idade; PCARC – peso da carcaça; RCARC – rendimento da carcaça; PPEITO – peso do peito; RPEITO – rendimento do peito; PCSC – peso da coxa+sobrecoxa; RCSC – rendimento da coxa+sobrecoxa.

<sup>2</sup>Log L - Logaritmo decimal da função da máxima verossimilhança.

Alguns autores também constataram a necessidade de se considerar a heterogeneidade de variância residual em modelos de normas de reação em codornas de corte (TEIXEIRA et al., 2012; BONAFÉ et al., 2011; GONÇALVES et al., 2012; SANTOS et al., 2008), características de crescimento em caprinos (SOUSA et al., 2008) e produção de leite

no dia do controle (EL FARO e ALBUQUERQUE, 2003) devido ao efeito da interação genótipo x ambiente.

Tabela 5 – Comparação de modelos com heterogeneidade e homogeneidade de variância residual pelo critério de informação bayesiano (BIC), para codornas de corte da linhagem LF2

Característica <sup>1</sup>	Modelo quanto a variância residual	Número de parâmetros	Log L <sup>2</sup>	BIC
P28 (g)	1 classe	4	-1907,060	3825,128
	2 classes	5	-944,446	1902,652
	3 classes	6	-944,418	1905,348
	4 classes	7	-942,814	1904,892
P35 (g)	1 classe	4	-1973,462	3957,935
	2 classes	5	-998,607	2010,978
	3 classes	6	-997,895	2012,307
	4 classes	7	-996,756	2012,782
PCARC (g)	1 classe	4	-1832,625	3676,227
	2 classes	5	-906,630	1826,981
	3 classes	6	-906,264	1828,994
	4 classes	7	-905,189	1829,588
RCARC (%)	1 classe	4	-893,941	1798,843
	2 classes	5	-450,889	915,480
	3 classes	6	-450,889	918,220
	4 classes	7	-450,830	920,842
PPEITO (g)	1 classe	4	-1496,941	3004,862
	2 classes	5	-744,049	1501,823
	3 classes	6	-744,042	1504,554
	4 classes	7	-743,959	1507,134
RPEITO (%)	1 classe	4	-795,290	1601,560
	2 classes	5	-399,391	812,507
	3 classes	6	-398,938	814,346
	4 classes	7	-397,292	813,799
PCSC (g)	1 classe	4	-1139,343	2289,663
	2 classes	5	-556,849	1127,419
	3 classes	6	-556,755	1129,976
	4 classes	7	-555,578	1130,366
RCSC (%)	1 classe	4	-601,021	1213,019
	2 classes	5	-284,002	581,725
	3 classes	6	-285,957	588,380
	4 classes	7	-283,668	586,546

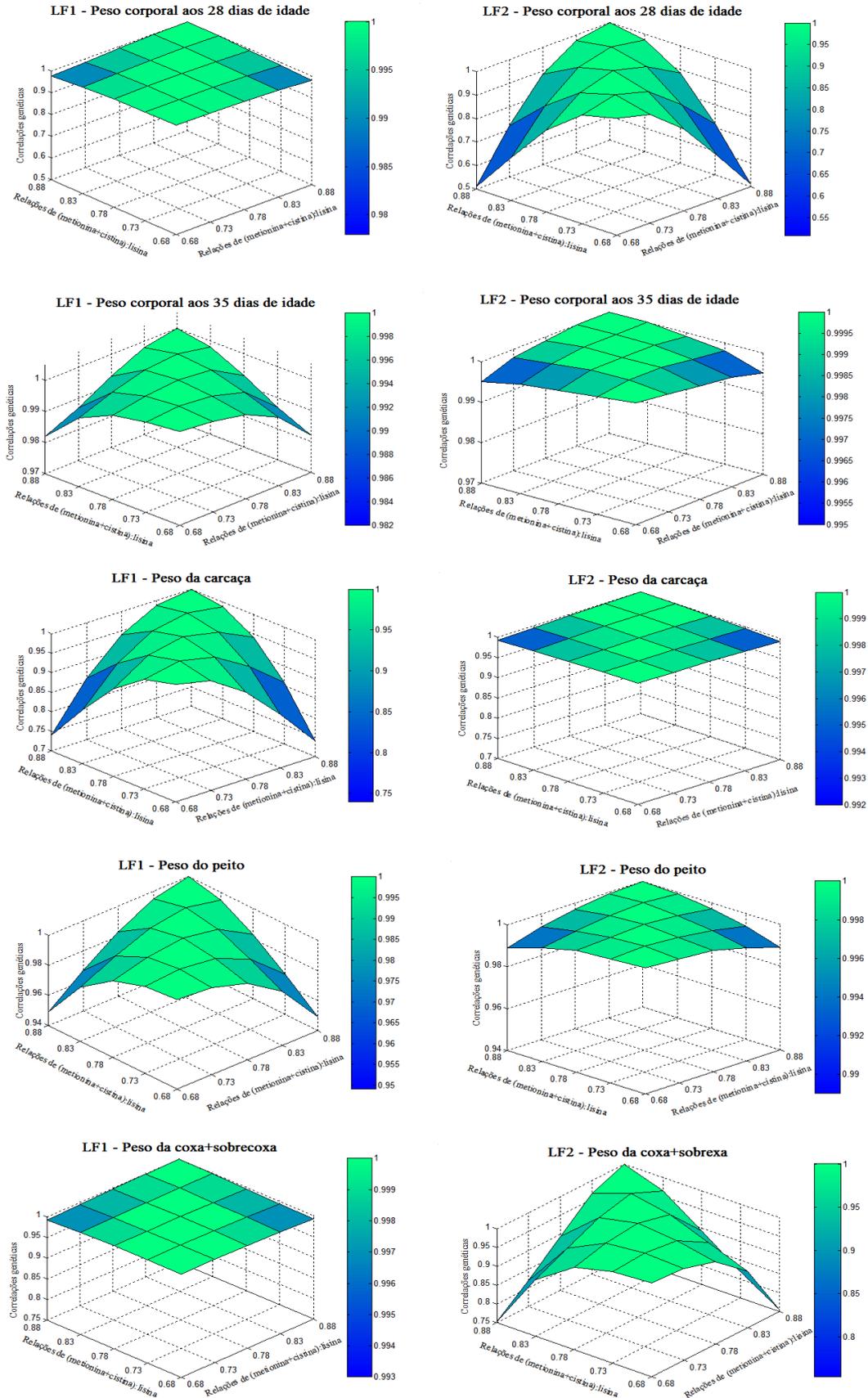
<sup>1</sup>P28 e P35 – peso corporal aos 28 e aos 35 dias de idade; PCARC – peso da carcaça; RCARC – rendimento da carcaça; PPEITO – peso do peito; RPEITO – rendimento do peito; PCSC – peso da coxa+sobrecoxa; RCSC – rendimento da coxa+sobrecoxa.

