

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

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Karine Aparecida Rodrigues de Souza

**SENSIBILIDADE DOS VALORES GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE
DESEMPENHO, CARÇAÇA E QUALIDADE DA CARNE DE CODORNAS DE
CORTE ÀS MUDANÇAS DA RELAÇÃO TREONINA: LISINA DA DIETA**

Diamantina - MG

2015

Karine Aparecida Rodrigues de Souza

SENSIBILIDADE DOS VALORES GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO, CARÇAÇA E QUALIDADE DA CARNE DE CODORNAS DE CORTE ÀS MUDANÇAS DA RELAÇÃO TREONINA: LISINA DA DIETA

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: Martinho de Almeida e Silva
Coorientador: Aldrin Vieira Pires

Diamantina - MG

2015

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

S729s	<p>Souza, Karine Aparecida Rodrigues de Sensibilidade dos valores genéticos para características de desempenho, carcaça e qualidade da carne de codornas de corte às mudanças da relação treonina:lisina da dieta / Karine Aparecida Rodrigues de Souza. – Diamantina: UFVJM, 2015. 139 p. : il.</p> <p>Orientador: Martinho de Almeida e Silva Coorientador: Aldrin Vieira Pires</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. Aminoácido. 2. Avaliação genética. 3. Codorna de corte. 4. Desempenho. I. Título. II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p style="text-align: right;">CDD 636.594</p>
-------	--

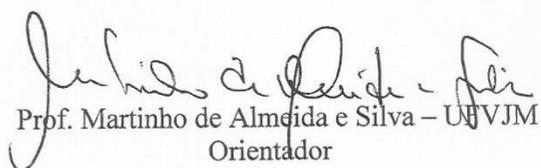
Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

KARINE APARECIDA RODRIGUES DE SOUZA

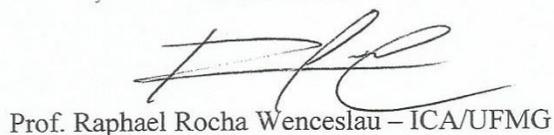
SENSIBILIDADE DOS VALORES GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO, CARÇAÇA E QUALIDADE DA CARNE DE CODORNAS DE CORTE ÀS MUDANÇAS DA RELAÇÃO TREONINA: LISINA DA DIETA

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 28/04/2015


Prof. Martinho de Almeida e Silva – UFVJM
Orientador


Prof. Aldrin Vieira Pires – UFVJM
Coorientador


Prof. Raphael Rocha Wenceslau – ICA/UFMG


Prof.ª Cristina Moreira Bonafé – UFVJM

DIAMANTINA – MG
2015

Aos meus pais, Newilton e Celia
Ao meu irmão, Hektor
Ao meu sobrinho, Victor Emanuel
Aos meus avós, Silvino, Carmem e Laurentina
Com todo amor,

DEDICO

AGRADECIMENTO

A Deus, pelo dom da vida e por sempre me mostrar o melhor caminho a seguir.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, inspiração e incentivo ao longo de todos esses anos.

Ao meu irmão Hektor, pela amizade e cumplicidade.

À minha avó Carmem, avô Vinô e vó Loura pelas incansáveis orações e palavras fraternais.

Aos tios e tias, primos e primas que sempre estiveram ao meu lado nessa jornada.

Às companheiras da república AMAZONAS Ana Luiza, Natanny e Clarissa, pela amizade, companheirismo e cumplicidade.

Aos amigos de hoje, por terem tornado mais alegres e leves os meus dias em Diamantina: Sâmela, Aline, Maria, Leonora, Elenice, Renan, Aranaí e Michell.

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

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo, à FAPEMIG e CNPQ, pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa e à Ajinomoto, pela doação de aminoácidos.

Ao professor Martinho de Almeida e Silva, que muito admiro e tenho como exemplo de profissional e mestre. Pelos ensinamentos, confiança, orientação e amizade.

Ao professor Aldrin Vieira Pires, pelos ensinamentos e apoio para a condução do experimento.

Aos membros da banca de defesa Prof. Raphael Rocha Wenceslau e Prof. Cristina Moreira Bonafé, pelas correções e dicas na dissertação.

À Luiza, pela amizade, boa vontade, disponibilidade e colaboração.

Aos amigos do GMA que ajudaram na condução do experimento. Obrigada, pela disponibilidade aos finais de semanas e feriados para a realização das pesagens, abates e análises. Tornaram o trabalho mais divertido e produtivo.

Aos funcionários: Geraldo, Zezinho, Cláudio e Talita, por toda a ajuda durante o experimento. À Elizângela, pela paciência e boa vontade ao me atender.

Ao Prof. Cleube Andrade Boari, pela liberação do laboratório de Ciência e Tecnologia de Produtos de Origem animal (DZO/UFVJM), aonde foram realizadas as análises de qualidade da carne e em especial a técnica Mariana, pela boa vontade, disponibilidade e amizade.

A todos os colegas de curso, pelas conversas, conselhos e sorrisos.

Às codornas!

BIOGRAFIA

KARINE APARECIDA RODRIGUES DE SOUZA, filha de Newilton Alves de Souza e Celia Rodrigues Ferreira, nasceu em 17 de março de 1990, na cidade de Pirapora-MG.

Em março de 2013, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). No mês seguinte iniciou o curso de mestrado em Zootecnia na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), na área de Produção Animal, linha de pesquisa Melhoramento Animal, submetendo-se à defesa de dissertação em 28 de abril de 2015.

RESUMO

SOUZA, Karine Aparecida Rodrigues. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 28 de abril de 2015. 133p. **Sensibilidade dos valores genéticos para características de desempenho, carcaça e qualidade da carne de codornas de corte às mudanças da relação treonina: lisina da dieta.** Orientador: Martinho de Almeida e Silva. Coorientador: Aldrin Vieira Pires. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

Objetivou-se avaliar, em dois experimentos, cada um constituído de duas fases do período de crescimento, a sensibilidade dos valores genéticos de características de desempenho, carcaça e qualidade da carne de codornas de corte de duas linhagens, LF1 e LF2, às mudanças do gradiente ambiental (relação treonina:lisina das dietas) utilizando modelos de normas de reação. Na primeira fase (do nascimento aos 21 dias de idade) do primeiro experimento as codornas receberam dietas contendo as relações 0,66, 0,71, 0,76, 0,81 e 0,86% de treonina:lisina e na segunda fase (dos 22 aos 35 dias de idade) todas as codornas foram alimentadas com dieta contendo 26,12% de proteína bruta e 2.900 kcal EM/kg. Na primeira fase (do nascimento aos 21 dias de idade) do segundo experimento as codornas foram alimentadas com dieta única contendo 24,54% de proteína bruta e 2.900 kcal EM/kg. Na segunda fase (dos 22 aos 35 dias de idade) as codornas foram alimentadas com dietas contendo as relações 0,71, 0,76, 0,81, 0,86 e 0,91% de treonina:lisina. No primeiro experimento foram avaliados o efeito direto das relações treonina:lisina da dieta sobre as características de desempenho avaliadas aos 21 dias de idade e o efeito residual sobre características de desempenho, carcaças e qualidade da carne avaliadas aos 35 dias de idade. No segundo experimento avaliou-se apenas o efeito direto dos níveis da relação treonina:lisina da dieta da segunda fase do período de crescimento sobre características de desempenho, carcaças, e qualidade da carne, todas mensuradas aos 35 dias de idade (idade de abate). As análises foram realizadas utilizando modelos de regressão aleatória considerando-se os efeitos fixos de sexo e os efeitos aleatórios genéticos aditivos diretos como funções dos níveis da relação treonina:lisina da dieta, e admitindo-se homogeneidade de variância residual. As estimativas da variância do coeficiente de regressão aleatória do intercepto (b_0) foram maiores do que as estimadas para o coeficiente de regressão aleatória linear (b_1) para a maioria das características estudadas. Os valores genéticos das características de qualidade da carne (segunda fase do primeiro experimento) referentes a cada uma das linhagens alteraram com o aumento das relações de aminoácidos da dieta com mudanças tanto na dispersão quanto no ordenamento dos valores genéticos. As codornas com maior valor genético aditivo do intercepto para características de desempenho e de carcaça (primeiro experimento) responderam de maneira positiva ao aumento da relação treonina:lisina das dietas, sendo a maior resposta observada na linhagem LF2 e de pouca expressão na linhagem LF1. Os valores genéticos das características de qualidade da carne (segunda fase de ambos os experimentos) referentes a cada uma das linhagens alteraram com o aumento das relações de aminoácidos das dietas, com mudanças tanto na dispersão quanto no ordenamento dos valores genéticos. As codornas que apresentaram maior valor genético aditivo do intercepto para características de desempenho (primeira fase) e da carcaça (segunda fase) responderam de maneira positiva ao aumento da relação treonina:lisina das dietas, sendo a maior resposta observada na linhagem LF2 e de pouca expressão na linhagem LF1. Verificou-se interação genótipo x ambiente para todas as características em ambas as fases dos dois experimentos para as duas linhagens de codornas de corte.

Palavras-chave: Aminoácido. Avaliação genética. Codorna de corte. Desempenho .

ABSTRACT

SOUZA, Karine Aparecida Rodrigues. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2015, april, 28. 133p. **Sensibility of genetic values of performance traits, carcass, and meat of european quails quality to changes of the ratio of threonine: lysine in diet.** Adviser: Martinho de Almeida e Silva. Committee members: Aldrin Vieira Pires. Dissertation (Master's degree in Animal Science).

This study aimed to assess, in two experiments each one conducted in two phases of the growing period, the sensibility of genetic values of performance, carcass and meat quality of European quails to changes in the environmental gradient (threonine: lysine ratio of diets) using reaction norm model. In the first phase of experiment one (from birth to 21 days of age) quails were fed diets containing 0.66, 0.71, 0.76, 0.81 and 0.86% threonine: lysine ratios. In the second phase (from 22 to 35 days old (slaughter age)) all quails were fed a diet containing 26.12% crude protein and 2,900 kcal of ME/kg. In the second experiment during the first phase (from birth to 21 days of age) all quails were fed a diet containing 24.54% crude protein and 2,900 kcal ME/kg. In the second phase (from 22 to 35 days old (slaughter age)) the quails were fed diets containing the 0.71, 0.76, 0.81, 0.86 and 0.91% threonine: lysine ratios. The experiment evaluated the effect of threonine: lysine ratio on performance traits measured at the end of the first phase and the residual effect of threonine: lysine ratio on the performance, carcass, and meat quality measured at 35 days of age or at the slaughter age. The second experiment evaluated only the direct effect of the threonine: lysine ratio of diet of the second phase of the growing period on performance, carcass, and meat quality, all measured at 35 days of age (slaughter age) Analyses were performed using random regression models considering the fixed effects of sex and the random additive genetic effects as functions of threonine: lysine dietary ratio, and assuming homogeneity of residual variance. The estimate of the variance of intercept random regression coefficient (b0) was higher than the estimate of the variance of linear random regression coefficient (b1) for most traits. Genetic values of meat quality traits (second phase of first experiment), have changed in both strains with the increase in dietary amino acid ratio observing changes in the dispersion and in the ranking of genetic values. Quails having higher intercept for performance traits (first phase) and carcass traits (second phase) positively responded to an increase in threonine: lysine ratio of diet, the largest response was observed for LF2 strain and of little expression for LF1. Genetic value of meat quality traits (second phase) changed with the increase in dietary amino acid ratio, presenting changes in both the dispersion and in the ranking of genetic values. Quails with larger intercept for performance traits (first phase) and carcass traits (second phase) positively responded to an increase in dietary threonine: lysine ratio, the largest response was observed for LF2 and of little expression for LF1. Genotype-environment interaction was observed for all traits in both phases of the two experiments for both strains.

Keywords: Amino acid. European strains. Genetic evaluation. Performance

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1- Interação genótipo-ambiente em características de desempenho e de carcaças de codornas de corte (1 a 21 dias de idade) utilizando modelos de norma de reação às mudanças da relação treonina:lisina da dieta.....**36**

Figura 1- Normas de reação de valores genéticos do peso corporal de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, das linhagens LF1 e LF2, cujos descendentes foram alimentados com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.....**56**

Figura 2- Normas de reação de valores genéticos das características de carcaças de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, das linhagens LF1 e LF2, cujos descendentes foram alimentados com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.....**57**

Figura 3- Normas de reação dos valores genéticos aditivos dos rendimentos da carcaça de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, das linhagens LF1 e LF2, cujos descendentes foram alimentados com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.....**59**

ARTIGO 2- Interação genótipo-treonina:lisina na qualidade da carne em codornas europeias (1 a 21 dias de idade).....**63**

Figura 1- Normas de reação de valores genéticos aditivos para as características de qualidade da carne de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas das linhagens LF1 e LF2, alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.....**83**

Figura 2- Normas de reação de valores genéticos aditivos para as características de coloração da carne de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas das linhagens LF1 e LF2, alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.....**84**

ARTIGO 3- Sensibilidade dos valores genéticos de codornas de corte às variações da relação treonina:lisina da dieta dos 22 aos 35 dias de idade.....**90**

Figura 1- Normas de reação de valores genéticos do peso corporal de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, das linhagens LF1 e LF2, cujos descendentes foram alimentados com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.....**107**

Figura 2- Normas de reação de valores genéticos das características de carcaças de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas das linhagens LF1 e LF2 e alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.....**108**

Figura 3- Normas de reação dos valores genéticos aditivos dos rendimentos da carcaça de codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, das linhagens LF1 e LF2, alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.....**110**

ARTIGO 4- Sensibilidade dos valores genéticos de codornas europeias às mudanças do nível de treonina:lisina na dieta durante a fase final do período de crescimento...**114**

Figura 1- Normas de reação de valores genéticos aditivos para as características de qualidade da carne de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas das linhagens LF1 e LF2, alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.....**135**

Figura 2- Normas de reação de valores genéticos aditivos para as características de coloração da carne de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas das linhagens LF1 e LF2, alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.....**136**

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1- Interação genótipo-ambiente em características de desempenho e de carcaças de codornas de corte (1 a 21 dias de idade) utilizando modelos de norma de reação às mudanças da relação treonina:lisina da dieta.....**36**

Tabela 1- Composição e valor nutricional das dietas experimentais, na matéria natural, para codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 do nascimento ao 21º dias de idade, submetidas a diferentes relações treonina:lisina.....**40**

Tabela 2- Composição da dieta utilizada para codornas de corte dos 22 aos 35 dias de idade.....**41**

Tabela 3- Estatística descritiva dos dados utilizados nas análises, referentes às codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 para características de desempenho e carcaça.....**43**

Tabela 4- Componentes de (co) variância atribuídos aos coeficientes de regressão aleatórios do intercepto (b_0) e linear (b_1) do efeito genético aditivo direto, componentes de variância residuais estimados para as características de desempenho e de carcaça de codornas de corte e coeficientes de correlação entre os coeficientes de regressão aleatória das linhagens LF1 e LF2.....**47**

Tabela 5- Estimativas de herdabilidade (h^2) e variância genética aditiva (σ_A^2) para as características de desempenho e de carcaça de codornas de corte da linhagem LF1, alimentadas com diferentes relações treonina:lisina da dieta.....**50**

Tabela 6- Estimativas de herdabilidade (h^2) e variância genética aditiva (σ_A^2) para as características de desempenho e de carcaça de codornas de corte das linhagens LF2, alimentadas com diferentes relações treonina:lisina da dieta.....**51**

Tabela 7- Estimativas das correlações genéticas entre níveis de treonina:lisina da dieta para as características de desempenho das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal).....**53**

Tabela 8- Estimativas das correlações genéticas entre níveis de treonina:lisina da dieta para as características de carcaça das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal).....**54**

ARTIGO 2- Interação genótipo-treonina:lisina na qualidade da carne em codornas europeias (1 a 21 dias de idade).....**63**

Tabela 1. Composição e valor nutricional das dietas experimentais, na matéria natural, para codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 do nascimento ao 21º dias de idade, submetidas a diferentes relações treonina:lisina.....**68**

Tabela 2. Composição e valor nutricional da dieta fornecida a codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 dos 22 aos 35 dias de idade.....**69**

Tabela 3. Estatística descritiva dos dados utilizados nas análises de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 para características de qualidade da carne de codornas de corte.....**71**

Tabela 4. Componentes de (co)variância atribuídos aos coeficientes de regressão aleatórios do intercepto (b_0) e linear (b_1) do efeito genético aditivo direto em função da relação treonina:lisina e componentes de variância residuais estimados e correlações entre os dois coeficientes de regressão aleatória, estimados para as características de qualidade da carne de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2.....**76**

Tabela 5. Estimativas de herdabilidade (h^2) e variância genética aditiva (σ_A^2) para as características de qualidade e cor da carne de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, alimentadas com diferentes relações treonina:lisina da dieta.....**78**

Tabela 6. Estimativas das correlações genéticas para as características de qualidade da carne das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal) entre as diferentes relações treonina; lisina da dieta.....**80**

Tabela 7. Estimativas das correlações genéticas entre níveis de treonina:lisina para as características de coloração da carne das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal).....**81**

ARTIGO 3- Sensibilidade dos valores genéticos de codornas de corte às variações da relação treonina:lisina da dieta dos 22 aos 35 dias de idade.....**90**

Tabela 1. Composição e valor nutricional da dieta fornecida a codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 do nascimento ao 21º dia de idade.....**94**

Tabela 2. Composição e valor nutricional das dietas experimentais, na matéria natural, para codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 dos 22 aos 35 dias de idade, submetidas a diferentes relações treonina:lisina.....**95**

Tabela 3. Estatística descritiva das características de desempenho e carcaça das codornas de corte das linhagens LF1 e LF2.....**97**

Tabela 4. Componentes de (co)variância atribuídos aos coeficientes de regressão aleatórios do intercepto (b_0) e linear (b_1) do efeito genético aditivo direto em função da relação treonina:lisina, componentes de variância residuais e correlações entre os dois coeficientes de regressão aleatória, estimados para as características de desempenho e de carcaça de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2.....**101**

Tabela 5. Estimativas de herdabilidade (h^2) e variância genética aditiva (σ_A^2) para as características de desempenho e de carcaça de codornas de corte das linhagens LF1.....**103**

Tabela 6. Estimativas de herdabilidade (h^2) e variância genética aditiva (σ_A^2) para as características de desempenho e de carcaça de codornas de corte das linhagens LF2.....**104**

Tabela 7. Estimativas das correlações genéticas entre níveis de treonina:lisina para as características de desempenho das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal).....	105
Tabela 8. Estimativas das correlações genéticas entre níveis de treonina:lisina para as características de carcaça das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal).....	106
ARTIGO 4- Sensibilidade dos valores genéticos de codornas às mudanças do nível de treonina:lisina na dieta durante a fase final do período de crescimento.....	114
Tabela 1. Composição e valor nutricional da dieta fornecida a codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 do nascimento ao 21º dia de idade.....	119
Tabela 2. Composição e valor nutricional das dietas experimentais, na matéria natural, para codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 dos 22 aos 35 dias de idade, submetidas a diferentes relações treonina:lisina.....	120
Tabela 3. Estatística descritiva dos dados utilizados nas análises de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 para características de qualidade da carne de codornas de corte.....	123
Tabela 4. Componentes de (co)variância atribuídos aos coeficientes de regressão aleatórios do intercepto (b_0) e linear (b_1) do efeito genético aditivo em função da relação treonina:lisina, componentes de variância residuais e correlações entre os dois coeficientes de regressão aleatória, estimados para as características de qualidade da carne de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2.....	127
Tabela 5. Estimativas de herdabilidade (h^2) e variância genética aditiva (σ_A^2) para as características de qualidade da carne de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, alimentadas com diferentes relações treonina:lisina da dieta.....	129
Tabela 6. Estimativas das correlações genéticas entre níveis de treonina:lisina para as características de qualidade da carne das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal)	131
Tabela 7. Estimativas das correlações genéticas entre níveis de treonina:lisina para as características de coloração da carne das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal).....	132

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Treonina.....	18
2.2 Interação genótipo-ambiente.....	21
2.3 Interação genótipo-ambiente em experimentos fatoriais.....	22
2.4 Interação genótipo-ambiente utilizando modelos de normas de reação (via regressão aleatória).....	23
REFERÊNCIAS	29
3. ARTIGOS	36
3.1 Interação genótipo-ambiente em características de desempenho e de carcaças de codornas de corte (1 a 21 dias de idade) utilizando modelos de norma de reação às mudanças da relação treonina:lisina da dieta	36
1.1 Introdução.....	38
1.2 Material e métodos.....	39
1.3 Resultados e discussão.....	46
1.4 Conclusão.....	60
Referências.....	61
3.2 Interação genótipo-treonina:lisina na qualidade da carne em codornas europeias (1 a 21 dias de idade)	63
2.1 Introdução.....	65
2.2 Material e métodos.....	67
2.3 Resultados e discussão.....	75
2.4 Conclusão.....	86
Referências.....	87
3.3 Sensibilidade dos valores genéticos de codornas de corte às variações da relação treonina:lisina da dieta dos 22 aos 35 dias de idade	90
3.1 Introdução.....	92
3.2 Material e métodos.....	93
3.3 Resultados e discussão.....	100
3.4 Conclusão.....	111
Referências.....	112
3.4 Sensibilidade dos valores genéticos de codornas europeias às mudanças do nível de treonina:lisina na dieta durante a fase final do período de crescimento	114
4.1 Introdução.....	116
4.2 Material e métodos.....	118
4.3 Resultados e discussão.....	126
4.4 Conclusão.....	137
4 CONCLUSÃO GERAL	138
Referências.....	139

1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção comercial de codornas de corte requer pequenas áreas, baixos investimentos e pouca mão de obra, o que favorece o rápido retorno de capital. Em razão disto, a atividade pode ser economicamente viável, tanto para pequenos produtores quanto para grandes empresas avícolas. A carne de codorna é conhecida em razão da sua excelente qualidade e palatabilidade, sendo comercializada como produto exótico e de alto valor agregado em diversos países.

No Brasil as criações de codornas poedeiras ainda são predominantes, e a maior parte da carne comercializada é proveniente do descarte de machos e fêmeas, ao término do ciclo produtivo, constituindo-se em atividade secundária realizada no mercado.

O aumento na procura pela carne de codorna tem ocasionado crescente interesse pela produção de codornas especializadas para corte, estimulando o desenvolvimento de estudos, ainda escassos, nas áreas de nutrição, manejo, desempenho e melhoramento genético da espécie (*Coturnix coturnix*).

A aquisição de material genético de qualidade depende dos programas de melhoramento genético que sejam fundamentados em estimativas de parâmetros genéticos acuradas e precisas. Além disso, é importante determinar se o material genético de alta qualidade obtido no programa de seleção apresentará desempenho satisfatório em diferentes ambientes. Tal questionamento surge da constatação de que genótipos superiores em determinado ambiente podem não o ser em ambiente diferente (ALENCAR et al., 2005). A interação genótipo-ambiente é importante para direcionar os programas de melhoramento genético. Se não houvesse interação, os programas de seleção de codornas de corte poderiam utilizar dietas contendo níveis nutricionais diferentes daqueles utilizados em explorações comerciais, com diminuição dos custos desses programas.

Informações a respeito da variabilidade genética nas características de valor econômico, da correta interpretação dos efeitos do ambiente e das suas interações com o genótipo e disponibilidades de estimativas acuradas de parâmetros genéticos são responsáveis pelo êxito dos programas de melhoramento genético que visam à obtenção de produto de qualidade e com baixo custo de produção.

Modelos de regressão aleatória têm sido reconhecidos como mais apropriados para a análise de dados longitudinais na área de melhoramento genético. Tais modelos permitem a análise de registros repetidos de características que mudam gradualmente ao

longo do tempo e não requerem pressuposições quanto à constância das variâncias e correlações (MEYER, 2000).

Os primeiros estudos que utilizavam os modelos de regressão aleatória (JAMROZIK & SCHAEFFER, 1997) consideravam a estrutura homogênea de variância residual que, aliada aos problemas com modelagem do efeito de ambiente permanente, superestimavam as variâncias genéticas aditivas. A modelagem, ao considerar as variâncias residuais heterogêneas, pode melhorar a partição da variância total nas variâncias atribuídas aos efeitos aleatórios incluídos no modelo de análise. Entretanto, pode proporcionar aumento no número de parâmetros a serem estimados, o que dificulta a convergência na estimação dos componentes de variância. Modelos mais parcimoniosos têm sido propostos, com estruturas de variâncias residuais distintas e número reduzido de classes de variâncias advindas do agrupamento de classes com variações semelhantes ou por meio de funções de variâncias residuais, com polinômios ortogonais de Legendre ou polinômios ordinários (LEWIS & BROTHERSTONE, 2002; EL FARO & ALBUQUERQUE, 2003; FUJII & SUZUKI, 2006).

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a sensibilidade dos valores genéticos das características de desempenho, carcaça e qualidade da carne nas fases inicial (nascimento aos 21 dias de idade) e final de crescimento (dos 22 aos 35 dias de idade) de duas linhagens de codornas de corte, às variações nos níveis de treonina:lisina das dietas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TREONINA

A treonina é um hidróxi-aminoácido que exerce papel importante junto com a glicina e a serina no metabolismo da porfirina. Age de maneira essencial na síntese de proteína corporal, é essencial na manutenção da saúde e da integridade intestinal. É também um componente fundamental no desenvolvimento das penas, participando em 4 a 5% de seu conteúdo de proteína bruta (KIDD, 2000). Incorpora-se às proteínas e às enzimas em um índice molar de 6% em comparação aos outros aminoácidos (HENRY & SÉVE, 1993).

É um aminoácido essencial para aves, e é encontrado em altas concentrações no coração, nos músculos, no esqueleto e sistema nervoso central (SÁ et al., 2007). É necessário para formação da proteína e manutenção do “turnover” proteico corporal, além de auxiliar na formação do colágeno. Mais de 60% da treonina ingerida é utilizada no de intestino para formação da mucina.

Após ser ingerida pelos animais, a treonina é absorvida no trato gastrintestinal (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007) e após a absorção, ela é transportada pela veia porta até o fígado, sendo que pequena quantidade segue pela via linfática. No fígado, parte do aminoácido é fixada pelas células hepáticas e o restante é liberado na corrente sanguínea formando um “pool” extracelular de aminoácido livre (RADEMACHER, 2000).

Em dietas para aves à base de milho e farelo de soja, a treonina é o terceiro aminoácido limitante, antecedido dos aminoácidos sulfurosos e da lisina (LÓPEZ et al., 2001). Contudo, segundo Mandal et al. (2006), a treonina é o segundo aminoácido limitante, em dietas para codornas utilizando-se os mesmos ingredientes, antecedido somente pela metionina. Os aminoácidos limitantes se referem àqueles que estão presentes na dieta em uma concentração menor do que a exigida para o máximo crescimento animal (BERTECHINI, 2006).

Baixo teor de treonina é encontrado em grãos, portanto, dietas à base de grãos podem acarretar deficiência deste aminoácido, por essa razão, é recomendado o fornecimento do aminoácido sintético. A treonina sintética apresenta-se sob forma de isômero L e sua equivalência proteica se encontra em torno de 74%. A L-treonina pura é 100% digestível e está disponível comercialmente, oferecendo maior flexibilidade na formulação de dietas (UMIGI et al., 2007).

Segundo Kidd et al. (2002), a inclusão de L-treonina na dieta, similarmente ao que ocorre com a metionina e lisina, promove a redução da proteína bruta da dieta, o que ocasiona a diminuição da eliminação de ácido úrico, de água e a formação de amônia no ambiente, além do custo da dieta.

É de conhecimento que o desbalanço entre os aminoácidos, ou seja, a escassez de um aminoácido causada pelo excesso de outro, prejudica o desempenho das aves. De acordo com Andriquetto et al. (2002), existe inter-relação entre a metionina e treonina. O excesso de metionina provoca diminuição de crescimento em função de uma deficiência secundária de treonina, por aumentar a oxidação da mesma pelo aumento da atividade da enzima treonina desidratase.

A proporção da exigência de treonina para manutenção é alta, de acordo com o avanço da idade das aves, por isso, tem maior importância no período de crescimento e terminação. Atualmente, estes valores são tema de debate, devido às variações dos níveis de proteína bruta, energia e lisina nas dietas experimentais (FRAIHA, 2002).

A exigência de treonina tem sido calculada indiretamente para necessidades de manutenção e formação de ovo. Weerden et al. (1984) concluíram que a exigência de treonina, durante o pico de produção, situa-se entre 0,38 e 0,47%, para o consumo de 103,45 a 112,78 g de ração/ ave/ dia. Santoma (1991) estimou a exigência de treonina em 650 mg/ave/dia, que proporcionou relação lisina/treonina em torno de 74%. Rostagno et al. (1996) mencionam que a exigência de treonina digestível é de 0,423 e 0,440% para poedeiras leves e semipesadas, respectivamente. Contudo, segundo Zollitsch et al. (1996), a exigência de treonina para poedeiras seria um pouco maior, correspondendo a um consumo de 495 mg de treonina/ave/dia. Coon & Zhang (1999) recomendaram o nível de 495 mg de treonina digestível por ave/dia, correspondendo a 9,77 mg por grama de massa de ovo.

Para determinar as exigências de proteínas e aminoácidos essenciais para codornas japonesas em postura, Allen & Young (1980) utilizaram dietas à base de farelo de soja e caseína, suplementadas com aminoácidos essenciais e ácido glutâmico, por fim, estimaram a exigência de lisina 0,86; metionina+cistina em 0,68; triptofano em 0,17 e treonina 0,67. Já Shim & Lee (1993) sugeriram que para ótima produção de ovos e eficiência alimentar, as dietas das codornas em postura deveriam conter 1,00% de lisina, 0,43% de metionina, 0,18% de triptofano e 0,63% de treonina.

Umigi et al. (2007) estimaram o nível de treonina digestível para codornas japonesas em postura, durante 63 dias. Forneceram dietas contendo as relações treonina

digestível:lisina digestível de 0,65; 0,70; 0,75; 0,80 e 0,85. As características estudadas foram: consumo da dieta, consumo de treonina, produção de ovos, produção de ovos comercializáveis, peso do ovo, massa de ovos, conversão alimentar por massa de ovos, conversão alimentar por dúzia de ovos, qualidade dos ovos (gema, albúmen e casca), altura e diâmetro dos ovos e gravidade específica. Houve efeito linear dos tratamentos somente sobre o consumo de treonina. De acordo com os resultados de desempenho e qualidade dos ovos, o nível de 0,65% de treonina digestível é suficiente para se alcançar resultados satisfatórios.

Dados semelhantes para parâmetros de desempenho e qualidade dos ovos de codornas japonesa em postura. Foram encontrados por Umigi et al. (2012), que, ao trabalharem com diferentes níveis de treonina digestível (0,55 a 0,75%), também observaram aumento linear somente para o consumo de treonina. De acordo com todas as variáveis, o menor nível fornecido (0,55%) de treonina digestível foi suficiente para se alcançar resultados satisfatórios.

Ton et al. (2013) avaliaram a exigência de treonina digestível para codornas de corte (*Coturnix coturnix*) em fase de crescimento no período de 15 a 35 dias. As dietas consistiram de inclusão de treonina digestível 0,93; 1,00; 1,07; 1,14; 1,21 e 1,28. Não houve efeito sobre o desempenho, o rendimento e a composição química da carcaça e sobre o balanço de nitrogênio com o aumento da porcentagem de treonina digestível na dieta. Houve aumento linear no consumo de treonina e no custo da dieta por quilograma de peso vivo ganho com o aumento da porcentagem de treonina digestível. Portanto, a menor porcentagem de treonina digestível estudada, 0,93%, foi suficiente para satisfazer as necessidades das codornas, sem comprometer o desempenho.

Resultados similares foram obtidos por Baylan et al. (2006) que não observaram efeito dos diferentes níveis de treonina total (0,81 a 1,06%) sobre o desempenho de codornas japonesas no período de um a 35 dias de idade. Da mesma forma, Berres et al. (2007), ao avaliarem respostas de frangos de corte de 15 a 37 dias de idade, com aumentos graduais na relação lisina:treonina, também não verificaram efeito para as variáveis de desempenho estudadas com o aumento dos níveis de treonina digestível na ração.

Embora a importância da treonina seja bastante relatada na literatura, o número de pesquisas sobre o requerimento nutricional de treonina para codornas de corte é bem escasso, quando comparado com poedeiras comerciais.

2.2 INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE

A interação genótipo-ambiente é fundamental nos programas de melhoramento genético dos animais domésticos.

Estudos sobre a interação genótipo-ambiente iniciaram-se por volta do século XX e, em geral, tinham por meta estabelecer se a seleção deveria ser praticada no ambiente em que o animal seria criado ou em ambiente melhorado, para que pudesse expressar o máximo do seu potencial genético. Alguns pesquisadores recomendavam que os animais deveriam ser testados em condições ambientais mais limitadas, com restrições alimentares e manejo inadequado, pois se um animal selecionado nesse ambiente é considerado geneticamente superior aos demais, de modo consequente, também o será em ambiente de melhores condições (FRIDRICH et al., 2005).

Segundo Hammond (1947), os animais deveriam ser selecionados nos melhores ambientes em razão da maior expressão dos genes de interesse. Com isso, as diferenças genéticas observadas entre os animais permitiriam a obtenção de estimativas mais seguras dos valores genéticos, pela minimização das influências de origem ambiental.

