

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE GENÉTICA

**Crériterios de seleção para característics de importância
econômica em ovinos da raça Santa Inês**

ELISA JUNQUEIRA OLIVEIRA

Ribeirão Preto – SP
2016

ELISA JUNQUEIRA OLIVEIRA

**Crêterios de sele o para características de importância econômica em
ovinos da raça Santa Inês**

Tese apresentada ao Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obten o do título de Doutor em Ciências.

 rea de concentra o: Genética
Orientador: Prof. Dra. Claudia Cristina Paro de Paz

“Versão corrigida. A versão original encontra-se disponível tanto na Biblioteca da Unidade que aloja o Programa, quanto na Biblioteca Digital de Teses e Disserta es da USP (BDTD)”

Ribeirão Preto - SP
2016

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca Central do Campus Administrativo de Ribeirão Preto/USP

Oliveira, Elisa Junqueira.

Crítérios de seleção para características de importância econômica em ovinos da raça Santa Inês/ Elisa Junqueira Oliveira; orientadora: Profa. Dra. Claudia Cristina Paro de Paz. Ribeirão Preto, 2016.

109p. il., 30 cm.

Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Genética, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade São Paulo.

Orientadora: Paz, Claudia Cristina Paro

Título em inglês: Selection criteria for economically important traits in Santa Ines sheep

1.correlação genética 2. endoparasitas 3.famacha 4.herdabilidade 5.medidas corporais

FOLHA DE APROVAÇÃO

Oliveira, Elisa Junqueira

Critérios de seleção para características de importância econômica em ovinos da raça Santa Inês

Tese apresentada ao Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____
Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____ Assinatura: _____

APOIO E SUPORTE FINANCEIRO

FUNDAÇÃO DE AMPARO Á PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO
(FAPESP)
FINANCIAMENTO DO PROJETO
Processo 2002/15982-0

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR
(CAPES)
BOLSA DE ESTUDO

Dedicatória

Dedico

Aos meus avós **José Junqueira** (*in memoriam*) e **Aparecida**

A minha mãe **Maria Aparecida Junqueira**

Ao meu noivo **Marcus Vinicius Nakazone**

A minha irmã **Marcela Junqueira Oliveira**

A minha sobrinha **Yasmin Barros Oliveira**

Por todo apoio e incentivo

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMENTOS

Nos caminhos de nossas vidas, sempre encontramos pessoas enviadas por Deus, que nos auxiliam a cumprir suas diversas etapas. E é com satisfação que digo:

Muito obrigado!

A **Deus** por estar sempre presente em minha vida e pela paz e segurança nos momentos difíceis.

A **Universidade de São Paulo**, *campus* de Ribeirão Preto, Faculdade de Medicina, departamento de genética, pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

A minha orientadora **Dra. Claudia Cristina Paro de Paz**, por acreditar em mim, pela paciência, orientação e amizade durante todo o curso.

A equipe do projeto de doutorado "**Flávia, Lenira, Claudia, Maria Lucia, Aníbal, Ricardo, Esteca, Sr. Nena**" por sempre terem demonstrado boa vontade em me auxiliar nesta etapa tão difícil.

A todos os **pesquisadores** do Centro de Pesquisa em Bovinos de Corte, pela contribuição durante a realização deste trabalho.

Aos **funcionários** do Centro de Pesquisa em Bovinos de Corte, agradeço nos nomes de quem tive mais contato: "**Aline, Tereza, Clesia, Irma, Rô**" pela contribuição durante a realização deste trabalho. Em especial a **Estela** pela amizade.

Aos proprietários, das fazendas, por terem fornecido seus animais para esta pesquisa "**Mumbuca, Santa Esília, Vassoural, São Manoel, Carpa, Copercana, Instituto de Zootecnia e Embrapa-São Carlos**".

Aos membros da banca de Defesa: **Lucia Regina Martelli, Lenira El Faro, Rodrigo Pelicioni Savegnago, Guilherme Costa Venturini** e aos membros do exame geral de qualificação: **Danísio Prado Munari, Maria Eugênia Mercadante e Ricardo Lopes Dias Costa**, pelas críticas construtivas e pelas sugestões que foram fundamentais para melhoria deste trabalho.

A minha mãe a minha avó, **Maria Aparecida e Aparecida**, que mesmo sem saber grande parte do que está escrito aqui, nunca deixou de dizer: “Você é capaz”.

Aos meus irmãos, **Marcel e Djalma** por estarem sempre presentes. Principalmente a minha irmã **Marcela** por toda ajuda, sou muito grata por tudo que fez por mim.

Aos meus sobrinhos **Lorena, Ryan e João Lucas**, por estarem sempre de braços abertos quando eu posso ir para casa. Em especial a minha sobrinha **Yasmin**, por ser minha amiga e companheira e por me ajudar a recarregar as forças com seus sorrisos.

Ao **Marcus Vinicius Nakazone**, ofereço um agradecimento mais do que especial, por ter vivenciado comigo todo este trabalho, por ter me ajudado, por ter me dado todo apoio que necessitava nos momentos difíceis, por ter me aturado nos momentos de estresse, e por tornar, minha vida cada dia mais feliz.

A família **Nakazone, Marco, Sueli, Patty, Pietra, Paula, Rogério e Vó Dita** pelo apoio e carinho que me deram, pessoas especiais que considero minha família.

Aos amigos, que conquistei "**Anielly, Suellen, Tassia, Gabi Geraldi, Gabi Voltareli, Bianca, Maranhão, André, Marcela, Luara, Gisele, Manuela**" pela amizade e apoio, o que de certa forma ajudou-me a suprir a saudade de minha família.

A todas as pessoas que de alguma forma fizeram parte deste trabalho.

RESUMO

RESUMO

OLIVEIRA, E. J. **Critérios de seleção para características de importância econômica em ovinos da raça Santa Inês**. 2016. 109 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.

Os objetivos deste estudo foram: estimar parâmetros genéticos para: coloração da conjuntiva ocular (CCO), contagem de ovos por grama de fezes (OPG), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), escore da condição corporal (ECC) e peso corporal (PC) e, ainda, explorar o perfil genético da população, utilizando análises de agrupamento com base nos valores genéticos. E estimar parâmetros genéticos para peso corporal (PC) e características de conformação (perímetro torácico (PT), altura da garupa (AG), altura da cernelha (AC), largura da garupa (LG), comprimento corporal (CC) e escore de condição corporal (ECC)) com intuito de definir critérios de seleção. Foram analisadas um total de 2.525 informações de 771 animais nascidos entre 2002 e 2013, filhos de 68 carneiros e 352 ovelhas, pertencentes a sete rebanhos localizados no estado de São Paulo. Os animais foram avaliados mensalmente durante junho de 2013 a outubro de 2014. Os componentes de covariância foram estimados por modelo animal em análises multicaracterísticas, por meio de abordagem Bayesiana. As estimativas de herdabilidade para CCO, PC, VG, PPT, OPG e ECC foram 0,21 (0,04); 0,18 (0,05); 0,30 (0,06); 0,17 (0,05); 0,19 (0,03) e 0,31 (0,07), respectivamente, indicando que a seleção pode ser realizada com base no valor genético dos indivíduos para estas características. As correlações genéticas entre a CCO e PC, VG, PPT, OPG e ECC foram -0,40 (0,17); -0,63 (0,09); -0,23 (0,15); 0,77 (0,09); -0,59 (0,11), respectivamente, e entre PC e ECC a correlação genética foi de 0,84 (0,15). Assim como as outras medidas de resistência a verminose, a CCO pode ser incluída como critério na seleção; esta apresenta estimativa de herdabilidade mediana correlação genética favorável com as outras medidas de resistência a verminose e com PC e ECC, além de ser de fácil obtenção e baixo custo. Foi possível obter grupos de indivíduos com perfil genético de resistência/resiliência a verminose a partir das análises de agrupamento. As estimativas de herdabilidade para PC, PT, AG, AC, LG e ECC foram: 0,25 (0,08); 0,22 (0,07); 0,24 (0,07); 0,25 (0,07); 0,19 (0,05) e 0,32 (0,07), respectivamente e as correlações genéticas entre o peso e as medidas corporais foram de alta magnitude, variando entre 0,66 (0,11) a 0,98 (0,016), indicando que as medidas corporais, principalmente o perímetro torácico, pode ser incluído como um critério de seleção complementar ao peso corporal.

Palavras Chave: correlação genética, endoparasitas, famacha, herdabilidade, medidas corporais.

ABSTRACT

ABSTRACT

OLIVEIRA, E. J. **Selection criteria for economically important traits in Santa Inês sheep.** 2016. 109 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, 2016.

The objective of this study was to estimate genetic parameters for conjunctival staining score (CSS), fecal eggs count (FEC), packed cell volume (PCV), total plasma protein (TPP), body condition score (BCS) and body weight (BW), and also explore the genetic profile of the population, using cluster analysis based on genetic values. And to estimate genetic parameters for body weight (BW) and conformation traits (heart girth (HG), hip height (HH), wither height (WH), rump width (RW), body length (BL) and body condition score (BCS)) to define selection criteria. A total of 2,525 records from 771 animals born between 2002 and 2013 to 68 rams and 352 ewes, belonging to five herds located in the São Paulo state were used. The animals were evaluated monthly during June 2013 to October 2014. The covariance components were estimated by animal model multi-trait using Bayesian analysis. The estimates of heritability for CSS, BW, PCV, FEC, BCS and PPT were 0.21 (0.04); 0.18 (0.05); 0.30 (0.06); 0.19 (0.03), 0.31 (0.07) and 0.17 (0.07), respectively, indicating that you can select animals based on the genetic value of individuals. The genetic correlations between CSS and BW, CSS and PCV, CSS and PPT, CCS and FEC, CSS and BCS and between the BW and BCS -0.40 (0.17); -0.63 (0.09); -0.23 (0.15); 0.77 (0.09); 0.84 (0.15), respectively. As other resistance traits the worms, the CCO can be included as a criterion in the selection. For this trait has estimated median heritability (0.21±0.04) and positive genetic correlation with other resistance measures to worms and BW and BCS, as well as being easy to obtain and low cost. It was possible to obtain groups of individuals with genetic profile of resistance / resilience to worms from the cluster analysis. The estimates of heritability for BW, HG, HH, WH, RW, BL and BCS were 0.25 (0.08); 0.22 (0.07); 0.24 (0.07); 0.25 (0.07); 0.19 (0.05) and 0.32 (0.07), respectively and genetic correlations between weight and body measures were highest magnitude, ranging from 0.66 (0.11) to 0.98 (0,016) indicating that body measurements, mainly heart girth, can be included as a criterion in the selection in addition to body weight.

Keywords: conformation traits, endoparasites, famacha, genetic correlation, heritability.

LISTAS DE FIGURAS

LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1** - (A) Cartão FAMACHA de avaliação da conjuntiva em ovinos e caprinos.
(B) Forma correta de exposição da conjuntiva do animal.....31
- Figura 2** - Dendrograma baseado nos valores genéticos da coloração da conjuntiva ocular (CCO), peso corporal (PC), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), ovos por grama de fezes (OPG) e escore da condição corporal (ECC), obtido pela análise de agrupamento hierárquica pelo método de Ward. A linha tracejada indica a distância euclidiana em que os grupos foram divididos.....65
- Figura 3** - Análise de agrupamento não hierárquica obtida pelo método k-means, utilizando os valores genéticos para a coloração da conjuntiva ocular (CCO), peso corporal (PC), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), ovos por grama de fezes (OPG) e escore da condição corporal (ECC).....66
- Figura 4** - Dendrograma, baseado nos valores genéticos da coloração da conjuntiva ocular (CCO), peso corporal (PC), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), ovos por grama de fezes (OPG) e escore da condição corporal (ECC), obtido pela análise de agrupamento hierárquica pelo método de Ward. A linha tracejada indica a distância euclidiana em que os grupos foram divididos.....66
- Figura 5** - Análise de agrupamento não hierárquica obtida pelo método k-means, utilizando os valores genéticos para a coloração da conjuntiva ocular (CCO), peso corporal (PC), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), ovos por grama de fezes (OPG) e escore da condição corporal (ECC).....67

LISTA DE TABELAS

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1-** Relação da coloração da conjuntiva ocular (Famacha[®]) e volume globular %, orientando ou não o tratamento.....32
- Tabela 2-** Descrição da estrutura do arquivo de dados.....47
- Tabela 3-** Protocolo adotado para determinação do acerto ou erro do escore coloração da conjuntiva ocular (CCO) em função do valor do volume globular (VG).....49
- Tabela 4-** Resumo da estrutura de dados, número de animais (N), médias, desvios-padrão (DP), mínimo (Min) e máximo (Max) para coloração da conjuntiva ocular (CCO), escore da condição corporal (ECC), porcentagem de *Haemonchus contortus* na contagem de ovos por grama de fezes (HOPG), contagem de ovos por grama de fezes total (OPGT), volume globular (VG), peso corporal (PC), peso corporal em cordeiro (a) (PCC- 1 a 150 dias), peso corporal em borrego (a) (PCB- 151 a 550 dias) e peso corporal adulto (PCA- acima de 550 dias) e proteína plasmática total (PPT), em ovinos da raça Santa Inês.....59
- Tabela 5-** Avaliador, número de observações (N) e porcentagem de acertos da avaliação da coloração da conjuntiva ocular em comparação com os valores de volume globular, em ovinos da raça Santa Inês.....59
- Tabela 6-** Médias de volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), contagem de ovos por grama de fezes (OPG), peso corporal (PC) e escore da condição corporal (ECC), em função do grau de anemia avaliado pela coloração da conjuntiva ocular (CCO) em ovinos da raça Santa Inês.....60
- Tabela 7-** Variâncias genética aditiva (σ^2_a), de ambiente permanente (σ^2_{ap}) e de ambiente temporário (σ^2_e), herdabilidade (h^2), repetibilidade (r) para coloração da conjuntiva ocular (CCO), peso (PC), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), contagem de ovos por grama de fezes (OPG) e escore da condição corporal (ECC), e seus respectivos desvio-padrão, em análises multicaracterística.....61
- Tabela 8-** Correlação genética (acima da diagonal), correlação fenotípica (abaixo da diagonal) e seus respectivos desvios-padrão entre coloração da conjuntiva ocular (CCO), peso (PC), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), contagem de ovos por grama de fezes (OPG) e escore da condição corporal (ECC), em análises multicaracterística.....63
- Tabela 9-** Número de observações (N), médias, coeficientes de variação (CV) e seus respectivos desvio padrão (DP), para peso corporal (PC), perímetro torácico (PT), altura da garupa (AG), altura da cernelha (AC), largura da garupa (LG), comprimento corporal (CC) em ovinos da raça Santa Inês.....69

Tabela 10- Média a posteriori, mediana, moda, desvio padrão (DP) e intervalos de maior densidade a posteriori (97,5% HDP) das variâncias genética aditiva direta (σ^2_a), de ambiente permanente (σ^2_{ap}) e residual (σ^2_e), herdabilidade (h^2) e repetibilidade (r) para, peso corporal, perímetro torácico, altura da garupa, altura da cernelha, largura da garupa, comprimento corporal e escore da condição corporal, em análise multicaracterísticas.....72

Tabela 11- Correlação genética (acima da diagonal), correlação fenotípica (abaixo da diagonal) e seus respectivos desvios-padrão entre peso corporal (PC), perímetro torácico (PT), altura da garupa (AG), altura da cernelha (AC), largura da garupa (LG), comprimento corporal (CC) e escore da condição corporal (ECC), em análises multicaracterísticas.....74

SUMÁRIO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	25
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	28
2.1. Ovinocultura no Brasil.....	28
2.2. Endoparasitas gastrintestinais em ovinos.....	29
2.2.1. Características indicadoras de resistência a verminose.....	31
2.2.1.1. Avaliação da coloração da conjuntiva ocular, utilizando o cartão Famacha.....	31
2.2.1.2. Volume Globular.....	33
2.2.1.3. Proteína Plasmática Total.....	33
2.2.1.4. Contagem de ovos por grama de fezes	34
2.2.1.5. Escore da condição corporal e peso corporal.....	35
2.3. Medidas corporais.....	36
2.4. Melhoramento genético de ovinos no Brasil.....	37
2.4.1. Parâmetros genéticos para resistência a verminose.....	40
2.4.2. Parâmetros genéticos para peso corporal e medidas corporais.....	41
2.4.3. Análises de agrupamento dos valores genéticos.....	42
3. OBJETIVOS.....	45
3.1. Objetivo geral	45
3.2. Objetivos específicos.....	45
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4.1. Origem dos dados.....	47
4.2. Avaliação da conjuntiva ocular.....	47
4.3. Pesagem e avaliação da condição corporal.....	48
4.4. Exames hematológicos.....	48
4.5. Exames coproparasitológicos.....	49
4.6. Procedimento de obtenção das medidas corporais.....	49
4.7. Análises estatísticas e estimação dos parâmetros genéticos.....	50
4.8. Análises de agrupamento dos valores genéticos	53
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
5.1. Características de resistência a verminose.....	56
5.1.1. Gênero de parasita prevalente.....	56
5.1.2. Estatística descritiva dos dados.....	56
5.1.3. Avaliação da coloração da conjuntiva ocular no diagnóstico da verminose.....	59

5.1.4. Parâmetros genéticos.....	60
5.1.5. Análise de agrupamento dos valores genéticos.....	64
5.2. Associação entre peso corporal e medidas corporais.....	68
5.2.1. Estatística descritiva dos dados.....	68
5.2.2. Parâmetros genéticos.....	70
6. CONCLUSÃO.....	77
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
8. ANEXO.....	91
8.1. Publicação.....	91

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A ovinocultura nacional possui atualmente um notável crescimento, tanto em número de animais quanto em importância econômica. Tal afirmação se confirma por meio de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), os quais revelam um efetivo ovino que ultrapassa 17,3 milhões de cabeças em 2010, obtendo aumento de 3,4 em relação a 2009, ressaltando a participação significativa e em expansão desta atividade dentro do agronegócio brasileiro. Entretanto, existem perdas de produtividade que afetam as estatísticas da produção de carne ovina do país, fazendo com que a mesma seja inversamente proporcional ao aumento do número de animais.