<sup>2</sup>Log L - Logaritmo decimal da função da máxima verossimilhança.

Comparando-se as correlações genéticas (FIG. 1) nas diversas relações nutricionais, notam-se estimativas altas e positivas para a maioria das características avaliadas. Além disso,

observa-se a existência de interação entre as linhagens e as relações (metionina+cistina):lisina estudadas para peso da carcaça para LF1 e peso corporal aos 28 dias de idade e de coxa+sobrecoxa para LF2, onde apresentaram correlação genética abaixo de 0,80 (ROBERTSON, 1959).

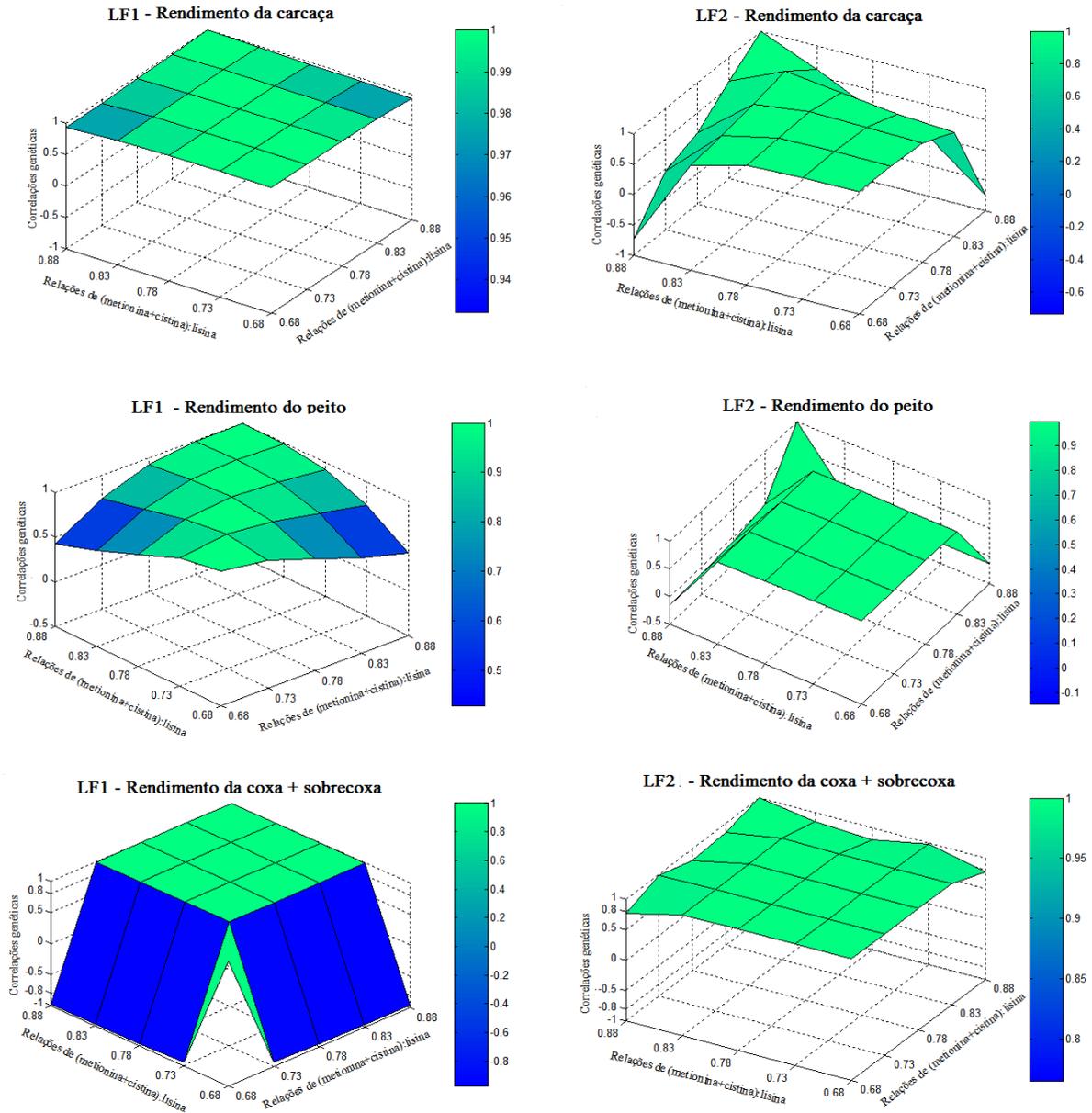
Figura 1 – Estimativas das correlações genéticas para peso corporal e características de carcaça de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, para as diferentes relações (metionina+cistina):lisina da dieta