Em 1952, Falconer sugeriu que a base genética pode não ser a mesma nos vários ambientes, ou seja, que o conjunto de genes responsáveis pela expressão de determinada característica pode variar, dependendo do ambiente.

A interação genótipo-ambiente (IGA) pode existir quando diferenças fenotípicas entre genótipos variam de ambiente para ambiente, podendo ser definida como a mudança no desempenho relativo de genótipos em diferentes ambientes. Elas podem, algumas vezes, envolver mudanças na ordem de classificação dos genótipos, mudanças na magnitude absoluta ou relativa das variâncias genética, de ambiente e fenotípica (FERREIRA et al., 2001).

Países que apresentam grande extensão territorial, como o Brasil, questões como o clima, o manejo e a alimentação dos animais podem variar muito de acordo com as regiões. O valor genético de diferentes animais pode apresentar diferentes sensibilidades a esta variação ambiental, o que caracteriza a existência de IGA. Portanto, diferentes regiões podem apresentar diferentes ordens de classificação dos valores genéticos preditos dos animais.

A presença de IGA dificulta a compreensão dos efeitos principais do genótipo e do ambiente assim como em prever o desempenho dos genótipos na mudança dos ambientes.

Segundo Robertson (1959), correlações genéticas para determinada característica avaliada em diferentes ambientes menores do que 0,8 indicam que a IGA passa a assumir papel importante na expressão da característica. Ao contrário, correlações genéticas maiores que 0,8 indicam que os genótipos avaliados nos dois ambientes são parcialmente idênticos. Correlações próximas ou iguais a 1,0 indicam a não existência de IGA, ou seja, os mesmos genes agem nos dois ambientes diferentes. Desta maneira, quando a IGA é considerada importante, alguns dos genes que controlam a característica em um ambiente são diferentes daqueles que controlam a mesma característica em outro ambiente.

Fridrich (2003) citou algumas formas alternativas para avaliação de IGA, tais como: experimentos com gêmeos idênticos; diferença significativa na magnitude da estimativa da herdabilidade de um caráter em dois ambientes; análise de variância das características; comparação do desempenho de progênies de touros entre ambientes pelas técnicas de análise de variância; resposta correlacionada; normas de reação e análises de regressão.

2.3 INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE EM EXPERIMENTOS FATORIAIS

Só é possível avaliar a ocorrência da interação genótipo-ambiente (IGA) quando observado o desempenho relativo de dois ou mais genótipos submetidos a dois ou mais ambientes.

Quando o foco é a produção animal, é essencial ter uma ideia sobre como cada fator ambiental incide sobre o indivíduo e de como se podem criar animais mais adaptados a qualquer ambiente. Em razão disto, a IGA deve ser estimada buscando-se avaliar a sua influência na produtividade animal.

Existem diferentes formas de avaliar a interação entre o genótipo e o ambiente para determinada característica. Uma das maneiras de verificar a IGA é a análise de variância de um experimento fatorial com interação significativa, que é a mais comumente utilizada. A análise de variância em experimentos fatoriais abrange todas as combinações de vários conjuntos de níveis e fatores (YATES, 1949) e, assim, permite o estudo da interação entre as causas de variação listadas que no caso de estudos de genótipo x ambiente (G X E), os genótipos podem ser representados por raça, linhagens, grupos genéticos ou mesmo populações distintas de uma mesma espécie e o ambiente como o tratamento avaliado

(temperatura, dietas, densidade populacional, ou qualquer outra variável ambiental que possa ser controlada).

Na análise dos resultados, a ausência de interação indica que a variável ambiental imposta apresenta o mesmo efeito para os grupos genéticos avaliados. Em contrapartida nestes ensaios é possível obter a definição do melhor ambiente para cada “genótipo” quando o efeito de ambiente não se manifesta igualmente para todos os grupos genéticos. Mas se há interação significativa, o termo de interação mostra que cada grupo genético apresenta um ambiente para expressão máxima da característica e, por isso, qualquer consideração feita a respeito do ambiente deve ser realizada especificando-se o genótipo nele avaliado. Estatisticamente, isto é possível através de equações de regressão. Como resposta nestas análises é possível determinar o melhor genótipo para cada ambiente quando o efeito de meio não se manifesta igualmente para cada um desses. Na ANOVA, a principal desvantagem desta metodologia é com relação à homocedasticidade, o que na realidade não ocorre devido à tendência de maior variação nos melhores ambientes (BURDON, 1977).

Estudos com este tipo de análise, foram realizadas em codornas de corte por Santos et al. (2009), Corrêa et al. (2006), Dionello et al. (2006a) e Valente et al. (2006) que, ao envolverem a avaliação de grupos genéticos submetidos a diferentes dietas nutricionais, mostraram que o desempenho máximo é obtido quando as linhagens são alimentadas com o nível adequado da dieta, mostrando que a estimativa da exigência de uma linhagem não deve ser extrapolada para outra.

Ahmad et al. (2003) apresentaram resultados semelhantes ao estudarem o efeito de IGA sobre a viabilidade de codornas japonesas e encontraram efeito de interação significativo entre estação x grupo genético e nível proteico da dieta x grupo genético sobre a porcentagem de mortalidade das aves. Por outro lado, não foi encontrado efeito da interação nível de metionina+cistina total da dieta e grupos genéticos de codornas de corte fêmeas por Felipe et al. (2007), concluindo que a mesma dieta poderia ser utilizada para qualquer um dos grupos tendo em vista o máximo ganho de peso.

2.4 INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE UTILIZANDO MODELOS DE NORMAS DE REAÇÃO (VIA REGRESSÃO ALEATÓRIA)

No modelo de norma de reação, a expressão de um genótipo em diferentes ambientes é descrita como uma função linear (norma de reação) de um valor ou gradiente

ambiental. Valor ambiental é normalmente definido como o desempenho médio de todos os genótipos naquele ambiente criado.

Os modelos de norma de reação por meio de modelos de regressão aleatória permitem que o efeito da IGA possa ser constantemente avaliado pela regressão dos valores genéticos de reprodutores sobre alguma medida dos ambientes onde sua progênie é criada. Ainda que, esse método inclua informação de uma variável dependente no modelo explanatório, tem a vantagem de distinguir objetivamente os ambientes mais ou menos favoráveis (KOLMODIN et al., 2002). Cabe destacar que esse método tem sido pouco utilizado com este propósito.

A aplicação de modelos de regressão aleatória (MRA) tem sido apresentada como alternativa para modelar características de crescimento, que são medidas repetidas na vida dos animais, sendo consideradas como dados longitudinais. Em contraste com os tradicionais modelos animais (repetibilidade e multicaracterísticas), a diferença está na inclusão de colunas de co-variáveis na matriz de incidência dos efeitos aleatórios, em substituição às colunas de zero e um. Em comparação aos modelos multicaracterísticas, que fornecem predições para determinados pontos ou idades, os modelos de regressão aleatória permitem a predição de valores genéticos para a curva de crescimento como um todo, para qualquer ponto desejado na escala de tempo utilizada e para funções da curva (SARMENTO, 2007). Desta forma, permitem melhor utilização dos dados, já que todas as medidas do animal e de seus parentes são utilizadas para avaliação do mesmo, com potencial aumento da acurácia de seleção.

Os MRA acomodam registros repetidos para caracteres que mudam gradualmente ao longo do tempo, não requerendo pressuposto quanto à constância das variâncias e correlações (MEYER, 2000) e têm sido usados no melhoramento animal para modelar registros diários de produção de leite, durante a lactação de bovinos leiteiros, assim como no crescimento corporal em bovinos de corte e crescimento de codornas de corte (MEYER, 1999; 2000; ALBUQUERQUE & MEYER, 2001; BONAFÉ et al., 2011).

Parâmetros genéticos de peso corporal em codornas foram estimados para diferentes idades por intermédio de abordagens multicaracterísticas (SAATCI et al., 2006) e modelos de regressão aleatória (MRA) em função da idade (AKBAS et al., 2004; DIONELLO et al., 2006b).

Modelos de regressão aleatória permitem ajustar uma trajetória aleatória para cada indivíduo como desvios de uma trajetória média da população, descrevendo os desvios

genéticos a partir de regressões fixas, permitindo que cada animal tenha uma descrição diferente da trajetória de seus desempenhos em termos genéticos (MERCADANTE et al., 2002).

Meyer (2004), em um estudo de simulação para quantificar o aumento na acurácia da avaliação genética de bovinos de corte pela implementação dos modelos de regressão aleatória, comenta que tais modelos são uma alternativa óbvia e preferencial, pois removem não somente os limites atuais do número de registros de desempenho por animal como também elimina a necessidade de correção pela idade, fornecendo estimativas do mérito genético para todas as idades. Neste estudo, a autora observou aumento na acurácia da avaliação do crescimento de bovinos de corte quando substituiu o modelo de múltiplas características pelos modelos de regressão aleatória.

Akbas et al. (2004), ao utilizarem modelos de regressão aleatória para estimar parâmetros genéticos em codornas, concluíram que polinômios ortogonais de Legendre de sexta ordem apresentaram melhor ajuste para modelar as (co)variâncias genéticas aditiva, fenotípica e de ambiente permanente. As estimativas de herdabilidade encontradas foram 0,007, 0,39, 0,45, 0,58, 0,61, 0,55, e 0,44, para as 7 primeiras semanas de vida, sendo que a quinta semana apresentou a maior herdabilidade (0,61). As correlações encontradas entre os pesos foram todas positivas sugerindo que a seleção para peso pode ser feita em aves mais jovens.

Dionello et al. (2006c), ao avaliarem duas linhagens de codornas de corte utilizando modelos de regressão aleatória, encontraram herdabilidade baixa no início da vida das aves, resultados similares, foram observados por Collins et al. (1968), sugerindo que a seleção para peso corporal não deve ser feita no período inicial, mas sim na fase média do período de crescimento (21 e 35 dias de idade).

Bonafé et al. (2011) utilizaram regressão aleatória sob modelo animal para comparar a influência da heterogeneidade da variância residual nos parâmetros genéticos estimados para a curva de crescimento de codornas de corte, concluindo que as estimativas de variâncias, herdabilidades e correlações foram influenciadas pela modelagem da variância residual, tornando necessária a utilização de heterogeneidade de variância residual para modelar as variâncias residuais associadas à curva de crescimento.

Santos (2010) realizou experimentos distintos para a coleta de dados de dois grupos genéticos de codornas de corte, EV1 e EV2, para estudar a trajetória genética do crescimento e avaliar a sensibilidade de valores genéticos dessas aves à variação de ambiente,

por intermédio dos modelos de regressão aleatória. No primeiro experimento, foi avaliada a trajetória genética do crescimento de codornas de corte de dois grupos genéticos, por meio de modelos de regressão aleatória, sob modelo animal, obtendo-se estimativas de parâmetros genéticos para definir a idade que resultaria em maior resposta à seleção. A seleção dentro do grupo genético EV1 poderia ser realizada em idades mais jovens, exceto para peso ao nascimento, no entanto, para o grupo genético EV2, a seleção poderia ser feita aos 42 dias de idade, mas apresentando baixa resposta à seleção. O segundo estudo avaliou a sensibilidade de valores genéticos de duas linhagens de codornas de corte, EV1 e EV2, às mudanças de níveis proteicos das dietas (24 a 30%), utilizando-se modelos de regressão aleatória. As codornas com maior valor genético aditivo para peso no ambiente médio (nível proteico igual à zero em uma escala de -1 a 1) responderam positivamente ao aumento do nível proteico da dieta, sendo mais importante para a linhagem EV2 e de pouca expressão para a linhagem EV1, no 21º dia de idade.

Vários trabalhos têm sido desenvolvidos aplicando regressões sobre polinômios de Legendre em bovinos de corte. Estes modelos não requerem pressuposição alguma sob a forma da curva de crescimento, porém, algumas pesquisas têm reportado que os mesmos exigem ajuste de alto grau, por isso, faz-se essencial a estimação de um grande número de parâmetros. Outro aspecto essencial relacionado com as altas ordens polinomiais, comumente ajustadas em análises de regressão aleatória, é que, notoriamente, apresentam comportamento irregular (as covariâncias apresentam superfícies sinuosas), isto é, podem resultar em estimativas irrealistas e problemas de convergência, em particular nos limites da amplitude de idades consideradas (MEYER, 2003). Ainda assim, Meyer (2004) comenta que problemas observados na estimação de componentes de covariância para modelos de regressão aleatória podem ser minimizados se uma maior proporção de animais possuírem um número mínimo de observações igual à ordem do polinômio a ser ajustada para os efeitos de animal.

Queiroz et al. (2004) compararam valores genéticos preditos para as características de crescimento em bovinos Guzerá, por modelos de regressão aleatória sob polinômios de Legendre e modelos unicaracterística padrão, as correlações encontradas variaram de 0,25 a 0,48 (positivas e de baixa a moderada magnitude), sugerindo diferenças de classificação dos animais quando os dois modelos são comparados. Tal estudo permitiu concluir que os melhores animais escolhidos pelo modelo de regressão aleatória apresentam classificação diferente daqueles destacados pelas análises unicaracterística. O modelo

empregando regressão aleatória, diferente das análises unicaracterísticas discriminou, ao longo dos anos, ganhos genéticos positivos na população.

Nobre (2001) ao trabalhar com pesos de bovinos Nelore, encontrou valores diferentes de Queiroz et al. (2004), correlações entre valores genéticos de análise multicaracterística e de regressão aleatória variando de 0,80 a 0,89. Já Albuquerque e El Faro (2003), também trabalhando com pesos de Nelore, relataram correlações variando de 0,64 a 0,87.

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 duas linhagens (UFV-1 e UFV-2) de codornas de corte, concluindo que a utilização de uma função polinomial de Legendre com as ordens 6 para efeito genético aditivo direto e 5 para efeito permanente de animal, para a linhagem UFV-1 e 6 para ambos efeitos aleatórios para a linhagem UFV-2, devem ser utilizados na avaliação genética da curva de crescimento das codornas de corte em estudo.

El Faro e Albuquerque (2003) comentam que um conceito que vem sendo abordado quando se trabalha com MRA diz respeito às funções de covariância (FC). As FC foram propostas por Kirkpatrick et al. (1990) para a análise de dados longitudinais e segundo estes autores, são equivalentes às matrizes de covariâncias dos modelos multivariados de dimensão finita. De acordo com El Faro e Albuquerque (2003), o grande interesse em relação às FC para a modelagem de dados longitudinais é que elas permitem descrever mudanças graduais das covariâncias com o passar do tempo, e prever variâncias e covariâncias para os pontos ao longo de uma trajetória, mesmo que haja pouca ou nenhuma informação entre os pontos. Os MRA/FC admitem a modelagem dos efeitos aleatórios, utilizando funções polinomiais lineares e, além disso, permitem considerar heterogeneidade de variâncias residuais em cada controle. A modelagem considerando as variâncias residuais heterogêneas para cada classe pode melhorar a partição da variância total, mas proporciona aumento no número de parâmetros a serem estimados no processo de maximização da função de verossimilhança. O número elevado de parâmetros dos modelos, a estrutura de covariâncias e o fato de as matrizes de incidência serem mais densas que para os modelos convencionais, podem dificultar a convergência na estimação dos componentes de variância, sendo assim entraves para a utilização desta metodologia para avaliações genéticas em conjuntos com

grande volume de dados. Têm-se testado algumas alternativas para se obter MRA mais parcimonioso, sem que haja perda na qualidade de ajustes dos efeitos aleatórios.

Gonçalves et al. (2012), ao realizarem estudo da avaliação genética do crescimento de codornas de corte utilizando modelos de regressão aleatória, comparando modelos, com diferentes classes de heterogeneidade de variância residual, combinados com diferentes ordens de polinômios de Legendre, para descrever a trajetória genética de codornas em função do tempo (idade das codornas), concluíram que o modelo com seis classes de variância residuais e de sexta ordem do polinômio de Legendre foi o que apresentou o melhor ajuste, dado pelos menores valores de AIC e BIC, além de LRT significativo.

Funções de covariância é uma metodologia adequada para descrever variações genéticas e fenotípicas para características de dimensão infinita (MEYER, 1999). Funções de covariância genética aditiva podem ser aproximadas pela utilização de funções ortogonais como os polinômios de Legendre (KIRKPATRICK et al., 1990) ou outras covariáveis definidas como regressões aleatórias no tempo.

De maneira geral, percebe-se que a literatura ainda é muito escassa em relação a estudos de características de crescimento de codornas de corte, havendo necessidade de novos estudos genéticos, para avaliar o ajuste das funções polinomiais dos efeitos aleatórios e para modelo de norma de reação, com o intuito de avaliar a interação genótipo–ambiente, via expressão das características.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, M., RAJMANE, B.V., NARAYANKHEDKAR, S.G. Effect of GxE interaction on livability in quails. **Indian Veterinary Journal**, v.80, n.9, p.874-876, 2003.
- AKBAS, Y.; TAKMA, Ç.; YAYLAK, E. Genetic parameters for quail body weights using a random regression model. **South African Journal of Animal Science**, v.34, n.2, p.104-109, 2004.
- 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.
- ALBUQUERQUE, L.G.; EL FARO, L. Predição de valores genéticos para características de crescimento em bovinos nelore usando modelos de regressão aleatória. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Santa Maria (RS), 2003, Santa Maria: **Anais...** Santa Maria, 2003 (CD-ROM).
- 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.
- ALLEN, N.K.; YOUNG, R.J. Studies on the amino acid protein requirements of laying Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). **Poultry Science**, v.59, n.9, p.2029-37, 1980.
- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, J.S.; SOUZA, G.A. de; BONA FILHO, A. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos**. v.1, n.4, 395p, 2002.
- BAYLAN, M.; CANOGULLARI, S.; AYASAN, T.; SAHIN, A. Dietary threonine supplementation for improving growth performance and edible carcass parts in Japanese quails, *Coturnix coturnix japonica*. **Poultry Science**, v.5, n.7, p.635-638, 2006.
- BERRES, J.; VIEIRA, S.L.; CONEGLIAN, J.L.B.; OLMOS, A.R.; FREITAS, D.M.; BORTOLINI, T.C.K; SILVA, G.X. Respostas de frangos de corte a aumentos graduais na relação entre treonina e lisina. **Ciência Rural**, v.37, n.2, p.510-517, 2007.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 301p.

BONAFÉ, C.M.; TORRES, R.A.; SARMENTO, J.L.R.; SILVA, L.P.; RIBEIRO, J.C.; TEIXEIRA, R.B.; SILVA, F.G.; SOUSA, M.F. 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.

BURDON, R. Genetic correlation as a concept for studying genotype-environment interaction in forest tree breeding. **Silvae Genética**, v.26, n.5-6, p.168-175, 1977.

COON, C.; ZHANG, B. Ideal amino acid profile for layers examined. **Feedstuffs**, v.71, n.14, p.13-15, 1999.

COLLINS, W.M., SWANSON, J.M., URBAN, W.E., Selection for body weight at three weeks of age in Coturnix. **Poultry Science**, v.47, n.1, 1661p. 1968.

CORRÊA, G.S.S.; SILVA, M.A.; DIONELLO, N.J.L. et al. Genotype by environment interaction for production traits of meat type quail during growing phase. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2006.

DIONELLO, N.J.L.; CORRÊA, G.S.S.; SILVA, M.A. et al. Interação genótipo x ambiente em características produtivas de codornas de corte no período de crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006a, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006a (CD-ROM).

DIONELLO, N.J.L.; SILVA, M.A.; CORRÊA, G.S.S. Genetic evaluation of European quail of random regression analyses. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8, 2006b, Belo Horizonte, MG, Brasil. **Anais...** Belo Horizonte.

DIONELLO, N.J.L.; CORRÊA, G.S.S.; SILVA, M.A. et al. Efeitos maternos e permanentes na avaliação genética de linhagens de codornas de corte utilizando modelos de regressão aleatória. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006c, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006c (CD-ROM).

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G. Utilização de modelos de regressão aleatória para produção de leite no dia de controle, com diferentes estruturas de variâncias residuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1104-1113, 2003.

FALCONER, D. S. The problem of environment and selection. **The American Naturalist**, v.86, p.293-298, 1952.

FELIPE, V.P.S.; CORRÊA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B.; WENCESLAU, R.R.; FONTES, D.O. Interação genótipo-ambiente em características de desempenho e de carcaça de fêmeas híbridas de codornas de corte na fase de 32 crescimento. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 9, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 2007. p.1-5.

FERREIRA, V.C.P.; PENNA, V.M.; BERGMANN, J.A.G.; TORRES, R.A. Interação genótipo- ambiente em algumas características de gado de corte no Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, n.3, p. 385-392. 2001.

FRAIHA, M. **Atualização em nutrição proteica para frangos de corte**, 2002. Disponível em: <http://www.lisina.com.br/palestras_detalhes.aspx?id=63> Acessado em: 15/08/2014.

FRIDRICH, B.A. **Interações genótipo x ambientes e estimativas de parâmetros genéticos de características ponderais de bovinos da raça Tabapuã**. 2003. 35p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

FRIDRICH, A. B.; SILVA, M. A.; FRIDRICH, D.; CORRÊA, G.S.S.; SILVA, L.O.C.; SAKAGUTIIV, E.S.; FERREIRA, I.C.; VALENTE, B.D. Interação genótipo × ambiente e estimativas de parâmetros genéticos de características ponderais de bovinos Tabapuã. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.5, p.663-672, 2005.

FUJII, C.; SUZUKI, M. Comparison of homogeneity and heterogeneity of residual variance using random regression test-day models for first lactation Japanese Holstein cows. **Animal Science Journal**, v.77, n.1, p.28-32, 2006.

GONÇALVES, F.M.; PIRES, A.V.; PEREIRA, I.G.; DRUMOND, E.S.C.; FELIPE, V.P.S.F.; PINHEIRO, S.R.F. Genetic evaluation of European quails by random regression models. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.9, p.2005-2011, 2012.

HAMMOND, J. Animal breeding in relation to nutrition and environment conditions. **Biological reviews**, v.22, n.3, p.195-213, 1947.

HENRY, Y.; SÉVE, B. Feed intake and dietary amino acid balance in growing pigs with especial reference to lysine, tryptophan and threonine. **Pig News and Information**, v.14, n.1, p.35-43, 1993.

JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L.R. Estimates of genetic parameters for a test day model with random regression for yield traits of first lactation Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.4, p.762-770, 1997.

KIDD, M.T. Nutritional considerations concerning threonine in broilers. **World's Poultry Science Journal**, v.56, n.2, p.139-151, 2000.

KIDD, M.T.; ZUMWALT, C.D.; CHAMBLEE, D.W. et al. Broiler growth and carcass responses to diets containing L-threonine versus diets containing threonine from intact protein sources. **The Journal of Applied Poultry Research**, Savoy, v.11, n.1, p.83-89, 2002.

KIRKPATRICK, M.; LOFSVOLD, D.; BULMER, M. Analysis of the inheritance, selection and evolution of growth trajectories. **Genetics**, v.124, n.4, p.979-993, 1990.

KOLMODIN, R.; STRANDBERG, E.; MADSEN, P.; JENSEN, J.; JORJANI, H. Genotype by environment interaction in Nordic dairy cattle studied using reaction norms. **Acta Agriculturae Scandinavia, Section A - Animal Science**, 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.74, p.63-70. 2002.

LÓPEZ, R.M.; MÉNDEZ, T.J.; GONZÁLEZ, E.A.; AMEZCUA, C.M. Necesidades de treonina en polos sometidos a dos calendarios de vacunación. **Veterinária México**, v.32, n.3, p.189-194, 2001.

MANDAL, A.B.; KAUR, S.; JOHRI, A.K.; ELANGO VAN, A.V.; DEO, C.; SHRIVASTAVA, H.P. Response of growing Japanese quails to dietary concentration of L-threonine. **Journal of the Science and Food and Agriculture**, v.86, p.793-798, 2006.

MERCADANTE, M. E. Z.; PACKER, I.U.; RAZOOK, A.G.; CYRILLO, J.N.S.G.; FIGUEIREDO, L.A.I. Dias ao parto de fêmeas Nelore de um experimento de seleção para crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.4, p.1726-1733, 2002.

MEYER, K. Estimates of genetic and phenotypic covariance functions for postweaning growth and mature weight of beef cows. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.116, p.181-205.1999.

MEYER, K. Random regressions to model phenotypic variation in monthly weight of Australian beef cows. **Livestock Production Science**, v.65, n.1, p.19-38, 2000.

MEYER, K. Random regression models for analyses of longitudinal data in animal breeding. In: Session of the International Statistical Institute, 54, 2003, Berlin, **Anais...** Berlin: International Statistical Institute, 2003 (CD-ROM).

MEYER, K. Scope for a random regression model in genetic evaluation of beef cattle for growth. **Livestock Production Science**, v.86, p.69–83, 2004.

NOBRE, P.R.C. **Analyses of sequential weights of Nelore cattle using multiple trait and random regression models**. 2001. 145p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

QUEIROZ, S.A.; PELICIONI, L.C.; ALBUQUERQUE, L.G., Valores genéticos preditos para características de crescimento de bovinos Guzerá, utilizando modelos unicaracterística e de regressão aleatória. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Anais...**Campo Grande:SBZ, 2004. (CD-ROM).

RADEMACHER, W. Growth retardants: Effects on gibberellin bioproduction synthesis and other metabolic pathways. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Mineapolis, v.51, p.501-531. 2000. Disponível em: <<http://arjournals.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.arplant.51.1.501>>. Acessado em: 10/08/2014.

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

ROSTAGNO, H.S.; BARBARINO JR., P.; BARBOSA, W.A. Exigências nutricionais das aves determinadas no Brasil. In: Simpósio Internacional Sobre Exigências nutricionais de aves e suínos, Viçosa, MG, 1996. **Anais...**Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996, p.361-388.

SÁ, L.M.; GOMES, P.C.; CECON, P.R. et al. Exigência nutricional de treonina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1846-1853, 2007.

SAATCI, M.; OMED, H.; DEWI, I.A. Genetic parameters from univariate and bivariate analyses of egg and weight traits in Japanese quail. **Poultry Science**, v.85, n.2, p.185-190, 2006.

SHIM, K.F., LEE, T.K. Effect of Dietary essential amino acids on egg production of laying Japanese quail. **Singapore Journal of Primary Industries**, v.21, n.2, p.72-75, 1993.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em Nutrição para Monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283p.

SANTOMA, G. Necessidades protéicas de las gallinas ponedoras. In: BEORLEEGI, C.; MATEOS, G.G. (Eds.) **Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras**. Barcelona: AEDOS, 1991. p.71-114.

SANTOS, G.G.; CORRÊA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B.; FONTES, D.O.; TORRES, R.A.; FELIPE, V.P.S.; WENCESLAU, R.R.; FREITAS, L.S.; BARBOSA, F.A. Efeito da interação grupo genético x nível de lisina sobre características de desempenho de codornas *Coturnix coturnix* de corte no período de crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.6, p.1382-1390, 2009.

SANTOS, G.S. **Avaliação da trajetória genética e da sensibilidade dos valores genéticos às mudanças do nível nutricional da dieta em dois grupos de codornas de corte**. 2010. 58p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

SARMENTO, J.L.R. **Modelos de regressão aleatória para avaliação genética da curva de crescimento de ovinos da raça Santa Inês**. 2007. 101p. Tese (Doutorado em genética e melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TON, A.P.S.; FURLAN, A.C.; MARTINS, E.N. et al. Exigência de treonina digestível para codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.2, p.505-512, 2013.

UMIGI, R.T.; BARRETO, S.L.T.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de treonina digestível em dietas para codorna japonesa em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1868-1874, 2007.

UMIGI, R.T.; BARRETO, S.L.T.; REIS, R.S. et al. Níveis de treonina digestível para codorna japonesa na fase de produção. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.3, p.658-664, 2012.

VALENTE, B.D.; CORRÊA, G.S.S.; DIONELLO, N.L. et al. Interaction between methionine of diet and genotype in meat type quail. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2006.

WEERDEN, E.J.; van SCHUTTE, J.E.; BERTRAM, H.L Protein and amino acid requirements of laying hens. In: WORLD'S POULTRY CONGRESS AND EXHIBITION, 17., 1984, Helsinki.

Proceedings and Abstract... Finland [s. n.]. 1984. p.260-262.

YATES, F. **Sampling method for censuses and surveys**. Londres. Charles Griffin, 278p. 1949.

ZOLLITSCH, W.; ZHIQIANG, C.; PEGURI, A. et al. **Nutrient requirements of laying hens** . In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa, MG: **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. P.109-159.

3 ARTIGOS

3.1 INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE EM CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E DE CARÇAÇAS DE CODORNAS DE CORTE (1 A 21 DIAS DE IDADE) UTILIZANDO MODELOS DE NORMAS DE REAÇÃO ÀS MUDANÇAS DA RELAÇÃO TREONINA:LISINA DA DIETA

RESUMO - Utilizaram-se 14.770 informações de características de desempenho e de carcaça de 1.700 codornas, progênies de 80 reprodutores e 160 reprodutoras de duas linhagens de codornas de corte (LF1 e LF2) para o ajuste dos modelos de regressão aleatória considerando-se nas análises homogeneidade de variância residual. As codornas foram alimentadas do nascimento aos 21 dias de idade com dietas contendo as relações 0,66, 0,71, 0,76, 0,81 e 0,86% de treonina:lisina. Dos 22 aos 35 dias de idade todas as codornas foram alimentadas com dieta contendo 26,12% de proteína bruta e 2.900 kcal EM/kg. As codornas com maior valor genético aditivo do intercepto para características de desempenho e de carcaça responderam de maneira positiva ao aumento da relação treonina:lisina das dietas, sendo a maior resposta observada na linhagem LF2 e de menor sensibilidade na linhagem LF1, para características de peso corporal e de carcaça. As codornas das linhagens LF1 e LF2 apresentaram aumento na dispersão dos valores genéticos do peso corporal aos 14 e 21 dias de idade com o aumento dos níveis da relação treonina:lisina das dietas indicando alta sensibilidade dos valores genéticos aditivos às mudanças no gradiente ambiental, ou seja, existência de interação genótipo-ambiente. Houve efeito residual dos níveis de treonina:lisina das dietas fornecida na primeira fase de crescimento (do nascimento aos 21 dias de idade) sobre o peso corporal aos 28 e 35 dias de idade e características de carcaça com evidências da existência da interação genótipo-ambiente. A dispersão dos valores genéticos dos rendimentos de carcaça e rendimentos de peito das linhagens LF1 e LF2 variou em função da relação treonina:lisina das dietas. Avaliação genética realizada para codornas alimentadas com dietas contendo determinada relação treonina:lisina na dieta não permitiria a predição de valores genéticos válidos para outras relações destes aminoácidos.

Palavras-chave: Avaliação genética. *Coturnix coturnix*. Herdabilidade. Valor genético.

3.1 INTERACTION BETWEEN GENOTYPE AND ENVIRONMENTAL GRADIENT FOR PERFORMANCE TRAITS AND CARCASS OF EUROPEAN QUAILS (1 A 21 DAYS OF AGE) USING REACTION NORM MODEL TO CHANGES IN ENVIRONMENTAL GRADIENT (LEVELS OF THREONINE:LYSINE RATIO OF DIET)

ABSTRACT – A total of 14,770 records of performance and carcass traits of 1,700 European quails, progenies of 80 males and 160 females of the LF1 and LF2 strains were used to fit random regression models considering homogeneity of residual variance. The quails were fed diets from hatch to 21 days of age containing the following ratio threonine: lysine 0.66, 0.71, 0.76, 0.81, and 0.86%. From 22 to 35 days of age the quails were fed diet containing 26.12% of crude protein and 2,900 kcal of ME/kg of diet. Quails having larger intercept coefficient (b_0) for performance traits and carcass responded positively to the increase in ratio of threonine: lysine of diet. Larger responses were observed in LF2 and with lower magnitude in LF1 strain, for weights and carcass traits Body weight at 14 and 21 days of age of the LF1 and LF2 strains showed remarkable dispersion of genetic values with the increase in the environment gradient of diet suggesting high sensibility of genetic breeding values to changes in the environmental gradient. This result suggests the presence of genotype and environment interaction There was a residual effect of threonine: lysine ratio of diet of the first phase of the growing period (from hatch to 21 days of age) on body weights at 28 and 35 days of age and on carcass traits (35 days of age) with clear evidence of a genotype by environmental gradient interaction on these traits. The genetic values of carcass yields and breast of LF1 and LF2 strains was changed in function of the threonine: lysine ratio of diet. The genetic evaluation for quails fed a specific ratio of threonine: lysine in diet would not allow valid prediction of genetic values for other ratios of these amino acids.

Keywords: Genetic evaluation. *Coturnix coturnix*. Heritability. Genetic value

1 INTRODUÇÃO

A melhoria genética da taxa de crescimento, rendimento de carne e conversão alimentar, associados às áreas de nutrição, manejo, reprodução e ambiência fizeram com que as aves se tornassem as mais produtivas entre as espécies homotérmicas de interesse zootécnico e econômico.