Um dos fatores sanitários mais importantes relacionados às perdas na produção de carne ovina são as infecções causadas por endoparasitas, sendo o principal o *Haemonchus contortus* (KENYON et al., 2009; MOLENTO et al., 2009; DOMKE et al., 2013; CORNELIUS et al., 2014; TORRES-ACOSTA et al., 2014). Este gênero possui hábito alimentar hematófago e a lesão sanguínea provocada pelo parasita resulta em um estado anêmico (KENYON et al., 2009). O método amplamente utilizado para controle das endoparasitoses é a administração de anti-helmínticos quimioterápicos, em muitos casos, indiscriminadamente, o que conduz ao desenvolvimento da resistência dos endoparasitas a esses medicamentos (AMARANTE, 2014; CORNELIUS et al., 2014; PLAYFORD et al., 2014; ROSE et al., 2015).

A seleção genética de reprodutores e matrizes resistentes (capazes de evitar o estabelecimento da infecção) e resilientes (animais parasitados que são capazes de manter a produção) às infecções gastrintestinais é possível (LÔBO et al., 2009; RILEY e VAN WYK, 2009, RILEY e VAN WYK, 2011), e pode ser uma ferramenta importante na redução de tratamentos com quimioterápicos (MOLENTO et al., 2011; AMARANTE, 2014).

A contagem de ovos por grama de fezes (OPG) e o volume globular (VG) são as características mais utilizadas na identificação de animais resistentes e resilientes, porém, exigem investimentos e equipamentos que são inviáveis para muitos produtores (RILEY e VAN WYK, 2009; VAN BURGEL et al., 2011). O método Famacha, desenvolvido por Malan e Van Wyk (1992), é uma técnica baseada na avaliação do grau de anemia do animal pela coloração da conjuntiva ocular, que pode ser usada para identificar animais resistentes, resilientes e sensíveis aos endoparasitas hematófagos (principalmente,

Haemonchus contortus), não havendo necessidade de recursos laboratoriais; porém, é necessário mão de obra treinada. Outra variável sugerida é o escore da condição corporal (ECC), através do qual é possível identificar animais com infecções parasitárias mistas que causam sinais de diminuição da conversão alimentar, desidratação e/ou anorexia (MOLENTO et al., 2011). O monitoramento em curto prazo no peso corporal também pode ser indicado para detectar animais parasitados (STAFFORD e COLES, 2009).

A raça Santa Inês tem grande importância econômica, pois tem sido a mais utilizada como raça materna em cruzamentos com raças mais especializadas em produção comercial de carne. A Santa Inês não apresenta estacionalidade reprodutiva, possui alto valor adaptativo e reprodutivo (PEREIRA, 2008). No entanto, o potencial para produção de carne necessita ainda de intenso trabalho de seleção.

O peso corporal tem sido o principal critério de seleção empregado nos rebanhos de ovinos no Brasil, pois é a medida mais segura de rendimento de carcaça. Estudos envolvendo características morfológicas são mais recentes e estão relacionadas ao peso do animal e a algumas características de carcaça (REIS et al., 2008; PINHEIRO e JORGE, 2010; SOUZA et al., 2014). De acordo com Cyrillo et al. (2012), as medidas corporais permitem conhecer o desenvolvimento das diferentes partes que compõe o exterior dos animais, predizem com relativa acurácia o peso corporal e, também, algumas características de carcaça.

Algumas medidas corporais estão sendo propostas como critérios de seleção indireta para peso corporal em ovinos (JANSSENS e VANDEPITTE, 2004; GIZAW et al., 2008) e em bovinos de corte (FERNANDES et al., 1996; CYRILLO et al., 2001). Nos trabalhos reportados na literatura, as medidas corporais são moderadamente herdáveis e possuem alta correlação genética com o peso corporal (JANSSENS e VANDEPITTE, 2004; AFOLAYAN et al., 2007; GIZAW et al., 2008).

No Brasil, o uso das medidas corporais e de características de resistência à verminose como critérios de seleção em ovinos da raça Santa Inês é prejudicado pela falta de estimativas de parâmetros genéticos pertinentes e do interesse dos criadores de ovinos em participar dos projetos de avaliação genética. Justificando a importância da pesquisa realizada na presente tese.

REVISÃO DE LITERATURA

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Ovinocultura no Brasil

O rebanho ovino no Brasil, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), ultrapassa 17 milhões de cabeças, concentradas na região sul, onde o rebanho é composto por raças lanadas, e na região nordeste é composto por raças deslanadas, onde se destaca a raça Santa Inês.

Além do potencial para a exploração familiar, o Brasil possui também um grande potencial de expansão e crescimento da ovinocultura através da exploração para a produção de carne, pele, leite e lã, devido ao clima favorável e à grande extensão territorial do país. A produção de carne ovina brasileira é ainda pouco expressiva já que não passa de 78.000 toneladas, menos de 1% da produção mundial (FAO, 2007).

Mesmo com o baixo consumo interno de carne, quando comparado com o consumo de países como Austrália e Nova Zelândia, a demanda nacional é superior à oferta resultando na necessidade de importação de carne ovina de outros países. Segundo Alves et al. (2014) o Uruguai praticamente é o único fornecedor de carne ovina para o Brasil. Essa realidade tem despertado o interesse de produtores do estado de São Paulo, já que o sistema de produção de ovinos demanda menor área física tanto para a criação quanto para a produção de alimentos para estes animais, o que torna a atividade uma alternativa economicamente viável com alta oportunidade de lucro.

O rebanho Santa Inês é o que mais cresce no Brasil atualmente, mas o potencial para produção de carne de Santa Inês necessita ainda de intenso trabalho de seleção, sem perder o foco na habilidade materna, e tem sido a mais utilizada no Brasil com esta finalidade em cruzamentos com raças mais especializadas em sistemas de produção comercial de carne ovina, por não apresentar estacionalidade reprodutiva, possuir alto valor adaptativo e reprodutivo, além de possuir o diferencial de apresentar boa resistência a endoparasitas gastrintestinais (PEREIRA, 2008). Destacando-a como excelente alternativa em todas as regiões tropicais do Brasil.

Mesmo diante dos potenciais que a ovinocultura brasileira apresenta, é importante ressaltar os entraves que prejudicam o crescimento deste setor, dentre eles, a sanidade, que envolve fatores genéticos, nutricionais e reprodutivos, todos estes relacionados de alguma forma com as infestações causadas por endoparasitas. Outro

entrave é a falta de investimentos e de padronização da atividade, sendo necessária maior integração entre os produtores e os órgãos de pesquisa, o que orientará os mesmos sobre a importância das anotações zootécnicas (pesos, nascimentos, genealogia). Prática esta pouco comum no cotidiano da maioria dos criatórios de ovinos.

Algumas propriedades participantes deste projeto não possuíam balança para a pesagem dos animais. Diante deste obstáculo, estudou-se a possibilidade de desenvolver uma fita de pesagem utilizando uma medida corporal, de modo que com apenas o uso desta os produtores nestas condições fossem capazes de estimar o peso corporal de seus animais.

2.2. Endoparasitos gastrintestinais em ovinos

Os endoparasitas gastrintestinais representam ainda um dos principais entraves para a saúde e a produtividade dos ovinos (CORNELIUS et al., 2014). Os gêneros que apresentam maior prevalência e alta intensidade de infecção nos rebanhos ovinos são os gêneros *Haemonchus* spp., *Ostertagia* spp., *Triconstrongylus* spp. e *Cooperia* spp. (KENYON et al., 2009; MOLENTO et al., 2009; DOMKE et al., 2013; CORNELIUS et al., 2014; TORRES-ACOSTA et al., 2014). As infecções raramente são causadas por uma única espécie de parasita, o parasitismo clínico é muitas vezes o resultado de infecções com várias espécies de parasitas gastrintestinais (MOLENTO et al., 2011).

O clima tropical do Brasil, que se caracteriza por ser quente e úmido, com adequada pluviosidade no verão, propicia o desenvolvimento de várias espécies de endoparasitas, entre os quais se destaca o *H. contortus*, uma espécie que merece maior atenção por apresentar maior prevalência em pequenos ruminantes e por ocasionar grandes perdas na produção devido a sua capacidade de ingerir grande quantidade de sangue no abomaso dos animais (AMARANTE et al., 1998). Ao se fixarem na parede do trato gastrintestinal do hospedeiro para se alimentarem, estes nematoides retiram nutrientes e até mesmo parte da mucosa do órgão, provocando distúrbios gastrintestinais e anemia importante. Esse quadro resulta em prejuízos significativos para a atividade, sendo estes associados principalmente a perda na produção e retardo no crescimento do rebanho, além da mortalidade, especialmente dos animais jovens (MOLENTO et al.,

2004; KENYON et al., 2009; LÔBO et al., 2009; MOLENTO et al., 2009; MOLENTO et al., 2011).

De acordo com Radostis et al. (2002), a evolução da anemia dos animais depende não só do número de vermes que se estabelecem no abomaso, mas também da habilidade do animal em compensar perdas de proteínas, hemoglobina e outros constituintes do sangue. A susceptibilidade dos animais varia não só entre raças, mas também entre indivíduos de uma mesma raça. Por isso a seleção genética de reprodutores e matrizes resistentes/resilientes é importante (LÔBO et al., 2009; RILEY e VAN WYK, 2009, RILEY e VAN WYK, 2011).

O método amplamente utilizado para controle das endoparasitoses é a administração de anti-helmíntico, em muitos casos, indiscriminadamente, o que vem fazendo com que os endoparasitas gastrintestinais se tornem resistentes aos diversos princípios ativos utilizados na formulação de tais fármacos, deixando os animais mais susceptíveis às infestações parasitárias (AMARANTE, 2014; CORNELIUS et al., 2014; PLAYFORD et al., 2014; ROSE et al., 2015) e fazendo com que este tipo de tratamento se torne cada vez menos eficiente. De acordo com Molento et al. (2011), o desenvolvimento da resistência anti-helmíntica dos vermes foi uma consequência da forte pressão de seleção sobre a população parasitária, devido a utilização indiscriminada de anti-helmínticos.

Estratégias de tratamento anti-helmíntico seletivo de animais parasitados têm sido sugeridas, não só para limitar o impacto econômico da verminose (CHARLIER et al., 2014; OLAH et al., 2015) como também para aumentar a população de parasitas em refúgio (não expostos aos tratamentos anti-helmínticos) (TORRES-ACOSTA et al., 2014, OLAH et al., 2015). De acordo com Olah et al. (2015), o conceito de refúgio assegura que uma parte da população de parasitas permanece não exposta aos medicamentos anti-helmínticos, fazendo com que os mesmos alberguem o alelo que causa a diminuição da susceptibilidade à droga. Esses refúgios são gerados por tratamentos apenas em indivíduos nos quais estão causando danos. Para preservar a população de refúgio, métodos alternativos de controle, baseados na mínima utilização de anti-helmínticos, têm sido desenvolvidos.

A seleção de raças e indivíduos geneticamente resistentes/resilientes ao parasitismo gastrintestinal (LÔBO et al., 2009; RILEY e VAN WYK, 2009, RILEY e

VAN WYK, 2011) pode ser uma ferramenta importante da redução de tratamentos anti-helmínticos (MOLENTO et al., 2011; AMARANTE, 2014).

2.2.1 Características indicadoras de animais resistentes a verminose

A identificação correta dos animais acometidos pelas infecções parasitárias é o primeiro passo para um controle eficiente desta doença. Atualmente existem vários métodos de diagnóstico de verminose, alguns exigem exames laboratoriais e outros podem ser realizados a campo e sem custos, é importante que o método apresente uma boa precisão no diagnóstico e que seja de fácil mensuração para os produtores. Vários estudos têm sido realizados com esta finalidade.

2.2.1.1. Avaliação da coloração da conjuntiva ocular, utilizando o cartão Famacha

O método conhecido como Famacha[®] tem como objetivo a identificação do grau de anemia ocasionada por *H. contortus*, através da inspeção da conjuntiva ocular dos animais (Figura 1), associado com os valores do volume globular dos mesmos. As intensidades das colorações observadas foram pré-estabelecidas, representando cinco graus de anemia (Figura 1).

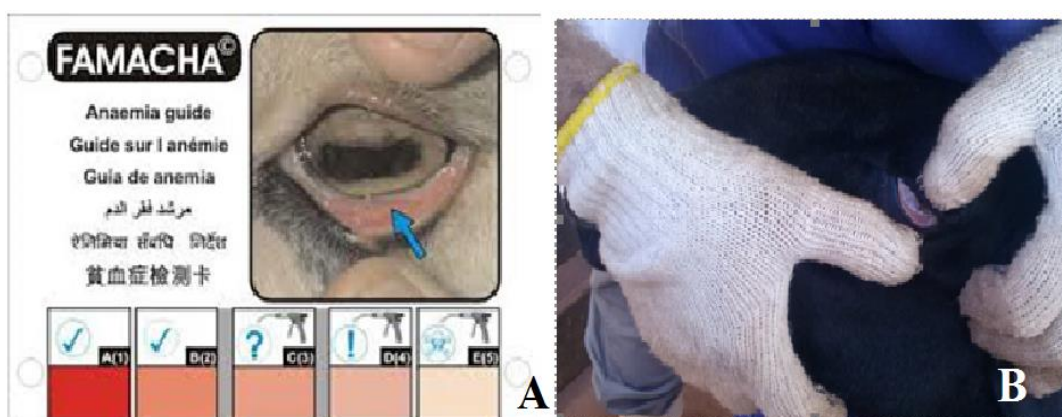


Figura 1. (A) Cartão FAMACHA de avaliação da conjuntiva em ovinos e caprinos.

(B) Forma correta de exposição da conjuntiva do animal.

Através do método Famacha é possível identificar os animais capazes de suportar infecções por *H. contortus*; sendo assim o tratamento anti-helmíntico é realizado apenas

àqueles indivíduos que apresentarem sinais clínicos de anemia (REYNECKE et al., 2011, MOLENTO et al., 2009), sem que haja para isso a necessidade de análises laboratoriais. Isso faz com que se preserve uma população sensível no ambiente, mantendo a eficácia dos anti-helmínticos por um período maior e retardando o aparecimento de resistência parasitária ((TORRES-ACOSTA et al., 2014, OLAH et al., 2015), além de reduzir os custos do tratamento pela diminuição do consumo de vermífugos.

Várias pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de verificar a eficácia do método Famacha, comparando esta com os valores de volume globular. Os resultados mostram que existe uma alta correlação entre as duas variáveis, ressaltando assim a precisão do método na identificação da anemia (MOLENTO et al., 2004; AFONSO et al., 2008; ABRÃO et al., 2010). Os valores de volume globular, que correspondem à coloração da conjuntiva ocular, constam na Tabela 1 (MOLENTO et al., 2004).

Tabela 1. Relação da coloração da conjuntiva ocular (Famacha[®]) e o volume globular %, orientando ou não o tratamento.