As características de rendimento da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa para codornas LF2 apresentaram correlações genéticas menores que 0,80 ou negativas, indicando apreciável interação genótipo x ambiente, com mudança no ordenamento do valor genético segundo a relação aminoacídica avaliada (FIG. 2), enquanto que para LF1 esta interação só é observada para rendimento do peito. Assim, avaliações genéticas realizadas em codornas que se alimentem com determinada relação (metionina+cistina):lisina na dieta podem produzir predições que talvez não sejam válidas para outras relações. Vale observar que esta interação para LF2, foi observada com maior intensidade para os rendimentos da carcaça e do peito, entre a relação mais alta (0,88) e todas as outras relações avaliadas (0,68; 0,73; 0,78 e 0,83).

Resultados semelhantes foram verificados por Felipe et al. (2012) que encontraram correlações genéticas positivas entre os pesos corporais aos 21 e aos 35 dias de idade em codornas de corte alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta.

Figura 2 – Estimativas das correlações genéticas para rendimento da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, para as diferentes relações (metionina+cistina):lisina da dieta



De maneira geral, a variância estimada para a constante de regressão aleatória do intercepto ( $b_0$ ) é maior do que a estimada para o coeficiente de regressão aleatória linear ( $b_1$ ) (TAB. 8). Estes coeficientes apresentaram correlação negativa para a maioria das análises em diferentes magnitudes, exceto para PCARC, RPEITO e RCSC para a linhagem LF1 e P28 para LF2, que apresentaram correlação positiva. Estas correlações negativas indicam que os maiores valores genéticos estão associados aos menores valores do coeficiente de regressão linear, e as codornas apresentam diferentes valores genéticos com a mudança das relações aminoacídicas da dieta. Para as características que apresentaram correlação positiva, quanto

maior o valor do intercepto maior será a inclinação na reta que descreve a sensibilidade das aves à mudança de ambiente. E quanto maior a distância da correlação da unidade, maior será o reordenamento dos animais nos diferentes ambientes (SU et al., 2006).

Tabela 8. Variâncias atribuídas à constante de regressão – intercepto ( $\sigma_{b_0}^2$ ) e ao coeficiente de regressão linear ( $\sigma_{b_1}^2$ ) do efeito genético aditivo direto, covariância ( $\sigma_{b_0b_1}$ ) e correlação ( $r_{b_0b_1}$ ) entre o intercepto e o coeficiente linear, e variância residual ( $\sigma_e^2$ ), estimadas para peso corporal e características de carcaça de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2

Característica <sup>1</sup>	LF1					
	$\sigma_{b_0}^2$	$\sigma_{b_1}^2$	$\sigma_{b_0b_1}$	$\sigma_{e_1}^2$	$\sigma_{e_2}^2$	$r_{b_0b_1}$
<b>P28</b>	153,816	2,769	-18,637	155,335	329,260	-0,903
<b>P35</b>	532,959	12,153	-75,499	60,560	325,789	-0,938
<b>PCARC</b>	763,000	39,046	31,745	2,591	49,010	0,183
<b>RCARC</b>	2,426	0,203	-0,683	6,043	10,212	-0,973
<b>PPEITO</b>	52,487	1,596	-7,325	36,395	75,583	-0,800
<b>RPEITO</b>	0,744	0,113	0,153	9,729	6,634	0,528
<b>PCSC</b>	27,339	0,682	-4,224	92,931	14,939	-0,978
<b>RCSC</b>	4,778	2,469	3,429	26,550	0,983	0,998
Característica	LF2					
	$\sigma_{b_0}^2$	$\sigma_{b_1}^2$	$\sigma_{b_0b_1}$	$\sigma_{e_1}^2$	$\sigma_{e_2}^2$	$r_{b_0b_1}$
<b>P28</b>	399,543	63,601	63,046	130,399	102,673	0,395
<b>P35</b>	652,962	0,564	-8,811	39,990	213,971	-0,458
<b>PCARC</b>	465,086	8,736	-22,045	1,082	89,256	-0,345
<b>RCARC</b>	0,491	0,187	-0,256	6,708	10,026	-0,844
<b>PPEITO</b>	98,896	2,839	-12,399	0,271	44,704	-0,740
<b>RPEITO</b>	2,617	0,904	-1,526	0,004	5,687	-0,992
<b>PCSC</b>	12,563	0,932	-2,387	14,704	13,830	-0,697
<b>RCSC</b>	1,384	0,335	-0,675	2,151	2,022	-0,990