Abordagens multicaracterísticas são utilizadas para estimar parâmetros genéticos de peso corporal em codornas em diferentes idades (SAATCI et al., 2003) e modelos de regressão aleatória para avaliar a trajetória genética de codornas de corte em função da idade (DIONELLO et al., 2006). Ao ajustar um modelo de regressão aleatória, implicitamente, ajusta-se uma função contínua que permite descrever as mudanças genéticas e ambientais com o passar do tempo. Vários trabalhos têm empregado como funções contínuas os polinômios ortogonais de Legendre, os quais podem adequar às ordens de ajustes diferentes para cada efeito aleatório contido no modelo de análise.

Gonçalves et al. (2012), ao utilizarem função polinomial de Legendre, para avaliação da curva de crescimento de codornas de corte, observaram melhor ajuste dos dados pela função polinomial de Legendre de sexta ordem. Porém, ainda são escassos os estudos que avaliam a sensibilidade dos valores genéticos às mudanças do gradiente ambiental, por exemplo, mudanças nos níveis nutricionais das dietas (proteína, aminoácidos, etc), principalmente em codornas de corte.

A treonina é o terceiro aminoácido limitante para aves, precedido da metionina e lisina, por conseguinte o mais importante, sobretudo, nas fases mais avançadas do desenvolvimento da ave, devido ao fato da proporção de exigência de treonina para manutenção ser alta em relação aos demais aminoácidos, em razão do seu grande conteúdo nas secreções intestinais endógenas (Fernandez et al., 1994).

Diferenças na sensibilidade dos indivíduos às mudanças de ambiente resultam na interação genótipo-ambiente (IGA) (Falconer e MacKay, 1996). Então, se existe IGA para determinada característica, a diferença esperada entre fenótipos de indivíduos com genótipos distintos pode não ser a mesma em ambientes diferentes (Kolmodin, 2003).

Assim, objetivou-se com este estudo, avaliar a presença da interação genótipo-ambiente (relação treonina:lisina das dietas) em características de desempenho e de carcaça, de duas linhagens de codorna de corte, na fase inicial de crescimento, utilizando modelos de norma de reação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada com autorização da Comissão de Ética no Uso de Animais da UFVJM, protocolo número 032/2012.

Os dados utilizados neste estudo pertencem ao Programa de Melhoramento Genético de Codornas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri localizado na cidade de Diamantina-MG e referem-se às características de desempenho e de carcaça de codornas de corte.

Os dados constituem-se de um total de 14.770 informações de características de desempenho e de carcaça referentes a 1.700 codornas de corte. Progênieis de 80 machos e 160 fêmeas de cada linhagem (LF1 e LF2) foram distribuídas aleatoriamente na fase inicial (do nascimento aos 21 dias de idade-efeito direto) do período de crescimento às dietas contendo as relações 0,66, 0,71, 0,76, 0,81 e 0,86% de treonina: lisina (Tabela 1). Na segunda fase do período de crescimento (dos 22 aos 35 dias de idade-efeito residual) as codornas foram alimentadas com uma dieta única contendo 26,12% de proteína bruta e 2900 kcal EM/kg (Tabela 2). As aves foram pesadas semanalmente do nascimento aos 35 dias de idade (idade de abate).

Tabela 1. Composição e valor nutricional das dietas experimentais, na matéria natural, para codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 do nascimento ao 21º dias de idade, submetidas a diferentes relações treonina:lisina

Ingredientes	Relações treonina:lisina				
	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
Milho Moído	48,96	48,96	48,96	48,96	48,96
Farelo de Soja (45%)	44,82	44,82	44,82	44,82	44,82
Óleo de soja	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
Calcário	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Fosfato Bicálcico	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Sal Comum	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Mistura Mineral ¹	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Mistura Vitaminica ²	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Antioxidante ³	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Coccidiostático ⁴	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
DL- Metionina	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
L- Treonina	0,00	0,05	0,12	0,19	0,25
L- Isoleucina	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
L- Arginina	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
L-Glutâmico	0,30	0,25	0,18	0,11	0,05
Amido	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Proteína Bruta (%)	24,54	24,54	24,54	24,54	24,54
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 (%)	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27
Aminoácidos digestíveis (%)					
Lisina	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Metionina +Cistina	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Triptofano	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Treonina	0,83	0,89	0,95	1,01	1,07
Arginina	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Isoleucina	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Valina	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04

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

² Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D₃:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B₁:2.500 mg, Vit B₂: 8.000 mg, Vit B₆:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B₁₂: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

³ Butil-hidróxi-tolueno.

⁴ Salinomicina 12%

Tabela 2. Composição da dieta utilizada para codornas de corte dos 22 aos 35 dias de idade

Ingrediente	Composição (%)
Milho Moído	50,97
Farelo de Soja (45% PB)	34,11
Glúten de Milho (60%)	10,00
Calcário Calcítico	1,22
Fosfato Bicálcico	1,16
Sal Comum	0,38
Mistura Mineral ⁽¹⁾	0,20
Mistura Vitaminica ⁽²⁾	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01
L- Lisina HCl (78%)	0,23
DL- Metionina (99%)	0,25
L- Treonina	0,12
L- Isoleucina	0,06
L- Arginina	0,34
L-Glutâmico	0,24
Amido	0,51
Total	100,00
Composição calculada	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2900,00
Proteína Bruta (%)	26,12
Cálcio (%)	0,850
Fósforo Disponível (%)	0,320
Sódio (%)	0,170
Fibra Bruta (%)	2,720
Aminoácidos digestíveis (%)	
Lisina	1,250
Metionina +Cistina	1,010
Triptofano	0,212
Treonina	0,987
Arginina	1,798
Isoleucina	1,075
Valina	1,104

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

²⁾Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D₃:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B₁: 2.500 mg, Vit B₂: 8.000 mg, Vit B₆: 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. B₁₂: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

O conjunto de dados de desempenho constitui-se de pesagens corporais realizadas aos 14, 21, 28 e 35 dias de idade e peso corporal ao abate (peso pós-jejum antes do abate) em codornas de corte de duas linhagens distintas: LF1 e LF2.

No 35º dia de idade as codornas das duas linhagens, após jejum de 10 horas, foram pesadas e abatidas por meio de insensibilização por deslocamento cervical e secção da cabeça, seguindo o protocolo de sangria por dois minutos, escalda à temperatura de 52°C,

depena e evisceração e, a seguir, as carcaças foram resfriadas por 24 horas à temperatura de 2°C.

As características avaliadas foram o peso da carcaça (retirados os pés e a cabeça), rendimento da carcaça, e peso e rendimento dos cortes nobres da carcaça (peito, coxa e sobrecoxa). Os rendimentos foram calculados por meio das seguintes fórmulas:

Rendimento da carcaça (%) = (Peso da carcaça x 100) / Peso corporal ao abate);

Rendimento do peito (%) = (Peso do peito x 100) / Peso da carcaça);

Rendimento da coxa e sobrecoxa (%) = (Peso da coxa e sobrecoxa x 100) / Peso da carcaça).

O banco de dados, após o descarte de observações de codornas sem identificação de sexo e que apresentaram características de desempenho e carcaça maior ou menor que três desvios-padrão em relação à média das características das codornas em cada idade, constituiu-se das informações apresentadas na (Tabela 3)

Tabela 3. Estatística descritiva dos dados utilizados nas análises, referentes às codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 para características de desempenho e carcaça

Linhagem	Característica ¹	Número de observações	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	MP
LF1	P14	708	88,36	10,85	53,10	113,70	1320
	P21	734	155,16	15,37	105,20	193,50	1346
	P28	742	220,36	19,75	157,50	278,10	1354
	P35	754	271,13	23,74	204,40	339,60	1366
	PA	703	265,46	25,41	188,20	335,50	1311
	PC	718	198,73	19,62	141,66	257,35	1328
	RC	669	74,86	2,62	64,25	84,06	1277
	PP	718	83,82	10,22	55,40	114,51	1328
	RP	715	42,16	2,09	36,03	48,34	1325
	PCSC	719	45,09	4,82	30,19	59,20	1329
	RCSC	713	22,73	1,30	18,47	26,24	1323
LF2	P14	617	85,71	10,12	53,50	114,30	1231
	P21	643	150,27	15,28	101,70	198,60	1258
	P28	642	213,28	18,83	149,9	263,10	1257
	P35	660	262,78	23,12	202,40	334,80	1275
	PA	612	257,62	24,63	182,70	335,20	1217
	PC	624	192,32	17,67	139,57	245,37	1239
	RC	586	74,63	2,77	64,10	82,67	1191
	PP	624	81,08	9,11	55,16	108,77	1239
	RP	623	42,13	2,00	36,99	48,40	1238
	PCSC	622	43,93	4,51	28,48	58,39	1237
	RCSC	624	22,85	1,31	18,30	27,14	1239

¹P14-peso corporal aos 14 dias de idade; P21-peso corporal aos 21 dias de idade; P28-peso corporal aos 28 dias de idade; P35-peso corporal aos 35 dias de idade; PA-peso corporal ao abate; PC-peso da carcaça; RC-rendimento da carcaça; PP-peso do peito; RP-rendimento do peito; PCSC-peso da coxa e sobrecoxa; RCSC-rendimento da coxa e sobrecoxa; MP – número de animais na matriz de parentesco.

Utilizou-se na análise dos dados o modelo animal unicaracterística, com regressões aleatórias. Os efeitos genéticos aditivos aleatórios e fixo de sexo foram modelados como funções lineares de polinômios ortogonais de Legendre ponderados por coeficientes de regressão (aleatórios ou fixos, de acordo com o efeito). O mesmo modelo de avaliação foi utilizado nos 22 arquivos (combinação separadamente para as características de desempenho, carcaça e linhagem) e foi definido como:

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

em que:

y_{hij} é a observação do animal h , do sexo j , alimentado com dieta de nível da relação treonina:lisina i ; b_{jk} é o coeficiente de regressão fixo associado ao polinômio de Legendre k atribuído ao sexo j ; a_{hk} é o coeficiente de regressão aleatória k de efeito genético aditivo direto atribuído ao animal h ; $\Phi_k(p_i)$ é o polinômio de Legendre k normalizado atribuído à relação

treonina:lisina i ; e e_{hij} é o resíduo associado à observação y_{hij} este efeito não foi considerado como função da relação treonina:lisina da dieta.

O modelo em notação matricial pode ser descrito como:

$$y = Xb + Za + e,$$

em que:

y é o vetor de observação; b é o vetor com coeficientes de regressão relativos aos efeitos fixos de sexo; a é o vetor com coeficientes de regressão aleatória atribuídos ao efeito genético aditivo direto; X e Z são matrizes de incidência dos efeitos em b e a contendo polinômios de Legendre relativos à relação treonina:lisina das dietas; e e é o vetor dos resíduos.

Admitiu-se ainda que:

$$E(y) = XB$$

$$G = \begin{bmatrix} \sigma_{a_0}^2 & \sigma_{a_0 a_1} \\ \sigma_{a_0 a_1} & \sigma_{a_1}^2 \end{bmatrix}$$

$$V(y) = Z(A \otimes G)Z' + I_n \sigma_e^2$$

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

em que:

$\sigma_{a_0}^2$ e $\sigma_{a_1}^2$ são componentes de variância atribuídos aos coeficientes de regressão constante (intercepto) e linear do efeito genético aditivo direto; $\sigma_{a_0 a_1}$ é o componente de covariância entre os coeficientes de regressão constante (intercepto) e linear do efeito genético aditivo direto; σ_e^2 é o componente de variância residual; A é a matriz de numeradores do coeficiente de parentesco de Wright e n é o número de observações.

Após a obtenção de G , estimações das variâncias e covariâncias genéticas aditivas diretas para qualquer relação treonina:lisina da dieta podem ser obtidas por meio de funções de covariância (KIRKPATRICK et al., 1990). A partir dessas funções, foi obtida a estrutura de covariância genética aditiva direta em função da relação treonina:lisina das dietas i e i' ,

$\sigma_{a_{ii'}}$:

$$\sigma_{a_{ii'}} = Z_i G Z_{i'}', \text{ em que: } Z_i = [\Phi_0(i) \quad \Phi_1(i)] \text{ e } Z_{i'} = [\Phi_0(i') \quad \Phi_1(i')]$$

Uma vez estimada a estrutura de variância genética para as características de desempenho e carcaça [peso corporal aos 14 dias de idade (P14), peso corporal aos 21 dias de idade (P21), peso corporal aos 28 dias de idade (P28), peso corporal aos 35 dias de idade (P35), peso corporal ao abate (PA), peso da carcaça (PC), rendimento da carcaça (RC), peso do peito (PP), rendimento do peito (RP), peso da coxa e sobrecoxa (PCSC) e rendimento da coxa e sobrecoxa (RCSC)], as herdabilidades diretas destas características foram feitas em função da relação treonina:lisina das dietas, por meio da seguinte fórmula:

$$h_{di}^2 = \frac{z_i G z_i'}{z_i G z_i' + \sigma_e^2};$$

em que i representa a relação treonina:lisina das dietas.

Os componentes de covariância atribuídos a cada efeito aleatório foram estimados por meio do programa Wombat (MEYER, 2007) que utiliza a Máxima Verossimilhança Restrita (REML).

Os gráficos das figuras de normas de reação foram traçados de 25 codornas, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, para cada característica estudada das duas linhagens de codornas de corte LF1 e LF2, cujos descendentes foram alimentados com dietas contendo diferentes níveis da relação treonina: lisina.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, a variância estimada para o coeficiente de regressão aleatória do intercepto (b_0) foi maior do que a estimada para o coeficiente de regressão aleatória linear (b_1) em ambas as linhagens, à semelhança dos resultados obtidos por Felipe et al. (2012), Bonafé et al. (2011) e Santos et al. (2008). Quanto maior a variância do coeficiente de regressão aleatória linear, maior será a dispersão dos valores genéticos ao longo do gradiente ambiental.

Na linhagem LF1 os dois coeficientes correlacionam-se negativamente para as características de desempenho e de carcaça, exceto para P35, RP, PCSC e RCSC que apresentaram valores positivos (Tabela 4). Na linhagem LF2 as correlações entre os coeficientes de regressão aleatória do intercepto (b_0) e linear (b_1) foram, em sua maioria, positivas, exceto para PA, PC e PP que apresentaram valores negativos. Dionello et al. (2008), ao estudarem a trajetória genética do crescimento de codornas de corte, utilizando nível comum de proteína bruta na dieta das codornas, também encontraram correlação positiva entre os dois coeficientes de regressão aleatória. 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 na reta que descreve a sensibilidade das codornas às mudanças da relação treonina:lisina, e segundo Su et al. (2006), quanto maior for a diferença entre esta correlação e a unidade, maiores serão os reordenamentos dos valores genéticos, ao longo do gradiente ambiental, ou seja, ao longo do aumento da relação treonina:lisina das dietas.

Tabela 4. Componentes de (co) variância atribuídos aos coeficientes de regressão aleatórios do intercepto (b_0) e linear (b_1) do efeito genético aditivo direto, componentes de variância residuais estimados para as características de desempenho e de carcaça de codornas de corte e coeficientes de correlação entre os coeficientes de regressão aleatória das linhagens LF1 e LF2

Linhagem	Característica ¹	$\sigma_{b_0b_1}$	$\sigma_{b_0}^2$	$\sigma_{b_1}^2$	σ_e^2	$r_{b_0b_1}$
LF1	P14	-6,9138	107,2550	0,6614	47,961	-0,82
	P21	-7,9951	190,1970	0,4542	111,721	-0,86
	P28	-17,8907	283,4920	1,2922	198,442	-0,93
	P35	5,1792	407,9180	0,4135	288,380	0,39
	PA	-1,0744	371,6910	0,2713	301,736	-0,10
	PC	-6,0616	278,5780	0,2713	152,864	-0,57
	RC	-0,1452	3,2653	0,0122	5,199	-0,72
	PP	-0,2145	73,8009	1,1018	41,858	-0,02
	RP	0,1193	1,9757	0,0914	3,086	0,28
	PCSC	0,3324	12,0883	0,0289	13,358	0,56
	RCSC	0,0499	0,7805	0,0091	1,314	0,58
LF2	P14	6,3750	91,0058	9,5224	41,804	0,21
	P21	17,5602	172,6160	9,6315	128,923	0,43
	P28	5,6859	239,1600	0,4422	211,096	0,55
	P35	20,1242	380,8540	1,5092	285,643	0,83
	PA	-2,4786	443,6710	9,6753	284,310	-0,03
	PC	-12,3536	287,0700	1,0656	125,870	-0,70
	RC	0,1412	2,0571	0,1125	6,479	0,29
	PP	-6,9386	81,6117	0,7743	31,998	-0,87
	RP	0,0608	1,6887	0,0079	3,133	0,52
	PCSC	1,2668	12,9184	0,1405	11,102	0,94
	RCSC	0,2730	1,2178	0,0630	1,116	0,98

¹P14-peso corporal aos 14 dias de idade; P21-peso corporal aos 21 dias de idade; P28-peso corporal aos 28 dias de idade; P35-peso corporal aos 35 dias de idade; PA-peso corporal ao abate; PC-peso da carcaça; RC-rendimento da carcaça; PP-peso do peito; RP-rendimento do peito; PCSC-peso da coxa e sobrecoxa; RCSC-rendimento da coxa e sobrecoxa; $\sigma_{b_0b_1}$ -covariância genética entre os coeficientes do intercepto e linear; $\sigma_{b_0}^2$ - variância do coeficiente de regressão aleatória do intercepto; $\sigma_{b_1}^2$ - variância do coeficiente de regressão aleatória linear; σ_e^2 - variância residual entre os coeficientes do intercepto e linear; $r_{b_0b_1}$ - correlação entre os coeficientes de regressão aleatória do intercepto e linear.

Os coeficientes de regressão aleatória, do intercepto e linear, estimados para as linhagens LF1, apresentaram correlação alta e negativa (Tabela 4) para a característica P28 o que indica que a dispersão dos valores genéticos preditos (Figura 1) se reduz ao longo dos diferentes níveis da relação treonina: lisina das dietas, ao contrário do que se observa na linhagem LF2 para as características PCSC e RCSC, em que a correlação entre os dois coeficientes de regressão é alta e positiva (Tabela 4), com aumento da dispersão dos valores genéticos à medida que se altera o gradiente ambiental (Figura 3).

Na linhagem LF1 para as características PA e PP e na linhagem LF2 para a característica de PA os coeficientes de regressão aleatória de intercepto e linear do efeito genético aditivo direto apresentaram correlações baixas e negativas, o que indica que os valores genéticos aditivos para as características no ambiente médio apresentam-se constantes com incremento do gradiente ambiental, ou seja, com o aumento da relação treonina: lisina da dieta. Santos et al. (2008), ao avaliarem a sensibilidade de valores genéticos de codornas de corte por modelos de normas de reação para níveis de proteína, observaram correlação de 0,03 entre os coeficientes de regressão aleatória indicando ausência de interação genótipo-ambiente.

As alterações na dispersão dos valores genéticos das várias características de desempenho indicam diferenças nas sensibilidades dos valores genéticos das características de desempenho e de carcaça às mudanças no gradiente ambiental, ou nível de treonina:lisina das dietas, (Figuras 1, 2 e 3).

Houve mudança no valor da herdabilidade e da variância genética para todas as características e linhagens com a mudança da relação treonina: lisina das dietas (Tabelas 5 e 6). A linhagem LF1 (Tabela 5) apresentou redução da herdabilidade com o aumento dos níveis de treonina:lisina das dietas para as características P14, P21, P28, PA, PC e RC, indicando que a seleção para estas características, seria mais eficiente nos menores níveis da relação treonina:lisina das dietas. Resultado semelhante foi encontrado para a linhagem LF2 (Tabela 6), para as características PC e PP que também apresentaram redução da herdabilidade com o aumento dos níveis da relação treonina:lisina das dietas. As maiores estimativas da herdabilidade, observadas nos menores gradientes da relação treonina:lisinas das dietas ocorreram em razão da contribuição do efeito genético ser maior do que a dos efeitos ambientais. Isto proporciona maior resposta à seleção nos menores níveis da relação treonina:lisina das dietas para as referidas características.

Para a linhagem LF1 (Tabela 5), houve aumento da herdabilidade para as características P35, RP, PCSC e RCSC, com o aumento dos níveis da relação treonina: lisina das dietas ocorrendo o mesmo para a linhagem LF2 (Tabela 6) para as características P21, P28, P35, RC, RP, PCSC e RCSC, porém com magnitudes diferentes. Resultado similar, todavia com gradiente ambiental representado por variações nos níveis de proteína da dieta, foi encontrado por Santos et al. (2008) para a herdabilidade do peso corporal de codornas aos 21 dias de idade, que foi crescente com o aumento do nível de proteína bruta da dieta.

Pelos resultados da presente pesquisa verifica-se que a seleção para a maioria das características da linhagem LF2, torna-se mais eficaz se praticada em níveis mais elevados da relação treonina:lisina das dietas. O inverso acontece para a linhagem LF1 na qual, a seleção para a maioria das características torna-se mais eficiente se praticada nos menores níveis da relação treonina: lisina das dietas. Mostrando que para a linhagem LF2, a participação da variação genética aditiva na expressão das características, nos maiores níveis, evidencia a baixa influência dos fatores não genéticos nesta linhagem. O contrário, pode ser observado na linhagem LF1, que sofre maior influência dos fatores não genéticos, nos maiores níveis da relação treonina:lisina da dieta.

Para ambas as linhagens LF1 e LF2, as herdabilidades estimadas para P35 apresentaram maiores valores para os maiores níveis de treonina: lisina na dieta, indicando maior resposta para pesos corporais nas idades mais avançadas (35° dia de idade) ocorrendo aumento da contribuição da variação genética sobre a variância fenotípica em idades mais avançadas.

Tabela 5. Estimativas de herdabilidade (h^2) e variância genética aditiva (σ_A^2) para as características de desempenho e de carcaça de codornas de corte da linhagem LF1, alimentadas com diferentes relações treonina:lisina da dieta

Característica ¹		Relação treonina:lisina da dieta				
		0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
P14	h^2	0,5813	0,5555	0,5279	0,4996	0,4701
	σ_A^2	66,5949	59,8632	53,6277	47,8882	42,6448
P21	h^2	0,4953	0,4777	0,4598	0,4416	0,4231
	σ_A^2	109,6280	102,1930	95,0984	88,3448	81,9319
P28	h^2	0,4681	0,4428	0,4167	0,3897	0,3622
	σ_A^2	174,6720	157,7240	141,7460	126,7370	112,6970
P35	h^2	0,4042	0,4091	0,4142	0,4197	0,4255
	σ_A^2	195,6090	199,6290	203,9590	208,5990	213,5500
PA	h^2	0,3840	0,3825	0,3812	0,3801	0,3793
	σ_A^2	188,1140	186,8780	185,8460	185,0170	184,3920
PC	h^2	0,4959	0,4863	0,4768	0,4675	0,4584
	σ_A^2	150,3820	144,6870	139,2890	134,1880	129,3840
RC	h^2	0,2679	0,2532	0,2389	0,2252	0,2121
	σ_A^2	1,9025	1,7629	1,6326	1,5115	1,3994
PP	h^2	0,4818	0,4725	0,4685	0,4700	0,4770
	σ_A^2	38,9248	37,4994	36,9004	37,1279	38,1817
RP	h^2	0,2293	0,2294	0,2425	0,2672	0,3014
	σ_A^2	0,9184	0,9188	0,9879	1,1254	1,3316
PCSC	h^2	0,2921	0,3015	0,3115	0,3219	0,3328
	σ_A^2	5,5119	5,7672	6,0442	6,3429	6,6633
RCSC	h^2	0,1946	0,2105	0,2289	0,2496	0,2718
	σ_A^2	0,3175	0,3504	0,3902	0,4369	0,4905

¹P14-peso corporal aos 14 dias de idade; P21-peso corporal aos 21 dias de idade; P28-peso corporal aos 28 dias de idade; P35-peso corporal aos 35 dias de idade; PA-peso corporal ao abate; PC-peso da carcaça; RC-rendimento da carcaça; PP-peso do peito; RP-rendimento do peito; PCSC-peso da coxa e sobrecoxa; RCSC-rendimento da coxa e sobrecoxa.

Tabela 6. Estimativas de herdabilidade (h^2) e variância genética aditiva (σ_A^2) para as características de desempenho e de carcaça de codornas de corte da linhagem LF2, alimentadas com diferentes relações treonina:lisina da dieta

Característica ¹		Relação treonina:lisina da dieta				
		0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
P14	h^2	0,5383	0,5102	0,5218	0,5663	0,6288
	σ_A^2	48,7447	43,5529	45,5029	54,5947	70,8282
P21	h^2	0,0519	0,0961	0,1573	0,2282	0,3024
	σ_A^2	9,8031	19,0099	33,3552	52,8392	77,4618
P28	h^2	0,3434	0,3523	0,3616	0,3713	0,3812
	σ_A^2	110,3950	114,8220	119,5800	124,6700	130,0920
P35	h^2	0,0232	0,0387	0,0614	0,0902	0,1239
	σ_A^2	10,3002	17,4520	28,3428	42,9726	61,3415
PA	h^2	0,4584	0,4446	0,4383	0,4399	0,4494
	σ_A^2	240,6410	227,6100	221,8350	223,3170	232,0550
PC	h^2	0,5695	0,5513	0,5328	0,5142	0,4957
	σ_A^2	166,5300	154,6330	143,5350	133,2360	123,7360
RC	h^2	0,4006	0,4117	0,4319	0,4593	0,4919
	σ_A^2	2,8409	2,9737	3,2303	3,6107	4,1149
PP	h^2	0,3191	0,2288	0,1494	0,0957	0,0800
	σ_A^2	26,3847	16,6990	9,8896	5,9564	4,8996
RP	h^2	0,1934	0,2023	0,2123	0,2232	0,2349
	σ_A^2	0,7509	0,7947	0,8444	0,8999	0,9615
PCSC	h^2	0,2873	0,3278	0,3678	0,4067	0,4439
	σ_A^2	4,4758	5,4148	6,4592	7,6089	8,8642
RCSC	h^2	0,1713	0,2620	0,3531	0,4379	0,5132
	σ_A^2	0,2306	0,3961	0,6089	0,8689	1,1763

¹P14-peso corporal aos 14 dias de idade; P21-peso corporal aos 21 dias de idade; P28-peso corporal aos 28 dias de idade; P35-peso corporal aos 35 dias de idade; PA-peso corporal ao abate; PC-peso da carcaça; RC-rendimento da carcaça; PP-peso do peito; RP-rendimento do peito; PCSC-peso da coxa e sobrecoxa; RCSC-rendimento da coxa e sobrecoxa.

As correlações genéticas estimadas entre os níveis de treonina: lisina para as características de desempenho (Tabela 7) e de carcaça (Tabela 8) variaram de negativas baixas a altas positivas, em ambas as linhagens (LF1 e LF2). Comparando as correlações genéticas entre as linhagens (LF1 e LF2), nota-se que a linhagem LF1 apresenta as maiores correlações para a maioria das características de desempenho e de carcaça, exceto, para a característica RC e RCSC. Para características de desempenho, Felipe et al. (2012) encontraram correlações genéticas positivas entre pesos corporais nos diferentes níveis de proteína bruta, aos 21 e 35 dias de idade em duas linhagens de codornas de corte. Quanto menores os valores dessas correlações maiores serão as magnitudes da interação genótipo-ambiente e maiores a sensibilidade dos valores genéticos ao gradiente ambiental. Robertson (1959) salientou que correlação genética menor que 0,80 entre a mesma característica, medida

em diferentes ambientes, indica importante magnitude da interação genótipo-ambiente. Desta forma, correlações maiores que 0,80, e quanto mais próximas forem da unidade, sugerem que a maioria dos genes responsáveis pela expressão da característica em um ambiente age de forma semelhante nos outros ambientes, traduzindo em interações genótipo-ambiente com efeito desprezível e semelhança na sensibilidade dos valores genéticos às variações do gradiente ambiental. Embora Falconer (1987) relata que valores da correlação genética menores do que 1 já são suficientes para indicar a existência da interação genótipo-ambiente.

Salienta-se, contudo que os altos valores de correlação estimados neste trabalho refletiram, em geral, na maior sensibilidade dos valores genéticos da linhagem LF2 às alterações no gradiente ambiental das dietas, em relação à linhagem LF1 (Figuras 1, 2 e 3). E houve alterações marcantes para algumas características, tanto da dispersão quanto na ordenação de valores genéticos, com mudanças no gradiente ambiental.

Tabela 7. Estimativas das correlações genéticas entre níveis de treonina:lisina da dieta para as características de desempenho das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal)

Peso corporal aos 14 dias de idade -P14					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,963	0,849	0,690	0,531
0,71	0,871	-	0,960	0,860	0,740
0,76	0,090	0,568	-	0,968	0,899
0,81	-0,425	0,075	0,863	-	0,980
0,86	-0,600	-0,128	0,743	0,979	-
Peso corporal aos 21 dias de idade - P21					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,976	0,913	0,831	0,748
0,71	0,961	-	0,980	0,933	0,876
0,76	0,909	0,989	-	0,986	0,954
0,81	0,868	0,971	0,996	-	0,991
0,86	0,837	0,956	0,989	0,998	-
Peso corporal aos 28 dias de idade - P28					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,999	0,998	0,995	0,992
0,71	0,987	-	0,999	0,998	0,996
0,76	0,943	0,985	-	1,000	0,998
0,81	0,869	0,938	0,984	-	1,000
0,86	0,772	0,866	0,940	0,986	-
Peso corporal aos 35 dias de idade - P35					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,999	0,998	0,996	0,993
0,71	0,965	-	1,000	0,998	0,996
0,76	0,912	0,988	-	1,000	0,999
0,81	0,866	0,967	0,995	-	1,000
0,86	0,830	0,947	0,986	0,998	-

Tabela 8. Estimativas das correlações genéticas entre níveis de treonina:lisina da dieta para as características de carcaça das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal)

Peso corporal ao abate – PA					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,993	0,969	0,930	0,877
0,71	0,969	-	0,992	0,968	0,929
0,76	0,332	0,554	-	1,000	0,968
0,81	-0,644	-0,436	0,508	-	0,992
0,86	-0,821	-0,656	0,266	0,965	-
Peso da carcaça – PC					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,999	0,998	0,994	0,989
0,71	0,984	-	0,999	0,997	0,993
0,76	0,799	0,893	-	0,999	0,997
0,81	-0,072	0,106	0,542	-	0,999
0,86	-0,612	-0,462	-0,014	0,833	-
Rendimento da carcaça - RC					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,978	0,915	0,828	0,734
0,71	0,990	-	0,979	0,927	0,860
0,76	0,961	0,991	-	0,984	0,945
0,81	0,920	0,967	0,992	-	0,988
0,86	0,872	0,934	0,973	0,994	-
Peso do peito – PP					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,995	0,979	0,951	0,914
0,71	0,992	-	0,994	0,978	0,951
0,76	0,945	0,979	-	0,994	0,978
0,81	0,774	0,847	0,939	-	0,995
0,86	0,364	0,478	0,649	0,872	-
Rendimento do peito - RP					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,998	0,994	0,988	0,980
0,71	0,998	-	0,999	0,995	0,989
0,76	0,990	0,997	-	0,999	0,996
0,81	0,976	0,989	0,997	-	0,999
0,86	0,955	0,974	0,988	0,997	-
Peso da coxa e sobrecoxa - PCSC					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,999	0,997	0,995	0,992
0,71	0,980	-	0,999	0,998	0,996
0,76	0,932	0,986	-	1,000	0,999
0,81	0,873	0,952	0,990	-	1,000
0,86	0,813	0,912	0,968	1,000	-
Rendimento da coxa e sobrecoxa - RCSC					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,998	0,994	0,991	0,988
0,71	1,000	-	0,999	0,998	0,996
0,76	0,999	1,000	-	0,999	0,999
0,81	0,998	0,999	1,000	-	1,000

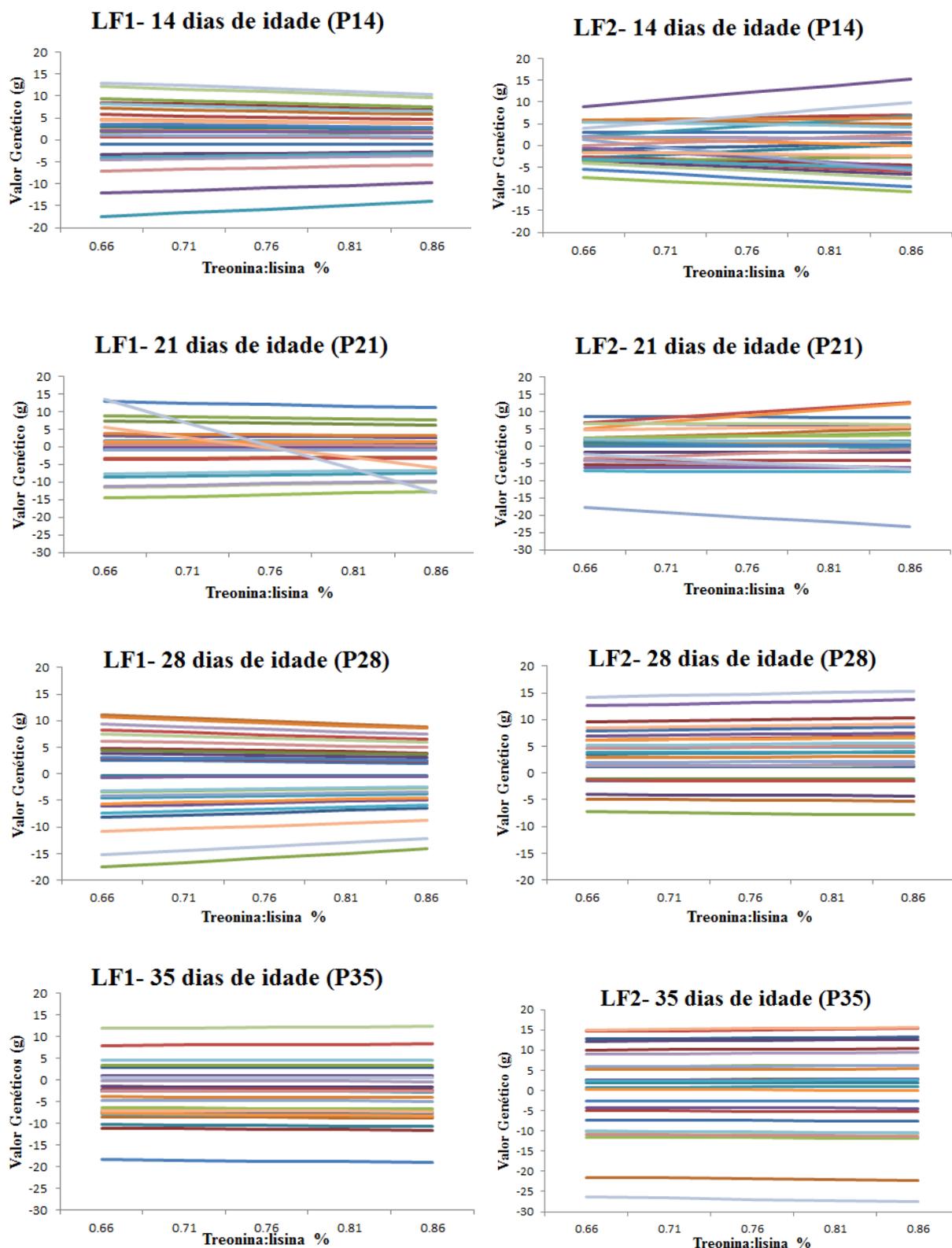


Figura 1 - Normas de reação de valores genéticos do peso corporal de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, das linhagens LF1 e LF2, cujos descendentes foram alimentados com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.