Grau Famacha [®]	Coloração	Volume globular (%)	Atitude clínica
1	Vermelho robusto	>27	Não tratar
2	Vermelho rosado	23 a 27	Não tratar
3	Rosa	18 a 22	Tratar
4	Rosa pálido	13 a 17	Tratar
5	Branco	<13	Tratar

Os animais que já foram tratados e ainda apresentam sintomas de infecção às endoparasitas hematófagos repetidas vezes serão descartados do plantel, isso permite que ocorra a seleção de indivíduos geneticamente resistentes à *H. contortus*. Através do método Famacha[®] é possível identificar clinicamente indivíduos resistentes, resilientes e sensíveis as infecções parasitárias, em situações reais no campo, não havendo a necessidade de recursos laboratoriais (MOLENTO et al., 2004), havendo, no entanto, a necessidade de mão de obra treinada (MAIA et al., 2014 e MAIA et al., 2015). Estas vantagens fazem com que o método Famacha[®] seja um sistema atraente para as condições do Brasil, lembrando que o *H. contortus* é o parasita de maior importância nos rebanhos de ovinos e caprinos do país.

A desvantagem desta técnica é a possibilidade da maior prevalência, no rebanho, de outros parasitas que não causam anemia, o que limita a interpretação do grau de anemia (MOLENTO et al., 2011).

2.2.1.2. Volume globular

Medidas de volume globular são altamente correlacionadas com a resistência a verminose quando o parasito predominante é o *H. contortus* (WOOLASTON e PIPER, 1996). Uma vez que este endoparasita tem o hábito alimentar hematófago, o que causa anemia e esta condição reflete neste parâmetro. Whitlock et al. (1958), citado por Costa et al. (1986), classificaram ovinos em susceptíveis e resistentes aos endoparasitas gastrintestinais com base nos valores de volume globular desses animais. Aqueles que apresentaram volume globular inferior a 20%, quando submetidos a pastagem contaminada foram considerados como susceptíveis.

2.2.1.3. Proteína plasmática total

Fazendo parte ainda da avaliação laboratorial sanguínea, a determinação das proteínas plasmáticas totais, comumente funciona como indicador indireto da gravidade do parasitismo gastrintestinal (ROSALINSKI-MORAIS et al., 2012).

Sendo assim, achados de hipoproteinemia podem ser associados ao parasitismo como consequência da espoliação sanguínea de nematódeos hematófagos (representado pelo principalmente pelo *H. contortus* neste caso), assim como, pela inflamação grave do epitélio intestinal provocada não só pela fixação do *H. contortus*, mas também pelo hábito alimentar histiófago dos outros endoparasitas frequentemente envolvidos na parasitose. Este quadro inflamatório culmina com o aumento da permeabilidade vascular intestinal, resultando em extravasamento e perda das proteínas plasmáticas para o lúmen do órgão. Outra consequência do processo que agrava o estado hipoproteico é a atrofia das vilosidades intestinais, que dificulta a digestão e principalmente a absorção da proteína proveniente da dieta.

Outra provável causa de diminuição da proteína plasmática total provocada pelo parasitismo por *H. contortus* consiste na extinção das reservas proteicas devido à resposta da medula óssea ao processo anêmico, onde existe o estímulo ao

desenvolvimento de uma hematopoiese compensatória utilizando para isso as reservas de ferro e proteína. Esta condição ocorre tanto nas infestações agudas, que originam perdas graves e rápidas de sangue, quanto em infestações crônicas onde a perda de sangue é constante durante um longo período (FONSECA, 2006).

Considerando essas informações, estudos demonstram que existe uma correlação negativa entre o volume globular e a proteína plasmática total em relação ao grau de Famacha[®] e a contagem de ovos por grama de fezes. Ou seja, existe a diminuição do volume globular e da proteína plasmática total à medida que há o aumento do grau de Famacha[®] e/ou da contagem de ovos nas fezes (ROSALINSKI-MORAES et al., 2012).

2.2.1.4. Contagem de ovos por grama de fezes

A contagem de ovos por grama de fezes tem sido relatada por vários pesquisadores como a mais eficiente característica no diagnóstico de parasitoses gastrintestinais, pois a contagem de ovos nas fezes é representativo da carga parasitária no intestino de ovinos e caprinos (MOLENTO et al., 2008). Animais resistentes são capazes de, praticamente, eliminar o estabelecimento de infecções parasitárias (possuem quantidade de ovos nas fezes nula ou bem próxima a zero); já os animais resilientes têm a capacidade para manter uma boa saúde e produtividade, apesar de estarem parasitados (verificados pela presença de ovos nas fezes) (MOLENTO et al., 2009).

Idika et al. (2012) classificaram os animais com contagem de ovos nas fezes inferior a 1000 ovos/g, como “resistentes” a infecção parasitária, animais com contagem de ovos nas fezes entre 1000 e 10000 ovos/g, como “intermediários”, e acima de 10000 ovos/g como “susceptíveis”. Já em trabalho desenvolvido por Coutinho et al. (2015) foi ministrado vermífugo aos animais apenas quando a média de contagem de ovos nas fezes atingiu 800 ovos/g. Medina-Pérez et al. (2015), em ovinos, e Torres-Acosta et al. (2014), em cabras, utilizaram um limiar de >750 ovos/g para proceder a vermifugação dos animais.

Um dos principais fatores limitantes para o uso do contagem de ovos nas fezes é a falta de um limite que indica a necessidade de vermifugação e a dificuldade da realização destas análises pelos produtores de ovinos, pois é uma análise laboratorial que necessita de mão de obra especializada, e quando feita em laboratório terceirizado resulta em um aumento significativo nos custos.

2.2.1.5. Escore da condição corporal e peso corporal

O escore da condição corporal é uma medida subjetiva, obtida por meio de avaliação visual e pela palpação da região dorso-lombar da coluna vertebral, verificando a quantidade de gordura e músculo encontrada no ângulo formado pelo processo espinhoso e transversal das vértebras. Dessa forma, foram atribuídos escores de 1 a 5, que representam: (1) animal caquético; (2) magro; (3) médio; (4) gordo e (5) obeso (TOMPSON e MEYER, 1994).

O escore da condição corporal é uma medida prática, de baixa tecnologia e aceita como indicador do estado geral e de reservas corporais do animal, além de ser utilizada na seleção indireta para o peso corporal (VAN BURGEL et al., 2011). Esse parâmetro tem sido avaliado ainda como ferramenta no diagnóstico de infecções causadas por nematódeos (CORNELIUS et al., 2014). Besier et al. (2010) levantaram a hipótese de que ovelhas com escore da condição corporal mais baixos tendem a sofrer maior perda na produção devido às infecções parasitárias do que ovelhas com escore da condição corporal mais altos, indicando que esta característica pode proporcionar uma base para seleção adequada.

Segundo Molento et al. (2011), o escore da condição corporal pode ser utilizado como indicador de infecções causadas por parasitas não hematófagos (*Trichostrongylus colubriformis* ou *Teladorsagia circumcincta*). Através do registro mensal de escore da condição corporal é possível identificar animais com infecções parasitárias mistas que causam sinais de diminuição da conversão alimentar, desidratação e/ou anorexia.

O escore corporal como critério de tratamento seletivo foi utilizado por Gallidis et al. (2009), que deixaram de vermifugar animais com escore corporal maior que 2, possibilitando redução de 73% nas vermifugações em caprinos e 50% em ovinos. Idika et al. (2012), ao realizarem estudos com cordeiros infectados por *H. contortus* experimentalmente, constataram redução na média de escore corporal inicial, após 28 dias, comparando grupo controle e o grupo infectado.

O monitoramento do peso corporal e do escore da condição corporal, em curto prazo, além de ser utilizado como parâmetro para avaliar o estado nutricional dos animais, também pode ser empregado na identificação de ovinos susceptíveis, especialmente em áreas onde *H. contortus* não está presente (KENYON et al., 2009; STAFFORD et al., 2009).

2.3. Medidas corporais

A determinação do peso corporal dos animais é importante para avaliar o crescimento e o estado clínico dos animais, e assim empregar o manejo nutricional, reprodutivo e sanitário adequado para o ajuste de dietas, assim como a aplicação de medicamentos e o estabelecimento do valor do animal para abate (REIS et al., 2008; KUNENE et al., 2009). O peso corporal tem sido o principal critério de seleção empregado nos rebanhos de ovinos no Brasil, pois de acordo com Araújo (1997) é a medida mais segura de rendimento de carcaça. Estudos envolvendo características morfológicas são mais recentes e estão relacionadas ao peso do animal e a algumas características de carcaça (REIS et al., 2008; PINHEIRO e JORGE, 2010; SOUZA et al. 2014).

A realidade econômica das fazendas produtoras de ovinos no Brasil nem sempre permitem a aquisição de balanças para realizar a pesagem dos animais, sendo necessárias alternativas para se predizer o peso corporal nestas situações. Uma possibilidade encontrada para superar este obstáculo envolve a utilização de medidas corporais para predição *in vivo*. Este é um método não invasivo que permite a rápida avaliação com boa precisão, além da vantagem do seu baixo custo e fácil aprendizagem; no entanto deve-se ter o cuidado de o animal estar na posição correta, para que não prejudique a avaliação dos músculos envolvidos em determinada medição, e o técnico deverá ser treinado (ROSA et al., 2014). As medidas corporais são de fácil mensuração, menos susceptíveis às variações do meio ambiente e podem refletir melhor o tamanho corporal quando comparadas a medidas de peso vivo (CARTWRIGHT, 1979).

De acordo com Cyrillo et al. (2012), as medidas corporais permitem conhecer o desenvolvimento das diferentes partes que compõe o exterior dos animais e predizem com relativa acurácia o peso corporal e, também, quando analisadas em conjunto ou isoladamente permitem estimar as medidas da futura carcaça (SOUZA et al., 2014; CYRILLO et al., 2012; FERNANDES et al., 2010; ROSA et al., 1999).

As principais medidas corporais que analisadas juntamente com outros índices zootécnicos, e que constitui importante base de dados para a avaliação dos animais e para determinar a evolução do sistema produtivo são: perímetro torácico, altura da garupa, altura da cernelha, comprimento corporal e escore da condição corporal (SOUZA et al., 2014).

No melhoramento genético estas medidas podem ser utilizadas na seleção indireta para o peso ou em conjunto com os pesos corporais. E tem sido propostas como critérios de seleção indireta para peso corporal em ovinos (JANSSENS e VANDEPITTE, 2004; GIZAW et al., 2008) e em bovinos de corte (VARGAS et al., 1998; CYRILLO et al., 2001) e para a predição do peso vivo desses animais (PESMEN e YARDIMCI, 2002; ATTA et al., 2004; SOUZA et al., 2009; CUNHA FILLHO et al., 2010; CYRILLO et al., 2012; IQBAL et al., 2014).

Nos trabalhos reportados na literatura, as medidas corporais são moderadamente herdáveis e possuem alta correlação genética com o peso corporal (AFOLAYAN et al., 2007; JANSSENS e VANDEPITTE, 2004; GIZAW et al., 2008).

2.4. Melhoramento genético de ovinos no Brasil

No Brasil as primeiras avaliações genéticas em ovinos iniciaram-se na década de 1970, visando a melhoria da produtividade e qualidade da lã (OJEDA, 1999). O primeiro Programa de Melhoramento Genético de Ovinos (PROMOVI) teve alcance apenas regional, pois os trabalhos concentravam-se somente em propriedades do Rio Grande do Sul durante os anos de 1977 a 1995. Muitas das pesquisas não tiveram o efeito esperado, em função do regionalismo, da restrita participação dos produtores e da ausência de um programa de melhoramento genético mais abrangente; somente a avaliação genética não produz qualquer ganho genético (MORAIS, 2008). Para que isso ocorra o processo de avaliação precisa estar inserido num programa de melhoramento onde estejam previstas a seleção e a utilização dos animais selecionados como reprodutores.

Com a crise internacional no mercado de lã, na década de 1990 ocorreu a ascensão da ovinocultura de corte no Brasil, fazendo com que a ARCO (Associação Brasileira de Criadores de Ovinos) alterasse o PROMOVI em 1991 com a inclusão do TVC (teste de velocidade de crescimento) (MORAIS, 2008).

O primeiro trabalho de melhoramento genético em ovinos Santa Inês intitulado “Seleção de ovinos deslanados para o melhoramento genético dos rebanhos experimentais e privados do nordeste do Brasil” teve início em 1990 e foi coordenado pela Embrapa Caprinos; no entanto precisou ser encerrado 5 anos após o início pela falta de adesão de criadores e associações (MORAIS, 2008).

Programas de melhoramento genéticos em ovinos em longo prazo no Brasil ainda são raros, principalmente devido à desorganização da cadeia produtiva e desinteresse por parte dos criadores. É necessária maior integração entre produtores e instituições de pesquisa e o comprometimento dos órgãos de pesquisa em realizar as avaliações genéticas dos dados colhidos pelos criadores e apresentar os resultados. A falta de anotações corretas referentes a genealogia dos animais e a pouca conexão genética entre rebanhos, também dificulta a implantação de programas de melhoramento genético.

Na implantação de um programa de melhoramento genético é fundamental definir seus objetivos de seleção que maximizem os retornos econômicos do sistema de produção. Para isso é necessário identificar as características tidas como critérios de seleção que influenciam na eficiência econômica (HAZEL, 1943). De acordo com Ponzoni e Newman (1989), essas características serão utilizadas na predição dos valores genéticos dos animais a serem selecionados.

A herdabilidade e a associação genética entre as características, bem como, a facilidade e os custos para obtenção das mensurações, são essenciais na escolha dos critérios de seleção (BOURDON, 1997). Os programas de melhoramento dependem de estimativas precisas dos parâmetros genéticos e, segundo McManus et al. (2010), estas variam de acordo com o sistema de criação, raça utilizada, bem como os modelos estatísticos utilizados para o seu cálculo.

A herdabilidade é o parâmetro mais importante no melhoramento genético; expressa a proporção da variância total que é atribuível a diferenças de valores genéticos, revelando a precisão com que o valor fenotípico representa o valor genético (FALCONER e MACKAY, 1996). De acordo com Bourdon (1997), estimativa de herdabilidade inferior a 0,20 é considerada baixa, herdabilidade moderada varia de 0,20 a 0,39 e alta acima de 0,40. Baixas estimativas de herdabilidade indicam pequena variabilidade genética aditiva na expressão da característica, sendo esta mais influenciada por condições ambientais. No entanto, os ganhos obtidos pelo melhoramento genético das características serão permanentes (PEREIRA, 2008), justificando desta forma o investimento na seleção de animais geneticamente superiores para as características de importância econômica.

A herdabilidade de uma característica faz parte de quase todas as fórmulas relacionadas com os métodos de melhoramento, indica se há a possibilidade de obtenção

de ganho genético por meio de sua seleção, dependendo da sua magnitude (FALCONER e MACKAY, 1996).

Outro parâmetro genético de extrema importância é a correlação genética entre duas características, a qual mede a probabilidade de duas características diferentes serem afetadas pelos mesmos genes. A pleiotropia definida como múltiplos efeitos de um mesmo gene, tem sido a principal causa desta correlação (PEREIRA, 2008). Quando a correlação genética entre duas características é favorável e superior a 0,80, apenas uma delas deve ser levada em conta nos programas de seleção (ROBERTSON, 1959). Algumas características podem ter custos elevados ou serem de difícil mensuração; neste caso outras características que possuem associação genética favorável e fazem parte dos objetivos de seleção podem ser usadas como critérios de seleção.

Atualmente no Brasil estão disponíveis alguns programas de melhoramento em ovinos:

- Programa de Melhoramento Genético de Caprinos e Ovinos de corte (GENECOC), iniciado em 2003, coordenado pela EMBRAPA Ovinos e Caprinos;
- Programa de Melhoramento Genético de Ovinos da raça Santa Inês (SANTAGEN), coordenado pelo Centro de Ciências agrárias da Universidade Federal Piauí (UFPI);
- O Programa de Melhoramento Genético de Ovinos da Raça Santa Inês (PROMOSI), coordenado pela Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA), em parceria com Associação Sergipana de Criadores de Ovinos e Caprinos (ASCOC), e com a universidade de São Paulo (USP).
- Programas de empresas privadas, como exemplo: OviGol® - Abacus Bio limitada com Áries e Reprodução e Melhoramento Genético Ovino Ltda. e PROAG BRASIL - Pecuária Brasil Assessoria com o IZ – Instituto de Zootecnia.