<sup>1</sup>P28 e P35 – peso corporal aos 28 e aos 35 dias de idade; PCARC – peso da carcaça; RCARC – rendimento da carcaça; PPEITO – peso do peito; RPEITO – rendimento do peito; PCSC – peso da coxa+sobrecoxa; RCSC – rendimento da coxa+sobrecoxa.

As estimativas de herdabilidade e variância aditiva para as linhagens LF1 e LF2, apresentaram alteração no comportamento com a mudança no nível nutricional (FIG.s 3 e 4). Para P28, para as duas linhagens, estas estimativas aumentaram com o aumento da relação (metionina+cistina):lisina na dieta, podendo ser utilizado como critério de seleção. O mesmo comportamento crescente foi observado para RPEITO e RCSC para LF1, o que também causaria maior resposta à seleção em relação à variância fenotípica. Desempenho contrário foi verificado para as características P35, RCARC, PPEITO para linhagem LF1; e P35, RCARC, PPEITO, RPEITO, PCSC e RCSC para LF2. Sendo que para PCARC na LF1, houve uma

redução das estimativas da relação (metionina+cistina):lisina 0,68 para 0,73, e logo em seguida o aumento à medida em que a relação aminoacídica aumentava. Para PCARC na linhagem LF2 observou-se que à medida em que a relação (metionina+cistina):lisina da dieta aumentava houve uma oscilação nos valores das variâncias e consequentemente das herdabilidades.

Estimativas de variâncias genéticas aditivas crescentes, ao longo da trajetória, foram relatadas em codornas de corte (BONAFÉ et al., 2011), assim como as estimativas de herdabilidades para dois grupos de codornas de corte (SANTOS et al., 2008).

Figura 3 – Estimativas de herdabilidade e variância genética aditiva para pesos corporais e características de carcaça de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, segundo as relações (metionina+cistina):lisina da dieta