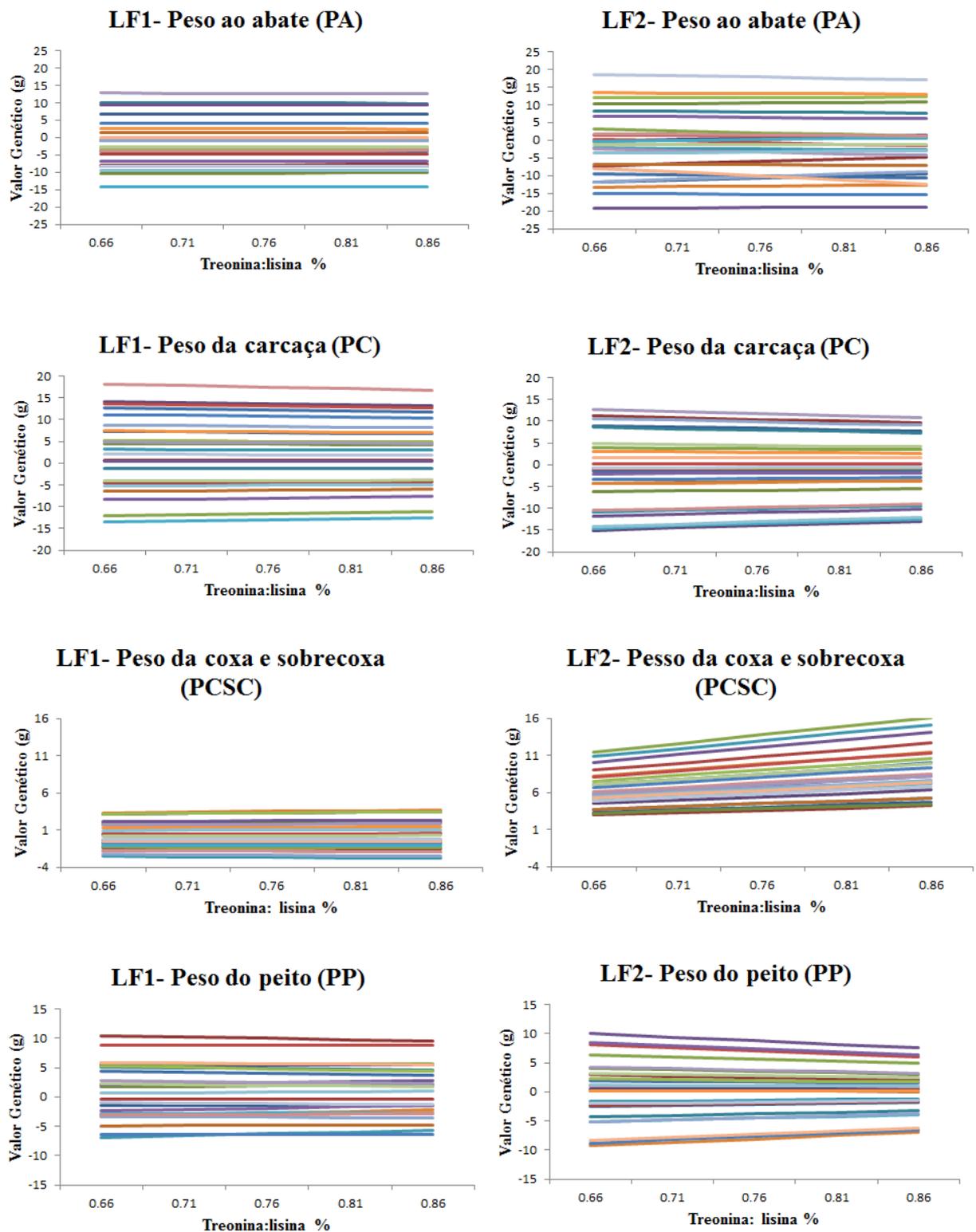


Figura 2 - Normas de reação de valores genéticos das características de carcaças de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, das linhagens LF1 e LF2, cujos descendentes foram alimentados com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.

O peso da carcaça (redução), peso da coxa e sobrecoxa (aumento), e o peso peito (redução) das codornas da linhagem LF2 apresentaram alterações na dispersão dos valores genéticos com variação do gradiente ambiental das dietas. O mesmo ocorreu para o peso da coxa e sobrecoxa (aumento) da linhagem LF1 (Figura 2).

Para o peso ao abate, peso da carcaça e peso peito da linhagem LF1, não foram observadas modificações na dispersão dos valores genéticos aditivos em função da relação treonina:lisina das dietas, mas houve pequenas alterações de classificação do peso ao abate da linhagem LF2 (Figura 2).

As normas de reação de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, indicam que houve modificação na dispersão dos valores genéticos do rendimento da carcaça (RC) e rendimento do peito (RP) das linhagens LF1 e LF2 em função das alterações no gradiente ambiental das dietas, ou das diferentes relações treonina:lisina (Figura 3). Os rendimentos da coxa e sobrecoxa das codornas de corte das duas linhagens LF1 e LF2 apresentaram considerável aumento na dispersão dos valores genéticos com o aumento da relação treonina lisina das dietas, principalmente para a linhagem LF2. Esse comportamento indica heterogeneidade de sensibilidade de valores genéticos aditivos as mudanças das relações treonina:lisina das dietas, o que caracteriza a existência da interação genótipo-ambiente.

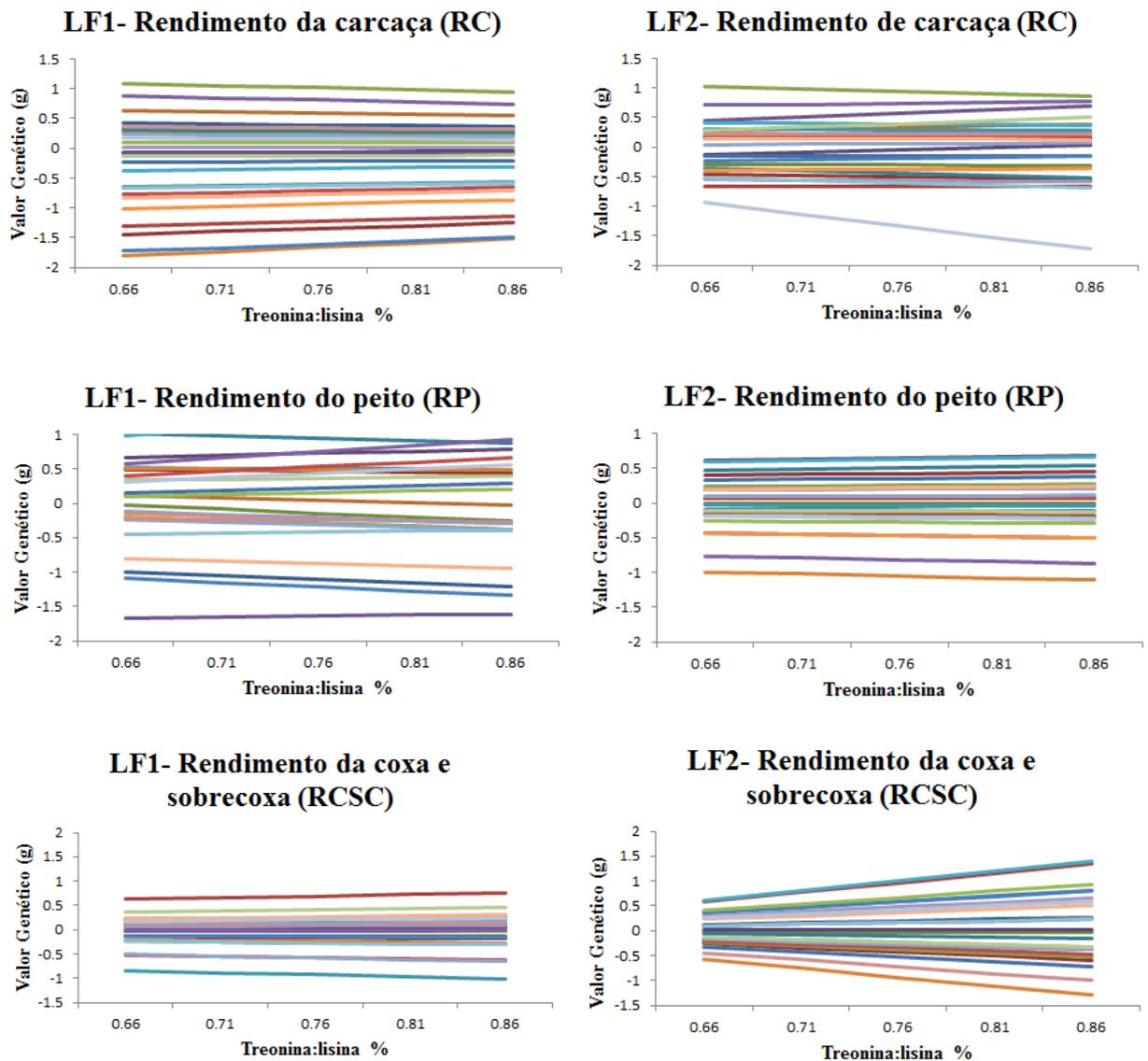


Figura 3 - Normas de reação de valores genéticos aditivos dos rendimentos da carcaça de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, das linhagens LF1 e LF2, cujos descendentes foram alimentados com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina

Na literatura não foram encontrados trabalhos para que comparações dos resultados das características de carcaça em função dos níveis de treonina: lisina da dieta

4 CONCLUSÃO

Características de desempenho e de carcaça apresentaram, de modo geral, variabilidade genética moderada a alta, principalmente na linhagem LF2. As altas correlações genéticas entre características não refletiram interações genótipo-ambiente desprezíveis e nem em semelhança na sensibilidade dos valores genéticos às variações do gradiente ambiental.

Verificou-se interação genótipo-ambiente para as características de desempenho e de carcaça das duas linhagens de codornas de corte estudadas. Avaliação genética, realizada para codornas alimentadas com dietas contendo relação específica de treonina:lisina na dieta até 21 dias de idade, não permite a predição acurada de valores genéticos válidos para outros gradientes nutricionais.

Houve efeito residual dos níveis de treonina:lisina das dietas fornecida na primeira fase de crescimento (do nascimento aos 21 dias de idade) sobre o peso corporal aos 28 e 35 dias de idade e características de carcaça com evidências da existência da interação genótipo-ambiente. A avaliação genética deve ser feita utilizando a relação treonina:lisina das dietas em que as codornas dos programas de melhoramento genético ou do sistema produtivo serão alimentadas.

REFERÊNCIAS

- BONAFÉ, C.M.; TORRES, R.A.; SARMENTO, J.L.R.; SILVA, L.P.; RIBEIRO, J.C.; TEIXEIRA, R.B.; SILVA, F.G.; SOUSA, M.F. 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.; SILVA, M.A.; CORREA, G.S.S. Genetic evaluation of European quail by random regression analysis In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2006.
- DIONELLO, N.J.L.; CORREA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B.; SANTOS, G.G. 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.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Editora UFV, Viçosa, 279p. 1987.
- FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. London: Longman. 1996.
- FELIPE, V.P.S.; SILVA, M.A.; WENCESLAU, R.R.; VALENTE, B.D.; SANTOS, G.G.; FREITAS, L.S.; CORRÊA, G.S.S.; CORRÊA, A.B. 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.
- FERNANDEZ, R.S.; AOYAGI, S.; HAN, Y.; PARSON, M.C.; BAKER, H.D. Limiting order of amino acid in corn and soybean cereal for growth of the chick. **Poultry Science**, v.73, n.12, p.1887-1896, 1994.
- GONÇALVES, F.M.; PIRES, A.V.; PEREIRA, I.G.; DRUMOND, E.S.C.; FELIPE, V.P.S.F.; PINHEIRO, S.R.F. Genetic evaluation of European quails by random regression models. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.9, p.2005-2011, 2012.
- KIRKPATRICK, M., LOFSVOLD, D., BULMER, M. Analysis of the inheritance, selection and evolution of growth trajectories. **Genetics**, v.124, n.4, p.979-993, 1990.
- KOLMODIN, R. **Reaction norms for the study of genotype by environment interaction in animal breeding**. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 2003. 35p. Doctoral thesis. Department of Animal Breeding and Genetics, 2003.

MEYER, K. WOMBAT – A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML). **Journal of Zhejiang University Science**, v8,n.11, p.815-821, 2007.

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

SAATCI, M.; DEWI, I. A.; AKSOY, A. R. Application of REML procedure to estimate the genetic parameters of weekly live weights in one-to-one sire and dam pedigree recorded Japanese quail. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 120, n. 1, p. 23-28, 2003.

SANTOS, G. G., CORRÊA, G. S. S.; VALENTE, B.D.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B.; FELIPE, V.P.S.; WENCESLAU, R.R. 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.

SU, G.; MADSEN P.; LUND M. S.; SORENSEN, D.; KORSGAARD, I.R.; JENSEN, J. Bayesian analysis of the linear reaction norm model with unknown covariates. **Journal of Animal Science**, v.84, n.7, p.1651-1657, 2006.

3.2 INTERAÇÃO GENÓTIPO-TREONINA:LISINA NA QUALIDADE DA CARNE EM CODORNAS EUROPEIAS (1 A 21 DIAS DE IDADE)

RESUMO- Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a sensibilidade dos valores genéticos de características de qualidade da carne em codornas de corte alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina: lisina, do nascimento aos 21 dias de idade, utilizando modelos de normas de reação. Nas análises, utilizaram-se 11.495 informações de dados de qualidade da carne referentes a 1.700 codornas, progênes de 80 reprodutores e 160 reprodutoras de duas linhagens de codornas de corte (LF1 e LF2). Para o ajuste dos modelos de regressão aleatória utilizou-se o programa WOMBAT considerando-se homogeneidade de variância residual. As codornas foram alimentadas do nascimento aos 21 dias de idade com dietas contendo as relações 0,66, 0,71, 0,76, 0,81 e 0,86% de treonina: lisina. Dos 22 aos 35 dias de idade todas as codornas foram alimentadas com dieta contendo 26,12% de proteína bruta e 2.900 kcal EM/kg. As estimativas da variância do coeficiente de regressão aleatória do intercepto (b_0) foi maior do que a estimada para o coeficiente de regressão aleatória linear (b_1) para todas as características. As estimativas de herdabilidade e de variâncias genéticas aditivas diretas variaram, segundo as relações treonina: lisina da dieta e apresentaram proporções diferentes de acordo com as linhagens. Os valores genéticos das características de qualidade da carne referentes a cada uma das linhagens alteraram com o aumento das relações de aminoácidos da dieta com mudanças tanto na dispersão quanto no ordenamento dos valores genéticos caracterizando-se a existência da interação genótipo x nível de relação dos aminoácidos da dieta para as características de qualidade da carne. Predições de valores genéticos das características de qualidade da carne com base em determinada relação de treonina: lisina da dieta não são válidas para outras relações desses aminoácidos na dieta.

Palavras-chave: Codorna de corte. Homogeneidade de variância residual. Treonina. Variância genética.

3.2 INTERACTION GENOTYPE-THREONINE: LYSINE RATIO IN THE QUALITY OF MEAT ON EUROPEAN QUAILS (1 A 21 DAYS OF AGE)

ABSTRACT – This work aimed to evaluate the sensibility of genetic values of meat quality traits in two different strains of European quail to changes in the threonine: lysine ratio of diets from hatch to 21 days of age using reaction norm models. A total of 11,495 records of carcass quality of 1,700 quails, progenies of 80 males and 160 females of two strains (LF1 and LF2). For the adjustment of random regression models used the program WOMBAT considering homogeneity of residual variance. The quails were fed from hatch to 21 days of age diets containing the following relations of threonine: lysine 0.66, 0.71, 0.76, 0.81, and 0.86. All quails from 22 to 35 days of age were fed diet containing 26.12% crude protein and 2900 kcal of ME/kg of diet. The variance estimates of intercept random regression coefficient were larger than the variance estimates of linear random regression coefficient for all analyzed traits. Estimates of genetic variance and heritability were affected by the relation of threonine: lysine and strain, with changes in the estimates along the environment gradient. The genetic values of meat quality traits for each strain changed with the increase of the threonine: lysine ratio of diets, including changes in dispersion and in the ranking of the genetic values of the traits, suggesting a remarkable interaction genotype x threonine: lysine ratio of diet for traits of meat quality in European quails. Prediction of genetic values for meat quality trait based on a specific relation of threonine: lysine in diet will not be valid for other levels of threonine: lysine ratios of diet.

Keywords: European strains. Homogeneity of residual variance. Threonine. Genetic variance.

1 INTRODUÇÃO

A proteína é o nutriente mais caro da dieta de codornas de corte, e entre os elementos que compõem o custo de produção, a alimentação representa cerca de 70 a 80% desse custo.

O consumo de aminoácidos em excesso é oneroso, pois o aminoácido em excesso é catabolizado para formar energia, que normalmente é suprida por carboidratos e lipídeos, à menor custo. Além disso, o excesso de proteína na dieta pode levar à excreção de nitrogênio e aumentar a poluição ambiental. Entretanto, a redução do nível de proteína na dieta sem o cuidado de manter a relação necessária dos aminoácidos essenciais, pode reduzir o consumo da dieta, diminuir o peso corporal das aves e a produção de ovos, além de alterar o comportamento social das aves, resultando em canibalismo (UMIGI et al., 2007).

A disponibilidade dos aminoácidos industriais lisina, metionina, treonina e triptofano para aves e suínos, a melhor avaliação dos ingredientes das dietas e o estabelecimento das exigências nutricionais das aves permitiram aos nutricionistas a formulação de dietas com menores níveis proteicos e a menores custos (MOURA, 2004). A treonina é o terceiro aminoácido limitante para aves, precedido da metionina e da lisina. Este aminoácido é mais importante, sobretudo, nas fases mais avançadas do desenvolvimento da ave, porque a proporção de exigência de treonina para manutenção é alta em relação aos demais aminoácidos, em razão de seu grande conteúdo nas secreções intestinais endógenas (FERNANDEZ et al., 1994). Segundo Corzo et al. (2007), mais da metade da treonina consumida é utilizada nos intestinos para as funções de manutenção, sendo primariamente utilizada na síntese de mucina.

Apesar de no Brasil predominar a exploração de codornas para produção de ovos, há poucas informações científicas sobre nutrição, manejo, qualidade da carne e reprodução das codornas utilizadas para produção de carne (*Coturnix coturnix*), além de não haver no mercado linhagens de corte geneticamente desenvolvidas no país. O potencial da linhagem europeia como produtora de carne em razão de seu maior peso em relação à linhagem japonesa na idade adulta foi constatado por Almeida (2001). A sua exploração vem crescendo no Brasil de maneira considerável. A razão deste sucesso se justifica pela qualidade da sua carne, que apresenta características sensoriais de grande aceitabilidade pelo consumidor (OLIVEIRA et al., 2002). Desta maneira, não só o tamanho e o rendimento da carne são expressivos e sim outras características da qualidade da carne devem ser levadas em

consideração, como o pH, maciez, capacidade de retenção de água, cor e características sensoriais devem ser avaliados (RODRIGUES et al., 2008).

Dentro do melhoramento genético, a magnitude da interação genótipo-ambiente é importante para exploração comercial das linhagens geneticamente melhoradas. A interação genótipo-ambiente ou diferença na sensibilidade dos valores genéticos em função do gradiente ambiental pode causar mudança no ordenamento dos valores genéticos ou pode resultar em alteração da variância genética em função do gradiente ambiental.

Desta forma, objetivou-se no presente estudo avaliar a magnitude da interação genótipo x nível da relação treonina:lisina da dieta em características de qualidade da carne, de duas linhagens de codornas de corte, na fase inicial de crescimento, por intermédio de modelos de normas de reação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada com autorização da Comissão de Ética do Uso de Animais da UFVJM, protocolo número 032/2012.

Os dados de codorna de corte utilizados neste estudo foram obtidos no Programa de Melhoramento Genético de Codornas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, localizada na cidade de Diamantina-MG.

O conjunto de dados constitui-se de um total de 11.495 informações de características de qualidade da carne referentes a 1.700 codornas de corte, progênes de 80 reprodutores e 160 reprodutrizas de cada linhagem (LF1 e LF2). As progênes destes 80 reprodutores foram distribuídas aleatoriamente na fase inicial (do nascimento aos 21 dias de idade-efeito direto) do período de crescimento às dietas contendo as relações 0,66, 0,71, 0,76, 0,81 e 0,86% de treonina:lisina (Tabela 1). Dos 22 aos 35 dias de idade (efeito residual) as codornas foram alimentadas com uma dieta única contendo 26,12% de proteína bruta e 2900 kcal EM/kg (Tabela 2). As aves foram pesadas semanalmente do nascimento aos 35 dias de idade (abate).

Tabela 1. Composição e valor nutricional das dietas experimentais, na matéria natural, para codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 do nascimento ao 21º dias de idade, submetidas a diferentes relações treonina:lisina

Ingredientes	Relações treonina:lisina				
	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
Milho Moído	48,96	48,96	48,96	48,96	48,96
Farelo de Soja (45%)	44,82	44,82	44,82	44,82	44,82
Óleo de soja	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
Calcário	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Fosfato Bicálcico	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Sal Comum	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Mistura Mineral ¹	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Mistura Vitaminica ²	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Antioxidante ³	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Coccidiostático ⁴	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
DL- Metionina	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
L- Treonina	0,00	0,05	0,12	0,19	0,25
L- Isoleucina	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
L- Arginina	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
L-Glutâmico	0,30	0,25	0,18	0,11	0,05
Amido	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Proteína Bruta (%)	24,54	24,54	24,54	24,54	24,54
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 (%)	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27
Aminoácidos digestíveis (%)					
Lisina	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Metionina +Cistina	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Triptofano	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Treonina	0,83	0,89	0,95	1,01	1,07
Arginina	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Isoleucina	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Valina	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04

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

² Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D₃:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B₁ :2.500 mg, Vit B₂: 8.000 mg, Vit B₆:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B₁₂: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

³ Butil-hidróxi-tolueno.

⁴ Salinomicina 12%

Tabela 2. Composição e valor nutricional da dieta fornecida a codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 dos 22 aos 35 dias de idade

Ingredientes	Composição (%)
Milho Moído	50,97
Farelo de Soja (45% PB)	34,11
Glúten de Milho (60%)	10,00
Calcário Calcítico	1,22
Fosfato Bicálcico	1,16
Sal Comum	0,38
Mistura Mineral ⁽¹⁾	0,20
Mistura Vitaminica ⁽²⁾	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01
L- Lisina HCl (78%)	0,23
DL- Metionina (99%)	0,25
L- Treonina	0,12
L- Isoleucina	0,06
L- Arginina	0,34
L-Glutâmico	0,24
Amido	0,51
Total	100,00
Composição calculada	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2900,000
Proteína Bruta (%)	26,120
Cálcio (%)	0,850
Fósforo Disponível (%)	0,320
Sódio (%)	0,170
Fibra Bruta (%)	2,720
Aminoácidos digestíveis (%)	
Lisina	1,250
Metionina +Cistina	1,010
Triptofano	0,212
Treonina	0,987
Arginina	1,798
Isoleucina	1,075
Valina	1,104

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

²⁾Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D₃:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B₁: 2.500 mg, Vit B₂: 8.000 mg, Vit B₆: 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. B₁₂: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

Para o abate aos 35 dias de idade, as codornas foram submetidas a jejum alimentar de 10 horas sendo pesadas individualmente e, em seguida, insensibilizadas por deslocamento cervical e secção da cabeça. Depois da sangria, com espera de dois minutos, foram realizadas a escalda à temperatura de 52°C, depena e evisceração das codornas. Posteriormente, as carcaças foram resfriadas por 24 horas, à temperatura de aproximadamente 2°C.

As análises de qualidade e cor da carne foram realizadas no Setor de Ciências e Tecnologia dos Produtos de Origem Animal, DZO/UFVJM.

As variáveis de qualidade da carne analisadas foram potencial hidrogeniônico 24 horas pós-abate (pH 24), capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC), luminosidade e cor (L^* , a^* , b^*) e maciez objetiva (MO). Para determinação do pH foi utilizado eletrodo de penetração diretamente no músculo “Pectoralis major”.

A medida da capacidade de retenção de água (CRA) foi realizada com base na metodologia descrita por Hamm (1960). Esta metodologia mede a capacidade de água liberada quando aplicada uma pressão sobre o tecido muscular. Para tanto, amostras da carne do peito das codornas foram cortadas em cubos de 0,5 grama e dispostas entre papéis de filtro (12,5 cm de diâmetro) e, posteriormente, entre duas placas de vidro (12cm x 12cm x 1cm), nas quais foi aplicado o peso de 10 kg/5 min. Em seguida, estas amostras foram pesadas e, por diferença, foi calculada a quantidade de água perdida. O resultado foi expresso em porcentagem de água exsudada em relação ao peso inicial.

A cor da carne foi determinada por uso de colorímetro (Minolta), no sistema CIELAB, sendo avaliados a luminosidade (L^*), o teor de vermelho (a^*) e o teor de amarelo (b^*). As variáveis L^* , a^* e b^* foram medidas em três diferentes pontos na superfície ventral e no meio da secção cranial do músculo “Pectoralis major”. Essas avaliações foram feitas, conforme metodologia proposta por Van Laack et al. (2000).

A obtenção dos valores de croma (C^*) e ângulo de tonalidade (H^*) foram feitas de acordo com MacDougall (1994) usando as coordenadas teor de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*), obtidas nas determinações colorimétricas, nas seguintes fórmulas:

$$C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{0,5};$$

$$H^* = \arctan (b^*/a^*).$$

Para as análises de perda de peso por cocção, amostras de filés foram retiradas do peito das codornas, embaladas em papel laminado e então, cozidas em chapa metálica de dupla face, com aquecimento em ambas as faces, pré-aquecida e regulada para 180°C, permanecendo por oito minutos de cozimento ou até atingir a temperatura interna de 82°C a 85°C. Após o cozimento, os filés foram retirados do papel laminado e resfriados sobre papel absorvente à temperatura ambiente. Posteriormente, as amostras foram pesadas para averiguação da perda de peso após cozimento. A diferença entre o peso inicial (peito “in natura”) e final (peito cozido) corresponde à perda de peso por cozimento (HONIKEL, 1987).

Para a avaliação da força de cisalhamento, foi utilizado o texturômetro “Stable Micro Systems TAXT 2 Plus”, equipado com probe “blade set V Warner Bratzler”. O equipamento foi calibrado com peso-padrão de 5 kg e padrão rastreável. A velocidade de descida e corte do dispositivo foi ajustada para 200 mm/minuto (AMSA, 1995), sendo as amostras as mesmas utilizadas na determinação da perda de peso por cozimento. Para determinação da MO, amostras foram cortadas (uma por filé de peito) na forma de paralelepípedos com 1cm x 1cm x 2cm (altura, largura e comprimento), as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina da probe “Warner-Blatzler”.

O banco de dados, após o descarte de observações de codornas sem identificação de sexo e que apresentaram características de qualidade da carne maior ou menor que três desvios-padrão em relação a média das características, constituiu-se das informações apresentadas na (Tabela 3).

Tabela 3. Estatística descritiva dos dados utilizados nas análises de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 para características de qualidade da carne de codornas de corte

Linhagem	Característica ¹	Número de observações	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	MP
LF1	pH	689	5,72	0,14	5,39	6,15	1299
	CRA	686	59,08	3,94	46,50	70,15	1296
	L*	698	42,23	2,41	32,01	57,42	1308
	a*	694	11,71	1,69	6,52	16,57	1304
	b*	690	1,25	1,24	-1,95	5,01	1300
	c*	690	11,95	1,63	7,15	16,82	1300
	H*	681	6,01	6,12	-11,10	25,11	1291
	PPC	649	26,21	4,04	11,92	39,37	1255
	MO	682	3,65	1,20	0,01	7,62	1291
LF2	pH	595	5,71	0,14	5,38	6,17	1210
	CRA	595	59,06	4,09	46,15	70,91	1210
	L*	603	42,43	2,29	35,58	49,71	1218
	a*	605	11,74	1,60	6,94	16,98	1220
	b*	602	1,45	1,28	-2,31	5,57	1217
	c*	604	11,98	1,58	7,91	17,02	1219
	H*	594	6,86	6,01	-11,81	24,72	1209
	PPC	560	26,25	4,03	12,01	41,08	1175
	MO	578	3,61	1,33	0,01	8,00	1193

¹CRA-capacidade de retenção de água; L*-luminosidade; a*-teor de vermelho; b*-teor de amarelo; c*-índice de saturação; H*-tonalidade; PPC-perda de peso por cocção; MO-maciez objetiva; MP – número de animais na matriz de parentesco.

As análises foram realizadas utilizando modelos de regressão aleatória considerando-se os efeitos fixos de sexo e os efeitos aleatórios genéticos aditivos diretos como funções dos níveis da relação treonina:lisina da dieta, e admitindo-se homogeneidade de variância residual. Ambas a trajetória fixa (sexo) e a trajetória genética foram modeladas por meio de polinômio de Legendre de segunda ordem. As análises foram realizadas, para cada uma das características de qualidade da carne e linhagem.

O modelo para análise dos dados foi o modelo animal unicaracterística, com regressões aleatórias. Os efeitos genéticos aditivos aleatórios e o fixo de sexo foram modelados como funções lineares de polinômios ortogonais de Legendre ponderadas por coeficientes de regressão (aleatórios ou fixos, de acordo com o efeito). O modelo de avaliação utilizado nos 18 arquivos (combinação separadamente para as características de qualidade da carne e linhagem) e foi definido como:

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

em que:

y_{hij} é o valor da característica avaliada no animal h , do sexo j , alimentado com dieta de nível da relação treonina:lisina i ; b_{jk} é o coeficiente de regressão fixo associado ao polinômio Legendre k atribuído ao sexo j ; a_{hk} é o coeficiente de regressão aleatória k de efeito genético aditivo direto atribuído ao animal h ; $\Phi_k(p_i)$ é o polinômio de Legendre k normalizado e atribuído à relação treonina:lisina i ; e e_{hij} é o resíduo associado à observação y_{hij} este efeito não foi considerado como função da relação treonina:lisina da dieta.

O modelo em notação matricial pode ser descrito como:

$$y = Xb + Za + e,$$

em que:

y é o vetor de observações; b é o vetor com coeficientes de regressão relativos aos efeitos fixos de sexo; a é o vetor com coeficientes de regressão aleatória atribuídos ao efeito genético aditivo direto; X e Z são matrizes de incidência dos efeitos em b e a contendo polinômios de Legendre relativos à relação treonina:lisina da dieta; e e é o vetor dos resíduos.