No entanto, poucos são os trabalhos na literatura nacional que se referem a parâmetros genéticos para características de crescimento em ovinos (MCMANUS e MIRANDA, 1998; LÔBO et al., 2009; SARMENTO et al., 2006), mais escassos ainda são trabalhos referentes a parâmetros genéticos para características de resistência a verminose (WINDON, 1996; LÔBO et al., 2009), e inexistentes são os trabalhos referentes a parâmetros genéticos para medidas corporais.

2.4.1 Parâmetros genéticos para resistência a verminose

A seleção de animais resistentes a verminose com base na contagem de ovos por grama de fezes tem sido objetivo de programas de melhoramento genético em ovinos em vários países. RILEY e VAN WYK (2009) relataram herdabilidade para ovos por grama de fezes de $0,22 \pm 0,06$. Snyman (2007) em animais da raça Afrino, e Huisman et al. (2008) em animais da raça Merino obtiveram estimativas de herdabilidade semelhantes, cujos valores foram 0,19 (0,03) e 0,18 (0,07), respectivamente. Nieto et al. (2003) relataram estimativa de herdabilidade baseada nas análises de ovos por grama de fezes, de 0,08, em fêmeas mestiças no estado do Paraná.

Em ovinos da raça Santa Inês, trabalhos da literatura relatam estimativas de herdabilidade para a contagem de ovos por grama de fezes variando de 0,20 a 0,40 (WINDON, 1996) e de 0,01 a 0,52 (LÔBO et al., 2009). Os autores deste último trabalho atribuíram a variação ao fato de que os animais que foram expostos na primeira vez, e ainda não possuíam resistência aos endoparasitas e à medida que envelheceram estes se tornaram menos susceptíveis aos efeitos patogênicos dos nematódeos.

Riley e Van Wyk (2009) obtiveram estimativa de herdabilidade para o método Famacha de $0,13 \pm 0,05$ em ovinos da raça Merino. Snyman (2007) relataram herdabilidade de $0,17 \pm 0,03$ para o este mesmo método em animais da raça Afrino.

Medidas de volume globular possuem estimativas de herdabilidade semelhantes ao OPG. Lôbo et al. (2009) obtiveram estimativas de herdabilidade para volume globular variando de 0,12 a 0,31. Vanimisetti et al. (2004) relataram herdabilidade para esta mesma característica variando de 0,29 a 0,49. Snyman (2007) e Riley e Van Wyk (2009) relataram estimativas de herdabilidade para volume globular de 0,19 (0,03) e 0,25 (0,06), respectivamente.

Riley e Van Wyk (2009) obtiveram estimativas de herdabilidade para peso corporal e escore de condição corporal de 0,19 (0,05) e 0,17 (0,05), respectivamente, em ovinos da raça Merino na África. Os mesmos autores relataram correlações genéticas favoráveis entre CCO e PC (-0,17) e entre CCO e ECC (-0,18), e entre PC e ECC de 0,59. Snyman (2007) relatou estimativas de correlação genética entre o método Famacha e OPG ($0,29 \pm 0,13$), Famacha e VG ($-0,50 \pm 0,15$) e OPG e VG (-0,67).

As magnitudes das características de resistência à verminose apresentaram valores de baixo a moderado; levando em consideração que os ganhos genéticos obtidos com o

melhoramento genético serão permanentes é justificado o investimento na seleção de animais geneticamente superiores para estas características. Além disso, a associação genética entre as características de resistência a verminose e o peso corporal é favorável.

2.4.2 Parâmetros genéticos para peso corporal e medidas corporais

O peso corporal é o principal critério de seleção empregado nos rebanhos de elite de ovinos no Brasil (SARMENTO et al., 2006) quanto mais cedo os cordeiros atingem o peso ao abate, melhor será economicamente.

Apesar das medidas corporais serem vantajosas, pela facilidade de mensuração, nenhum estudo foi feito com relação à estimação dos componentes de (co)variância para medidas corporais em ovinos da raça Santa Inês e apenas algumas estimativas de (co)variância foram reportadas para outras raças de ovinos em outros países.

Pollott et al. (2004) relataram estimativas de herdabilidade para peso corporal de 0,23 na raça Merino, já Riley e Van Wyk (2009) obtiveram 0,19 em ovinos da raça Merino na África e Gizaw et al. (2008) encontraram $0,46 \pm 0,02$ em ovinos da raça Menz na Etiópia. Janssens e Vandepitte (2004) relataram estimativas herdabilidade de 0,54, 0,49 e 0,50 em ovinos da raça Belgian Blue du Maine, Suffolk e Texel, respectivamente.

Gizaw et al. (2008) relataram estimativas de herdabilidade para altura da garupa, largura da garupa, perímetro torácico e comprimento corporal de $0,36 \pm 0,015$, $0,076 \pm 0,004$, $0,314 \pm 0,013$ e $0,27 \pm 0,01$, respectivamente, em ovinos da raça Menz. Nos estudos de Janssens e Vandepitte (2004), em animais da raça Belgian Blue du Maine, foram obtidas estimativas de herdabilidade para altura da garupa, largura da garupa, perímetro torácico e comprimento corporal de 0,43, 0,26, 0,45 e 0,30, respectivamente. No mesmo trabalho os autores observaram o valor de herdabilidade de 0,57 para altura da cernelha, 0,34 para largura da garupa, 0,39 para perímetro torácico e 0,35 para condição corporal em animais da raça Suffolk, na raça Texel relataram herdabilidades para altura da cernelha, largura da garupa, e comprimento corporal, de 0,40, 0,30, 0,40 e 0,20, respectivamente.

Para outras espécies foram encontradas na literatura, por Ferreira et al. (2014), estimativas de herdabilidade para perímetro torácico, comprimento corporal, altura da cernelha, altura da garupa e largura da garupa, de 0,25, 0,17, 0,11, 0,15 e 0,22,

respectivamente, em caprinos da raça Saanen nascidos no Brasil. Em bovinos da raça Nelore, Cyrillo et al. (2001) relataram estimativas de herdabilidade para altura da garupa, perímetro torácico, comprimento corporal e largura da garupa de 0,58, 0,10, 0,13 e 0,12, respectivamente. Lagrotta et al. (2010), em estudos com bovinos leiteiros da raça Gir, relataram herdabilidade para AG, PT, CC e LG de 0,54, 0,30, 0,18 e 0,26, respectivamente.

As medidas corporais em ovinos apresentam estimativas de correlação genética de magnitudes altas e positivas com o peso corporal variando de 0,78 a 0,98 (GIZAW et al., 2008; JANSSENS e VANDEPITTE, 2004), sendo as maiores correlações observadas entre peso corporal e perímetro torácico.

Os parâmetros genéticos relatados na literatura sugerem que ganho genético para as medidas corporais pode ser obtido por meio da seleção indireta através do peso e que estas devem agregar informações nas avaliações genéticas e aumentar a acurácia dos valores genéticos, principalmente para as propriedades sem investimentos como é o caso da maioria dos rebanhos ovinos brasileiros.

2.4.3 Análises de agrupamento dos valores genéticos

A análise de agrupamentos é um método estatístico de análise multivariada, que possui aplicabilidade (dentre as várias) na análise de dados voltados ao melhoramento genético animal. Neste contexto este tipo de análise visa à obtenção de grupos de indivíduos reunidos de acordo com a proximidade/semelhança genética, quando são utilizados os agrupamento dos valores genéticos, em relação a um determinado conjunto de variáveis, ou seja, esse método eleva ao máximo a homogeneidade dos indivíduos de um mesmo grupo, e a heterogeneidade dos indivíduos de grupos distintos, considerando as características em foco (HAIR et al., 2009).

A aplicação da análise de agrupamentos é baseada no emprego de coeficientes responsáveis por determinar o quão parecidos ou diferentes os indivíduos analisados são, sendo representados respectivamente pelas medidas de similaridade ou dissimilaridade. O coeficiente de correlação é um exemplo de medida de similaridade, onde quanto maior o valor obtido mais semelhante são os indivíduos. A distância euclidiana é uma medida de dissimilaridade que pode ser utilizada para buscar

semelhança entre os grupos, quanto menor o valor obtido mais próximos os indivíduos estão uns dos outros, sendo esta última a medida mais utilizada neste tipo de estudo.

O processo de agrupamento pode ser dividido basicamente em dois: a análise hierárquica e a não hierárquica. A hierárquica agrupa os indivíduos de acordo com a semelhança das variáveis estudadas, resultando em um gráfico final denominado dendrograma, onde é possível analisar os agrupamentos. O método de agrupamento hierárquico mais utilizado é o de Ward (1963). Segundo Hair et al. (2009) e Seidel et al. 2008, o método de Ward utiliza a distância euclidiana e resulta em agrupamentos de tamanhos aproximadamente iguais, devido a sua minimização da variância interna. A análise não hierárquica utiliza o método k-means (HARTIGAN, 1975; HARTIGAN e WONG, 1979) e visa, a partir de grupos pré-estabelecidos (geralmente na análise hierárquica), medir a distância dos indivíduos agrupados em relação ao centro do grupo, maximizando a semelhança intragrupo e refinando os resultados.

No contexto do melhoramento genético animal as análises de agrupamento tem sido utilizadas com o objetivo de identificar animais com melhores genótipos para determinadas características. Savegnago et al. (2015) utilizaram análises de agrupamento para explorar o perfil genético de vacas da raça Holandesa para a produção de leite, visando identificar animais mais indicados a seleção. Análises de agrupamento foi utilizada por Cruz et al. (2015) com o objetivo de explorar o padrão genético da curva de produção de leite no dia do controle em vacas da raça Guzerá. Savegnago et al. (2011) utilizaram análise de cluster para explorar o perfil genético de produção de ovos em aves White Leghorn.

OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Obter estimativas de parâmetros genéticos para as características de importância econômica em ovinos da raça Santa Inês, com o intuito de definir os critérios de seleção para esses animais.

3.2. Objetivos Específicos

- Determinar características que sejam indicadoras da resistência aos endoparasitas hematófagos em ovinos da raça Santa Inês.
- Estimar parâmetros genéticos e fenotípicos para peso corporal, escore da condição corporal, coloração da conjuntiva ocular, contagem de ovos por grama de fezes, volume globular e proteína plasmática total. Estimar associações genéticas e fenotípicas entre todas as características estudadas.
- Explorar o perfil genético da população, utilizando análises de agrupamento com base nos valores genéticos para características indicativas de resistência à verminose, visando identificar grupos dentro da população que possam ter perfil de resistência ou susceptibilidade às endoparasitoses e assim direcionar o melhoramento genético.
- Estimar as herdabilidades e as correlações genéticas e fenotípicas para peso corporal e medidas corporais: perímetro torácico, altura da garupa, altura da cernelha, largura da garupa, comprimento corporal, e escore da condição corporal com o intuito de fornecer informações para a inclusão destas características nos programas de melhoramento genético.

MATERIAL E MÉTODOS

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Origem dos dados

As colheitas dos dados foram realizadas em seis fazendas (Tabela 2), que possuíam ligação genética entre si, com localização no Estado de São Paulo, nos municípios de Cravinhos (21°20'25"), Jardinópolis (21°01'04"), Nova Odessa (22°46'39"), Pontal (21°01'21"), Serrana (21°12'41"), São Carlos (21°01'03"). Estes municípios se caracterizam por apresentar clima tropical, com duas estações bem definidas, verão chuvoso (novembro a abril) e inverno seco (maio a outubro). As coletas foram realizadas em intervalos mensais, no período de julho de 2013 a outubro de 2014.

Tabela 2. Descrição da estrutura do arquivo de dados.

Fazendas	Nº de informações	Nº de animais
1	558	178
2	540	107
3	137	42
4	117	24
5	454	195
6	719	225
Total	2525	771

4.2. Avaliação da conjuntiva ocular

A inspeção da conjuntiva ocular foi realizada por pessoas treinadas, com o objetivo de evitar a divergência de interpretação no momento do exame clínico. O diagnóstico foi realizado utilizando o cartão Famacha, ou seja, comparando as diferentes tonalidades da conjuntiva, representados pelos números 1, 2, 3, 4 e 5, que correspondem às cores vermelho robusto, vermelho rosado, rosa, branco e branco pálido respectivamente.

4.3. Pesagem e avaliação da condição corporal

Os animais foram pesados em balança eletrônica. O escore da condição corporal foi obtido por meio visual e pela palpação da região dorso-lombar da coluna vertebral, verificando a quantidade de gordura e músculo encontrada no ângulo formado pelo processo espinhoso e transverso das vértebras. Dessa forma, foram atribuídos escores de 1 a 5, que representam: (1) animal caquético; (2) magro; (3) médio; (4) gordo e (5) obeso (TOMPSON e MEYER, 1994).

4.4. Exames hematológicos

Amostras de sangue foram colhidas por meio da punção da veia jugular em tubos a vácuo, de 5 mL, contendo solução de ácido etilenodiaminotetracético potássio (EDTA) a 1%. A determinação do volume globular foi realizada pela técnica de centrifugação por micro hematócrito (SCHALM et al., 1975), utilizando tubos capilares de 75 x 1,0 mm. Após a homogeneização da amostra de sangue, preenchia-se o tubo capilar com sangue até $\frac{3}{4}$ da sua capacidade, vedando em seguida uma das extremidades com massa de modelar. Em seguida, os tubos eram levados a microcentrífuga e centrifugados a velocidade de 11000 rotações por minuto, durante 10 minutos. Em seguida foi feita a leitura da fração de glóbulos vermelhos sedimentados, com a ajuda de um cartão específico para a leitura de microhematócrito, sendo o resultado expresso em percentual.

A proteína plasmática total (PPT) foi determinada pela técnica de refratometria (SCHALM et al., 1975). Os tubos capilares preenchidos depois de realizada a determinação da % de hematócrito, eram quebrados acima da linha leucocitária, e colocava-se uma gota do plasma sobre o prisma do refratômetro, realizando a leitura na coluna de determinação de proteínas, expressa em gramas por decilitro.

Um protocolo, conforme apresentado na Tabela 3, foi adotado para calcular a porcentagem de acertos do avaliador da coloração da conjuntiva ocular, coletadas no campo, em relação ao percentual de volume globular obtido por análises laboratoriais.

Tabela 3. Protocolo adotado para determinação do acerto ou erro do escore coloração da conjuntiva ocular (CCO) em função do valor do volume globular (VG).

VG	Resultado da CCO	
	1 ou 2	3 ou 4 ou 5
≥ 23%	Correto	Errado
< 23%	Errado	Correto

Adaptado de Reynecke et al., 2011.

4.5. Exames coproparasitológicos

As fezes foram coletadas diretamente da ampola retal e submetidas, individualmente, à contagem de ovos por grama de fezes, utilizando a técnica de McMaster, modificada de Gordon e Whitlock (1939). Das amostras de fezes, foram pesadas 2g e transferidas para recipientes plásticos e homogêneos em 28 ml de solução salina saturada. Em seguida este líquido foi filtrado, com o auxílio de um coador, com uma alíquota desta solução foram preenchidas as duas áreas da câmara de McMaster. A leitura foi realizada após dois minutos em microscópio ótico. O valor de ovos encontrado nas duas áreas da câmara de McMaster foi multiplicado por 50.

As 10 amostras com maior contagem de OPG por lote de manejo foram submetidas ao cultivo das larvas infectantes para identificação dos gêneros de parasitas (ROBERTS e O'SULLIVAN, 1950).

4.6. Procedimento de obtenção das medidas corporais

As medidas corporais avaliadas foram determinadas com o auxílio de fita métrica com os animais em superfície plana. As seguintes medidas foram obtidas:

- Perímetro Torácico (PT)
Contorno do tórax ao nível da cernelha.
- Altura da Garupa (AG)
Distância entre a tuberosidade sacral e a extremidade distal do membro inferior.
- Altura da Cernelha (AC)
Distância entre a região da cernelha e a extremidade distal do membro anterior.
- Largura da Garupa (LG)
Distância entre os trocânteres maiores dos fêmures.

- Comprimento Corporal (CC)

Medida obtida lateralmente entre a ponta inferior da escapula e a ponta do ísquio.

4.7. Análises estatísticas e estimação dos parâmetros genéticos

Para as análises foram utilizadas 2531 informações, provenientes de animais da raça Santa Inês, que nasceram entre os anos de 2002 a 2013, filhos de 68 carneiros e 352 ovelhas. O arquivo de genealogia foi composto por 1575 animais.