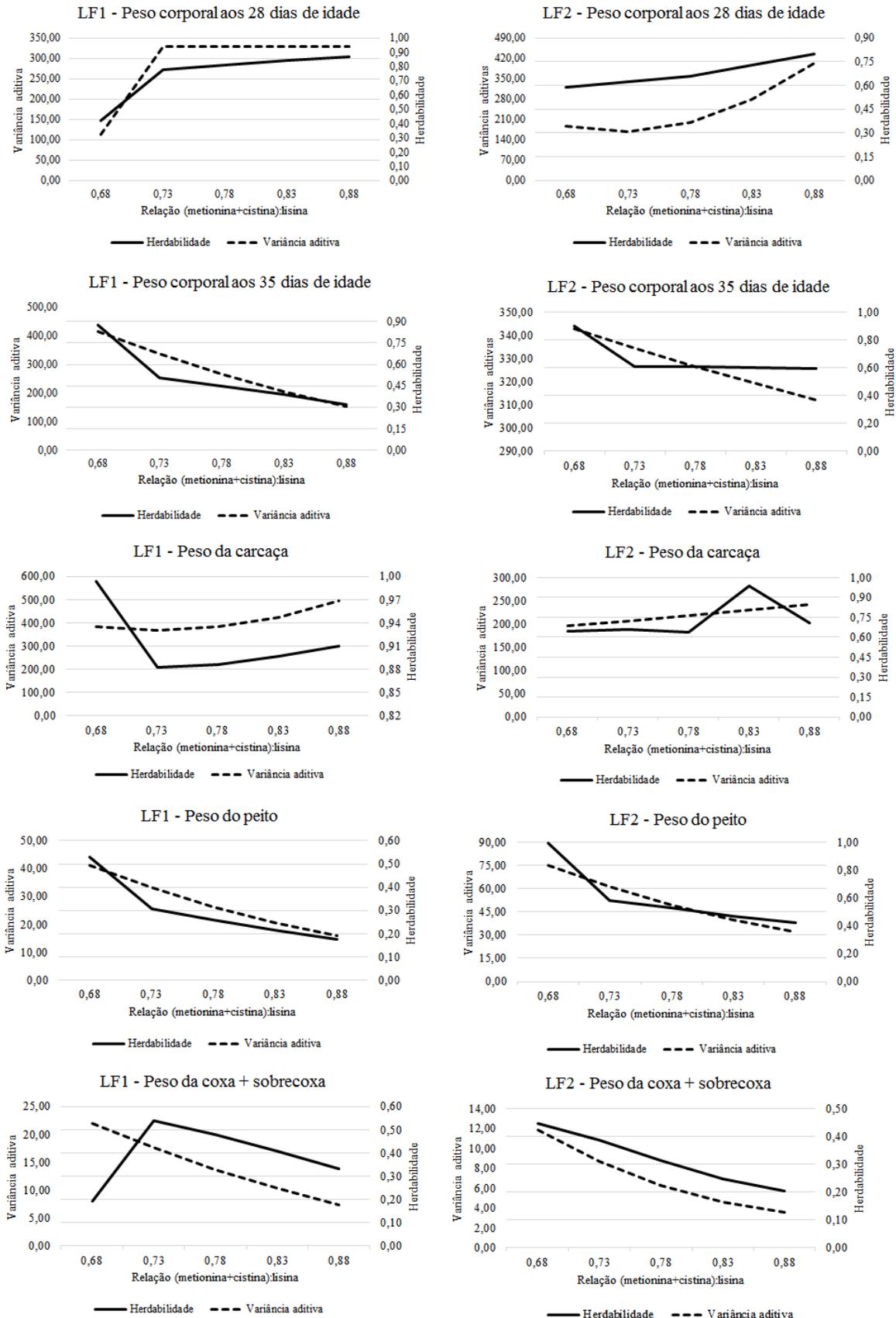
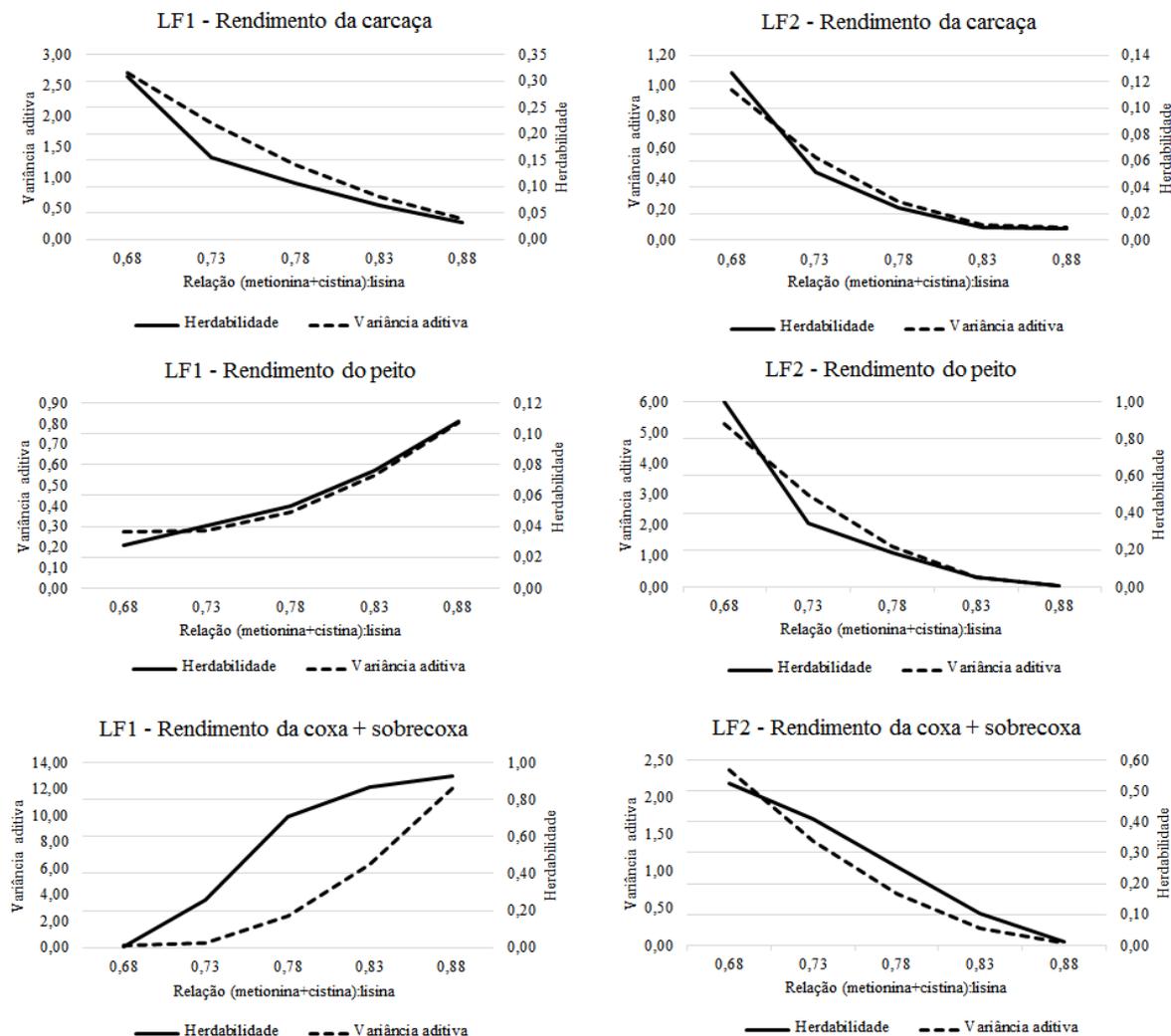