Admitiu-se ainda que:

$$E(y) = XB$$

$$G = \begin{bmatrix} \sigma_{a_0}^2 & \sigma_{a_0 a_1} \\ \sigma_{a_0 a_1} & \sigma_{a_1}^2 \end{bmatrix}$$

$$V(y) = Z(A \otimes G)Z' + I_n \sigma_e^2$$

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

em que:

$\sigma_{a_0}^2$ e $\sigma_{a_1}^2$ são componentes de variância atribuídos aos coeficientes de regressão constante (intercepto) e linear do efeito genético aditivo direto; $\sigma_{a_0 a_1}$ é o componente de covariância entre os coeficientes de regressão constante (intercepto) e linear do efeito genético aditivo direto; e σ_e^2 é o componente de variância residual; A é a matriz de numeradores do coeficiente de parentesco de Wright e n é o número de observações.

Após a obtenção de G , estimações das variâncias e covariâncias genéticas aditivas diretas para qualquer relação treonina:lisina da dieta, entre 0,66 e 0,86%, poderiam ser obtidas por meio de funções de covariância (Kirkpatrick et al., 1990). A partir dessas funções, foi obtida a estrutura de covariância genética aditiva direta em função da relação treonina:lisina da dieta. Assim, a covariância genética aditiva direta $\sigma_{a_{ii'}}$ entre as relações treonina:lisina da dieta i e i' , foi obtida por:

$$\sigma_{a_{ii'}} = Z_i G Z_i', \text{ em que: } Z_i = [\Phi_0(i) \quad \Phi_1(i)] \text{ e } Z_{i'} = [\Phi_0(i') \quad \Phi_1(i')].$$

Uma vez estimada a estrutura de variância genética para as características de qualidade da carne [pH, capacidade de retenção de água (CRA), luminosidade (L^*), teor de vermelho (a^*), teor de amarelo (b^*), croma (c^*), ângulo de tonalidade (H^*), perda de peso por cocção (PPC) e maciez objetiva (MO)], as herdabilidades diretas destas características foram feitas em função da relação treonina:lisina da dieta, por meio da seguinte fórmula:

$$h_{di}^2 = \frac{Z_i G Z_i'}{Z_i G Z_i' + \sigma_e^2};$$

em que i representa a relação treonina:lisina da dieta.

Os componentes de covariância atribuídos a cada efeito aleatório foram estimados por meio do programa Wombat (MEYER, 2007) que utiliza a Máxima Verossimilhança Restrita (REML).

Os gráficos das figuras de normas de reação foram traçadas de 25 codornas amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, para cada característica estudada das duas linhagens de codornas de corte LF1 e LF2, cujos descendentes foram alimentados com dietas contendo diferentes níveis da relação treonina:lisina

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, a variância estimada para o coeficiente de regressão aleatória do intercepto ($\sigma_{b_0}^2$) foi maior do que a estimada para o coeficiente de regressão aleatória linear ($\sigma_{b_1}^2$) (Tabela 4). Espera-se maior dispersão dos valores genéticos ao longo do gradiente ambiental para maiores variâncias do coeficiente de regressão aleatória linear. Resultados semelhantes foram apresentados por Felipe et al. (2012), Bonafé (2011), Gonçalves et al. (2012) e Santos et al. (2008), em características de desempenho de codornas de corte.

De acordo com Su et al. (2006), modificações na ordem de classificação dos valores genéticos ocorrem quando o valor da correlação entre os coeficientes de regressão aleatória do intercepto e linear é distante da unidade. Os dois coeficientes apresentaram, para a linhagem LF1, correlação positiva e de baixa magnitude para a maioria das características de qualidade da carne, exceto para pH que apresentou valor negativo. Isto indica que, para a maioria das características da linhagem LF1, a ordem de classificação dos valores genéticos preditos se altera com intensidade nos diferentes níveis da relação treonina: lisina da dieta.

Dionello et al. (2008) também encontraram correlação positiva, entre os dois coeficientes de regressão aleatória, mas em características bem diferentes das avaliadas neste estudo, em estudo para prever a trajetória genética do crescimento de codornas de corte. As correlações positivas indicam que quanto maior o valor do intercepto, maior será a inclinação na reta que descreve a sensibilidade das codornas à mudança da relação treonina:lisina da dieta.

Ressalte-se que maiores variâncias do coeficiente de regressão linear e dos valores destes coeficientes resultam em maior dispersão dos valores genéticos e em diferentes ordenações dos valores genéticos ao longo das variações no gradiente ambiental.

Tabela 4. Componentes de (co)variância atribuídos aos coeficientes de regressão aleatórios do intercepto (b_0) e linear (b_1) do efeito genético aditivo direto em função da relação treonina:lisina e componentes de variância residuais estimados e correlações entre os dois coeficientes de regressão aleatória, estimados para as características de qualidade da carne de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2

Linhagem	Característica ¹	$\sigma_{b_0b_1}$	$\sigma_{b_0}^2$	$\sigma_{b_1}^2$	σ_e^2	$r_{b_0b_1}$
LF1	pH	-0,0003	0,0077	0,0001	0,0167	-0,28
	CRA	0,5270	2,8921	0,6003	13,4252	0,39
	L*	0,0881	2,1195	0,3006	4,2855	0,11
	a*	0,0652	1,4100	0,1492	2,0075	0,14
	b*	0,0237	0,4669	0,0813	1,1985	0,12
	c*	0,0871	1,3280	0,1711	1,8566	0,18
	H*	0,5931	12,3601	2,4067	27,9353	0,10
	PPC	0,3483	1,6162	0,5880	15,1376	0,35
	MO	0,1050	0,2853	0,2140	1,1571	0,42
LF2	pH	-0,0003	0,0032	0,0021	0,0188	-0,12
	CRA	0,2885	1,3035	0,4985	15,7169	0,35
	L*	-0,3609	2,7071	0,1271	3,4866	-0,61
	a*	-0,0712	0,7777	0,1786	1,9958	-0,19
	b*	0,0407	0,4501	0,2062	1,1779	0,13
	c*	-0,0749	0,5732	0,1253	2,1159	-0,27
	H*	0,7592	15,8539	3,1198	23,5731	0,10
	PPC	-0,2835	3,7699	0,0536	19,7807	-0,63
	MO	0,0061	0,0411	0,0089	16,2776	0,31

¹CRA-capacidade de retenção de água; L*-luminosidade; a*-teor de vermelho; b*-teor de amarelo; c*-índice de saturação; H*-tonalidade; PPC-perda de peso por cocção; MO-maciez objetiva; $\sigma_{b_0b_1}$ - covariância genética entre os coeficientes do intercepto e do linear; $\sigma_{b_0}^2$ - variância do coeficiente de regressão aleatória do intercepto; $\sigma_{b_1}^2$ - variância do coeficiente de regressão aleatória linear; σ_e^2 - variância residual entre os coeficientes do intercepto e do linear; $r_{b_0b_1}$ - correlação entre os coeficientes de regressão aleatória do intercepto e linear.

Apesar de positivo para a maioria das características de qualidade da carne, o coeficiente de correlação entre os dois coeficientes de regressão aleatória foi pequeno.

As correlações entre os coeficientes de regressão aleatória do intercepto (b_0) e linear (b_1) para o efeito genético aditivo direto na linhagem LF2 foram, em sua maioria, negativas, exceto para CRA, b*, H* e MO. Essas correlações negativas indicam que os maiores valores genéticos das características de qualidade da carne, a partir do intercepto, estão associados aos menores valores do coeficiente de regressão linear, e as progênies apresentam diferentes valores genéticos nos diferentes níveis da relação treonina: lisina da dieta. Indicando a existência de modificações na ordem de classificação dos valores genéticos.

As modificações na ordem de classificação dos valores genéticos das codornas indicam alta magnitude da interação genótipo-ambiente, ou seja, indicam que genótipos com

melhor desempenho em determinado nível da relação treonina:lisina da dieta, não apresentarão o mesmo desempenho para outra relação desses aminoácidos na dieta. Observou-se também, no presente estudo, alteração na dispersão dos valores genéticos em função do gradiente ambiental, com maior semelhança entre valores genéticos nos menores níveis da relação treonina:lisina da dieta.

Os coeficientes de regressão aleatória do intercepto e linear, estimados para as linhagens LF1 e LF2, apresentaram baixa correlação (Tabela 4) indicando, de acordo com Su et al. (2006), possibilidade tanto de mudanças na dispersão dos valores genéticos quanto no reordenamento dos valores genéticos ao longo do gradiente ambiental, ou seja, nas mudanças na relação treonina:lisina da dieta. Assim, as correlações positivas entre os dois coeficientes, porém bem menores que a unidade para as características de qualidade da carne, estimadas no presente trabalho, indicam, na escala padronizada de -1 a 1, que os valores genéticos das codornas aumentam de acordo com a magnitude do coeficiente de regressão linear, com o incremento da relação treonina:lisina da dieta. Isso pode ser mais importante para características cujos coeficientes de regressão aleatórios (intercepto e linear) apresentam alta correlação, porém depende do coeficiente de regressão linear, o que não ocorreu, de modo geral, no presente trabalho para características de qualidade da carne, onde os dois coeficientes de regressão aleatória apresentaram baixas correlações.

As estimativas de herdabilidade e de variâncias genéticas aditivas diretas das características de qualidade da carne variaram segundo as relações treonina:lisina da dieta e apresentaram padrões de modificação diferentes, de acordo com as linhagens (Tabela 5). Para a linhagem LF1 observou-se diminuição da herdabilidade do pH com o aumento dos níveis da relação treonina:lisina da dieta, o que indica que a seleção para esta característica seria mais eficiente se praticada em níveis mais baixos da relação treonina:lisina. Para a linhagem LF2, as estimativas de herdabilidade da MO foram muito baixas, ou seja, com valores próximos de zero, principalmente para os níveis mais baixos da relação treonina:lisina, porém houve pequeno aumento da herdabilidade com o aumento dos níveis da relação treonina:lisina da dieta. As estimativas de herdabilidade, contudo representam a proporção da variação fenotípica, atribuída à variação genética que é função direta do efeito médio dos genes envolvidos na expressão da característica. Efeito esse que é transmitido de pai para filho. Valores de herdabilidade próximos à zero para o PPC e MO, respectivamente, da linhagem LF2 indicam que toda a proporção da variância fenotípica é explicada por efeito genético não aditivo ou variações no gradiente ambiental, ou seja, na relação treonina:lisina da dieta.

Tabela 5. Estimativas de herdabilidade (h^2) e variância genética aditiva (σ_A^2) para as características de qualidade da carne de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, alimentadas com diferentes relações treonina: lisina da dieta

Linhagem	Característica ¹	Relação treonina:lisina da dieta					
		0,66	0,71	0,76	0,81	0,86	
LF1	pH	h^2	0,2112	0,1981	0,1878	0,1805	0,1764
		σ_A^2	0,0045	0,0041	0,0039	0,0004	0,0004
	CRA	h^2	0,0965	0,0830	0,0972	0,1368	0,1953
		σ_A^2	1,4338	1,2148	1,4461	2,1276	3,2594
	L*	h^2	0,2406	0,2037	0,1983	0,2256	0,2796
		σ_A^2	1,3571	1,0961	1,0597	1,2488	1,6633
	a*	h^2	0,2889	0,2598	0,2599	0,2894	0,3417
		σ_A^2	0,8160	0,7045	0,7050	0,8170	1,0419
	b*	h^2	0,2078	0,1688	0,1630	0,1918	0,2485
		σ_A^2	0,3144	0,2434	0,2334	0,2844	0,3964
	c*	h^2	0,2930	0,2601	0,2634	0,3021	0,3659
		σ_A^2	0,7697	0,6527	0,6640	0,8040	1,0716
	H*	h^2	0,2770	0,2124	0,1887	0,2140	0,2797
		σ_A^2	0,0036	0,0025	0,0022	0,0002	0,0003
	PPC	h^2	0,0669	0,0458	0,0507	0,0808	0,1316
		σ_A^2	1,0869	0,7269	0,8081	1,3303	2,2935
	MO	h^2	0,1958	0,1024	0,1097	0,2134	0,3581
		σ_A^2	0,2818	0,1319	0,1426	0,3138	0,6456
LF2	pH	h^2	0,2243	0,1261	0,0789	0,1017	0,1851
		σ_A^2	0,0054	0,0027	0,0016	0,0002	0,0004
	CRA	h^2	0,0542	0,0361	0,0398	0,0648	0,1078
		σ_A^2	0,8998	0,5889	0,6518	1,0886	1,8993
	L*	h^2	0,3835	0,3295	0,2796	0,2379	0,2086
		σ_A^2	2,1693	1,7138	1,3536	1,0887	0,9191
	a*	h^2	0,2810	0,2059	0,1631	0,1649	0,2109
		σ_A^2	0,7802	0,5175	0,3889	0,3941	0,5334
	b*	h^2	0,2826	0,1849	0,1604	0,2228	0,3393
		σ_A^2	0,4639	0,2672	0,2251	0,3377	0,6049
	c*	h^2	0,2222	0,1585	0,1193	0,1127	0,1401
		σ_A^2	0,6045	0,3985	0,2866	0,2687	0,3449
	H*	h^2	0,3239	0,2636	0,2516	0,2927	0,3713
		σ_A^2	11,2916	8,4393	7,9269	9,7500	13,9000
	PPC	h^2	0,0014	0,0011	0,0013	0,0018	0,0027
		σ_A^2	0,0235	0,0187	0,0206	0,0292	0,0445
	MO	h^2	0,0032	0,0085	0,0408	0,0951	0,1641
		σ_A^2	0,0053	0,0143	0,0707	0,1746	0,3259

¹CRA-capacidade de retenção de água; L*-luminosidade; a*-teor de vermelho; b*-teor de amarelo; c*-índice de saturação; H*-tonalidade; PPC-perda de peso por cocção; MO-maciez objetiva.

As correlações genéticas estimadas para as características de qualidade (Tabela 6) e de coloração da carne (Tabela 7), ao longo do gradiente ambiental, apresentaram ampla variação. Os valores de correlação para características de qualidade da carne variaram de

baixos negativos a altos positivos em ambas as linhagens LF1 e LF2, mas foram, de modo geral, menores, que a unidade (valores absolutos). Contudo, os gráficos apresentados nas Figuras 1 e 2, mostram que, mesmo para valores muito altos dessas correlações genéticas, ocorre interação genótipo-gradiente ambiental para todas as características de qualidade da carne. Esse resultado contrasta-se com as indicações de Robertson (1959), segundo as quais, valores de correlações genéticas menores que 0,8 indicam que a interação genótipo-ambiente passa a assumir papel importante na expressão da característica. Em geral, se aceita que quanto menores forem os valores das correlações genéticas, maiores serão as magnitudes da interação genótipo-ambiente e maiores serão as sensibilidades dos valores genéticos ao gradiente ambiental. Para todas as características de qualidade da carne na linhagem LF1, a correlação entre valor genético predito para a relação treonina:lisina, 0,76, da dieta com valores preditos para as maiores relações desses aminoácidos foram menores que 0,8. Isto indica que, na linhagem LF1, segundo Robertson (1959), haverá mudança importante na ordem dos valores genéticos preditos sob os diferentes níveis da relação treonina lisina da dieta, enquanto isso não ocorre na linhagem LF2. Portanto, avaliações genéticas sob determinado nível da relação treonina: lisina da dieta não permitiriam a predição de valores genéticos válidos para outros níveis da relação, ou seja, as progênies de maior valor genético no ambiente de seleção apresentariam superioridade também em outros ambientes do intervalo considerado.

Para as características a^* , b^* , c^* e H^* de coloração da carne na linhagem LF1, as correlações genéticas foram, de modo geral, menores que 0,80 (tabela 7) indicando interação genótipo-gradiente ambiental (relação treonina:lisina) e esperando-se, novamente, alterações significantes dos valores genéticos destas características ao longo das variações do gradiente ambiental.

Os resultados obtidos no presente trabalho, apesar de preliminares, são importantes e pioneiros, pois não existem trabalhos disponíveis na literatura relacionados às características de qualidade e cor da carne envolvendo modelos de norma de reação para estudo da interação genótipo- gradiente ambiental.

Tabela 6. Estimativas das correlações genéticas para as características de qualidade da carne das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal) entre as diferentes relações treonina; lisina da dieta

		pH				
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86	
0,66	-	0,955	0,643	0,040	-0,339	
0,71	0,979	-	0,840	0,333	-0,046	
0,76	0,897	0,969	-	0,791	0,503	
0,81	0,745	0,867	0,964	-	0,927	
0,86	0,554	0,714	0,865	1,000	-	
		Capacidade de retenção de água – CRA				
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86	
0,66	-	0,894	0,525	0,155	-0,073	
0,71	1,000	-	0,850	0,581	0,381	
0,76	0,998	1,000	-	0,922	0,810	
0,81	0,997	0,999	1,000	-	1,000	
0,86	0,995	0,997	0,999	1,000	-	
		Perda de peso por cocção - PPC				
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86	
0,66	-	0,926	0,697	0,429	0,221	
0,71	1,000	-	0,916	0,738	0,572	
0,76	0,999	1,000	-	0,947	0,854	
0,81	0,998	0,999	1,000	-	0,976	
0,86	0,997	0,999	0,999	1,000	-	
		Maciez objetiva - MO				
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86	
0,66	-	0,865	0,258	-0,213	-0,418	
0,71	-0,235	-	0,708	0,306	0,094	
0,76	-0,487	0,964	-	0,889	0,770	
0,81	-0,552	0,940	0,997	-	0,977	
0,86	-0,582	0,927	0,994	0,999	-	

Tabela 7. Estimativas das correlações genéticas entre níveis de treonina:lisina para as características de coloração da carne das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal)

Luminosidade - L*					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,995	0,972	0,920	0,824
0,71	0,993	-	0,991	0,956	0,878
0,76	0,968	0,991	-	0,986	0,933
0,81	0,916	0,956	0,987	-	0,980
0,86	0,828	0,887	0,942	0,984	-
Teor de vermelho - a*					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,968	0,818	0,515	0,187
0,71	0,983	-	0,936	0,713	0,426
0,76	0,921	0,977	-	0,914	0,718
0,81	0,804	0,899	0,972	-	0,938
0,86	0,648	0,777	0,894	0,974	-
Teor de amarelo - b*					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,953	0,786	0,542	0,316
0,71	0,928	-	0,936	0,771	0,588
0,76	0,587	0,846	-	0,946	0,835
0,81	0,133	0,492	0,880	-	0,968
0,86	-0,159	0,219	0,705	0,957	-
Índice de saturação - c*					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,974	0,844	0,558	0,432
0,71	0,974	-	0,944	0,732	0,705
0,76	0,844	0,944	-	0,916	0,877
0,81	0,558	0,732	0,916	-	0,931
0,86	0,216	0,432	0,705	0,931	-
Tonalidade - H*					
Relação treonina:lisina	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86
0,66	-	0,951	0,770	0,505	0,264
0,71	0,951	-	0,930	0,747	0,549
0,76	0,768	0,929	-	0,939	0,819
0,81	0,501	0,745	0,939	-	0,966
0,86	0,259	0,546	0,817	0,966	-

As normas de reação para pH, CRA, PPC e MO das linhagens LF1 e LF2 de 25 codornas machos, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, em função das diferentes relações treonina:lisina da dieta, às quais seus descendentes foram submetidos, estão representadas na Figura 1. Os valores genéticos apresentaram diferentes sensibilidades à modificação da relação treonina:lisina da dieta. Isto indica que o valor genético predito em determinado nível da relação treonina:lisina da dieta, não seria válido para outros níveis da

relação treonina:lisina da dieta. Ou seja, os genótipos para as características de qualidade da carne respondem de maneira diferente às variações do gradiente ambiental (relação treonina:lisina da dieta).

As codornas da linhagem LF1 (Figura 1), apresentaram pequena redução na dispersão dos valores genéticos preditos para o pH, mas para as características CRA, PPC e MO, a dispersão dos valores genéticos aditivos aumentou com o aumento da relação treonina:lisina da dieta, incluindo-se mudanças na ordem de classificação dos valores genéticos preditos, o que configura a existência de diferentes sensibilidades dos valores genéticos às mudanças no gradiente ambiental, ou à relação treonina:lisina da dieta.

As codornas da linhagem LF2 mostraram-se mais sensíveis às mudanças no gradiente ambiental com alteração na classificação dos valores genéticos ao longo do gradiente ambiental, exceto para a MO. Os valores genéticos para CRA e pH apresentaram mudanças mais intensas com maior dispersão dos valores genéticos para os menores gradientes ambientais, o que poderia representar um problema para o melhoramento genético, pois codornas selecionadas em específica relação treonina:lisina da dieta não expressariam todo o seu potencial genético, se alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina. Ressalta-se, contudo que a seleção deverá ser praticada em ambientes que permitem maior expressão dos melhores genótipos e automaticamente maior dispersão entre os valores genéticos da característica.

Normas de reação da coloração da carne (L^* , a^* , b^* , c^* e H^*) de 25 codornas amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas das linhagens LF1 e LF2, em função das diferentes relações treonina:lisina da dieta, estão apresentadas na Figura 2.

As codornas da linhagem LF1 apresentaram, de modo geral, aumentos na dispersão dos valores genéticos preditos para as características de coloração de carne (L^* , a^* , b^* , c^* e H^*) com alteração do gradiente ambiental, ou seja, com o aumento da relação treonina:lisina da dieta inclusive com mudança na ordem de classificação dos valores genéticos preditos, o que configura diferentes sensibilidades dos valores genéticos dessas características em função dos níveis da relação treonina:lisina da dieta.

Valores genéticos das características de coloração de carne da linhagem LF2 em relação aos da linhagem LF1 mostraram-se mais sensíveis às mudanças no gradiente nutricional, apresentaram maiores alterações na ordem de classificação dos valores genéticos e na dispersão dos valores genéticos ao longo do gradiente ambiental.

De modo geral, pode-se inferir que os valores genéticos das características de coloração da carne da linhagem LF2 foram mais sensíveis às alterações do gradiente ambiental do que os valores genéticos da linhagem LF1.

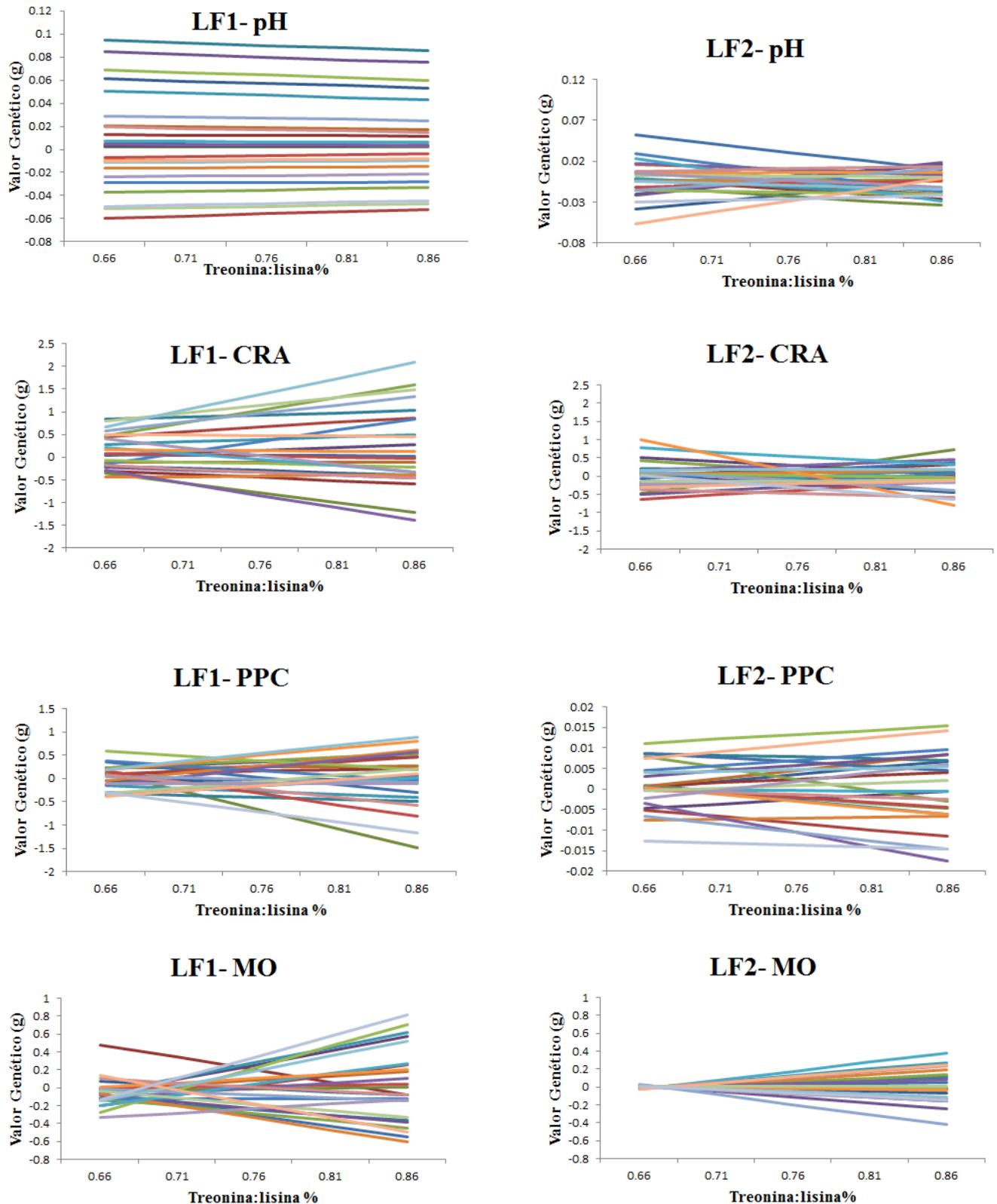


Figura 1 - Normas de reação de valores genéticos aditivos para as características de qualidade da carne de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas das linhagens LF1 e LF2, alimentados com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.

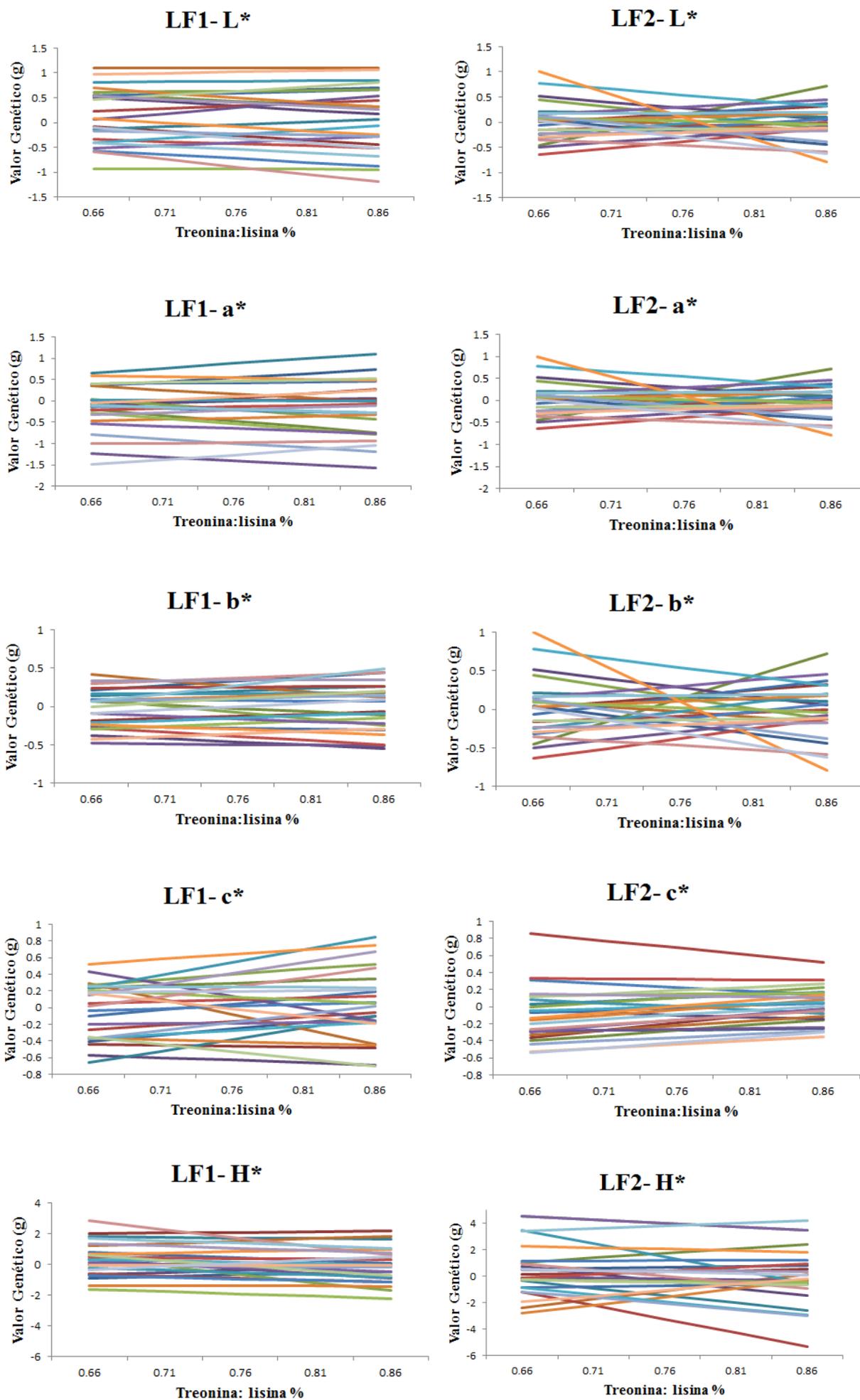


Figura 2 - Normas de reação de valores genéticos aditivos para as características de coloração da carne de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas das linhagens LF1 e LF2, alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.

Não existem resultados experimentais na literatura sobre normas de reação de características de qualidade da carne de codornas que permitam qualquer tipo de comparação. Os resultados são importantes para subsidiar programas de melhoramento de codornas de corte no que tange às características de qualidade da carne.

4 CONCLUSÃO

Houve interação genótipo-gradiente ambiental (efeito residual da relação treonina: lisina da dieta utilizada na primeira fase do crescimento) para todas as características de qualidade da carne das duas linhagens de codorna de corte estudadas. Com mudanças tanto na dispersão quanto na ordem de classificação dos valores genéticos das codornas, para a maioria das características da qualidade da carne.

As predições dos valores genéticos para características de qualidade da carne de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 devem ser feitas utilizando na dieta a relação treonina:lisina na qual a codorna será alimentada no programa de seleção ou no sistema de produção.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. I. M. **Efeito de linhagem e nível protéico sobre o desempenho e características de carcaça de codornas (*Coturnix sp.*) criadas para corte.** Botucatu, 2001, 135 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista.

AMSA - AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat.** Chicago, 1995.

BONAFÉ, C.M.; TORRES, R.A.; SARMENTO, J.L.R.; SILVA, L.P.; RIBEIRO, J.C.; TEIXEIRA, R.B.; SILVA, F.G.; SOUSA, M.F. 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.

CORZO, A.; KIDD, M.T.; DOZIER, W.A.; PHARR, G.T.; KOUTSOS, E.A. Dietary threonine needs for growth and immunity of broilers raised under different litter conditions. **Poultry Science**, v.16, n.4, p.574-582, 2007.

DIONELLO, N.J.L.; CORREA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B.; SANTOS, G.G. 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.

FELIPE, V.P.S., SILVA, M.A., WENCESLAU, R.R.; VALENTE, B.D.; SANTOS, G.G.; FREITAS, L.S.; CORRÊA, G.S.S.; CORRÊA, A.B. 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.

FERNANDEZ, R.S.; AOYAGI, S.; HAN, Y.; PARSON, M.C.; BAKER, H.D. Limiting order of amino acid in corn and soybean cereal for growth of the chick. **Poultry Science**, v.73, n.12, p.1887-1896, 1994.

GONÇALVES, F.M.; PIRES, A.V.; PEREIRA, I.G.; DRUMOND, E.S.C.; FELIPE, V.P.S.; PINHEIRO, S.R.F. Genetic evaluation of European quails by random regression models. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.9, p.2005-2011, 2012.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, v.10, n.2, p.335-443, 1960.

HONIKEL, K. O. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: TARRANT, P. V.; EIKELENBOOM, G.; MONIN, G. (Eds.). **Evaluation and control of meat quality in pigs**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1987. p. 273-283.

KIRKPATRICK, M., LOFSVOLD, D., BULMER, M. Analysis of the inheritance, selection and evolution of growth trajectories. **Genetics**, v.124, n.2, p.979-993, 1990.

MACDOUGALL, D.B. Colour of meat. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. Eds. Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products, **Advances in Meat Research** – 9, capítulo 3, p. 79-93, 1994.

MEYER, K. WOMBAT—A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML). **Journal of Zhejiang University Science**, v.8, n.11, p.815-821, 2007.

MOURA A. M. A. Conceito da proteína ideal aplicada na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, n.1, p.31-34, julho/agosto de 2004. Disponível em: http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/004V1N1P31_34_JUL2004.pdf. Acessado em 05/10/2014.

OLIVEIRA, E.G.; ALMEIDA, M.I.; MENDES, A.A.; ROÇA, R.O.; VEIGA, N. Avaliação sensorial de carne de peito de codornas para corte, abatidas aos 35, 56 e 77 dias de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 39., 2002, Recife. **Anais ... Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2002.