Para a CCO, os valores referentes à coloração 3, 4 e 5 foram agrupados em uma só classe devido ao pequeno número de informações com coloração 4 (0,4%) e 5 (0,04%) constituindo, então, três classes de coloração da conjuntiva ocular: classe 1 (grau de coloração 1- 77,22%); classe 2 (grau de coloração 2- 18,60%); classe 3 (grau de coloração 3, 4 e 5 – 4,18%).

A quantidade de ovos nas fezes utilizada nas análises foi a proporção de *Haemonchus contortus*, determinada na coprocultura. A contagem de ovos por grama de fezes, por não apresentar distribuição normal, foi transformada para a escala logarítmica, utilizando a fórmula ($OPG = \log(OPG + 1)$).

Análises estatísticas prévias foram realizadas pelo método dos quadrados mínimos usando o procedimento GLM (SAS, 2003), buscando verificar possíveis efeitos ambientais que pudessem influenciar as mensurações das características a fim de incluí-las nos modelos, bem como os melhores modelos e/ou transformações para analisá-las.

Foi realizada a análise de variância através do procedimento GLM dos SAS, analisando as variáveis volume globular, proteína plasmática total, contagem de ovos por grama de fezes, escore da condição corporal e peso corporal em cada escore de coloração da conjuntiva ocular.

O modelo incluiu para todas as características o efeito aleatório genético aditivo direto, de ambiente permanente e o residual, além dos efeitos fixos de grupo de contemporâneos (rebanho, mês e ano da colheita), sistema de produção (extensivo, semiconfinado e confinado), sexo, e a classe de idade do animal à mensuração que foi dividida em três classes: Cordeiro (1-150 dias); borrego (151-550 dias); adulto (acima de 550 dias). Para as características coloração da conjuntiva ocular e escore da condição corporal foi incluído no modelo o efeito fixo de avaliador. Para coloração da conjuntiva

ocular, volume globular, proteína plasmática total e contagem de ovos por grama de fezes, foi incluído o efeito da vermifugação (se o animal recebeu ou não anti-helmíntico até 30 dias antes da colheita dos dados).

As características foram analisadas conjuntamente, por meio de análises multicaracterísticas. Foram realizadas duas análises, uma entre as características indicativas de resistência a verminose (2525 informações provenientes de 771 animais) e outra entre peso corporal e medidas corporais (2339 informações provenientes de 645 animais).

Análise 1: PC, CCO, VG, PPT, OPG, ECC.

Análise 2: PC, ECC, PT, AG, AC, LG, CC.

Os componentes de (co) variância foram obtidos, utilizando inferência estatística Bayesiana, com o auxílio computacional do programa THRGIBBS1F90 (MISZTAL et al., 2002), ou seja, usou-se simulação estocástica de Monte Carlo em Cadeia de Markov (MCMC) para obter estimativas dos parâmetros de interesse, utilizando amostrador de Gibbs (Gibbs *Sampling*). Para atingir o objetivo proposto, empregaram modelos de regressão de efeitos mistos, em que para os efeitos fixos assumiu-se que seguem distribuição uniforme à priori. E, para os efeitos aleatórios, considerou-se como distribuição à priori, que segue uma Wishart invertida, com matriz de variância e covariância não estruturada.

Pelo processo de simulação estocástica, obteve-se uma única cadeia de 250.000 iterações, considerou-se um *burn-in* de tamanho 50.000, para minimizar o efeito dos valores iniciais no algoritmo de amostragem. Para evitar auto correlação serial entre as amostras usou-se intervalos de tamanho 25. Então se trabalhou com 8000 amostras para obter as estimativas dos parâmetros de interesse e seus respectivos intervalos de densidade. A convergência foi verificada por meio de inspeção visual da cadeia de cada parâmetro estimado (*trace graphs*). As estimativas a posteriori foram obtidas com a utilização do aplicativo POSTGIBBSF90 (MISZTAL et al., 2002).

O modelo completo pode ser descrito na forma matricial como:

$$y = X\beta + Za + Wap + e ,$$

em que, y é o vetor de observações, X é a matriz de incidência que associa os efeitos fixos (grupo de contemporâneos, idade do animal à mensuração) com vetor β de parâmetros, Z e W são matrizes que associam os efeitos genético direto e ambiente permanente aos respectivos vetores (a e ap), e e é o vetor de efeitos residuais.

As pressuposições em relação aos componentes do modelo são:

$$b \propto \text{constante}$$

$$a | G \sim NMV[0, (G \otimes A)]$$

$$ap | P \sim NMV[0, (P \otimes I_n)]$$

$$G | S_g, \nu_g \sim IW[S_g \nu_g, \nu_g],$$

$$P | S_p, \nu_p \sim IW[S_p \nu_p, \nu_p]$$

$$R | S_r, \nu_r \sim IW[S_r \nu_r, \nu_r]$$

em que: A , G , P , R , I_n são, respectivamente, as matrizes de coeficientes de parentesco, de covariâncias de efeitos genéticos diretos, de ambiente permanente, residual e uma matriz identidade (de ordem n); \otimes é o produto de Kronecker; S_g e ν_g ; S_p e ν_p ; S_r e ν_r são os valores "a priori" e graus de liberdade para as covariâncias aditivas diretas, de ambiente permanente e residual, respectivamente. O modelo de limiar que foi utilizado relaciona a resposta observada na escala categórica com uma escala subjacente normal contínua. Assumindo que a escala subjacente tem distribuição normal:

$$U | \theta \sim N(W\theta, I\sigma_e^2)$$

em que, U é o vetor da escala base de ordem r ; $\theta' = (b', a', ap')$ é o vetor dos parâmetros de locação de ordem s com b (definido sob ponto de vista frequentista, como efeito fixo), a (como efeito aditivo aleatório), e ap (como efeito de ambiente permanente); W é uma matriz de incidência conhecida de ordem r por s ; I é uma matriz identidade de ordem r por r ; e σ_e^2 é a variância residual. De acordo com a perspectiva Bayesiana, foi assumido que as distribuições iniciais para os efeitos genéticos, de ambiente permanente e os residuais seguem distribuições normais multivariadas:

$$p(a | \sigma_a^2) \sim N(0, A\sigma_a^2)$$

$$p(ap | \sigma_{ap}^2) \sim N(0, I\sigma_{ap}^2)$$

$$p(e | \sigma_e^2) \sim N(0, I\sigma_e^2)$$

em que, A é a matriz de parentesco; σ_a^2 é a variância genética aditiva; I é uma matriz identidade; e σ_{ap}^2 é a variância de ambiente permanente. Como σ_e^2 não é estimável (GIANOLA e FOULLEY, 1983), um valor arbitrário deve ser então atribuído. Para esta análise foi atribuído o valor 1 para a σ_e^2 .

As características coloração da conjuntiva ocular e escore da condição corporal foram constituídas por três e cinco categorias, respectivamente. Foram analisadas empregando-se modelo de amostragem limiar. O modelo para coloração da conjuntiva ocular e escore da condição corporal (y_i) assumiu distribuição subjacente (l_i):

$$f(y_i | l_i) = \prod_{i=1}^n [1(l_i < t_1)1(y_i = 1) + 1(t_1 < l_i < t_2)1(y_i = 2) + 1(t_2 < l_i)1(y_i = 3)],$$

em que t_1 e t_2 são limiares que definem as categorias de resposta e $1(\cdot)$ é uma função indicadora que assume valor 1 se a condição especificada for verdadeira, caso contrário o valor é 0.

4.8. Análises de agrupamento dos valores genéticos

Inicialmente todos os valores genéticos foram padronizados com média 0 e desvio padrão 1. Após a padronização foram realizadas análises de agrupamento hierárquica e não hierárquica, baseadas nos valores genéticos para as características avaliadas. A análise de agrupamentos hierárquica foi utilizada a fim de averiguar a possibilidade de divisão dos animais da população, em agrupamentos (“clusters”), considerando os valores genéticos individuais para as características, com o uso da distância euclidiana, e assim definir o número de agrupamentos a ser utilizado na análise de agrupamento não hierárquica. O algoritmo de agrupamento utilizado foi o de Ward (1963), em que a distância entre dois agrupamentos é a soma dos quadrados de todas as variáveis entre os dois agrupamentos.

Posteriormente, a análise de agrupamentos não hierárquica foi realizada utilizando o método de k-means, a fim de avaliar o perfil genético dos animais pertencentes aos grupos pré-definidos na análise anterior. As análises de agrupamentos

foram realizadas utilizando os procedimentos PROC CLUSTER, PROC TREE e PROC FASTCLUS do programa computacional SAS 9.2 (SAS Institute, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Características de resistência a verminose

5.1.1 Gênero de parasita prevalente

Com base nos resultados da coprocultura das amostras, o gênero de parasita prevalente nos rebanhos em estudo foi o *Haemonchus contortus* (52,99%) seguido por *Trichostrongylus* (40,5%), *Cooperia* (5,7%) e *Oesophagostomum* (0,80%). O *H. contortus* é a espécie de maior prevalência em pequenos ruminantes e merece atenção por ocasionar grandes perdas na produção, devido a sua capacidade de ingerir grande quantidade de sangue no abomaso dos animais, o qual reduz o seu consumo nutricional voluntário resultando em perda de peso, além da mortalidade, principalmente, dos animais jovens (MOLENTO et al., 2004; KENYON et al., 2009; LÔBO et al., 2009; MOLENTO et al., 2009).

5.1.2. Estatística descritiva dos dados

As médias e os desvios-padrão para escore da coloração da conjuntiva ocular, escore da condição corporal, porcentagem de *Haemonchus contortus* na contagem de ovos por grama de fezes, contagem de ovos por grama de fezes total, volume globular, e peso corporal separadas por categorias de idades, estão apresentadas na Tabela 4.

A média de coloração da conjuntiva ocular foi de 1,27, valor que indicou que os animais dos rebanhos em estudo não estavam anêmicos. A maioria dos animais apresentou escore de CCO 1 (77,22%), seguido por CCO 2 (18,60%) e por CCO3 (4,18%). Através da CCO foi possível identificar os animais capazes de suportar infecções por *H. contortus* (VAN WYK e BATH, 2002; MOLENTO et al., 2009; REYNECKE et al., 2011)

A média de volume globular relatada neste estudo foi de 30%. Reynecke et al. (2011) classificaram ovinos em susceptíveis e resistentes aos endoparasitas gastrintestinais, com base nos valores de volume globular, sendo que aqueles que apresentaram valor inferior a 22% foram considerados susceptíveis. Medidas de volume globular são altamente correlacionadas com a resistência à verminose quando o parasita

predominante é o *H. contortus* (REYNECKE et al., 2011, PAPADOPOULOS et al., 2013; COUTINHO et al., 2015).

A média de proteína plasmática total (6,51 g/dL) permaneceu dentro da normalidade para a espécie, que varia de 6,0 a 7,5 g/dL (GARCIA-NAVARRO, 2005). Casos de hipoproteïnemia relacionados ao parasitismo podem ser derivados da espoliação sanguínea de nematódeos hematófagos (principalmente pelo *H. contortus*), assim como pela inflamação grave do epitélio intestinal provocada não só pela fixação do *H. contortus*, mas também pelo hábito alimentar histiófago dos outros endoparasitas, frequentemente, envolvidos na parasitose. Este quadro inflamatório leva ao aumento da permeabilidade vascular intestinal, resultando em extravasamento e perda das proteínas plasmáticas para o lúmen do órgão. Outra consequência, que agrava o estado hipoproteico, é a atrofia das vilosidades intestinais que dificulta a digestão e, principalmente, a absorção da proteína proveniente da dieta (CARDIA et al., 2011). Deste modo, os animais com níveis mais elevados de infecção, apresentam baixos níveis de proteína do plasma total.

A média do escore da condição corporal foi de $2,72 \pm 0,54$, a sugestão para a obtenção de ótima produtividade é que as ovelhas devam estar preferencialmente com escore em torno de 3,0. O escore da condição corporal é uma medida prática e de baixo custo, que é aceito como indicador do estado geral e de reservas corporais e pode também ser utilizado como indicador de resistência à verminose (VAN BURGEL et al., 2011; CORNELIUS et al., 2014). Através do escore da condição corporal é possível identificar animais com infecções parasitárias mistas que causam sinais de diminuição da conversão alimentar, desidratação e/ou anorexia (MOLENTO et al., 2011).

A média geral do peso corporal foi de 49,03 kg, a média de peso corporal para os animais na fase de cordeiros foi de $15,82 \pm 7,07$ Kg, para os animais na fase de borregos foi de $40,91 \pm 13,63$ Kg e para os animais adultos, que constituíram 70% do número total de animais do experimento, a média de peso foi de $55,89 \pm 15,44$ Kg, sendo esta média compatível com o PC de fêmeas adultas da raça Santa Inês. O peso corporal pode ser usado como indicador de resistência à verminose, os animais devem ser pesados regularmente, e aqueles susceptíveis serão os que perdem peso (KENYON et al., 2009).

A média de contagem de ovos por grama de fezes (tabela 4) não foi alta nos rebanhos em estudo. Idika et al. (2012) classificaram os animais com contagem de ovos

por grama de fezes inferior a 1000 ovos/g como “respondedores fortes” a infecção parasitária, animais com contagem de ovos por grama de fezes entre 1000 e 10000 ovos/g, como “respondedores intermediários”, e acima de 10000 ovos/g como “respondedores fracos”. Em trabalho desenvolvido por Coutinho et al. (2015) foi ministrado vermífugo aos animais apenas quando a média de contagem de ovos por grama de fezes atingiu 800 ovos/g. Medina-Pérez et al. (2015), em ovinos, e Torres-Acosta et al. (2014), em cabras, utilizaram um limiar de >750 ovos/g para proceder a vermifugação dos animais. Dessa forma nota-se que um dos principais fatores limitantes para o uso do contagem de ovos por grama de fezes é a falta de um valor limite que indica a necessidade de vermifugação e a dificuldade da realização destas análises pelos produtores de ovinos.

Animais resistentes são capazes de, praticamente, eliminar o estabelecimento de infecções parasitárias (possuem quantidade de ovos nas fezes nula ou bem próxima a zero); já os animais resilientes têm a capacidade para manter uma boa saúde e produtividade, apesar de estarem parasitados (verificados pela presença de ovos nas fezes) (MOLENTO et al., 2009).

A utilização a longo prazo do método Famacha permite identificar quais são os animais resistentes e resilientes no rebanho. Os animais resilientes também são desejáveis no rebanho, uma vez que quando se preserva uma população de larvas no pasto, no momento do contato parasitário os animais conseguem estabelecer um equilíbrio, expressando o seu carácter resistente/resiliente (MOLENTO et al., 2009). Entretanto, animais resilientes com contagens de ovos muito elevadas devem ser descartados.

Considerando os resultados obtidos foi possível sugerir que a maioria dos animais se enquadrou como resistentes ou resilientes aos parasitas gastrintestinais, pois embora esses últimos apresentassem a parasitose, representada pelo contagem de ovos por grama de fezes, não houve alterações negativas em alguns parâmetros relacionadas às endoparasitoses (volume globular, coloração da conjuntiva ocular, proteína plasmática total e escore da condição corporal).

Tabela 4. Resumo da estrutura de dados, número de observações (N), médias, desvios-padrão (DP), mínimo (Min) e máximo (Max) para escore da coloração da conjuntiva ocular (CCO), escore da condição corporal (ECC), porcentagem de *Haemonchus contortus* na contagem de ovos por grama de fezes (HOPG), contagem de ovos por grama de fezes total (OPGT), volume globular (VG), peso corporal (PC), peso corporal em cordeiro (a) (PCC - 1 a 150 dias), peso corporal em borrego (a) (PCB - 151 a 550 dias) e peso corporal adulto (PCA - acima de 550 dias) e proteína plasmática total (PPT), em ovinos da raça Santa Inês.

	N	Média	DP	Min	Max
CCO (escore)	2489	1,27	0,52	1	3
ECC (escore)	2489	2,72	0,84	1	5
HOPG (ovos/g)	1542	605,15	1404	0	16798
OPGT (ovos/g)	1691	1028	2479	0	45400
VG (%)	2365	30	4	11	46
PC (Kg)	2487	49,03	19,28	3,00	135,6
PCC (Kg)	254	15,82	7,07	3,00	30,5
PCB (Kg)	513	40,91	13,63	13,5	84,5
PCA (Kg)	1720	55,89	15,44	20,20	135,6
PPT (g/dL)	2297	6,51	0,74	2,00	8,8

5.1.3 Avaliação da coloração da conjuntiva ocular no diagnóstico da verminose

A porcentagem de acertos do avaliador em relação ao grau de anemia dos animais (Tabela 5) foi obtida comparando-se o valor da coloração da conjuntiva ocular e o volume globular. A porcentagem de acertos foi alta e demonstra que a coloração da conjuntiva ocular se constitui em um método com boa eficiência (REYNECKE et al., 2011; TORRES-ACOSTA et al., 2014). No entanto é necessário que haja um período prévio de treinamento dos observadores para que estejam aptos a observar as variações na coloração (MAIA et al., 2014; MAIA et al., 2015).