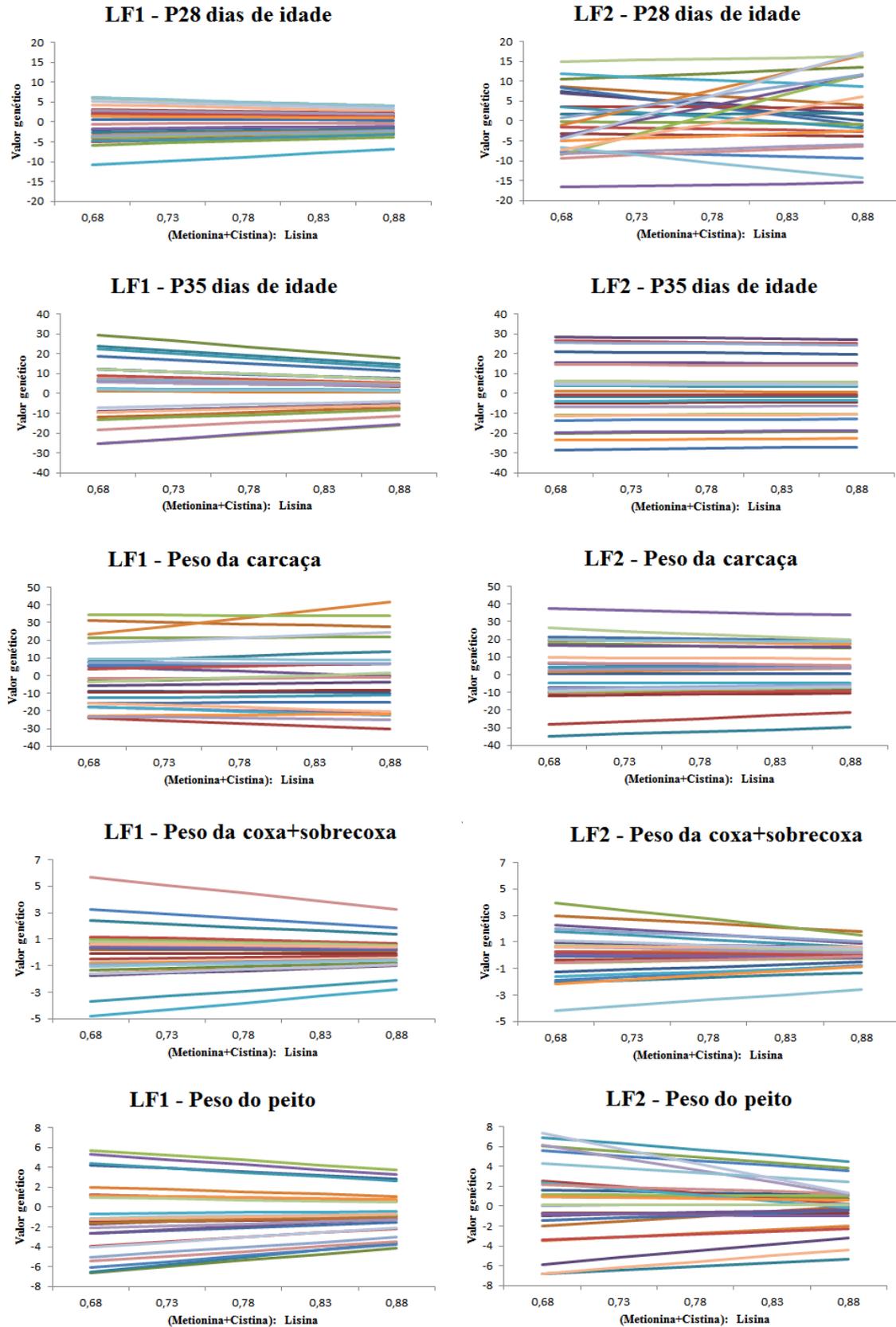
Figura 4 – Estimativas de herdabilidade e variância genética aditiva para características de rendimento da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, segundo as relações (metionina+cistina):lisina da dieta



Foram traçadas as normas de reação de 25 codornas amostrados aleatoriamente para peso corporal e pesos da carcaça e cortes (FIG. 5) e para rendimentos da carcaça, do peito e da coxa+sobrecoxa (FIG. 6). Houve heterogeneidade de sensibilidade dos valores genéticos submetidos à mudança no gradiente nutricional, para as características P28, P35, PCSC e PPEITO para a linhagem LF1; e PCSC e PPEITO para a LF2, apresentando redução dos valores genéticos à medida que se aumentou a relação (metionina+cistina):lisina da dieta, não havendo reordenamento de aves pelo valor genético. O que não era esperado devido às altas correlações genéticas para a maioria das características, exceto para PCARC (LF1); e PCSC e P28 para LF2. Não sendo esta interação biologicamente importante segundo Robertson (1959) por apresentarem correlações altas, próximas à unidade.