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

RODRIGUES, K.F.; RODRIGUES, P.B.; BRESSAN, M.C.; NAGATA, A.K.; SILVA, J.H.V.; SILVA, E.L. Qualidade da carne de peito de frangos de corte recebendo rações com diferentes relações lisina digestível:proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.1023-1028, 2008.

SANTOS, G.G.; CORRÊA, G.S.S.; VALENTE, B.D.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B.; FELIPE, V.P.S.; WENCESLAU, R.R. 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.

SU, G.; MADSEN P.; LUND M. S.; SORENSEN, D.; KORSGAARD, I.R.; JENSEN, J. Bayesian analysis of the linear reaction norm model with unknown covariates. **Journal of Animal Science**, v.84, n.7, p.1651-1657, 2006.

UMIGI, R.T.; BARRETO, S.L.T.; DONZELE, J.L.; REIS, R.S.; SOUSA, M.F.; LEITE, C.D.S. Níveis de treonina digestível em dietas para codorna japonesa em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1868-1874, 2007.

VAN LAACK, R. L. J. M.; LIU, C. H.; SMITH, M. O.; LOVEDAY, H. D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 79, n. 7, p. 1057- 1061, 2000.

3.3 SENSIBILIDADE DOS VALORES GENÉTICOS DE CODORNAS DE CORTE ÀS VARIAÇÕES DA RELAÇÃO TREONINA:LISINA DA DIETA DOS 22 AOS 35 DIAS DE IDADE

RESUMO- Estudou-se a sensibilidade dos valores genéticos das características de desempenho e de carcaça em codornas de corte às mudanças do gradiente nutricional (relação treonina: lisina das dietas) dos 22 aos 35 dias de idade utilizando modelos de normas de reação. Os dados utilizados neste estudo são provenientes de 11.404 informações de características de desempenho e carcaça de 1.828 codornas, progênies de 80 reprodutores e 160 reprodutoras de duas linhagens de codornas de corte (LF1 e LF2). Para o ajuste dos modelos de regressão aleatória utilizou-se o programa WOMBAT considerando-se nas análises homogeneidade de variância residual. As codornas foram alimentadas do nascimento aos 21 dias de idade com dieta única contendo 24,54% de proteína bruta e 2.900 kcal EM/kg. Dos 22 aos 35 dias de idade as codornas foram alimentadas com dietas contendo as relações 0,71, 0,76, 0,81, 0,86 e 0,91% de treonina: lisina e foram abatidas aos 35 dias de idade. As codornas com maiores interceptos para características de desempenho e de carcaça responderam de maneira positiva ao aumento da relação treonina: lisina das dietas, sendo a maior resposta observada na linhagem LF2 e de pouca expressão na linhagem LF1. As codornas das linhagens LF1 e LF2 apresentaram apreciável aumento na dispersão dos valores genéticos dos pesos corporais aos 35 dias de idade e com menor intensidade aos 28 dias de idade com o aumento dos níveis da relação treonina:lisina das dietas indicando alta sensibilidade dos valores genéticos aditivos (aos 35 dias de idade) às mudanças no gradiente nutricional, e existência de interação genótipo-ambiente para pesos corporais avaliados nas duas idades. Os valores genéticos das características de rendimento de cada uma das linhagens apresentaram maior dispersão nos menores gradientes ambientais. Avaliação genética realizada para codornas alimentadas com dietas contendo determinada relação treonina:lisina na dieta não permitiria a predição de valores genéticos válidos para outras relações destes aminoácidos.

Palavras-chave: Desempenho. Rendimento de carcaça. Homogeneidade. Variância residual.

3.3 SENSIBILITY OF GENETIC VALUES OF EUROPEAN QUAILS TO THE RELATION OF THREONINE: LYSINE IN DIETS FROM 22 TO 35 DAYS OF AGE

ABSTRACT - The sensibility of genetic values of performance traits and carcass of European quails to changes in the environmental gradient (threonine: lysine ratio of diets) from 22 to 35 days of age using reaction norm models was evaluated. A total of 11,404 records on performance and carcass traits, of 1,828 European quails, progenies of 80 males and 160 females of two strains (LF1 and LF2). For the adjustment of random regression models used the program WOMBAT considering homogeneity of residual variance. From hatch to 21 days of age the quails were fed diet containing 24.54% of crude protein and 2,900 kcal of ME/kg of diet. From 22 to 35 days of age the quails were fed diets containing the relations of threonine: lysine 0.71, 0.76, 0.81, 0.86 and 0.91% and were slaughter at 35 days of age. Quails having larger intercept for performance traits and carcass responded positively to an increase in the relation of threonine: lysine in diet. Higher responses were observed for LF2 in relation to strain LF1. Dispersion of genetic values for body weight at 35 days of age of both strain showed a remarkable change with the increase in the relation of threonine: lysine of diet, smaller change in the dispersion was observed for body weight at 28 days of age, this suggest high sensibility of genetic values (body weight at 35 days of age) to changes in the relation of threonine: lysine of diet or sizable genotype-environmental interaction in both strains. The dispersion of genetic values of yield traits was higher in the smaller environmental gradient of diets. Predicted breeding value of quails fed a specific relation of threonine: lysine in diet will not be valid for other levels of these amino acids.

Key words: Performance. Carcass yield. Homogeneity. Residual variance

1 INTRODUÇÃO

Progressos genéticos na taxa de crescimento, conversão alimentar e rendimento de carne representam desafios constantes para os nutricionistas envolvidos na maximização da produção animal (SCHEUERMANN et al., 1995).

No entanto, o sucesso econômico da produção de codornas de corte não depende apenas das características qualitativas da carcaça, mas principalmente dos seus índices produtivos destacando-se os pesos e os rendimentos de peito e coxa-sobrecoxa. Segundo Mendes (1990) e Mendes et al. (1997), a quantidade de carne produzida pode ser aumentada em função dos níveis de nutrientes das dietas.

No Brasil, o consumo da carne de codorna vem crescendo de maneira considerável em decorrência da qualidade de sua carne e das características sensoriais que são de grande aceitabilidade no mercado consumidor (OLIVEIRA et al., 2002).

A genética e o ambiente são fatores importantes na expressão de genes responsáveis pelas características produtivas das aves. Modificações nas variâncias genéticas ou nas ordens de classificação dos valores genéticos em função do ambiente caracteriza a interação genótipo x ambiente, que pode resultar em desempenho, no ambiente de produção diferente daquele previsto no ambiente de seleção (FALCONER, 1989).

Ao realizar estudos com codornas de corte considerando heterogeneidade de variância residual, Gonçalves et al. (2012) observaram aumento da variância genética aditiva até os 28 dias de idade e rápida diminuição aos 42 dia de idade. Comportamento semelhante foi relatado por Bonafé (2008), cujas estimativas considerando heterogeneidade de variância oscilaram de 0,33 a 290,30 para a linhagem de codorna de corte UFV1 e 0,33 a 288,30 para a linhagem UFV2. Resultados semelhantes também foram relatados por Akbas et al. (2004) em estudos com codornas de corte considerando homogeneidade de variância residual, em que a variância de ambiente permanente também aumentou com a idade.

Desta forma, objetivou-se com este estudo, avaliar a magnitude da interação genótipo x ambiente (relação treonina: lisina das dietas, na fase final do período de crescimento) em características de desempenho e de carcaça, de duas linhagens de codornas de corte, utilizando modelos de normas de reação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada com autorização da Comissão de Ética do Uso de Animais da UFVJM, protocolo número 032/2012.

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos no Programa de Melhoramento Genético de Codornas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, localizada na cidade de Diamantina-MG e referem-se às características de desempenho e de carcaça de codornas de corte.

Foram utilizados 11.404 informações de características de desempenho e de carcaça de 1.828 codornas. Progênies de 80 machos e 160 fêmeas de cada linhagem (LF1 e LF2) foram alimentadas do nascimento aos 21 dias de idade com dieta única contendo 24,54% de proteína bruta e 2.900 kcal de EM/kg (Tabela 1). Na segunda fase do período de crescimento (dos 22 aos 35 dias de idade-efeito direto) as codornas foram aleatoriamente distribuídas às dietas contendo as relações 0,71, 0,76, 0,81, 0,86 e 0,91% de treonina: lisina (Tabela 2). As aves foram pesadas semanalmente do nascimento aos 35 dias de idade (idade de abate).

Tabela 1. Composição e valor nutricional da dieta fornecida a codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 do nascimento ao 21º dia de idade

Ingrediente (g/kg)	Composição (%)
Milho Moído	48,96
Farelo de Soja (45% PB)	44,82
Óleo de soja	1,61
Calcário Calcítico	1,20
Fosfato Bicálcico	1,10
Sal Comum	0,38
Mistura Mineral ⁽¹⁾	0,20
Mistura Vitaminica ⁽²⁾	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01
Antioxidante ³	0,01
Coccidiostático ⁴	0,05
DL- Metionina (99%)	0,37
L- Treonina	0,25
L- Isoleucina	0,09
L- Arginina	0,20
L-Glutâmico	0,05
Amido	0,50
Total	100,00
Composição calculada	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2900,00
Proteína Bruta (%)	24,570
Cálcio (%)	0,850
Fósforo Disponível (%)	0,320
Sódio (%)	0,170
Fibra Bruta (%)	3,270
Aminoácidos digestíveis (%)	
Lisina	1,250
Metionina +Cistina	1,020
Triptofano	0,280
Treonina	1,070
Arginina	1,800
Isoleucina	1,070
Valina	1,040

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

² Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D₃:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B₁ :2.500 mg, Vit B₂: 8.000 mg, Vit B₆:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B₁₂: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

³ Butil-hidróxi-tolueno.

⁴ Salinomicina 12%

Tabela 2. Composição e valor nutricional das dietas experimentais, na matéria natural, para codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 dos 22 aos 35 dias de idade, submetidas a diferentes relações treonina:lisina

Ingredientes	Relações treonina:lisina				
	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
Milho Moído	48,91	48,91	48,91	48,91	48,91
Farelo de Soja (45%)	44,82	44,82	44,82	44,82	44,82
Óleo de soja	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
Calcário	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Fosfato Bicálcico	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Sal Comum	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Mistura Mineral ¹	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Mistura Vitaminica ²	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Antioxidante ³	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Coccidiostático ⁴	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
DL- Metionina	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
L- Treonina	0,05	0,12	0,19	0,25	0,25
L- Isoleucina	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
L- Arginina	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
L-Glutâmico	0,35	0,28	0,21	0,15	0,05
Amido	0,45	0,45	0,45	0,45	0,55
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Proteína Bruta (%)	24,54	24,54	24,54	24,54	24,54
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 (%)	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27
Aminoácidos digestíveis (%)					
Lisina	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Metionina +Cistina	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Triptofano	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Treonina	0,89	0,95	1,01	1,07	1,13
Arginina	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Isoleucina	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Valina	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04

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

² Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D₃:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B₁ :2.500 mg, Vit B₂: 8.000 mg, Vit B₆:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B₁₂: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

³ Butil-hidróxi-tolueno.

⁴ Salinomicina 12%

O conjunto de dados de desempenho constitui-se de pesagens corporais realizadas aos 28 e aos 35 dias de idade, peso corporal ao abate (peso pós-jejum antes do abate) bem

como peso e rendimento dos cortes nobres, em codornas de corte de duas linhagens LF1 e LF2.

Ao 35º dia de idade, as codornas das duas linhagens, após jejum de 10 horas, foram pesadas e abatidas por meio de insensibilização por deslocamento cervical e secção da cabeça, seguindo o protocolo de sangria por dois minutos, escalda à temperatura de 52°C, depena e evisceração. A seguir, as carcaças foram resfriadas por 24 horas à temperatura de 2°C.

As características avaliadas foram o peso da carcaça (retirados os pés e a cabeça), rendimento de carcaça, e peso e rendimento dos cortes nobres (peito, coxa e sobrecoxa). Os rendimentos foram calculados por meio das seguintes fórmulas:

Rendimento da carcaça (%) = (Peso da carcaça x 100) / Peso corporal ao abate);

Rendimento do peito (%) = (Peso do peito x 100) / Peso da carcaça);

Rendimento da coxa e sobrecoxa (%) = (Peso da coxa e sobrecoxa x 100) / Peso da carcaça).

O banco de dados, após o descarte de observações de codornas sem identificação de sexo e que apresentaram características de desempenho, carcaça maior ou menor que três desvios-padrão em relação à média dessas características em cada idade, constituiu-se das informações apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Estatística descritiva das características de desempenho e carcaça das codornas de corte das linhagens LF1 e LF2

Linhagem	Característica ¹	Número de observações	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	MP
LF1	P28	639	211,30	19,74	147,80	299,70	1192
	P35	638	258,59	25,82	183,00	333,80	1192
	PA	598	254,53	27,18	177,60	336,80	1142
	PC	678	188,64	19,13	133,35	249,58	1232
	RC	587	75,03	11,12	50,48	108,64	1125
	PP	681	77,67	10,25	51,84	116,50	1235
	RP	679	40,97	3,06	4,58	49,68	1233
	PCSC	680	42,39	4,97	28,36	78,27	1234
	RCSC	677	22,41	1,59	15,74	37,50	1231
LF2	P28	636	203,64	20,28	135,40	226,20	1222
	P35	640	248,39	27,64	169,70	329,10	1226
	PA	670	248,11	26,63	174,60	325,90	1256
	PC	603	183,67	19,39	129,17	238,64	1186
	RC	589	74,77	11,57	42,59	110,06	1171
	PP	609	75,87	10,47	49,86	107,30	1192
	RP	605	41,20	2,73	32,01	51,02	1188
	PCSC	607	41,22	4,48	28,41	55,56	1190
	RCSC	588	16,78	2,57	10,71	25,01	1170

¹P28-peso corporal aos 28 dias de idade; P35-peso corporal aos 35 dias de idade; PA-peso corporal ao abate; PC-peso da carcaça; RC-rendimento da carcaça; PP-peso do peito; RP-rendimento do peito; PCSC-peso da coxa e sobrecoxa; RCSC-rendimento da coxa e sobrecoxa; MP – número de animais na matriz de parentesco.

O modelo para análise dos dados foi o modelo animal unicaracterística com regressões aleatórias. Os efeitos genéticos aditivos aleatórios e fixo de sexo foram modelados como funções lineares de polinômios ortogonais de Legendre ponderados por coeficientes de regressão (aleatórios ou fixos, de acordo com o efeito). O mesmo modelo de avaliação foi utilizado nos 18 arquivos (combinação das características de desempenho, carcaça e linhagem) e definido como:

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

em que:

y_{hij} é a observação do animal h , do sexo j , alimentado com dieta de nível da relação treonina:lisina i ; b_{jk} é o coeficiente de regressão fixo associado ao polinômio de Legendre k atribuído ao sexo j ; a_{hk} é o coeficiente de regressão aleatória k de efeito genético aditivo direto atribuído ao animal h ; $\Phi_k(p_i)$ é o polinômio de Legendre k normalizado atribuído à relação

treonina:lisina i ; e e_{hij} é o resíduo associado à observação y_{hij} este efeito não foi considerado como função da relação de treonina:lisina da dieta.

O modelo em notação matricial pode ser descrito como:

$$y = Xb + Za + e,$$

em que:

y é o vetor de observação; b é o vetor com coeficientes de regressão relativos aos efeitos fixos de sexo; a é o vetor com coeficientes de regressão aleatória atribuídos ao efeito genético aditivo; X e Z são matrizes de incidência dos efeitos em b e a contendo polinômios de Legendre relativos à relação treonina:lisina das dietas; e e é o vetor dos resíduos.

Admitiu-se ainda que:

$$E(y) = XB$$

$$G = \begin{bmatrix} \sigma_{a_0}^2 & \sigma_{a_0 a_1} \\ \sigma_{a_0 a_1} & \sigma_{a_1}^2 \end{bmatrix}$$

$$V(y) = Z(A \otimes G)Z' + I_n \sigma_e^2$$

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

em que:

$\sigma_{a_0}^2$ e $\sigma_{a_1}^2$ são componentes de variância atribuídos aos coeficientes de regressão constante (intercepto) e linear do efeito genético aditivo direto; $\sigma_{a_0 a_1}$ é o componente de covariância entre os coeficientes de regressão constante (intercepto) e linear do efeito genético aditivo direto; σ_e^2 é o componente de variância residual; A é a matriz de numeradores do coeficiente de parentesco de Wright e n é o número de observações.

Após a obtenção de G , estimações das variâncias e covariâncias genéticas aditivas diretas para qualquer relação treonina:lisina das dietas poderiam ser obtidas por meio de funções de covariância (KIRKPATRICK et al., 1990). A partir dessas funções, foi obtida a estrutura de covariância genética aditiva direta em função da relação treonina:lisina das dietas. Assim, a covariância genética aditiva direta entre as relações treonina:lisina das dietas i e i' , $\sigma_{aii'}$:

$$\sigma_{a_{ii'}} = Z_i G Z_{i'}', \text{ em que: } Z_i = [\Phi_0(i) \quad \Phi_1(i)] \text{ e } Z_{i'} = [\Phi_0(i') \quad \Phi_1(i')].$$

Uma vez estimada a estrutura de variância genética para as características de desempenho e carcaça [peso corporal aos 28 dias de idade (P28), peso corporal aos 35 dias de idade (P35), peso corporal ao abate (PA), peso da carcaça (PC), rendimento da carcaça (RC), peso do peito (PP), rendimento do peito (RP), peso da coxa e sobrecoxa (PCSC) e rendimento da coxa e sobrecoxa (RCSC)], as herdabilidades diretas destas características foram feitas em função da relação treonina:lisina das dietas, por meio da seguinte fórmula:

$$h_{di}^2 = \frac{Z_i G Z_{i'}'}{Z_i G Z_{i'}' + \sigma_e^2};$$

em que i representa a relação treonina:lisina das dietas.

Os componentes de covariância atribuídos a cada efeito aleatório foram estimados por meio do programa Wombat (MEYER, 2007) que utiliza a Máxima Verossimilhança Restrita (REML).

Os gráficos das figuras de normas de reação foram traçados de 25 codornas, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, para cada característica estudada das duas linhagens de codornas de corte LF1 e LF2.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, a variância estimada do coeficiente de regressão aleatória do intercepto (b_0) foi maior do que a do coeficiente de regressão aleatória linear (b_1). Ao avaliarem características de desempenho em relação ao gradiente ambiental diferente dos utilizados neste trabalho, variações do nível de proteína da dieta, Felipe et al. (2012) e Santos et al. (2008) também encontraram maior variação para o coeficiente de regressão aleatória do intercepto em relação ao coeficiente de regressão aleatória linear. Estes resultados são esperados, pois variações no coeficiente de regressão aleatória do intercepto (gradiente ambiental médio) refletem o efeito das variações de todo gradiente ambiental estudado, enquanto variações no coeficiente de regressão aleatória linear refletem o efeito de variações do gradiente ambiental sobre a inclinação da linha de regressão (declividade) referente ao valor genético da característica, que possui menor magnitude, portanto resulta em menor variação deste coeficiente linear. Deve ser ressaltado, no entanto, que a magnitude da variabilidade do coeficiente linear determina a dispersão dos valores genéticos ao longo do gradiente ambiental.

Na linhagem LF1, os dois coeficientes correlacionaram-se negativamente para as características de desempenho e de carcaça, exceto para P35 que apresentaram valores positivos (Tabela 4). Este resultado indica que maiores valores genéticos aditivos respondem de maneira negativa ao aumento da relação treonina:lisina das dietas.

As correlações entre os coeficientes b_0 e b_1 para a linhagem LF2 foram negativas, exceto para P35, PC e PP. As correlações positivas indicam que os maiores valores de b_0 estão associados aos maiores valores de b_1 , e dependendo do sinal de b_1 , maior será a inclinação na reta que descreve a sensibilidade das codornas às mudanças da relação treonina:lisina das dietas. Dionello et al. (2008), ao estudarem a trajetória genética do crescimento de codornas de corte, utilizando nível comum de proteína bruta na dieta das codornas, também encontraram correlação positiva entre os dois coeficientes de regressão aleatória referentes ao peso corporal avaliado ao longo do período de crescimento.

Tabela 4. Componentes de (co)variância atribuídos aos coeficientes de regressão aleatórios do intercepto (b_0) e linear (b_1) do efeito genético aditivo direto em função da relação treonina:lisina, componentes de variância residuais e correlações entre os dois coeficientes de regressão aleatória, estimados para as características de desempenho e de carcaça de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2

Linhagem	Característica ¹	$\sigma_{b_0b_1}$	$\sigma_{b_0}^2$	$\sigma_{b_1}^2$	σ_e^2	$r_{b_0b_1}$
LF1	P28	-4,4304	148,3660	0,3210	280,327	-0,64
	P35	18,0302	61,7227	5,5533	551,347	0,97
	PA	-6,8406	3,4972	18,7695	724,481	-0,84
	PC	-2,0155	0,9374	9,9005	354,911	-0,66
	RC	-2,0256	1,1529	4,0751	119,967	-0,93
	PP	-1,5960	1,2057	2,4950	102,110	-0,92
	RP	-3,2114	3,5909	2,8847	5,687	-0,99
	PCSC	-0,0446	1,2057	0,0157	23,978	-0,32
	RCSC	-0,0660	0,2124	0,0217	2,340	-0,96
LF2	P28	-6,8884	253,9130	9,9311	248,327	-0,13
	P35	25,3246	343,4100	5,3160	530,640	0,59
	PA	-8,5935	87,2971	1,5402	642,754	-0,74
	PC	18,4805	32,5615	11,6107	353,143	0,95
	RC	-1,6221	6,4175	0,6519	130,015	-0,79
	PP	3,3916	6,9034	1,7719	105,283	0,96
	RP	-0,0285	0,0568	0,0190	7,459	-0,86
	PCSC	-0,2519	0,3277	0,3575	19,686	-0,73
	RCSC	-0,1763	0,4454	0,0800	6,344	-0,93

¹ P28-peso corporal aos 28 dias de idade; P35-peso corporal aos 35 dias de idade; PA-peso corporal ao abate; PC-peso da carcaça; RC-rendimento da carcaça; PP-peso do peito; RP-rendimento do peito; PCSC-peso da coxa e sobrecoxa; RCSC-rendimento da coxa e sobrecoxa; $\sigma_{b_0b_1}$ -covariância genética entre os coeficientes do intercepto e linear; $\sigma_{b_0}^2$ - variância do coeficiente de regressão aleatória do intercepto; $\sigma_{b_1}^2$ - variância do coeficiente de regressão aleatória linear; σ_e^2 - variância residual entre os coeficientes do intercepto e linear; $r_{b_0b_1}$ - correlação entre os coeficientes de regressão aleatória do intercepto e linear.

Os coeficientes de regressão aleatória b_0 e b_1 , estimados para a linhagem LF2, apresentaram correlação alta e negativa (Tabela 4) para RP e RCSC e redução na dispersão dos valores genéticos preditos (Figura 3), ao longo dos níveis da relação treonina:lisina das dietas. Na linhagem LF2, a correlação entre os dois coeficientes de regressão foi alta e positiva (Tabela 4) para as características PC e PP observando-se aumentos na dispersão dos valores genéticos com alteração do gradiente nutricional (Figura 2).

Na linhagem LF1, os coeficientes de regressão aleatório do intercepto e o coeficiente linear do valor genético apresentaram correlações baixas e negativas para o PCSC com indicação de leve mudança na dispersão (diminuição) dos valores genéticos das codornas com alteração da relação treonina:lisina das dietas. O mesmo ocorreu na linhagem LF2 para a característica P28.

As alterações na dispersão dos valores genéticos das várias características de desempenho indicam diferenças nas sensibilidades dos valores genéticos das características de desempenho e de carcaças às mudanças no gradiente ambiental, ou nível de treonina:lisina das dietas (Figuras 1, 2 e 3).

Estimativas da herdabilidade e da variância genética aditiva das características de desempenho e da carcaça variaram segundo as relações treonina:lisina das dietas e linhagens (Tabela 5 e 6). Na linhagem LF1 (Tabela 5) houve aumento da herdabilidade do P35 com o aumento dos níveis de treonina:lisina das dietas, isto indica que a seleção para essa característica seria mais eficiente se praticada em níveis mais altos da relação treonina:lisina das dietas. Resultados similares (Tabela 6) foram observados para as características P35, PC, PP, na linhagem LF2, porém com magnitudes diferentes. Ao utilizarem níveis de proteína bruta da dieta como variações do gradiente ambiental, Felipe et al. (2012) também observaram aumentos da herdabilidade do peso corporal de codornas aos 35 dias de idade com o aumento do nível de proteína bruta da dieta.

Na linhagem LF1 houve redução da herdabilidade (Tabela 5) das características P28, PCSC e RCSC com o aumento dos níveis de treonina:lisina das dietas indicando, nestes casos, que a seleção seria mais eficiente nos menores níveis da relação treonina:lisina das dietas. Resultado similar foi encontrado para a linhagem LF2 (Tabela 6), para as características PA, RC, RP, PCSC e RCSC que também apresentaram redução da herdabilidade com o aumento dos níveis da relação treonina:lisina das dietas.

Pelos resultados da presente pesquisa verifica-se que a seleção para a maioria das características da linhagem LF1, torna-se mais eficaz se praticada em níveis mais altos da relação treonina:lisina, o contrario pode ser observado na linhagem LF2.

Para ambas as linhagens LF1 e LF2, as herdabilidades aumentaram com o aumento dos níveis da relação treonina: lisina da dieta, para pesos corporais avaliados na idade mais avançada (35º dia de idade). O que indica que ocorre aumento da porção da variância fenotípica atribuída à variância genética aditiva direta em idades mais avançadas. O mesmo pode ser observado no capítulo 4.1 deste trabalho, para as características de peso corporal. Apesar de trabalhar com gradientes ambientais representados por variações nos níveis de proteína bruta da dieta, Felipe (2010) também reporta, para duas linhagens (EV1 e EV2), maiores herdabilidades dos pesos de codornas em idades mais avançadas.

O comportamento do componente de variância genética aditiva foi semelhante ao observado para a herdabilidade das características (Tabela 5 e 6).

Tabela 5. Estimativas de herdabilidade (h^2) e variância genética aditiva (σ_A^2) para as características de desempenho e de carcaça de codornas de corte das linhagens LF1

Característica ¹		Relação treonina:lisina da dieta				
		0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
P28	h^2	0,2270	0,2179	0,2093	0,2009	0,1929
	σ_A^2	82,3384	78,1404	74,1831	70,4667	66,9909
P35	h^2	0,0142	0,0305	0,0530	0,0809	0,1133
	σ_A^2	7,9662	17,3293	30,8614	48,5585	70,4206
PA	h^2	0,0852	0,0301	0,0036	0,0059	0,0371
	σ_A^2	41,7511	14,7113	1,7486	2,8629	18,0545
PC	h^2	0,0503	0,0164	0,0013	0,0068	0,0323
	σ_A^2	18,8105	5,9269	0,4687	2,4359	11,8285
RC	h^2	0,0783	0,0312	0,0048	0,0029	0,0258
	σ_A^2	10,1978	3,8589	0,5765	0,3504	3,1806
PP	h^2	0,0651	0,0278	0,0059	0,0015	0,0152
	σ_A^2	7,1097	2,9207	0,6028	0,1563	1,5810
RP	h^2	0,6726	0,4987	0,2399	0,0166	0,0897
	σ_A^2	11,6850	5,6584	1,7955	0,0961	0,5603
PCSC	h^2	0,0373	0,0338	0,0311	0,0289	0,0224
	σ_A^2	0,7037	0,6473	0,6028	0,5701	0,5492
RCSC	h^2	0,0976	0,0683	0,0434	0,0239	0,0105
	σ_A^2	0,2531	0,1715	0,1062	0,0572	0,0246

¹ P28-peso corporal aos 28 dias de idade; P35-peso corporal aos 35 dias de idade; PA-peso corporal ao abate; PC-peso da carcaça; RC-rendimento da carcaça; PP-peso do peito; RP-rendimento do peito; PCSC-peso da coxa e sobrecoxa; RCSC-rendimento da coxa e sobrecoxa.

Tabela 6. Estimativas de herdabilidade (h^2) e variância genética aditiva (σ_A^2) para as características de desempenho e de carcaça de codornas de corte das linhagens LF2

Característica ¹		Relação treonina:lisina da dieta				
		0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
P28	h^2	0,3824	0,3549	0,3383	0,3343	0,3435
	σ_A^2	153,7850	136,6460	126,9570	124,7150	129,9220
P35	h^2	0,02038	0,02224	0,2445	0,2694	0,2964
	σ_A^2	135,8160	151,7670	171,7050	195,6300	223,5430
PA	h^2	0,0865	0,0744	0,0636	0,0541	0,0461
	σ_A^2	60,8432	51,6683	43,6485	36,7839	31,0745
PC	h^2	0,0048	0,0129	0,0440	0,0939	0,1569
	σ_A^2	1,6877	4,6302	16,2808	36,6394	65,7060
RC	h^2	0,0511	0,0360	0,0241	0,0155	0,0105
	σ_A^2	6,9962	4,8579	3,2087	2,0484	1,3771
PP	h^2	0,0022	0,0111	0,0317	0,0628	0,1022
	σ_A^2	0,2352	1,1789	3,4517	7,0534	11,9841
RP	h^2	0,0141	0,0080	0,0038	0,0014	0,0010
	σ_A^2	0,1064	0,0602	0,0284	0,0108	0,0755
PCSC	h^2	0,0546	0,0255	0,0082	0,0040	0,0132
	σ_A^2	1,1365	0,5161	0,1639	0,0798	0,2638
RCSC	h^2	0,0927	0,0601	0,0339	0,0155	0,0058
	σ_A^2	0,6483	0,4055	0,2227	0,1000	0,0373

¹P28-peso corporal aos 28 dias de idade; P35-peso corporal aos 35 dias de idade; PA-peso corporal ao abate; PC-peso da carcaça; RC-rendimento da carcaça; PP-peso do peito; RP-rendimento do peito; PCSC-peso da coxa e sobrecoxa; RCSC-rendimento da coxa e sobrecoxa.

As correlações genéticas estimadas para as características de desempenho (Tabela 7) e de carcaça (Tabela 8), de forma geral, variaram de positivas altas a negativas baixas, em ambas as linhagens (LF1 e LF2). As correlações genéticas para as características de desempenho, em ambas as linhagens (LF1 e LF2), foram altas indicando que os genótipos reagem de maneira similar a estas mudanças nutricionais.

As correlações genéticas para todas as características de carcaças foram maiores na linhagem LF1. Bonafé et al. (2011), ao compararem diferentes modelos de regressão aleatória, encontraram, para os dois modelos estudados, correlações entre peso nas diversas idades, à exceção entre peso ao nascer e os demais pesos, que variaram de médias a altas e positivas. As mudanças causadas em um ambiente diferente do ambiente de seleção são proporcionais à correlação genética entre o desempenho nos dois ambientes, isto é, quando altas, evidenciam pouca importância da interação genótipo-ambiente, e, quando baixas, indicam que os desempenhos são diferentes (DICKERSON, 1962).