Tabela 5. Avaliador, número de observações (N) e porcentagem de acertos da avaliação da coloração da conjuntiva ocular em comparação com os valores de volume globular, em ovelhas da raça Santa Inês.

Avaliador	N	% Acertos
1	1768 (74,78%)	93,72
2	307 (12,98%)	96,09
3	170 (7,19%)	97,65
4	120 (5,07%)	87,50

Conforme apresentado na Tabela 6, a média de contagem de ovos por grama de fezes foi maior nos animais com níveis mais altos de anemia, ou seja, com maior escore de coloração da conjuntiva ocular. Com o aumento do escore de coloração da conjuntiva ocular, houve diminuição nas médias de volume globular e escore da condição corporal. Houve um pequeno aumento não significativo nas médias de proteína plasmática total e de peso corporal na CCO1 para CCO2, e diminuiu no escore de CCO 3. Todas as medidas mostraram diferenças significativas estatisticamente ($P < 0,05$), exceto para o peso corporal e para proteína plasmática total entre os escores de CCO 1 e CCO2. Pode-se observar uma relação favorável entre escore da coloração da conjuntiva ocular e as demais variáveis, demonstrando que esta pode ser usada para detectar animais mais resistentes em rebanhos. Nos casos em que a prevalência de *H. contortus* for elevada, a coloração da conjuntiva ocular pode ser útil para a identificação de animais resistentes/resilientes a este gênero de parasita. Embora a coloração da conjuntiva ocular não seja indicativa de endoparasitoses que não envolvem o gênero *Haemonchus contortus*, a contagem de ovos por grama de fezes total e escore da condição corporal são, e a combinação destas características com coloração da conjuntiva ocular conduz a um tratamento anti-helmíntico mais eficiente.

Tabela 6 - Médias de volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), contagem de ovos por grama de fezes (OPG), peso corporal (PC) e escore da condição corporal (ECC), em função do grau de anemia avaliado pela coloração da conjuntiva ocular (CCO) em ovinos da raça Santa Inês.

CCO(escore)	VG (%)	PPT (g/dL)	OPG (ovos/g)	PC (kg)	ECC (escore)
1	31(0,04) ^a	6,52(0,72) ^a	472(1045) ^a	49,28(19,17) ^a	2,82(0,84) ^a
2	27(0,03) ^b	6,55(0,72) ^a	858(1740) ^b	49,87(16,33) ^a	2,43(0,75) ^b
3	23(0,04) ^c	6,16(1,00) ^b	1744(3322) ^c	47,36(15,18) ^a	2,09(0,74) ^c

Legenda: média (desvio padrão); ^{a,b,c}. Médias dentro de uma mesma coluna seguidas por diferentes letras sobrescritas diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

5.1.4 Parâmetros genéticos

As estimativas herdabilidade, repetibilidade para coloração da conjuntiva ocular, peso, volume globular, proteína plasmática total, contagem de ovos por grama de fezes e escore da condição corporal, e seus respectivos desvio-padrão estão apresentados na Tabela 7.

A estimativa de herdabilidade para a coloração da conjuntiva ocular foi $0,21 \pm 0,04$ indicando a existência de variabilidade genética, e, portanto ganhos genéticos podem ser obtidos se esta característica for incluída como critério de seleção. RILEY e VAN WYK (2009) obtiveram estimativa de herdabilidade inferior ao encontrado neste estudo para a CCO, utilizando o método Famacha ($0,13 \pm 0,05$) em ovinos da raça Merino. Snyman (2007) obteve estimativa de herdabilidade de $0,17 \pm 0,03$ para Famacha em animais da raça Afrino.

A estimativa de herdabilidade para contagem de ovos por grama de fezes neste estudo foi de $0,19 \pm 0,03$. Estimativas de herdabilidade para contagem de ovos por grama de fezes de $0,19 \pm 0,03$, $0,18 \pm 0,07$ e $0,22 \pm 0,06$ foram obtidas respectivamente nos estudos de Snyman (2007), Huisman et al. (2008) e Riley e Van Wyk (2009) em animais das raças Afrino e Merino. Lôbo et al. (2009) relataram herdabilidades para contagem de ovos por grama de fezes variando de 0,01 a 0,51, na primeira e na segunda exposição dos animais ao parasita. Os autores atribuíram essa variação ao fato de que os animais que foram expostos na primeira vez, ainda não possuíam resistência aos endoparasitas e à medida que envelheceram estes se tornaram menos susceptíveis aos efeitos patogênicos dos nematódeos.

Tabela 7. Variâncias genética aditiva (σ^2_a), de ambiente permanente (σ^2_{ap}) e de ambiente temporário (σ^2_e), herdabilidade (h^2), repetibilidade (r) para coloração da conjuntiva ocular (CCO), peso (PC), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), contagem de ovos por grama de fezes (OPG) e escore da condição corporal (ECC), e seus respectivos desvios-padrão, em análises multicaracterística.

	CCO	PC	VG	PPT	OPG	ECC
σ^2_a	0,25 (0,05)	26,61 (7,50)	0,0005 (0,0001)	0,06 (0,02)	0,22 (0,04)	0,20 (0,05)
σ^2_{ap}	0,21 (0,04)	103,96 (8,55)	0,0003(0,00009)	0,07 (0,02)	0,09 (0,02)	0,18 (0,04)
σ^2_e	0,72 (0,07)	16,75 (0,59)	0,0008 (0,00002)	0,24 (0,01)	0,81 (0,02)	0,25 (0,01)
h^2	0,21 (0,04)	0,18 (0,05)	0,30 (0,06)	0,17 (0,04)	0,19 (0,03)	0,31 (0,07)
R	0,39 (0,05)	0,89 (0,07)	0,47 (0,05)	0,36 (0,03)	0,28 (0,03)	0,60 (0,07)

As estimativas de herdabilidade para proteína plasmática total e para volume globular foram de $0,17 \pm 0,04$ e $0,30 \pm 0,06$, respectivamente. Snyman (2007) e Riley e Van Wyk (2009) relataram estimativas de herdabilidade para volume globular de $0,19 \pm 0,03$ e $0,25 \pm 0,06$, respectivamente. A estimativa de herdabilidade para volume globular indica que a seleção para esta característica possibilita progresso genético

rápido para a resistência à verminose. No entanto, a mensuração desta característica é obtida por análises laboratoriais, dificultando a sua realização pelos produtores de ovinos.

As estimativas de herdabilidade para peso corporal ($0,18 \pm 0,05$) e para escore da condição corporal ($0,31 \pm 0,07$) relatadas neste estudo evidenciam a existência de variabilidade genética aditiva, o que pode indicar que a seleção para estas características pode ser eficiente. Riley e Van Wyk (2009) obtiveram estimativas de herdabilidade para peso corporal e escore da condição corporal de $0,19 \pm 0,05$ e $0,17 \pm 0,05$, respectivamente, em ovinos da raça Merino na África. No estudo de Pollott et al. (2004) a estimativa de herdabilidade para peso corporal foi 0,23.

As estimativas de repetibilidade para a coloração da conjuntiva ocular, contagem de ovos por grama de fezes e proteína plasmática total foram de baixa a moderada magnitude. Isto indicou que a seleção para estas características se realizada precocemente na vida dos animais não é recomendada, sendo preconizadas sucessivas medidas no mesmo animal. Portanto, mais do que uma medida destas características são necessárias para a obtenção de maior acurácia na predição do desempenho futuro do animal. Para o volume globular, peso corporal e escore da condição corporal as estimativas de repetibilidade variaram de mediana a alta magnitude, indicando que uma única medida do animal pode representar sua capacidade real de produção.

As correlações genéticas (Tabela 8) entre a CCO e PC e entre CCO e ECC foram favoráveis, indicando que seleção para a resistência à verminose tem efeito favorável sobre o potencial genético de crescimento dos animais. Riley e Van Wyk (2009) também relataram correlações genéticas favoráveis entre CCO e PC (-0,17) e entre CCO e ECC (-0,18).

O escore da condição corporal é indicador do estado geral e de reservas corporais e, pode também ser utilizado como indicador de resistência à verminose, pois possibilita a identificação de animais com infecções parasitárias mistas que causam sinais de diminuição da conversão alimentar, desidratação e/ou anorexia (MOLENTO et al., 2011). A correlação genética entre CCO e ECC foi de $-0,59 \pm 0,11$. O ECC é uma medida que pode ser utilizada para identificar animais resistentes a verminose (VAN BURGEL et al., 2011; CORNELIUS et al., 2014). As correlações fenotípicas entre CCO e PC e entre CCO e ECC foram -0,10 e -0,25, respectivamente. A baixa magnitude das correlações fenotípicas pode ser explicada pelo fato da enfermidade ter

sido diagnosticada logo no início e os animais terem sido tratados, evitando que o mesmo fosse acometido pela forma mais severa da doença quando ocorre perda de peso.

Tabela 8 - Correlação genética (acima da diagonal), correlação fenotípica (abaixo da diagonal) e seus respectivos desvios-padrão entre coloração da conjuntiva ocular (CCO), peso (PC), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), contagem de ovos por grama de fezes (OPG) e escore da condição corporal (ECC), em análises multivariadas.

	CCO	PC	VG	PPT	OPG	ECC
CCO		-0,40 (0,17)	-0,63 (0,09)	-0,23 (0,15)	0,77 (0,09)	-0,59 (0,11)
PC	-0,10 (0,04)		0,59 (0,15)	0,68 (0,14)	-0,27 (0,17)	0,84 (0,08)
VG	-0,39 (0,04)	0,16 (0,04)		0,66 (0,14)	-0,57 (0,12)	0,73 (0,11)
PPT	-0,11 (0,03)	0,14 (0,04)	0,29 (0,04)		-0,55 (0,10)	0,51 (0,16)
OPG	0,28 (0,03)	-0,03 (0,03)	-0,27 (0,03)	-0,17 (0,03)		-0,32 (0,15)
ECC	-0,25 (0,04)	0,30 (0,05)	0,31 (0,05)	0,18 (0,05)	-0,09 (0,03)	

As correlações genética (0,84) e fenotípica (0,30) entre PC e ECC, apresentadas na tabela 8, foram favoráveis. Estimativas semelhantes foram encontradas por Riley e Van Wyk (2009), cujas estimativas de correlação genética e fenotípica entre PC e ECC foram de 0,59 e 0,47, respectivamente. O escore da condição corporal, por ser uma variável de fácil obtenção e por apresentar estimativa de herdabilidade superior ao peso corporal, pode ser útil como meio indireto de selecionar geneticamente animais com maior peso. O valor estimado para a correlação fenotípica entre PC e ECC pode ser explicada pela subjetividade do teste, que pode induzir a valores sub ou super estimados, principalmente quando os animais avaliados são de diferentes idades e estádios fisiológicos.

As estimativas das correlações genéticas e fenotípicas entre coloração da conjuntiva ocular e volume globular, proteína plasmática total e contagem de ovos por grama de fezes foram favoráveis (Tabela 8). A correlação fenotípica entre o CCO e OPG de menor magnitude (0,28), pode ser explicada pelo fato da coprocultura ter apresentado apenas 52,99% de *Haemonchus contortus*. Snyman (2007) relatou estimativas de correlação genética entre Famacha e OPG (0,29±0,13), Famacha e VG (-0,50±0,15) e OPG e VG (-0,67).

As estimativas obtidas para as correlações genéticas da coloração da conjuntiva ocular com VG, PPT, OPG e ECC, assim como as estimativas das correlações genéticas de ECC com VG, PPT e OPG, indicam que tanto a coloração da conjuntiva ocular como escore da condição corporal podem ser utilizadas como critério de seleção de ovinos da

raça Santa Inês para produção de carne. A seleção para coloração da conjuntiva ocular e para escore da condição corporal é muito interessante principalmente devido ao baixo custo e a facilidade de obtenção destas mensurações, quando comparado ao custo e facilidade de obtenção de volume globular e contagem de ovos por grama de fezes, além da facilidade de treinamento de pessoas para a avaliação da coloração da conjuntiva ocular.

Segundo Bourdon (1997), para que sejam incluídas nos critérios de seleção as características devem apresentar relevância para maximização do lucro, apresentar variabilidade genética para a seleção, ser de fácil mensuração, e ser realizada a baixo custo. As estimativas de herdabilidade e de correlações genéticas e fenotípicas relatadas neste estudo, reforçam a indicação de avaliar os animais em relação a resistência à verminose usando a coloração da conjuntiva ocular e o escore da condição corporal, métodos práticos e realizados em campo.

5.1.5. Análise de agrupamento dos valores genéticos

A análise de agrupamento hierárquica dos valores genéticos para as características indicativas de resistência a verminose gerou um dendrograma (Figura 2) onde foi possível observar que a população pode ser dividida em dois grupos na distância em torno de 2000 (linha tracejada).

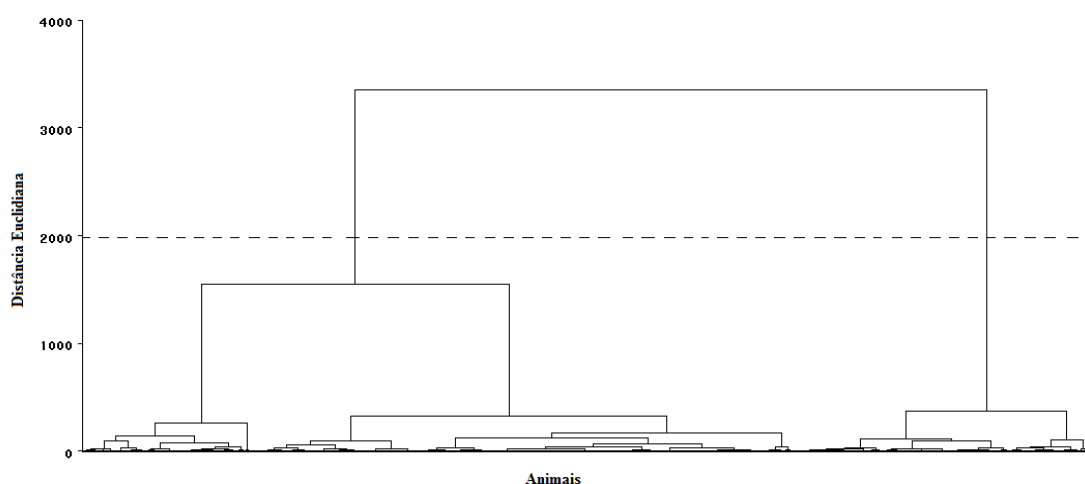


Figura 2. Dendrograma baseado nos valores genéticos da coloração da conjuntiva ocular (CCO), peso corporal (PC), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), ovos por grama de fezes (OPG) e escore da condição corporal (ECC), obtido pela análise de agrupamento hierárquica pelo método de Ward. A linha tracejada indica a distância euclidiana em que os grupos foram divididos.

Os perfis genéticos dos dois grupos previamente estabelecidos (Figura 3) foram obtidos por meio da análise de agrupamento não hierárquica com base nos valores genéticos para coloração da conjuntiva ocular, peso corporal, volume globular, proteína plasmática total, contagem de ovos por grama de fezes e escore da condição corporal. O grupo 1 foi composto por 515 animais, já o grupo 2 por 913 animais. Analisando o valor genético médio de cada variável (dentro do seu respectivo grupo), sugere-se que o grupo 1 apresenta superioridade em relação do grupo 2 para todas as características estudadas, levando em conta que o objetivo de seleção é a resistência/resiliência aos endoparasitas gastrintestinais. Esses animais, em um programa de seleção, seriam aqueles que originariam descendentes com menores escores de coloração da conjuntiva ocular (sem traços de anemia), maiores pesos, maiores valores de volume globular e de proteína plasmática total, menores contagem de ovos por grama de fezes e maiores escores de condição corporal, características estas desejáveis na ovinocultura.