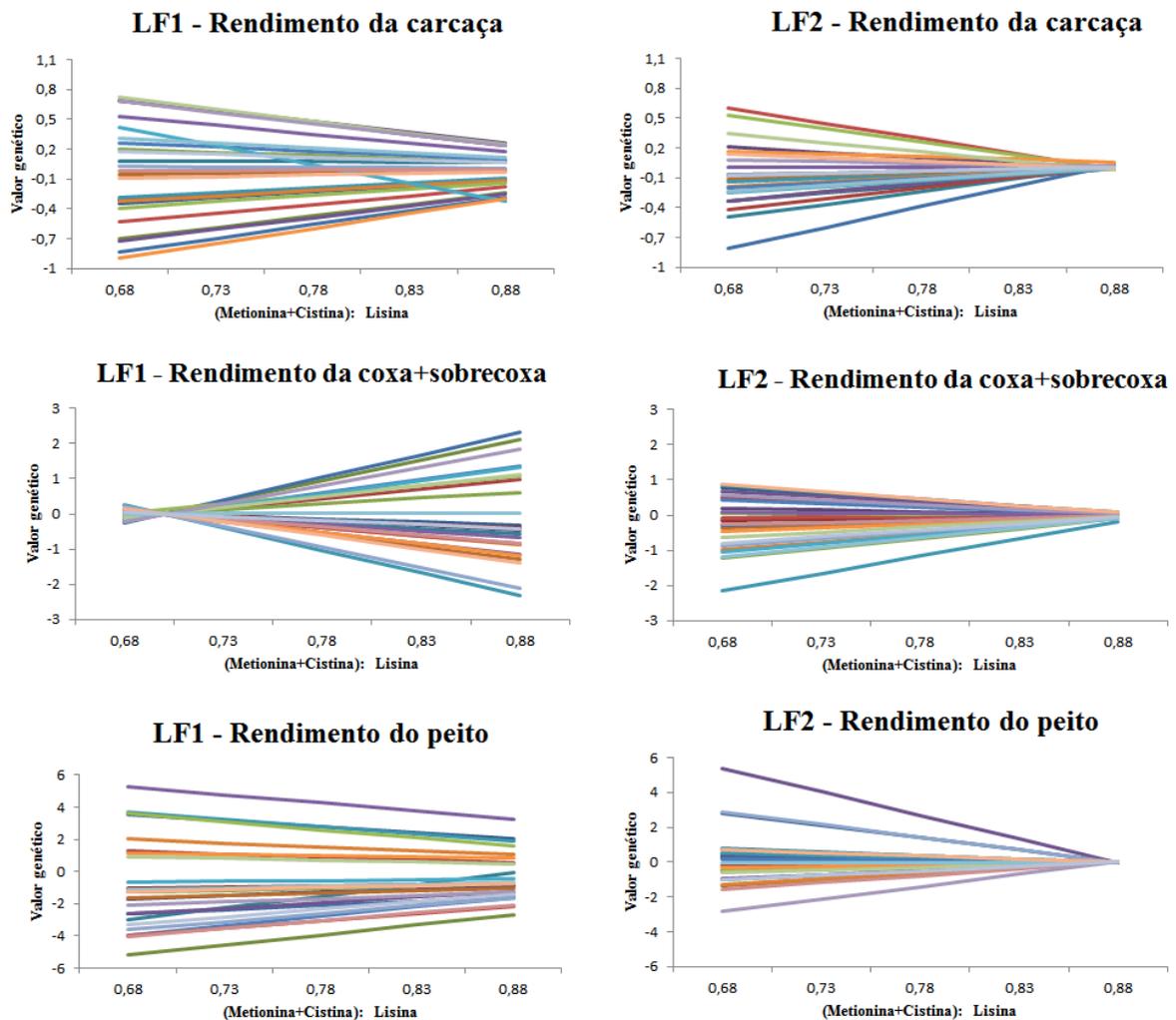
Houve um pequeno aumento da dispersão do valor genético para PCARC (LF1) com o aumento do gradiente dietético e uma significativa mudança no ordenamento das aves para P28 (LF2) com reordenamento das codornas, indicando a presença da interação genótipo x ambiente, o que já era esperado em decorrência dos valores de correlação genética. Os valores genéticos das aves para as características P35 e PCARC da linhagem LF2 mantiveram-se constantes com a mudança do gradiente nutricional, sugerindo que não houve interação genótipo ambiente, no qual aves selecionadas em um ambiente teriam o mesmo desempenho em um ambiente diferente.