Tabela 7. Estimativas das correlações genéticas entre níveis de treonina:lisina para as características de desempenho das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal)

Peso corporal aos 28 dias de idade-P28					
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	1,000	0,998	0,996	0,992
0,76	0,989	-	1,000	0,998	0,995
0,81	0,951	0,987	-	0,999	0,998
0,86	0,884	0,944	0,985	-	0,999
0,91	0,793	0,875	0,942	0,986	-
Peso corporal aos 35 dias de idade-P35					
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	0,988	0,973	0,961	0,952
0,76	0,995	-	0,997	0,992	0,988
0,81	0,981	0,996	-	0,999	0,997
0,86	0,962	0,985	0,997	-	1,000
0,91	0,940	0,970	0,988	0,997	-

Tabela 8. Estimativas das correlações genéticas entre níveis de treonina:lisina para as características de carcaça das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal)

Peso corporal ao abate - PA					
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	0,997	0,898	-0,857	-0,962
0,76	0,998	-	0,929	-0,815	-0,938
0,81	0,991	0,997	-	-0,542	-0,743
0,86	0,977	0,988	0,996	-	0,965
0,91	0,951	0,968	0,983	0,995	-
Peso da carcaça - PC					
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	0,996	0,746	-0,899	-0,964
0,76	0,351	-	0,805	-0,854	-0,935
0,81	0,053	0,953	-	-0,378	-0,542
0,86	-0,055	0,916	0,994	-	0,983
0,91	-0,108	0,893	0,987	0,999	-
Rendimento da carcaça - RC					
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	0,999	0,961	-0,848	-0,972
0,76	0,996	-	0,975	-0,818	-0,958
0,81	0,974	0,991	-	-0,669	-0,870
0,86	0,904	0,940	0,978	-	0,949
0,91	0,719	0,780	0,858	0,947	-
Peso do peito - PP					
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	0,998	0,959	-0,548	-0,936
0,76	0,712	-	0,975	-0,493	-0,912
0,81	0,571	0,983	-	-0,288	-0,798
0,86	0,508	0,967	0,997	-	0,806
0,91	0,473	0,955	0,993	0,999	-
Rendimento do peito - RP					
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	1,000	0,999	0,965	-0,989
0,76	0,996	-	1,000	0,968	-0,988
0,81	0,966	0,985	-	0,75	-0,983
0,86	0,779	0,832	0,915	-	-0,917
0,91	-0,007	0,081	0,251	0,621	-
Peso da coxa e sobrecoxa - PCSC					
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	0,996	0,985	0,964	0,932
0,76	0,991	-	0,996	0,983	0,959
0,81	0,885	0,939	-	0,995	0,981
0,86	0,016	0,147	0,479	-	0,995
0,91	-0,680	-0,578	-0,261	0,722	-
Rendimento da coxa e sobrecoxa - RCSC					
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	0,999	0,996	0,984	0,931
0,76	0,998	-	0,999	0,989	0,943
0,81	0,988	0,995	-	0,996	0,960
0,86	0,939	0,957	0,981	-	0,982

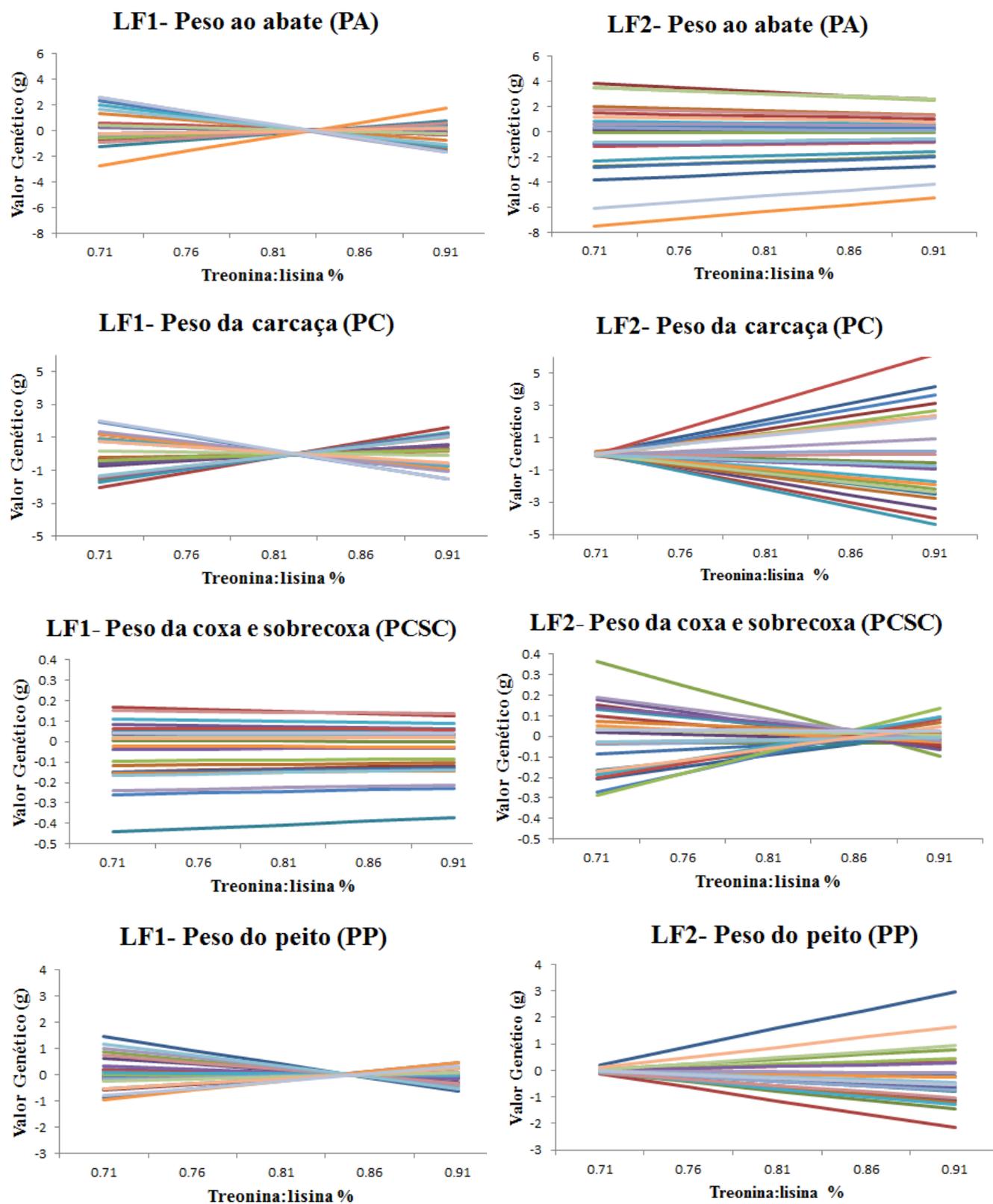


Figura 2. Normas de reação de valores genéticos das características de carcaças de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas das linhagens LF1 e LF2 e alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.

Para as características PA, PC, PCSC e PP das codornas da linhagem LF1, a dispersão dos valores genéticos aditivos diminuiu com o aumento da relação treonina:lisina das dietas. Ocorreram mudanças na ordem de classificação para a maioria das características da linhagem LF1, exceto PCSC. Mudanças na ordem de classificação dos valores genéticos preditos caracterizam a existência de fortes diferenças nas sensibilidades dos valores genéticos às variações na relação treonina: lisina das dietas (Figura 2).

As codornas da linhagem LF2 apresentaram pequena redução na dispersão dos valores genéticos preditos para PA, mas para PC e PP, a dispersão dos valores genéticos aditivos aumentou com o aumento da relação treonina: lisina das dietas, como também indicado pelos valores da herdabilidade (Tabela 6), incluindo mudanças na ordem de classificação dos valores genéticos preditos. Os valores genéticos para PCSC apresentaram mudanças mais intensas com maior dispersão dos valores genéticos para os menores gradientes nutricionais, o que poderia representar um problema para o melhoramento genético, pois codornas, testadas em determinada relação treonina: lisina na dieta não expressariam todo o seu potencial genético se alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina: lisina na dieta (Figura 2).

Normas de reação de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, indicam que os valores genéticos para RC, RP e RCSC das codornas de ambas as linhagens (LF1 e LF2) apresentaram maior dispersão nos menores gradientes ambientais (Figura 3). Resultado diferente foi apresentado no capítulo 4.1 do presente trabalho, para a característica de RCSC (com efeito residual da relação treonina: lisina da dieta), que apresentou aumento da dispersão dos valores genéticos ao longo do gradiente nutricional. Vale ressaltar que Ton et al. (2013), ao estudarem a exigência de treonina digestível para codornas de corte na fase de crescimento, não encontraram efeito deste aminoácido sobre o desempenho, o rendimento e a composição química da carcaça e sobre o balanço de nitrogênio.

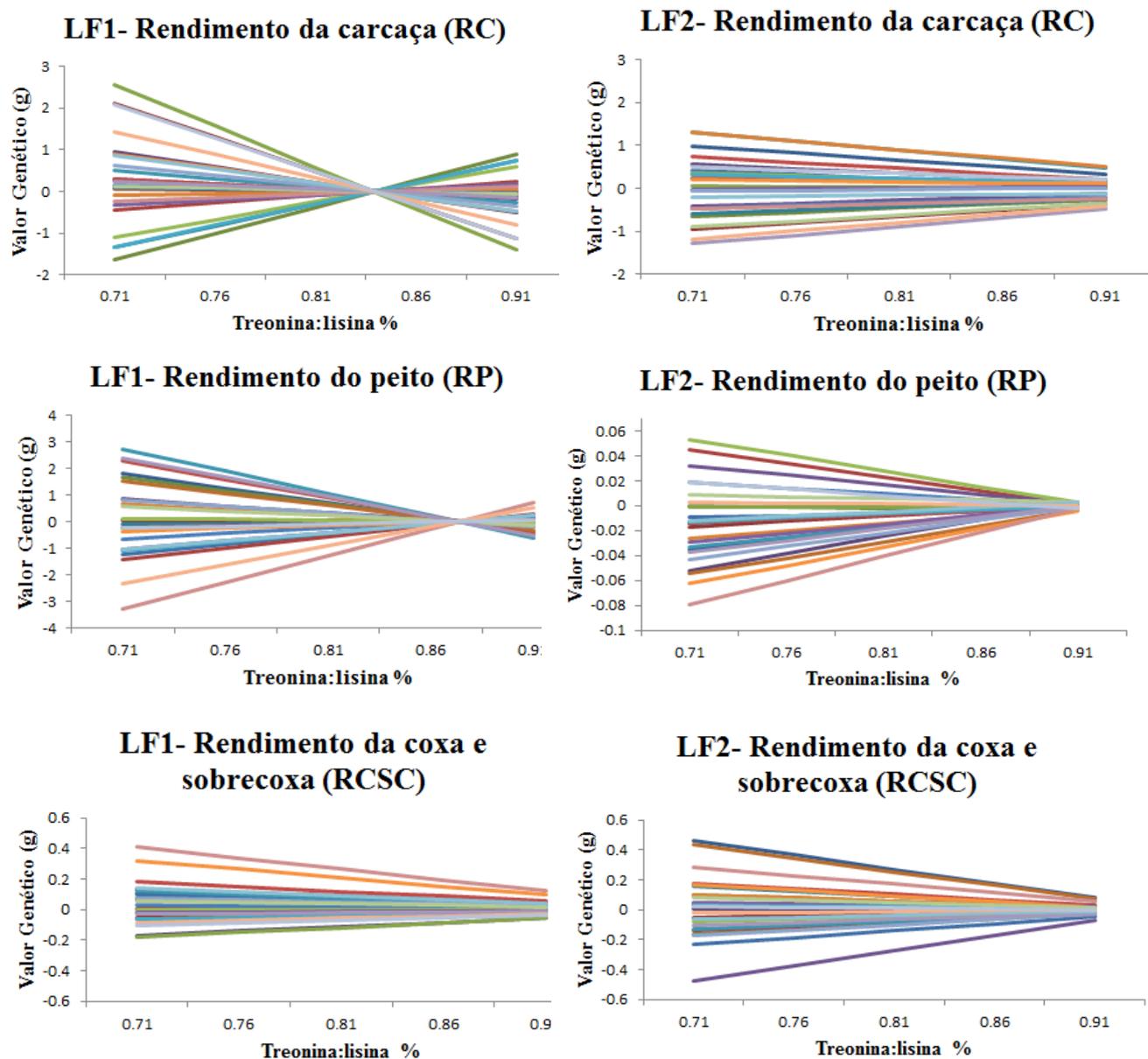


Figura 3. Normas de reação dos valores genéticos aditivos dos rendimentos da carcaça de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, das linhagens LF1 e LF2, alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.

4 CONCLUSÃO

Características de desempenho e de carcaças de ambas as linhagens avaliadas podem ser alteradas por seleção nos diferentes gradientes ambientais testados.

Verificou-se interação genótipo-ambiente para as características de desempenho e de carcaça nas duas linhagens de codornas de corte estudadas.

Avaliação genética para peso corporal das codornas aos 28 dias de idade da linhagem LF2, realizada com dietas contendo determinada relação treonina: lisina na dieta, não permite a predição de valores genéticos válidos para outros gradientes ambientais.

Houve dispersão dos valores genéticos do peso corporal aos 35 dias de idade em ambas as linhagens ao longo dos níveis de treonina: lisina na dieta.

Para as características de carcaça da linhagem LF1, ocorreram mudanças na ordem de classificação dos valores genéticos para a maioria das características, exceto PCSC.

Os valores genéticos do RC, RP e RCSC das codornas de ambas as linhagens (LF1 e LF2) apresentaram maior dispersão nos menores gradientes ambientais.

A avaliação genética deve ser feita na relação treonina: lisina da dieta em que as codornas dos programas de melhoramento genético ou do sistema produtivo serão alimentadas.

REFERÊNCIAS

AKBAS, Y.; TAKMAN, Ç.; YAYLAC, E. Genetic parameters for quail body weights using a random regression model. **South African Journal of Animal Science**, v.34, n.2, p.104-109, 2004.

BONAFÉ, C.M. **Avaliação do crescimento de codornas de corte utilizando modelos de regressão aleatória**. 2008. 58f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BONAFÉ, C.M.; TORRES, R.A.; SARMENTO, J.L.R.; SILVA, L.P.; RIBEIRO, J.C.; TEIXEIRA, R.B.; SILVA, F.G.; SOUSA, M.F. 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.

DICKERSON, G.E. Implications of genetic-environmental interactions in animal breeding. **Animal Production**, v.4, p.47-63, 1962.

DIONELLO, N.J.L.; CORREA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B.; SANTOS, G.G. 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.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. Essex: Longman Scientific & Technical, p. 438. 1989.

FELIPE, V.P.S. **Estudo da interação genótipo-ambiente em codornas de corte**. 2010. 58P. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FELIPE, V.P.S.; SILVA, M.A.; WENCESLAU, R.R.; VALENTE, B.D.; SANTOS, G.G.; FREITAS, L.S.; CORRÊA, G.S.S.; CORRÊA, A.B. 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.; DRUMOND, E.S.C.; FELIPE, V.P.S.; PINHEIRO, S.R. Genetic evaluation of European quails by random regression models. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.9, p.2005-2011, 2012

KIRKPATRICK, M.; LOFSVOLD, D.; BULMER, M. Analysis of the inheritance, selection and evolution of growth trajectories. **Genetics**, v.124, n.4, p.979-993, 1990.

MENDES, A.A. **Efeito de fatores genéticos, nutricionais e de ambiente sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte**. 1990. 103p. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MENDES, A.A.; WATKINS, S.E.; ENGLAND, J.A.; SALEH, E.A.; WALDROUP, A.L.; WALDROUP, P. W. Influence of arginine: lysine ratios on performance of broilers during heat stress and cold stress. **Poultry science**, v.76, n.3, p.472-481, 1997

MEYER, K. WOMBAT – A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML). **Journal of Zhejiang University Science**, v8, n.11, p.815-821, 2007.

OLIVEIRA, E. G.; ALMEIDA, M. I. M.; MENDES, A. A.; VEIGA, N.; DIAS, K. Desempenho produtivo de codornas para corte de ambos os sexos alimentadas com dietas com quatro níveis proteicos. **Archives of Veterinary Science**. Curitiba. v. 7, n. 2, p. 75 – 80, 2002.

SANTOS, G. G., CORRÊA, G. S. S.; VALENTE, B.D.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B.; FELIPE, V.P.S.; WENCESLAU, R.R. 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.

SCHEUERMANN, G.N.; MAIER, J.C.; BELLAVAR, C.; FIALHO, F.B. Metionina e lisina no desenvolvimento de frangos de corte. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.1, n.2, p. 75-86, Mai-Ago, 1995.

TON, A.P.S.; FURLAN, A.C.; MARTINS, E.N.; BATISTA, E.; PASQUETTI, T.J.; SCHERER, C; QUADROS T.C.O.; NONAKA, M.P. Exigência de treonina digestível para codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.2, p.505-512, 2013.

3.4 SENSIBILIDADE DOS VALORES GENÉTICOS DE CODORNAS EUROPEIAS ÀS MUDANÇAS DO NÍVEL DE TREONINA:LISINA NA DIETA DURANTE A FASE FINAL DO PERÍODO DE CRESCIMENTO

RESUMO- Avaliou-se a sensibilidade dos valores genéticos das características de qualidade da carne em codornas de corte às mudanças do gradiente nutricional (relação treonina: lisina das dietas) dos 22 aos 35 dias de idade utilizando modelos de normas de reação. Um total de 10.263 informações de dados de qualidade da carne referentes a 1.828 codornas, progênes de 80 machos e 160 fêmeas de duas linhagens de codornas de corte (LF1 e LF2) foi usado nas análises. Para o ajuste dos modelos de regressão aleatória utilizou-se o programa WOMBAT considerando-se nas análises homogeneidade de variância residual. As codornas foram alimentadas do nascimento aos 21 dias de idade com dieta única contendo 24,54% de proteína bruta e 2.900 kcal EM/kg. Dos 22 aos 35 dias de idade as codornas foram alimentadas com dietas contendo as relações 0,71, 0,76, 0,81, 0,86 e 0,91% de treonina:lisina. As codornas foram abatidas aos 35 dias de idade para obtenção das características de qualidade da carne. A estimativa da variância do coeficiente de regressão aleatória do intercepto (b_0) foi maior do que a do coeficiente de regressão aleatória linear (b_1) para todas as características de qualidade da carne. As estimativas das herdabilidades e das variâncias genéticas aditivas das características de qualidade da carne variaram segundo as relações treonina: lisina das dietas e linhagens. Os valores genéticos das características de qualidade da carne referentes a cada uma das linhagens alteraram com o aumento das relações de aminoácidos das dietas com mudanças tanto na dispersão quanto no ordenamento dos valores genéticos caracterizando-se a existência da interação genótipo x nível de relação dos aminoácidos das dietas para as características de qualidade da carne em ambas as linhagens. Predições de valores genéticos das características de qualidade da carne, com base em determinada relação treonina: lisina da dieta não são válidas para outras relações desses aminoácidos na dieta.

Palavra chave: Aminoácido. Herdabilidade. Valor genético. Variância genética aditiva.

3.4 SENSIBILITY OF GENETIC VALUES OF MEAT QUALITY TO CHANGES IN THE ENVIRONMENTAL GRADIENT OF DIET DURING THE FINAL PHASE OF THE GROWTH OF EUROPEAN QUAILS

ABSTRACT - The sensibility of meat quality breeding values of European quails to changes in the environmental gradient (threonine: lysine ratios of diets) from 22 to 35 days of age was evaluated using reaction norm models. A total of 10,263 records of meat quality of 1,828 quails, progenies of 80 males and 160 females of two strains (LF1 and LF2). For the adjustment of random regression models used the program WOMBAT considering homogeneity of residual variance. From hatch to 21 days of age the quails were fed diet containing 24.54% of crude protein and 2900 kcal of ME/kg of diet. From 22 to 35 days of age the quails were fed diets containing the following relations of threonine: lysine 0.71, 0.76, 0.81, 0.86 and 0.91%. The quails were slaughter at 35 days of age to obtain meat quality traits. The variance estimate of the random regression of intercept (b_0) was larger than the variance of linear random regression coefficient (b_1) for all meat quality traits. Heritability and direct additive genetic variances of meat quality traits varied according to the environmental gradient (threonine: lysine ratio of diet) and strains. Genetic values of meat quality for each strain were changed with the increase in the relation of threonine: lysine of diet, showing either dispersion of genetic values or change in the rank of the genetic values, characterizing the presence of interaction genotype x threonine: lysine ratio of diet for all traits of meat quality in LF1 and LF2 strains.

Keywords: Amino acid. Heritability. Breeding value. Additive genetic variance.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da carne envolve vários aspectos como pH, capacidade de retenção de água, cor, firmeza, textura, quantidade e distribuição da gordura, maciez, sabor e suculência, que são características determinantes na decisão de compra. A carne de codornas é reconhecida em razão de seu alto conteúdo em proteínas e por sua baixa infiltração de gordura, aliada à rapidez do ciclo de crescimento, que resulta em carne muito tenra, com preparação gastronômica fácil e rápida, constituindo-se numa carne superior em relação às demais (DALMAU, 2002).

No Brasil, as codornas foram inicialmente utilizadas para produção de ovos, e a produção de carne foi, durante longo tempo, atividade secundária caracterizada pelo descarte de fêmeas após o ciclo produtivo e abate de machos não utilizados na reprodução. Em geral, as carcaças obtidas eram pequenas e a carne dura, prejudicando a qualidade do produto. Contudo, com a introdução, em 1996, de uma variedade europeia que atendia os requisitos necessários à produção de carne, a exploração para corte começou a se difundir. A sua exploração vem crescendo no Brasil de maneira considerável e a razão deste sucesso se justifica pela qualidade de sua carne, que apresenta características sensoriais de grande aceitabilidade pelo mercado consumidor (OLIVEIRA et al., 2002).

Dentro do melhoramento genético, a magnitude da interação genótipo-ambiente é importante tanto para as companhias de melhoramento genético quanto para exploração comercial das linhagens geneticamente melhoradas.

Modificações na variância genética ou na ordem de classificação dos valores genéticos em função do gradiente ambiental caracteriza a interação genótipo-ambiente que pode resultar em desempenhos, no ambiente de produção, diferente daquele predito com base em avaliação genética realizada em ambiente de seleção (FALCONER, 1989).

A sensibilidade dos valores genéticos é definida como a mudança sistemática na expressão média de uma característica fenotípica em resposta à mudança sistemática de uma variável ambiental (JONG, 1990), ou seja, o fenótipo expresso a partir de um genótipo é função do ambiente. Para a sua predição, são utilizados modelos de regressão aleatória (KIRKPATRICK et al., 1990) que consideram as características como funções contínuas de um gradiente ambiental.

Variâncias fenotípicas e de ambiente permanente de animal em codornas de corte, estudadas por Gonçalves et al. (2012), apresentaram aumento na primeira semana, diminuíram dos 7 aos 14 dias e voltaram a aumentar até os 35 dias de idade em razão do

efeito de escala, já que os pesos aumentaram com a idade. Porém, a variância de ambiente permanente apresentou menor magnitude. Resultados semelhantes foram encontrados por Akbas et al. (2004), Dionello et al. (2008) e Bonafé et al. (2011), em estudos com codornas de corte, quando ambas as variâncias também apresentaram tendência de aumento com a idade.

Desta forma, objetivou-se no presente estudo, avaliar a magnitude da interação genótipo x relação treonina:lisina das dietas em características de qualidade da carne, de duas linhagens de codornas de corte, na fase final do período de crescimento, por intermédio de modelos de normas de reação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada com autorização da Comissão de Ética do Uso de Animais da UFVJM, protocolo número 032/2012.

Os dados de codornas de corte utilizados neste estudo foram obtidos no Programa de Melhoramento Genético de Codornas do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, localizada na cidade de Diamantina-MG.

Foram utilizadas 10.263 informações de características de qualidade da carne referentes a 1.828 progênes de 80 machos e 160 fêmeas de cada linhagem (LF1 e LF2) foram alimentadas do nascimento aos 21 dias de idade do período de crescimento com dieta única contendo 24,54% de proteína bruta e 2.900 kcal de EM/kg (Tabela 1). Na segunda fase do período de crescimento (dos 22 aos 35 dias de idade- efeito direto) essas codornas foram distribuídas aleatoriamente às dietas contendo as relações 0,71, 0,76, 0,81, 0,86 e 0,91% de treonina: lisina (Tabela 2). As aves foram pesadas semanalmente do nascimento aos 35 dias de idade (abate).

Tabela 1. Composição e valor nutricional da dieta fornecida a codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 do nascimento ao 21º dia de idade

Ingrediente (g/kg)	Composição (%)
Milho Moído	48,96
Farelo de Soja (45% PB)	44,82
Óleo de soja	1,61
Calcário Calcítico	1,20
Fosfato Bicálcico	1,10
Sal Comum	0,38
Mistura Mineral ⁽¹⁾	0,20
Mistura Vitaminica ⁽²⁾	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01
Antioxidante ³	0,01
Coccidiostático ⁴	0,05
DL- Metionina (99%)	0,37
L- Treonina	0,25
L- Isoleucina	0,09
L- Arginina	0,20
L-Glutâmico	0,05
Amido	0,50
Total	100,00
Composição calculada	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2900,00
Proteína Bruta (%)	24,570
Cálcio (%)	0,850
Fósforo Disponível (%)	0,320
Sódio (%)	0,170
Fibra Bruta (%)	3,270
Aminoácidos digestíveis (%)	
Lisina	1,250
Metionina +Cistina	1,020
Triptofano	0,280
Treonina	1,070
Arginina	1,800
Isoleucina	1,070
Valina	1,040

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

² Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D₃:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B₁ :2.500 mg, Vit B₂: 8.000 mg, Vit B₆:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B₁₂: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

³ Butil-hidróxi-tolueno.

⁴ Salinomicina 12%

Tabela 2. Composição e valor nutricional das dietas experimentais, na matéria natural, para codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, dos 22 aos 35 dias de idade, submetidas a diferentes relações treonina:lisina

Ingredientes	Relações treonina:lisina				
	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
Milho Moído	48,91	48,91	48,91	48,91	48,91
Farelo de Soja (45%)	44,82	44,82	44,82	44,82	44,82
Óleo de soja	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
Calcário	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Fosfato Bicálcico	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Sal Comum	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Mistura Mineral ¹	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Mistura Vitaminica ²	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Antioxidante ³	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Coccidiostático ⁴	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
DL- Metionina	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
L- Treonina	0,05	0,12	0,19	0,25	0,25
L- Isoleucina	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
L- Arginina	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
L-Glutâmico	0,35	0,28	0,21	0,15	0,05
Amido	0,45	0,45	0,45	0,45	0,55
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Proteína Bruta (%)	24,54	24,54	24,54	24,54	24,54
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 (%)	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27
Aminoácidos digestíveis (%)					
Lisina	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Metionina +Cistina	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Triptofano	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Treonina	0,89	0,95	1,01	1,07	1,13
Arginina	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Isoleucina	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Valina	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04

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

² Composição/kg de produto: Vit. A:12.000.000 U.I., Vit D₃:3.600.000 U.I., Vit. E: 3.500 U.I., Vit B₁ :2.500 mg, Vit B₂: 8.000 mg, Vit B₆:5.000 mg, Ácido pantotênico: 12.000 mg, Biotina: 200 mg, Vit. K: 3.000 mg, Ácido fólico: 1.500mg, Ácido nicotínico: 40.000 mg, Vit. B₁₂: 20.000mg, Selênio: 150 mg, Veículo q.s.p.: 1.000g.

³ Butil-hidróxi-tolueno.

⁴ Salinomicina 12%

Para o abate aos 35 dias de idade, as codornas foram submetidas a jejum alimentar de 10 horas sendo pesadas individualmente e, em seguida, insensibilizadas por deslocamento cervical e secção da cabeça. Depois da sangria, com espera de dois minutos, foram realizadas

a escalda à temperatura de 52°C, depena e evisceração das codornas. Posteriormente, as carcaças foram resfriadas por 24 horas, à temperatura de aproximadamente 2°C.

As análises de qualidade da carne foram realizadas no Setor de Ciências e Tecnologia dos Produtos de Origem Animal, DZO/UFVJM.

As variáveis de qualidade da carne analisadas foram potencial hidrogeniônico 24 horas pós-abate (pH 24), capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC), luminosidade e cor (L^* , a^* , b^*) e maciez objetiva (MO). Para determinação do pH foi utilizado eletrodo de penetração diretamente no músculo “Pectoralis major”.

A medida da capacidade de retenção de água (CRA) foi realizada com base na metodologia descrita por Hamm (1960). Esta metodologia mede a capacidade de água liberada quando aplicada uma pressão sobre o tecido muscular. Para tanto, amostras da carne do peito das codornas foram cortadas em cubos de 0,5 grama e dispostas entre papéis de filtro (12,5 cm de diâmetro) e, posteriormente, entre duas placas de vidro (12cm x 12cm x 1cm), nas quais foi aplicado o peso de 10 kg/5 min. Em seguida, estas amostras foram pesadas e, por diferença, foi calculada a quantidade de água perdida. O resultado foi expresso em porcentagem de água exsudada em relação ao peso inicial.

A cor da carne foi determinada por uso de colorímetro (Minolta), no sistema CIELAB, sendo avaliados a luminosidade (L^*), o teor de vermelho (a^*) e o teor de amarelo (b^*). As variáveis L^* , a^* e b^* foram medidas em três diferentes pontos na superfície ventral e no meio da seção cranial do músculo “Pectoralis major”. Essas avaliações foram feitas, conforme metodologia proposta por Van Laack et al. (2000).

As definições dos valores para croma (C^*) e ângulo de tonalidade (H^*) foram feitas de acordo com MacDougall (1994) usando as coordenadas teor de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*), obtidas nas determinações colorimétricas, com as seguintes fórmulas:

$$C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{0,5};$$

$$H^* = \arctan (b^*/a^*).$$

Para as análises de perda de peso por cocção, amostras de filés foram retiradas do peito das codornas, embaladas em papel laminado e então, cozidas em chapa metálica de dupla face, com aquecimento em ambas as faces, pré-aquecida e regulada para 180°C, permanecendo por oito minutos de cozimento ou até atingir a temperatura interna de 82°C a 85°C. Após o cozimento, os filés foram retirados do papel laminado e resfriados sobre papel absorvente à temperatura ambiente. Posteriormente, as amostras foram pesadas para

averiguação da perda de peso após cozimento. A diferença entre o peso inicial (peito “in natura”) e final (peito cozido) corresponde à perda de peso por cozimento (HONIKEL, 1987).

Para a avaliação da força de cisalhamento, foi utilizado o texturômetro “Stable Micro Systems TAXT 2 Plus”, equipado com probe “blade set V Warner Bratzler”. O equipamento foi calibrado com peso-padrão de 5 kg e padrão rastreável. A velocidade de descida e corte do dispositivo foi ajustada para 200 mm/minuto (AMSA, 1995), sendo as amostras as mesmas utilizadas na determinação da perda de peso por cozimento. Para determinação da MO, amostras foram cortadas (uma por filé de peito) na forma de paralelepípedos com 1cm x 1cm x 2cm (altura, largura e comprimento), as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina da probe “Warner-Blatzler”.

O banco de dados, após o descarte de observações de codornas sem identificação de sexo e que apresentaram características de qualidade da carne maior ou menor que três desvios-padrão em relação à média da característica, constituiu-se das informações apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Estatística descritiva dos dados utilizados nas análises de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 para características de qualidade da carne de codornas de corte

Linhagem	Característica ¹	Número de observações	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	MP
LF1	pH	586	5,66	0,15	5,31	6,13	1128
	CRA	499	59,31	3,92	46,47	70,96	1044
	L*	548	43,40	2,63	33,58	54,05	1098
	a*	548	11,51	1,82	6,67	20,94	1101
	b*	550	1,64	1,52	-2,21	7,85	1103
	c*	543	11,86	1,85	7,10	22,73	1096
	H*	548	7,87	7,94	-12,69	33,28	1101
	PPC	508	26,61	5,27	7,32	43,90	1061
	MO	628	3,80	1,02	1,31	7,14	1182
LF2	pH	659	5,65	0,15	5,25	6,14	1246
	CRA	637	59,34	3,78	46,23	72,89	1224
	L*	545	43,54	2,63	36,97	52,33	1126
	a*	548	11,23	1,79	6,02	17,46	1129
	b*	552	1,74	1,57	-1,61	6,51	1133
	c*	547	11,58	1,80	6,71	21,22	1128
	H*	549	8,37	8,10	-11,41	33,91	1130
	PPC	654	26,86	4,91	5,58	41,85	1240
	MO	614	3,79	1,14	0,91	7,73	1198

¹CRA-capacidade de retenção de água; L*-luminosidade; a*-teor de vermelho; b*-teor de amarelo; c*-índice de saturação; H*-tonalidade; PPC-perda de peso por cocção; MO-maciez objetiva; MP – número de animais na matriz de parentesco.

As análises foram realizadas utilizando modelos de regressão aleatória considerando-se os efeito fixo de sexo e o efeito aleatório genético aditivo como funções dos níveis da relação treonina: lisina das dietas, e admitindo-se homogeneidade de variância residual. Ambas a trajetória fixa (sexo) e a trajetória genética foram modeladas por meio de polinômio de Legendre de segunda ordem. As análises foram realizadas, para cada uma das características de qualidade da carne e linhagem.

O modelo para análise dos dados foi o modelo animal unicaracterística, com regressões aleatórias. Os efeitos genéticos aditivos aleatórios e o fixo de sexo foram modelados como funções lineares de polinômios ortogonais de Legendre, ponderadas por coeficientes de regressão (aleatórios ou fixos, de acordo com o efeito). O modelo de avaliação utilizado nos 18 arquivos (combinação separadamente para as características de qualidade da carne e linhagem) e foi definido como:

$$y_{nij} = \sum_{k=0}^1 b_{jk} \Phi_k(p_i) + \sum_{k=0}^1 a_{hk} \Phi_k(p_i) + e_{nij},$$

em que:

y_{hij} é o valor da característica avaliada no animal h , do sexo j , alimentado com dieta de nível da relação treonina:lisina i ; b_{jk} é o coeficiente de regressão fixo associado ao polinômio Legendre k atribuído ao sexo j ; a_{hk} é o coeficiente de regressão aleatória k de efeito genético aditivo direto atribuído ao animal h ; $\Phi_k(p_i)$ é o polinômio de Legendre k normalizado e atribuído à relação treonina:lisina i ; e e_{hij} é o resíduo associado à observação y_{hij} este efeito não foi considerado como função da relação de treonina:lisina das dietas.

O modelo em notação matricial pode ser descrito como:

$$y = Xb + Za + e,$$

em que:

y é o vetor de observações; b é o vetor com coeficientes de regressão relativos aos efeitos fixos de sexo; a é o vetor com coeficientes de regressão aleatória atribuídos ao efeito genético aditivo direto; X e Z são matrizes de incidência dos efeitos em b e a contendo polinômios de Legendre relativos à relação treonina:lisina das dietas; e e é o vetor dos resíduos.