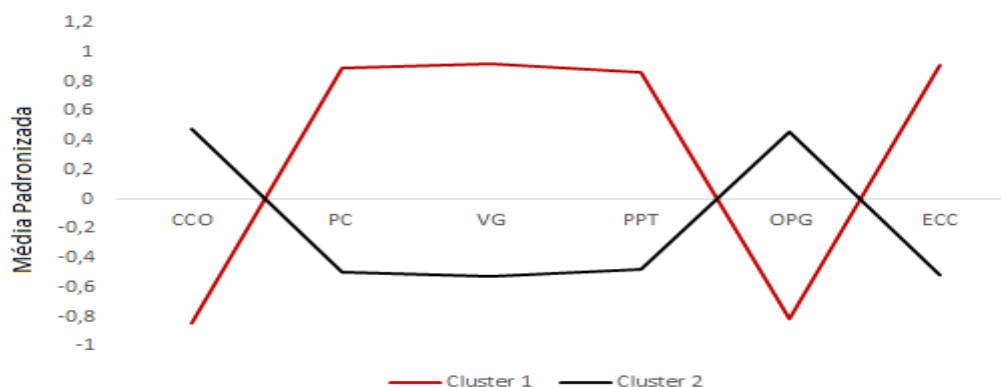


Figura 3. Análise de agrupamento não hierárquica obtida pelo método k-means, utilizando os valores genéticos para a coloração da conjuntiva ocular (CCO), peso corporal (PC), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), ovos por grama de fezes (OPG) e escore da condição corporal (ECC).

A Figura 4 apresenta um segundo dendrograma obtido através da análise hierárquica, onde foram subdivididos em dois novos grupos os animais pertencentes ao grupo 1, grupo este representado pelos animais com um perfil genético para a resistência/resiliência à verminose (visto anteriormente). O intuito desta nova análise foi verificar a diferença entre os animais do mesmo grupo.

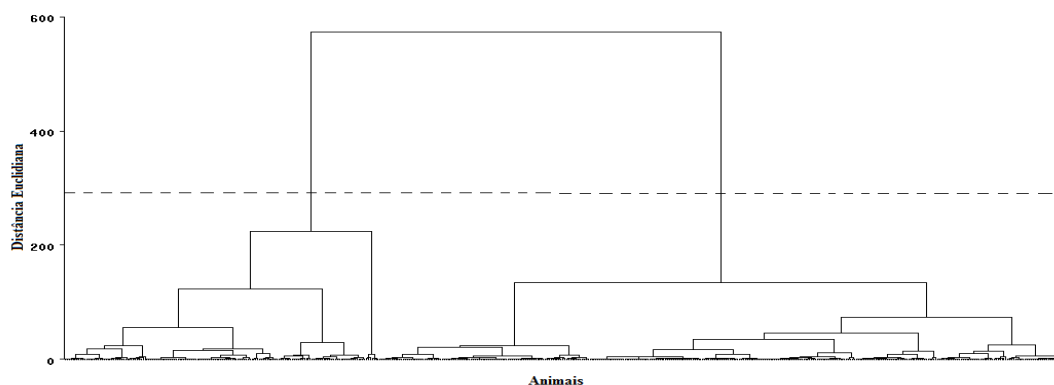


Figura 4. Dendrograma, baseado nos valores genéticos da coloração da conjuntiva ocular (CCO), peso corporal (PC), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), ovos por grama de fezes (OPG) e escore da condição corporal (ECC), obtido pela análise de agrupamento hierárquica pelo método de Ward. A linha tracejada indica a distância euclidiana em que os grupos foram divididos.

A análise não hierárquica também foi realizada sobre estes dois subgrupos (Subgrupo 1 (24 indivíduos) e Subgrupo 2 (491)). Novamente destacou-se um deles

(Subgrupo 1), o qual teoricamente se constituiu de indivíduos ainda mais resistentes/resilientes geneticamente às endoparasitoses. Os animais do subgrupo 1 seriam potencialmente indicados a participarem de um programa de melhoramento genético através da seleção devido ao valor genético dos mesmos para as variáveis coloração da conjuntiva ocular, peso corporal, volume globular, proteína plasmática total, contagem de ovos por grama de fezes e escore da condição corporal (Figura 5), uma vez que originariam consequentemente descendentes com maiores pesos, menores contagens de ovos por grama de fezes e maiores escore da condição corporal.

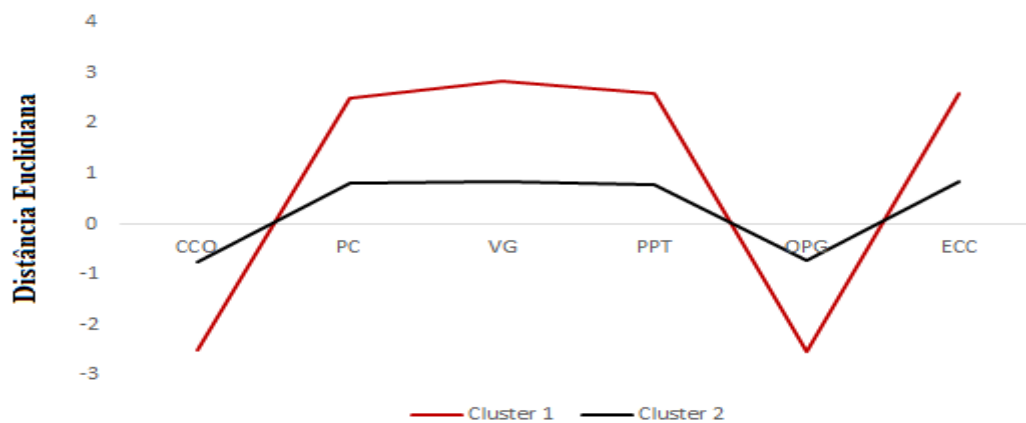


Figura 5. Análise de agrupamento não hierárquica obtida pelo método k-means, utilizando os valores genéticos para a coloração da conjuntiva ocular (CCO), peso corporal (PC), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), ovos por grama de fezes (OPG) e escore da condição corporal (ECC).

5.2. Associação genética entre peso corporal e medidas corporais

5.2.1. Estatística descritiva dos dados

As médias e os coeficientes de variação, separadas por categorias de idade, para o peso corporal e medidas corporais, estão apresentadas na Tabela 9. As médias de peso para a classe de idade: borregos, cordeiros e adultos foram, respectivamente, 17,87kg; 42,23kg e 55,91kg. O peso corporal apresentou o maior coeficiente de variação, indicando ser uma característica mais dependente de variáveis externas, concordando com os resultados obtidos por Souza et al. (2014), também em ovinos da raça Santa Inês. Os animais foram divididos em classes de idade e mesmo assim o coeficiente de variação do peso corporal foi elevado. A grande amplitude das classes de idade pode ter influenciado nesta variação do peso, além de outros fatores ambientais como, por exemplo, a dieta alimentar.

As medidas corporais apresentaram médias elevadas para os animais do presente estudo e estas sugerem que a raça Santa Inês é de grande porte, concordando com os resultados disponíveis na literatura para ovinos da raça Santa Inês nas diferentes categorias de idade (COSTA JUNIOR et al., 2006; ARAÚJO et al., 2007; SOUZA et al., 2014). Araújo et al. (2007) compararam as médias das medidas corporais entre a Raça Santa Inês, Morada Nova e mestiços Dorper x Santa Inês e relataram maiores médias para altura da cernelha, altura da garupa, comprimento corporal e perímetro torácico nos animais da raça Santa Inês.

Alguns índices zootécnicos relacionados às medidas corporais são capazes de identificar a funcionalidade da raça (COSTA JUNIOR et al., 2006; ARAÚJO FILHO et al., 2007). A alta associação entre comprimento corporal e perímetro torácico indica que a raça tem aptidão para a produção de carne, segundo Silva et al. (2007). Neste estudo o índice corporal para as três categorias de idade: cordeiro (0,81), borrego (0,79) e adulto (0,75) indicam que a raça Santa Inês tem aptidão para a produção de carne.

A compactidade corporal, composta pela relação entre o peso e o comprimento corporal, é outro índice relacionado às medidas corporais que define a funcionalidade da raça (SOUZA et al., 2014). Através deste índice é possível estimar a conformação do animal vivo, quanto ao acúmulo de músculos na carcaça. Neste estudo, foram estimados valores médios de 0,36kg/cm para cordeiro; 0,63kg/cm para borregos e 0,80kg/cm para

animais adultos. Estes valores estão acima dos obtidos por Souza et al. (2014), que estudando a relação entre biometria e peso de cordeiros da raça Santa Inês, obtiveram 0,28kg/cm, e por Araújo Filho et al. (2007), para medidas morfométricas de cordeiros deslanados, que relataram valores de compacidade corporal de 0,51kg/cm e 0,53kg/cm, para ovinos da raça Morada Nova e Santa Inês, respectivamente. Outra forma de medir a compacidade corporal pode ser por meio da relação entre peso corporal e perímetro torácico, que também indica o acúmulo de músculo na carcaça. Foram encontrados, no presente estudo, valores médios de 0,28kg/cm para cordeiro; 0,50kg/cm para borregos e 0,59kg/cm para animais adultos. Costa Junior et al. (2006), estudando a caracterização morfométrica de ovinos da raça Santa Inês, relataram valores para a compacidade corporal que relacionam o peso ao perímetro torácico, em fêmeas, para as categorias de dente de leite (0,48kg/cm), entre 1° e 2° muda (0,53 kg/cm) e acima da 3° muda 0,58.

Tabela 9 - Número de observações (N), médias, coeficientes de variação (CV) e seus respectivos desvios-padrão (DP), para peso corporal (PC), perímetro torácico (PT); altura da garupa (AG), altura da cernelha (AC); largura da garupa (LG), comprimento corporal (CC) e escore da condição corporal (ECC) em ovinos da raça Santa Inês.

Características	Categoria	N	Médias	CV (%)
PC (Kg)	Cordeiro	277	17,87	49
	Borrego	520	42,23	37
	Adulto	1706	55,91	27
PT (cm)	Cordeiro	275	59,38	17
	Borrego	520	81,64	15
	Adulto	1663	91,92	10
AG (cm)	Cordeiro	265	53,35	12
	Borrego	482	67,92	8
	Adulto	1068	72,70	7
AC (cm)	Cordeiro	266	52,92	12
	Borrego	482	67,35	8
	Adulto	1068	72,53	6
LG (cm)	Cordeiro	251	19,74	18
	Borrego	472	26,52	13
	Adulto	1063	30,62	8
CC (cm)	Cordeiro	267	48,74	16
	Borrego	483	63,45	10
	Adulto	1068	69,58	9
ECC (escore)	Cordeiro	247	2,51	19
	Borrego	519	2,78	28
	Adulto	1720	2,72	33

As medidas corporais dos animais podem ser usadas para a definição de seu porte e aptidão (ARAÚJO FILHO et al., 2007; FRAGA et al., 2004; SOUSA et al., 2003). O conhecimento da conformação contribui para o estabelecimento da relação entre conformação e funcionalidade, caracterizando a raça com aptidão para produção de carne.

O perímetro torácico apresenta maior acurácia na sua obtenção quando comparada às outras medidas. No caso da mensuração da altura da garupa e altura da cernelha, o animal deve estar em superfície plana e com a postura correta, o que na prática é difícil. Para a mensuração do comprimento corporal e da largura da garupa devem-se encontrar pontos específicos no corpo do animal para sua medição, e no caso do escore da condição corporal, que é um método subjetivo, é necessário o treinamento prévio para a realização desta medida.

5.2.2 Parâmetros genéticos

Os valores estimados para médias, medianas e modas e os intervalos de maior densidade a posteriori dos componentes de variância e parâmetros genéticos para o peso corporal e para medidas corporais estão apresentados na Tabela 10.

No geral as estimativas de herdabilidade foram classificadas de baixa a moderada variando de 0,19 para largura da garupa a 0,32 para escore da condição corporal, o que indica a possibilidade de progresso genético se estas características forem utilizadas como critério de seleção para produção de carne.

A estimativa de herdabilidade para peso corporal ($0,25 \pm 0,08$) foi de magnitude moderada e está dentro da faixa observada em ovinos da raça Santa Inês por MacManus e Miranda (1998), cujas estimativas de herdabilidade para peso corporal em diferentes idades variaram de 0,22 a 0,34 e por Silva et al. (1995), cujas estimativas variaram entre 0,25 a 0,29. Já Lobo et al. (2009) obtiveram estimativas de herdabilidade de 0,90 também para ovinos da raça Santa Inês.

A estimativa de herdabilidade relatada neste estudo para o peso corporal indica a possibilidade de ganhos com a seleção direta para esta característica. De acordo com Araújo (1997) esta é a medida mais confiável de rendimento de carcaça, sendo a mais utilizada como critério de seleção para produção de carne.

O escore da condição corporal apresentou herdabilidade de $0,32 \pm 0,07$, indicando que a seleção para esta característica pode ser eficiente. Riley e Van Wyk (2009)

obtiveram estimativas de herdabilidade para ECC de $0,17\pm 0,05$, em ovinos da raça Merino. A vantagem desta característica é que ela é uma medida prática, de baixa tecnologia e aceita como indicador do estado geral e de reservas corporais do animal, (VAN BURGEL et al., 2011). O escore da condição corporal, tem sido avaliado ainda como ferramenta no diagnóstico de infecções causadas por nematódeos (Besier et al., 2010; CORNELIUS et al., 2014).

Para as medidas corporais, as estimativas foram medianas e próximas às encontradas para peso. Para altura da garupa ($0,24\pm 0,07$) e altura da cernelha ($0,25\pm 0,07$) as estimativas foram semelhantes. Na literatura as herdabilidades reportadas para estas medidas são consideradas de alta a moderada magnitude, como pode ser observado nos estudos realizados por Gizaw et al. (2008), que relataram herdabilidade para altura da garupa de $0,36\pm 0,015$, e por Janssens e Vandepitte (2004), que obtiveram para altura da cernelha herdabilidade de 0,43, 0,57 e 0,40 em animais da raça Belgian Blue du Maine, Suffolk e Texel, respectivamente. Segundo Cyrillo et al. (2001), a altura da cernelha tem importância significativa na avaliação de bovinos de corte, por apresentar correlações altas com características de crescimento.

A medida corporal largura da garupa apresentou herdabilidade relatada de $0,19\pm 0,05$, valor este superior ao relatado por Gizaw et al. (2008) ($0,076\pm 0,004$), e inferior as estimativas relatadas por Janssens e Vandepitte (2004), cujos valores foram, 0,26, 0,34 e 0,30 em animais da raça Belgian Blue du Maine, Suffolk e Texel, respectivamente. Maiores médias de largura da garupa indicam maior proporção de músculos do corte da perna, sendo esta característica importante, pois a perna é um dos cortes mais nobres da carcaça, e conseqüentemente mais valorizados na espécie ovina (PINHEIRO e JORGE, 2010). Portanto, esta característica é um importante critério de seleção, pois tem interesse econômico para o frigorífico.

Tabela 10. Média a posteriori, mediana, moda, desvio padrão (DP) e intervalos de maior densidade a posteriori (97,5% HDP) das variâncias genética aditiva direta (σ^2_a), de ambiente permanente (σ^2_{ap}) e residual (σ^2_e), herdabilidade (h^2) e repetibilidade (r) para, peso corporal, perímetro torácico, altura da garupa, altura da cernelha, largura da garupa, comprimento corporal e escore da condição corporal, em análise multicaracterísticas.