Figura 5 – Normas de reação dos valores genéticos aditivos para peso corporal aos 28 e 35 dias de idade, da carcaça, da coxa+sobrecoxa e do peito de codornas das linhagens LF1 e LF2 alimentadas com dietas contendo diferentes relações (metionina+cistina):lisina dos 22 dias aos 35 dias de idade



As normas de reação para as características de rendimento da carcaça, peito e coxa+sobrecoxa da linhagem LF2 apresentaram redução expressiva dos valores genéticos das aves com aumento da relação (metionina+cistina):lisina da dieta, assim como o rendimento da carcaça e do peito da linhagem LF1, ocorrendo o reordenamento dos valores genéticos (FIG. 6). Comportamento contrário foi observado para o rendimento da coxa+sobrecoxa para a linhagem LF1, isto é, aumento da dispersão dos valores genéticos com o aumento da relação nutricional. Portanto, detectou-se a presença de interação genótipo x ambiente para ambas as linhagens, seja por reordenamento dos valores genéticos ou pelo aumento ou redução na dispersão dos mesmos.

Figura 6 – Normas de reação dos valores genéticos aditivos para rendimento da carcaça, da coxa+sobrecoxa e do peito de codornas das linhagens LF1 e LF2 alimentadas com dietas contendo diferentes relações (metionina+cistina):lisina dos 22 dias aos 35 dias de idade



#### 4. CONCLUSÃO

Há interação genótipo x relação (metionina+cistina):lisina da dieta para características de peso corporal e carcaça em codornas de corte.

Codornas de corte avaliadas em dietas com determinada relação (metionina+cistina):lisina não terão o mesmo desempenho em relação à média da população, se alimentadas com dietas contendo nível aminoacídico diferente, podendo ocorrer até mesmo mudança na ordem de classificação dos valores genéticos estimados para diferentes níveis. As codornas deverão ser selecionadas no nível nutricional em que serão exploradas comercialmente.

#### 5. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o suporte financeiro da CAPES, CNPq, FAPEMIG, e a Ajinomoto pelo fornecimento dos aminoácidos.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONAFÉ, C.M.; TORRES, R.A.; SARMENTO, J.L.R. et al. Modelos de regressão aleatória para descrição da curva de crescimento de codornas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.765-771, 2011.

EL FARO, L. e ALBUQUERQUE L.G. Utilização de Modelos de Regressão Aleatória para Produção de Leite no Dia do Controle, com Diferentes Estruturas de Variâncias Residuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1104-1113, 2003.

FELIPE, V.P.S.; SILVA, M.A.; WENCESLAU, R.R. et al. Utilização de modelos de norma de reação com variância residual heterogênea para estudo de valores genéticos de peso de codornas de corte em função de níveis de proteína bruta na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.4, p.991-1000, 2012.

GONÇALVES, F.M.; PIRES, A.V.; PEREIRA, I.G. et al. Genetic evaluation of European quails by random regression models. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.9, p.2005-2011, 2012.

KOLMODIN, R., STRANDBERG, E., MADSEN, P. et al. Genotype by environment interaction in Nordic dairy cattle studied using reaction norms. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v.52, n.1, p.11-24, 2002.

MEYER, K. "WOMBAT" – Digging deep for quantitative genetic analyses by restricted maximum likelihood. In: WORLD CONGRESS OF GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8, 2006, Belo Horizonte. **Proceedings...** Belo Horizonte, 2006, 1 CD-ROM.

PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L. et al. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1174-1181, 2003.

ROBERTSON, A. The sampling variance of genetic correlation coefficient. **Biometric**, v.15, n.3, p.469-485, 1959.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011.

SANTOS, G.G.; CORRÊA, G.S.S.; VALENTE, B.D. et al. Sensibilidade de valores genéticos de codornas de corte em crescimento às modificações de níveis de proteína das dietas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.5, p.1188-1196, 2008.

SCHWARZ, G. Estimating the dimension of a models. **The Annals of Statistics**, v.6, n.2, p.461-464, 1978.

SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P. **Tabelas para codornas japonesas e européias**. 3.ed. Jaboticabal – SP: Funep, 2009. 107p.

SOUSA, J.E.R., SILVA, M.A., SARMENTO, J.L.R. et al. Homogeneidade e heterogeneidade de variância residual em modelos de regressão aleatória sobre o crescimento de caprinos Anglo-Nubianos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.12, p.1725-1732, 2008.

SU, G.; MADSEN P.; LUND M. S. et al. Bayesian analysis of the linear reaction norm model with unknown covariates. **Journal Animal Science**, v.84, n.7, p.1651-1657, 2006.

TEIXEIRA, B.B.; EUCLYDES, R.F.; TEIXEIRA, R.B.; et al. Modelos de regressão aleatória para avaliação da curva de crescimento em matrizes de codorna de corte. **Ciência Rural**, v.42, n.9, p.1641-1647, 2012.

VALENTE, B.D.; SILVA, M.A.; SILVA, L.O.C. et al. Estruturas de covariância de peso em função da idade de animais Nelore das regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.2, p.389-400, 2008.