Admitiu-se ainda que:

$$E(y) = XB$$

$$G = \begin{bmatrix} \sigma_{a_0}^2 & \sigma_{a_0 a_1} \\ \sigma_{a_0 a_1} & \sigma_{a_1}^2 \end{bmatrix}$$

$$V(y) = Z(A \otimes G)Z' + I_n \sigma_e^2$$

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

em que:

$\sigma_{a_0}^2$ e $\sigma_{a_1}^2$ são componentes de variância atribuídos aos coeficientes de regressão constante (intercepto) e linear do efeito genético aditivo direto; $\sigma_{a_0 a_1}$ é o componente de covariância entre os coeficientes de regressão constante (intercepto) e linear do efeito genético aditivo direto; e σ_e^2 é o componente de variância residual; A é a matriz de numeradores do coeficiente de parentesco de Wright e n é o número de observações.

Após a obtenção de G , estimações das variâncias e covariâncias genéticas aditivas diretas para qualquer relação treonina:lisina das dietas, entre 0,71 e 0,91%, poderiam ser obtidas por meio de funções de covariância (KIRKPATRICK et al., 1990). A partir dessas funções, foi obtida a estrutura de covariância genética aditiva direta em função da relação treonina:lisina das dietas. Assim, a covariância genética aditiva direta entre as relações treonina:lisina da dieta i e i' , foi obtida por:

$$\sigma_{a_{ii'}} = Z_i G Z_i', \text{ em que: } Z_i = [\Phi_0(i) \quad \Phi_1(i)] \text{ e } Z_{i'} = [\Phi_0(i') \quad \Phi_1(i')].$$

Uma vez estimada a estrutura de variância genética para as características de qualidade da carne [pH, capacidade de retenção de água (CRA), luminosidade (L^*), teor de vermelho (a^*), teor de amarelo (b^*), croma (c^*), ângulo de tonalidade (H^*), perda de peso por cocção (PPC) e maciez objetiva (MO)], as herdabilidades diretas destas características foram feitas em função da relação treonina:lisina da dieta, por meio da seguinte fórmula:

$$h_{di}^2 = \frac{Z_i G Z_i'}{Z_i G Z_i' + \sigma_e^2};$$

em que i representa a relação treonina:lisina das dietas.

Os componentes de covariância atribuídos a cada efeito aleatório foram estimados por meio do programa Wombat (MEYER, 2007) que utiliza a Máxima Verossimilhança Restrita (REML).

Os gráficos das figuras de normas de reação foram baseados em 25 codornas amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, para cada característica estudada das duas linhagens de codornas de corte LF1 e LF2, alimentados com dietas contendo diferentes níveis da relação treonina:lisina

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, a variância estimada para o coeficiente de regressão aleatória do intercepto ($\sigma_{b_0}^2$), o que era esperado, foi maior do que a estimada para o coeficiente de regressão aleatória linear ($\sigma_{b_1}^2$) (Tabela 3). Felipe et al. (2012), Bonafé et al. (2011), Gonçalves et al. (2012) e Santos et al. (2008), em estudos envolvendo características de desempenho de codornas de corte, também encontraram maior variância para o coeficiente de regressão aleatória do intercepto em relação ao coeficiente de regressão aleatória linear. Deve ser salientado, contudo que maiores dispersões dos valores genéticos ao longo do gradiente ambiental são esperadas para maiores variâncias do coeficiente de regressão aleatória linear.

Os dois coeficientes apresentaram, para a linhagem LF1, correlação positiva para a maioria das características de qualidade da carne, exceto para L^* , a^* e c^* (Tabela 4). Dionello et al. (2008) também encontraram correlação positiva entre os dois coeficientes de regressão aleatória, mas em características bem diferentes das avaliadas neste estudo, em estudo para prever a trajetória genética do crescimento de codornas de corte. As correlações positivas entre os coeficientes de regressão indicam que quanto maior o valor do intercepto, maior será a inclinação na reta que descreve a sensibilidade das codornas à mudança da relação treonina:lisina das dietas. Valores positivos do coeficiente de correlação ocorrem quando o intercepto e o coeficiente linear variam no mesmo sentido, ou seja, os maiores valores do intercepto estão associados aos maiores coeficientes de regressão linear.

Tabela 4. Componentes de (co)variância atribuídos aos coeficientes de regressão aleatórios do intercepto (b_0) e linear (b_1) do efeito genético aditivo em função da relação treonina:lisina, componentes de variância residuais e correlações entre os dois coeficientes de regressão aleatória, estimados para as características de qualidade da carne de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2

Linhagem	Característica ¹	$\sigma_{b_0b_1}$	$\sigma_{b_0}^2$	$\sigma_{b_1}^2$	σ_e^2	$r_{b_0b_1}$
LF1	pH	0,0000	0,0001	0,0001	0,0225	0,00
	CRA	0,2912	0,6944	0,1328	13,5752	0,95
	L*	-0,0542	0,1940	0,0188	5,7803	-0,89
	a*	-0,0116	1,5686	0,0015	2,4431	-0,23
	b*	0,0530	0,8640	0,0047	1,9377	0,83
	c*	-0,0159	0,8694	0,0012	2,9330	-0,48
	H*	4,6055	27,3318	0,8112	47,8645	0,97
	PPC	0,0559	0,0592	0,1041	27,5312	0,71
MO	0,0905	0,1111	0,0808	0,9430	0,95	
LF2	pH	-0,0000	0,0011	0,0001	0,0219	-0,16
	CRA	-0,1743	0,0609	0,7559	13,6511	-0,81
	L*	-0,3314	0,6966	0,1708	5,5849	-0,96
	a*	-0,1108	0,3150	0,0416	2,9227	-0,96
	b*	0,0873	0,2577	0,0314	2,1655	0,96
	c*	-0,0390	0,1402	0,0125	3,0271	-0,93
	H*	1,7826	4,6836	0,8418	58,7278	0,89
	PPC	-0,0529	0,1453	0,0315	24,0329	-0,78
MO	0,0639	0,1418	0,0305	1,2167	0,97	

¹CRA-capacidade de retenção de água; L*-luminosidade; a*-teor de vermelho; b*-teor de amarelo; c*-índice de saturação; H*-tonalidade; PPC-perda de peso por cocção; MO-maciez objetiva; $\sigma_{b_0b_1}$ - covariância genética entre os coeficientes do intercepto e do linear; $\sigma_{b_0}^2$ - variância do coeficiente de regressão aleatória do intercepto; $\sigma_{b_1}^2$ - variância do coeficiente de regressão aleatória linear; σ_e^2 - variância residual entre os coeficientes do intercepto e do linear; $r_{b_0b_1}$ - correlação entre os coeficientes de regressão aleatória do intercepto e linear.

No entanto, para a maioria das características de qualidade da carne da linhagem LF1 o coeficiente de correlação entre os coeficientes de regressão aleatória foi positivo e alto (Tabela 4). Este resultado indica que maiores valores genéticos aditivos para as características de qualidade da carne respondem de maneira positiva ao aumento da relação treonina:lisina das dietas. Para o pH da linhagem LF1 o coeficiente de correlação foi igual a zero, indicando que não existe correlação entre as duas variáveis, mas conforme observado no gráfico da Figura 1, houve maior dispersão dos valores genéticos ao longo do gradiente nutricional.

As correlações entre os coeficientes de regressão aleatória do intercepto (b_0) e linear (b_1) (Tabela 4) para o efeito genético aditivo direto para a linhagem LF2 foram, em sua maioria, negativas, exceto para b*, H* e MO. Essas correlações negativas indicam que os maiores valores genéticos das características de qualidade da carne, a partir do intercepto, estão associados aos menores valores do coeficiente de regressão linear, e os valores

genéticos respondem de forma negativa ao aumento dos níveis da relação treonina:lisina das dietas, como pode se observar nos gráficos apresentados nas Figuras 1 e 2. Assim, podem ocorrer modificações na ordem de classificação dos valores genéticos.

As modificações na ordem de classificação dos valores genéticos das codornas indicam a forte presença da interação genótipo-ambiente, ou seja, genótipos que apresentam melhor desempenho para determinada relação treonina:lisina das dietas, não apresentarão o mesmo desempenho e sim inversão de desempenho para outra relação desses aminoácidos na dieta.

Os coeficientes de regressão aleatória do intercepto e linear, estimados para as linhagens LF1 e LF2, apresentaram alta correlação (Tabela 4). As alterações nos valores genéticos em um ambiente diferente do ambiente de seleção são proporcionais à correlação genética entre as características de qualidade da carne nos dois ambientes, ou seja, quando altas, evidenciam pouca importância da interação genótipo-ambiente (DICKERSON, 1962).

As estimativas de herdabilidade e de variâncias genéticas aditivas das características de qualidade da carne variaram segundo as relações treonina:lisina das dietas e apresentaram proporções diferentes, de acordo com as linhagens (Tabela 5). Para a linhagem LF1 e LF2 observou-se diminuição da herdabilidade do L^* , a^* , c^* e PPC (LF2) com o aumento dos níveis da relação treonina:lisina das dietas, o que indica que a seleção para estas características seria mais eficiente se praticada em níveis mais baixos da relação treonina:lisina da dieta.

Para as características CRA, b^* e H^* da LF1 pode-se observar aumento da herdabilidade com o aumento dos níveis da relação treonina:lisina das dietas, o mesmo ocorreu para as características b^* , H^* e MO da LF2, indicando que para estas características a seleção seria mais eficiente se praticada em níveis mais altos da relação treonina:lisina da dieta.

As estimativas de herdabilidade revelam a proporção da variação fenotípica, atribuída à variação genética que é função direta do efeito médio dos genes envolvidos na expressão da característica, efeito este que é transmitido de pai para filho. Valores de herdabilidade próximos à zero (Tabela 5) indicam que toda a proporção da variância fenotípica é explicada por variações no gradiente ambiental, ou seja, na relação treonina:lisina das dietas.

Tabela 5. Estimativas de herdabilidade (h^2) e variância genética aditiva (σ_A^2) para as características de qualidade da carne de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2, alimentadas com diferentes relações treonina:lisina da dieta

Linhagem	Característica ¹	Relação treonina:lisina da dieta					
		0,71	0,76	0,81	0,86	0,91	
LF1	pH	h^2	0,0089	0,0039	0,0023	0,0039	0,0089
		σ_A^2	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
	CRA	h^2	0,0031	0,0101	0,0249	0,0456	0,0718
		σ_A^2	0,0421	0,1448	0,3472	0,6491	1,0507
	L*	h^2	0,0365	0,0255	0,0165	0,0098	0,0054
		σ_A^2	0,2192	0,1510	0,0970	0,0571	0,031
	a*	h^2	0,2482	0,2455	0,2430	0,2408	0,2388
		σ_A^2	0,8066	0,7949	0,7843	0,7748	0,7666
	b*	h^2	0,1519	0,1668	0,1823	0,1984	0,2150
		σ_A^2	0,3473	0,3879	0,4320	0,4797	0,5308
	c*	h^2	0,1366	0,1327	0,1291	0,1256	0,1224
		σ_A^2	0,4640	0,4489	0,4347	0,4210	0,4091
	H*	h^2	0,1261	0,1726	0,2221	0,2728	0,3232
		σ_A^2	6,9058	9,9816	13,6659	18,0000	22,9000
	PPC	h^2	0,0032	0,0007	0,0011	0,0042	0,0102
		σ_A^2	0,0889	0,0202	0,0296	0,1171	0,2828
	MO	h^2	0,0208	0,0079	0,0556	0,1483	0,2613
		σ_A^2	0,0201	0,0075	0,0555	0,0164	0,3336
LF2	pH	h^2	0,0371	0,0301	0,0263	0,0258	0,0287
		σ_A^2	0,0001	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006
	CRA	h^2	0,0969	0,0329	0,0022	0,0163	0,0594
		σ_A^2	1,4663	0,4649	0,03045	0,1629	0,8624
	L*	h^2	0,1743	0,1113	0,0587	0,0219	0,0054
		σ_A^2	1,1787	0,6994	0,3483	0,1250	0,0305
	a*	h^2	0,1235	0,0843	0,0511	0,0257	0,0095
		σ_A^2	0,4118	0,2691	0,1575	0,0771	0,0280
	b*	h^2	0,0113	0,0292	0,0562	0,0908	0,1312
		σ_A^2	0,0248	0,0650	0,1288	0,2162	0,3272
	c*	h^2	0,0491	0,0346	0,0226	0,0134	0,0069
		σ_A^2	0,1565	0,1086	0,0701	0,0410	0,0213
	H*	h^2	0,0087	0,0186	0,0383	0,0667	0,1023
		σ_A^2	0,5171	1,1137	2,3418	4,2000	6,6900
	PPC	h^2	0,0087	0,0054	0,0030	0,0016	0,0012
		σ_A^2	0,2115	0,1302	0,0726	0,0386	0,0283
	MO	h^2	0,0049	0,0217	0,0551	0,1016	0,1574
		σ_A^2	0,0061	0,0270	0,0709	0,1377	0,2273

¹CRA-capacidade de retenção de água; L*-luminosidade; a*-teor de vermelho; b*-teor de amarelo; c*-índice de saturação; H*-tonalidade; PPC-perda de peso por cocção; MO-maciez objetiva.

As correlações genéticas estimadas para as características de qualidade da carne (Tabela 6) e de coloração da carne (Tabela 7) ao longo do gradiente ambiental apresentaram ampla variação. Os valores de correlação para características de qualidade da carne variaram

de baixos negativos a altos positivos em ambas as linhagens LF1 e LF2 (valores absolutos). Para todas as características de qualidade da carne na linhagem LF1, a correlação entre o valor genético predito para a relação treonina:lisina (0,81) da dieta com valores preditos para as maiores relações desses aminoácidos foram menores que 0,8. Isto indica que na linhagem LF1 haverá mudança importante na ordenação dos valores genéticos preditos sob os diferentes níveis da relação treonina:lisina das dietas, o mesmo ocorreu para CRA e PPC da linhagem LF2.

Para todas as características de coloração da carne na linhagem LF1 e LF2, as correlações genéticas foram, de modo geral, maiores que 0,80. Segundo Robertson (1959), correlações genéticas maiores que 0,8 indicam que a maioria dos genes responsáveis pela expressão de uma característica está agindo de forma semelhante em dois ambientes diferentes. Correlações próximas ou iguais a 1,0 indicam a não existência de interação genótipo-ambiente, ou seja, os mesmos genes agem nas diferentes relações dos níveis de treonina:lisina das dietas. Contudo, pelos gráficos apresentados nas Figuras 1 e 2, verifica-se que, ao contrário da indicação de Robertson (1959), mesmo para valores muito altos dessas correlações genéticas, porém menores que a unidade, ocorre interação genótipo-gradiente ambiental para todas as características de qualidade da carne, da mesma maneira que indicava Falconer (1987), na qual valor menor que a unidade para a correlação genética entre duas características já é indicativo de que a interação genótipo-ambiente não pode ser negligenciada.

Os resultados obtidos no presente trabalho, apesar de preliminares, são importantes e pioneiros, pois não existem trabalhos disponíveis na literatura relacionados às características de qualidade da carne envolvendo modelos de norma de reação para estudo da interação genótipo-gradiente ambiental.

Tabela 6. Estimativas das correlações genéticas entre níveis de treonina:lisina para as características de qualidade da carne das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal)

	pH				
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	0,945	0,508	-0,171	-0,485
0,76	0,980	-	0,762	0,163	-0,171
0,81	0,907	0,972	-	0,762	0,508
0,86	0,770	0,881	0,967	-	0,945
0,91	0,592	0,739	0,877	0,970	-
	Capacidade de retenção de água - CRA				
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	0,878	0,786	0,735	0,704
0,76	0,998	-	0,986	0,970	0,958
0,81	0,859	0,890	-	0,997	0,992
0,86	-0,943	-0,919	-0,639	-	0,999
0,91	-0,981	-0,967	-0,744	0,990	-
	Perda de peso por cocção – PPC				
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	0,827	-0,367	-0,713	-0,798
0,76	0,994	-	0,220	-0,194	-0,321
0,81	0,956	0,982	-	0,947	0,853
0,86	0,795	0,857	0,939	-	0,991
0,91	0,328	0,430	0,592	0,834	-
	Maciez objetiva - MO				
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	-0,114	-0,685	-0,772	-0,804
0,76	0,846	-	0,802	0,719	0,682
0,81	0,752	0,988	-	0,992	0,984
0,86	0,705	0,975	0,998	-	0,999
0,91	0,677	0,965	0,994	0,999	-

Tabela 7. Estimativas das correlações genéticas entre níveis de treonina:lisina para as características de coloração da carne das codornas de corte das linhagens LF1 (acima da diagonal) e LF2 (abaixo da diagonal)

Luminosidade - L*					
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	0,998	0,987	0,951	0,831
0,76	0,999	-	0,995	0,969	0,864
0,81	0,992	0,996	-	0,988	0,908
0,86	0,946	0,960	0,980	-	0,962
0,91	0,485	0,524	0,594	0,742	-
Teor de vermelho - a*					
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	1,000	0,999	0,997	0,994
0,76	0,999	-	1,000	0,999	0,997
0,81	0,995	0,998	-	1,000	0,999
0,86	0,978	0,985	0,994	-	1,000
0,91	0,886	0,903	0,927	0,963	-
Teor de amarelo - b*					
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	0,999	0,997	0,994	0,990
0,76	0,972	-	0,999	0,997	0,995
0,81	0,942	0,995	-	0,999	0,998
0,86	0,921	0,987	0,998	-	1,000
0,91	0,907	0,981	0,996	0,999	-
Índice de saturação - c*					
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	1,000	0,999	0,997	0,994
0,76	0,999	-	1,000	0,998	0,996
0,81	0,992	0,997	-	1,000	0,998
0,86	0,969	0,980	0,992	-	1,000
0,91	0,890	0,912	0,940	0,975	-
Tonalidade - H*					
Relação treonina:lisina	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
0,71	-	0,999	0,996	0,993	0,991
0,76	0,866	-	0,999	0,998	0,996
0,81	0,725	0,972	-	1,000	0,999
0,86	0,637	0,937	0,993	-	1,000
0,91	0,580	0,909	0,982	0,997	-

As normas de reação para pH, CRA, PPC e MO das linhagens LF1 e LF2 de 25 codornas, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas, em função das diferentes relações treonina:lisina das dietas, estão representadas na Figura 1. Os valores genéticos apresentaram diferentes sensibilidades à modificação da relação treonina: lisina das dietas. Isto indica que o valor genético predito em determinado nível da relação treonina: lisina das dietas, não seria válido para outros níveis da relação treonina:lisina das dietas. Ou seja, os

genótipos das características de qualidade da carne respondem de maneira diferente às variações do gradiente ambiental (relação treonina:lisina das dietas).

Para as características pH, CRA, PPC e MO das codornas da linhagem LF1, a dispersão dos valores genéticos aumentou com o aumento da relação treonina:lisina das dietas, incluindo-se mudanças na ordem de classificação dos valores genéticos preditos, o que configura a existência de diferentes sensibilidades dos valores genéticos ao gradiente ambiental, ou à relação treonina:lisina das dietas.

As codornas da linhagem LF2 apresentaram pequena redução na dispersão dos valores genéticos preditos para a característica pH, mas para a característica MO, a dispersão dos valores genéticos aditivos aumentou com o aumento da relação treonina:lisina das dietas, incluindo-se mudanças na ordem de classificação dos valores genéticos preditos. Os valores genéticos para CRA e PPC apresentaram mudanças mais intensas com maior dispersão dos valores genéticos para os menores gradientes ambientais, o que poderia representar um problema para o melhoramento genético, pois codornas selecionadas em uma específica relação treonina:lisina da dieta, não expressariam todo o seu potencial genético, se alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina. Ressalta-se, contudo que a seleção deveria ser praticada em ambientes que permitem maior expressão dos melhores genótipos e, automaticamente, maior dispersão entre os valores genéticos da característica.

Normas de reação para as características de coloração da carne (L^* , a^* , b^* , c^* e H^*) das linhagens LF1 e LF2, de 25 codornas amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas nas diferentes relações treonina: lisina das dietas estão apresentadas na Figura 2.

As codornas da linhagem LF1 apresentaram pequena redução na dispersão dos valores genéticos preditos para as características a^* e c^* , mas para as características b^* e H^* , a dispersão dos valores genéticos aumentou com o aumento da relação treonina:lisina das dietas, inclusive com mudança na ordem de classificação dos valores genéticos preditos, o que configura diferentes sensibilidades dos valores genéticos dessas características às alterações nos níveis da relação treonina:lisina das dietas. O valor genético para L^* apresentou mudança mais intensa com maior dispersão dos valores genéticos para os menores gradientes ambientais, o que poderia representar um problema para o melhoramento genético, pois codornas selecionadas em uma específica relação treonina: lisina da dieta não expressariam todo o seu potencial genético, se alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.

As codornas da linhagem LF2 apresentaram aumentos na dispersão dos valores genéticos preditos para as características b^* e H^* com alteração do gradiente ambiental, ou seja, com o aumento da relação treonina: lisina das dietas, inclusive com mudança na ordem de classificação dos valores genéticos preditos, o que configura diferentes sensibilidades dos valores genéticos dessas características às mudanças nos níveis da relação treonina: lisina das dietas. Os valores genéticos para L^* , a^* e c^* apresentaram maior dispersão nos menores gradientes ambientais.

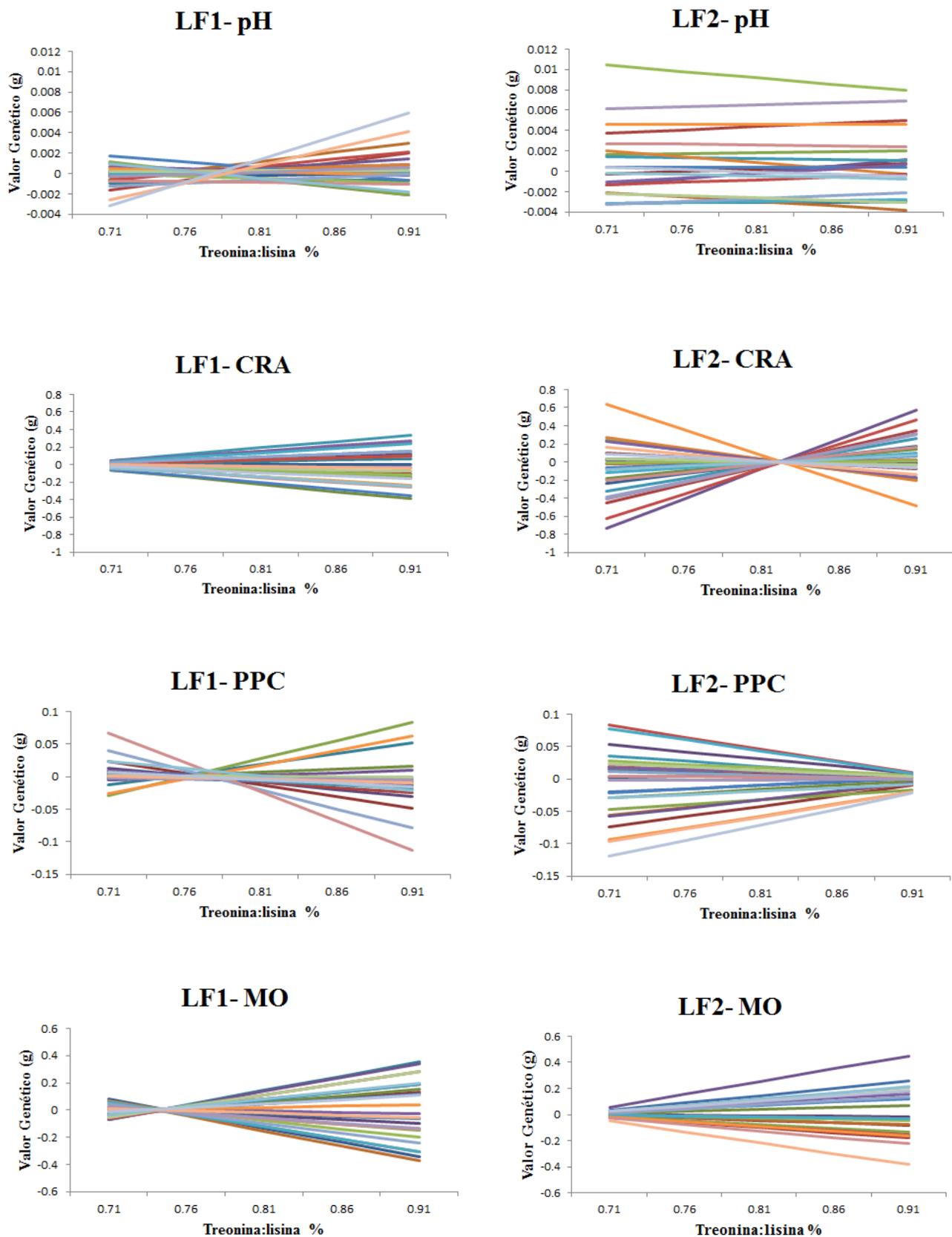


Figura 1- Normas de reação de valores genéticos aditivos para as características de qualidade da carne de 25 codornas de corte amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas das linhagens LF1 e LF2, alimentados com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.

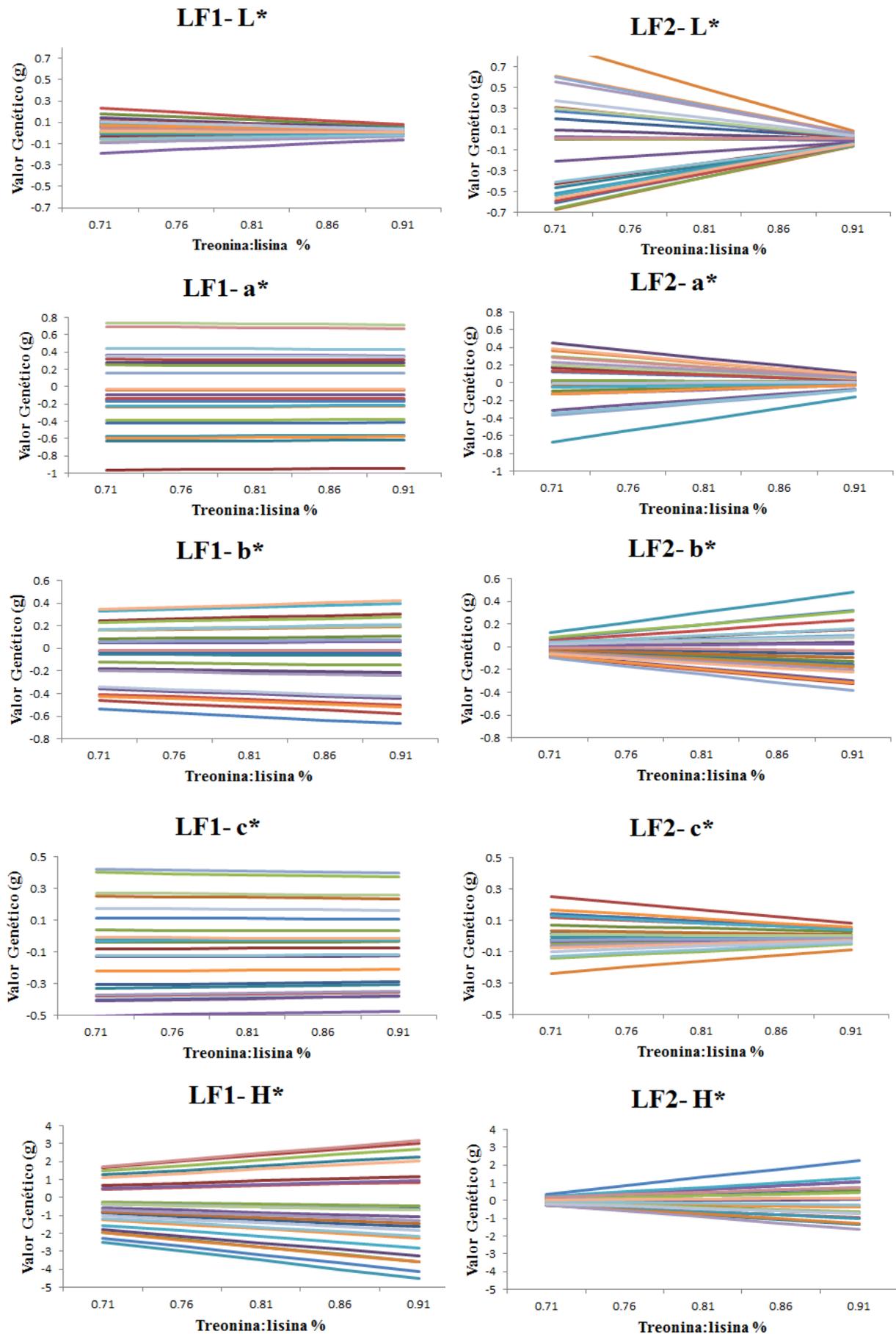


Figura 2- Normas de reação de valores genéticos aditivos para as características de coloração da carne de 25 codornas de corte, amostradas aleatoriamente entre as codornas testadas das linhagens LF1 e LF2, alimentadas com dietas contendo diferentes relações treonina:lisina.

4 CONCLUSÃO

Grande parte das características de qualidade da carne das codornas europeias das duas linhagens avaliadas pode ser alterada por meio da seleção. Houve interação genótipo-gradiente ambiental para todas as características de qualidade e coloração da carne das duas linhagens de codorna de corte estudadas.

Ambas as linhagens LF1 e LF2 apresentaram sensibilidade dos valores genéticos preditos às mudanças no gradiente ambiental das dietas (aumento da relação treonina:lisina das dietas), com mudanças tanto na dispersão quanto na ordem de classificação dos valores genéticos das codornas, para a maioria das características da qualidade da carne.

As predições dos valores genéticos para características de qualidade da carne de codornas de corte das linhagens LF1 e LF2 devem ser feitas utilizando na dieta a relação treonina:lisina na qual a codorna será alimentada no sistema de produção.

4 CONCLUSÃO GERAL

Verificou-se interação genótipo x ambiente para todas as características em ambas as fases dos dois experimentos para as duas linhagens de codornas de corte.

As codornas com maior valor genético aditivo do intercepto para características de desempenho e de carcaça (primeiro experimento) responderam de maneira positiva ao aumento da relação treonina: lisina das dietas, sendo a maior resposta observada na linhagem LF2 e de pouca expressão na linhagem LF1.

Os valores genéticos das características de qualidade da carne (segunda fase de ambos os experimentos) referentes a cada uma das linhagens alteraram com o aumento das relações de aminoácidos das dietas, com mudanças tanto na dispersão quanto no ordenamento dos valores genéticos.

REFERÊNCIAS

AKBAS, Y.; TAKMAN, Ç.; YAYLAC, E. Genetic parameters for quail body weights using a random regression model. **South African Journal of Animal Science**, v.34, n.2, p.104-109, 2004.

AMSA - AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat**. Chicago, 1995.

BONAFÉ, C.M.; TORRES, R.A.; SARMENTO, J.L.R.; SILVA, L.P.; RIBEIRO, J.C.; TEIXEIRA, R.B.; SILVA, F.G.; SOUSA, M.F. 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.

DALMAU, A. B. Sistemas produtivos de codornices España. In: Simpósio Internacional de Coturnicultura, 1., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: NECTA/DZO/UFLA, p. 49-65, 2002.

DICKERSON, G.E. Implications of genetic environmental interaction in animal breeding. **Animal Production**, v.4, p.47-64, 1962.

DIONELLO, N.J.L; CORREA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B.; SANTOS, G.G. 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.

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

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. Essex: Longman Scientific & Technical, p. 438, 1989.

FELIPE, V.P.S., SILVA, M.A., WENCESLAU, R.R.; VALENTE, B.D.; SANTOS, G.G; FREITAS, L.S.; CORRÊA, G.S.S.; CORRÊA, A.B. 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.; DRUMOND, E.S.C.; FELIPE, V.P.S.; PINHEIRO, S.R.F. Genetic evaluation of European quails by random regression models. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.9, p.2005-2011, 2012.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, v. 10, n. 2, p. 335-443, 1960.

HONIKEL, K. O. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: TARRANT, P. V.; EIKELENBOOM, G.; MONIN, G. (Eds.). **Evaluation and control of meat quality in pigs**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, p. 273-283, 1987.

JONG, G. Quantitative genetics of reaction norms. **Journal of Evolutionary Biology**, v.3, p.447-468, 1990.

KIRKPATRICK, M.; LOFSVOLD, D.; BULMER, M.; Analysis of the inheritance, selection and evolution of growth trajectories. **Genetics**, v.124, p.979-993, 1990.

MACDOUGALL, D.B. Color of meat. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. Eds. Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products, **Advances in Meat Research** – 9, capítulo 3, p. 79-93, 1994.

MEYER, K. WOMBAT – A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML). **Journal of Zhejiang University Science**, v8, n.11, p.815-821, 2007.

OLIVEIRA, E. G.; ALMEIDA, M. I. M.; MENDES, A. A.; VEIGA, N.; DIAS, K. Desempenho produtivo de codornas para corte de ambos os sexos alimentadas com dietas com quatro níveis proteicos. **Archives of Veterinary Science**. Curitiba. v. 7, n. 2, p. 75-80, 2002.

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

SANTOS, G. G., CORRÊA, G. S. S.; VALENTE, B.D.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B.; FELIPE, V.P.S.; WENCESLAU, R.R. 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.

VAN LAACK, R. L. J. M.; LIU, C. H.; SMITH, M. O.; LOVEDAY, H. D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 79, n. 7, p. 1057- 1061, 2000.