PG	Média	Mediana	Moda	DP	97,5% HPD
Peso Corporal (PC)					
σ^2_a	44,86	43,51	28,94	14,97	19,78-77,74
σ^2_{ap}	110,59	110,8	112,2	14,07	82,55-137,8
σ^2_e	19,46	19,46	19,8	0,7	18,14-20,89
h^2	0,25	0,25	0,25	0,08	0,11-0,42
R	0,88	0,88	0,94	0,14	0,80-0,99
Perímetro Torácico (PT)					
σ^2_a	19	18,31	17,33	6,64	7,96-33,52
σ^2_{ap}	53,39	53,51	56,54	6,25	40,65-65,74
σ^2_e	12,11	12,09	11,98	0,43	11,28-13
h^2	0,22	0,22	0,13	0,07	0,09-0,38
R	0,86	0,85	0,83	0,05	0,73-0,92
Altura da garupa (AG)					
σ^2_a	5,03	4,91	4,61	1,55	2,35-8,41
σ^2_{ap}	11,1	11,1	10,85	1,53	8,08-14,15
σ^2_e	4,85	4,84	4,91	0,22	4,43-5,30
h^2	0,24	0,23	0,18	0,07	0,11-0,38
R	0,77	0,77	0,75	0,02	0,68-0,92
Altura da cernelha (AC)					
σ^2_a	5,11	4,99	4,3	1,5	2,54-8,34
σ^2_{ap}	10,92	10,93	11,2	1,5	7,97-13,87
σ^2_e	4,6	4,59	4,62	0,21	4,2-5,03
h^2	0,25	0,24	0,16	0,07	0,13-0,38
R	0,78	0,76	0,73	0,02	0,60-0,86
Largura da Garupa (LG)					
σ^2_a	1,44	1,4	1,18	0,42	0,73-2,35
σ^2_{ap}	2,52	2,51	2,61	0,38	1,8-3,28
σ^2_e	3,38	3,37	3,31	0,15	3,10-3,67
h^2	0,19	0,19	0,14	0,05	0,10-0,30
R	0,54	0,52	0,49	0,04	0,39-0,64
Comprimento corporal (CC)					
σ^2_a	6,33	6,21	5,31	1,77	3,10-10,26
σ^2_{ap}	11,71	11,7	11,21	1,74	8,33-15,13
σ^2_e	10,98	10,97	11	0,48	10,05-11,98
h^2	0,22	0,21	0,13	0,06	0,12-0,34
R	0,62	0,61	0,56	0,02	0,51-0,73
Escore da condição corporal (ECC)					
σ^2_a	0,15	0,15	0,11	0,07	0,07-0,33
σ^2_{ap}	0,15	0,14	0,14	0,02	0,10-0,19
σ^2_e	0,17	0,14	0,11	0,12	0,07-0,48
h^2	0,32	0,32	0,36	0,07	0,19-0,46
R	0,64	0,63	0,69	0,03	0,41-0,76

O comprimento do corpo é uma característica de extrema importância na ovinocultura de corte, pois a relação desta característica com o peso corporal indica o acúmulo de músculo na carcaça. Missio et al. (2010) relataram alta correlação simples de 0,94 entre o comprimento corporal e o peso da carcaça em bovinos. A estimativa de herdabilidade para comprimento corporal foi de $0,22 \pm 0,06$, sendo inferior aos resultados disponíveis na literatura para ovinos, cuja herdabilidade foi $0,27 \pm 0,01$ relatada por Gizaw et al. (2008) e estimativas de 0,30, 0,35 e 0,20 em animais da raça Belgian Blue du Maine, Suffolk e Texel, respectivamente (JANSSENS e VANDEPITTE, 2004).

A estimativa para perímetro torácico relatada neste estudo ($0,22 \pm 0,07$) indica a existência de variabilidade genética e, portanto, a seleção baseada nesta característica pode ser eficiente. Estimativas superiores ($0,31 \pm 0,013$) foram relatadas por Gizaw et al. (2008), e por Janssens e Vandepitte (2004) em ovinos da raça Belgian Blue du Maine (0,45), Suffolk (0,39) e Texel (0,40).

Cyrillo et al. (2012) obtiveram estimativas de correlações simples, elevadas do perímetro torácico com peso da carcaça e cortes cárneos mostrando a forte associação entre perímetro torácico e o crescimento corporal. Quanto maior for o perímetro torácico maior será a habilidade para ganho de peso. Animais com maiores valores de perímetro torácico possuem maior capacidade respiratória e de ingestão de matéria seca (SOUZA et al., 2014). As altas correlações com as características de carcaça e com o ganho de peso, justificam a inclusão desta característica nos critérios de seleção.

As estimativas de repetibilidade (Tabela 10) foram altas e variaram de 0,54 para largura da garupa e 0,86 e 0,88 perímetro torácico e para peso corporal, respectivamente. As elevadas estimativas de repetibilidade indicam que a seleção para estas características, se realizada precocemente na vida dos animais, é recomendada, indicando que uma única medida do animal pode representar sua capacidade real de produção. A repetibilidade de uma característica mede a proporção da variação fenotípica que é devida aos genes de ação aditiva somada à proporção da variação fenotípica que é atribuída as causas ambientais permanentes (LOPES, 2005).

As correlações genéticas entre o peso corporal e as medidas corporais foram altas e positivas, variando de 0,66 a 0,98 (Tabela 11). As altas magnitudes das correlações genéticas indicam que os genes que influenciam os pesos também têm grande efeito sobre as medidas corporais (perímetro torácico, altura da garupa, altura da cernelha, comprimento corporal e escore da condição). A maior correlação foi

observada entre PC e PT (0,98) e a menor entre PC e ECC (0,66). A alta correlação genética entre peso corporal e o perímetro torácico é importante, já que a maiorias das equações para estimar o peso corporal são baseadas no perímetro torácico. Assim, a inclusão de perímetro torácico pode ser adotada como um critério auxiliar nos programas de seleção de ovinos, principalmente por ser de fácil mensuração e por possuir alta associação genética com o peso corporal.

Altas correlações genéticas entre peso e medidas corporais também foram verificadas por Gizaw et al. (2008), que relataram estimativas de correlações genéticas entre PC e PT, PC e CC e entre PC e AG, variando de (0,89 a 0,98), encontrando também a maior correlação entre o PC e PT. O mesmo foi verificado por Janssens e Vandepitte (2004), que relataram correlações genéticas entre PC e PT de 0,83, 0,86 e 0,76, em animais da raça Belgian Blue du Maine, Suffolk e Texel, respectivamente.

As correlações genéticas entre as medidas corporais (Tabela 11) foram de baixa a alta magnitude e variaram de 0,18 entre AC e ECC a 0,95 entre AC e AG. Quando a correlação genética entre duas características é favorável e superior a 0,80, apenas uma delas deve ser levada em conta nos programas de seleção (ROBERTSON, 1959). A característica de maior facilidade de mensuração e de menor custo deve ser a escolhida como critério de seleção, além de sua estimativa de herdabilidade.

Tabela 11 - Correlação genética (acima da diagonal), correlação fenotípica (abaixo da diagonal) e seus respectivos desvios-padrão entre peso corporal (PC), perímetro torácico (PT); altura da garupa (AG), altura da cernelha (AC); largura da garupa (LG), comprimento corporal (CC) e escore da condição corporal (ECC), em análises multicaracterísticas.

	PC	PT	AG	AC	LG	CC	ECC
PC		0,98 (0,016)	0,73 (0,12)	0,70 (0,12)	0,90 (0,06)	0,91 (0,05)	0,66 (0,11)
PT	0,31 (0,07)		0,70 (0,13)	0,69 (0,13)	0,85 (0,07)	0,87 (0,07)	0,59 (0,13)
AG	0,22 (0,06)	0,21 (0,06)		0,95 (0,02)	0,81 (0,08)	0,84 (0,07)	0,20 (0,17)
AC	0,22 (0,06)	0,20 (0,06)	0,38 (0,06)		0,78 (0,09)	0,83 (0,07)	0,18 (0,17)
LG	0,26 (0,06)	0,27 (0,05)	0,23 (0,05)	0,22 (0,05)		0,85 (0,06)	0,69 (0,11)
CC	0,26 (0,06)	0,25 (0,06)	0,25 (0,05)	0,25 (0,06)	0,24 (0,04)		0,42 (0,16)
ECC	0,29 (0,06)	0,25 (0,06)	0,07 (0,05)	0,06 (0,05)	0,23 (0,05)	0,15 (0,05)	

As correlações fenotípicas entre peso corporal e as medidas corporais variaram de 0,22 a 0,31. Assim como para a correlação genética, a característica que apresentou a maior correlação com o peso corporal foi o perímetro torácico. As correlações fenotípicas entre as medidas corporais foram de baixa a média magnitude e variaram de

0,06 entre AC e ECC a 0,38 entre AC e AG. Correlações fenotípicas altas e positivas entre as características não necessariamente significam que a seleção para uma característica levará a um aumento da outra, devido ao fato de a correlação fenotípica não ser sempre uma estimativa confiável da relação genética existente entre as características (MOHIUDDIN, 1993).

Além do uso das medidas corporais como seleção indireta para melhorar o peso corporal, estas são características importantes por si só, uma vez que são positivamente correlacionadas com características de conformação que são importantes no mercado de carne ovina (JANSSENS e VANDEPITTE, 2004; AFALAYAN et al., 2007; JANSSEN et al., 2004). Considerando as moderadas estimativas de herdabilidade e altas correlações genéticas entre peso e as medidas corporais, é possível sugerir que ganho genético para as medidas corporais pode ser obtido por meio da seleção indireta através do peso. A maioria das medidas corporais são de fácil mensuração, devendo agregar informações nas avaliações genéticas e aumentar a acurácia dos valores genéticos, principalmente para as propriedades sem investimentos como é o caso da maioria dos rebanhos ovinos brasileiros.

CONCLUSÃO

6. CONCLUSÃO

O uso da coloração da conjuntiva ocular e do escore da condição corporal po ser recomendado como critérios de seleção para resistência aos endoparasitas hematófagos em ovinos da raça Santa Inês por serem alternativas práticas, de fácil obtenção e de baixo custo.

Através da análise de agrupamento foi possível identificar animais que se enquadram na classificação de resistentes e/ou resilientes e susceptíveis as endoparasitoses com base nos valores genéticos para as características estudadas.

As mensurações corporais estudadas, principalmente o perímetro torácico e o comprimento do corpo, são boas indicadoras do peso vivo e da compacidade corporal de ovinos da raça Santa Inês. A compacidade é um índice corporal importante para realizar a avaliação individual de ovinos.

O peso corporal continua a ser o principal critério de seleção para a produção de carne, e o perímetro torácico é a característica mais indicada para ser utilizada em complemento ao peso corporal por apresentar maior correlação genética com o peso corporal e com as demais medidas corporais estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRÃO, D. C.; ABRÃO, S.; VIANA, C. H. C.; VALLE, C. R. Utilização do método Famacha[®] no diagnóstico clínico individual de hemoncose em ovinos no sudoeste Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 19, p. 70-72, 2010.

AFONSO, V.A.C.; SOARES-FILHO, C.V.; COSTA, R.L.D.; CUNHA, E.A.; DAVID, C.M.G.; PEREIRA, D.B.; PARREN, G.A.E. Correlações entre Método FAMACHA[®], volume globular, hemoglobina, proteína plasmática total e OPG de ovelhas Santa Inês. **Veterinária e Zootecnia**, v. 15, p. 118, 2008.

ARAÚJO FILHO, J. T.; COSTA, R.G.; FRAGA, A. B.; SOUSA, W. H.; GANZAGA NETO, S.; BATISTA, A. S. M.; CONHA, M. G. G. Efeito da dieta e genótipo sobre medidas morfométricas e não constituintes da carcaça de cordeiros deslanados terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 8, p.394-404, 2007.

AFOLAYAN, R. A.; DELAND, M. P. B.; RUTLEY, D.L.; BOTTEMA, C.D.K.; EWERS, A.L.; PONZONI, R.W.; PITCHFORD, W.S. Breed variation and genetic parameters for growth and body development in diverse beef cattle genotypes. **Animal**, v. 1, p. 13-20, 2007.

ALVES, L. G. C.; OSÓRIO, J. C. S.; A. R.; FERNANDES, A. R, M.; RICARDO, H. A. R.; CUNHA, C. M. **Produção de carne ovina com foco no consumidor**, 2014. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/producao%20de%carne.pdf> Acesso em: 28/11/2015.

AMARANTE, A. F. T.; GODOY, W.A.C.; BARBOSA, M.A. Nematode egg counts, packed cell volume and body weight as parameters to identify sheep resistant and susceptible to infections by gastrointestinal nematodes. **ARS Veterinaria**, v. 14, p. 331-339, 1998.

AMARANTE, A. F. T. Sustainable worm control practices in South America. **Small Ruminant Research**, v. 118, p. 56–62, 2014.

- ATTA, M.; EL KHIDIR, O. A. Use of heart girth, wither height and scapuloischial length for prediction of liveweight of Nilotic sheep. **Small Ruminant Research**, v. 55, p. 233–237, 2004.
- BESIER, R. B; LOVE, R. A.; LYON, J.; VAN BURGEL, A.J. A targeted selective treatment approach for effective and sustainable sheep worm management: investigations in Western Australia. **Animal Production Science**, v. 50, p. 1034–1042, 2010.
- BOURDON, R. M. Understanding animal breeding. **Prentice Hall**, p. 532, 1997.
- CARDIA, D. F. F.; ROCHA-OLIVEIRA, R. A.; TSUNEMI, M. H.; AMARANTE, A. F. T. Immune response and performance of growing Santa Ines lambs to artificial *Trichostrongylus colubriformis* infections. **Veterinary Parasitology**, v. 182, p. 248–258, 2011.
- CARTWRIGHT, T. C. Size as a component off beef production efficiency: cow-calf production. **Journal of Animal Science**, v. 48, p. 974-980, 1979.
- CHARLIER, J. MORGAN, E. R.; RINALDI, L.; VAN DIJK, J.; DEMELER, J.; HOUGLUND, J.; HERTZBERG, H.; VAN RANST, B. HENDRICKX, G.; VERCRUYSSSE, J.; KENYON, F. Practices to optimise gastrointestinal nematode control on sheep, goat and cattle farms in Europe using targeted (selective) treatments. **The Veterinary record**, v. 175, p. 250–5, 2014.
- CORNELIUS, M. P., JACOBSON, C., BESIER, R. B. Body condition score as a selection tool for targeted selective treatment-based nematode control strategies in Merino ewes. **Veterinary Parasitology**, v. 206, p. 173–181, 2014.
- COSTA, C. A. F.; VIEIRA, L. S.; PANT, K. P. Valores de eritrócitos e eosinófilos em cordeiros deslanados, antes e depois de medicações anti-helmínticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, p. 193–201, 1986.
- COSTA JÚNIOR, G.S.; CAMPELO, J. E. G.; AZEVÊDO, D. M. R. A.; FILHO, R.; CAVALCANTE, R. R.; LOPES3, J. B.; OLIVEIRA, M. E. Caracterização morfométrica de ovinos da raça Santa Inês criados nas microrregiões de Teresina e Campo Maior, Piauí. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.35, p.2260-2267, 2006.

COUTINHO, R. M. A.; BENVENUTI, C. L.; ANDRADE JUNIOR, A.L. F.; SILVA, F. C.; NEVES, M. R. M.; NAVARO, A. M. C.; VIEIRA, L. V.; ZAROS, L. G. Phenotypic markers to characterize F2 crossbreed goats infected by gastrointestinal nematodes. **Small Ruminant Research**, v. 123, p. 173–178, 2015.

CUNHA FILLHO, L. F. C. REGO, F. C. A.; BARCA JUNIOR, F. A.; STERZA, F. A. M.; OKANO, W.; TRAPP, S. M. Predição do peso corporal a partir de mensurações corporais em ovinos Texel. **Arquivo de Ciência Veterinária e Zoologia da UNIPAR**, p. 5–7, 2010.

CYRILLO, L.N. S. G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L. A.; BONILHA NETO, L. M., MERCADANTE, M. E. Z.; TONHATI, H. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos para peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31. p.56-65, 2001.

CYRILLO, J. N. S. G.; NARDON, R. F.; MERCADANTE, M. E. Z.; BONILHA, S. F. M.; ARNANDES, R. E. B. Relação entre medidas biométricas, características de carcaça e cortes cárneos comerciais em bovinos zebu e caraco. **Boletim da Indústria Animal**, v. 69, p. 71-77, 2012.

DOMKE, A. V. M.; CHARTIER, C.; GJERDE, B.; LAINE, N.; VATN, S.; STUEN, S. Prevalence of gastrointestinal helminths, lungworms and liver fluke in sheep and goats in Norway. **Veterinary Parasitology**, v. 194, p. 40–48, 2013.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to Quantitative Genetics**. 4th edition. Pearson Education Ltda., Essex, 464p. 1996.

FERNANDES, A.; MAHNABOSCO, D.U.; OJALA, M. Estimativas de parâmetros genéticos e ambientais de medidas corporais e peso em bovinos da raça Brahman nos trópicos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p.136.

FERNANDES, H. J.; TEDESCHI, L. O.; PAULINO, M. F.; PAIVA, L. M. Determination of carcass and body fat composition of grazing crossbred bulls using body measurements. **Journal of Animal Science**, v.88, p. 1442-1453, 2010.

FERREIRA, T. A.; PEREIRA, I.G.; GIUVEIA, A. M. G.; PIRES, A. V.; FACÓ, O.; FARAH, M. M.; PESSOA, M. C.; GUIMARÃES, M. P. S. L. P. M. . Avaliação genética de caprinos da raça Saanen nascidos no Brasil de 1979 a 2009. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, p. 1179–1188, 2014.

FRAGA, A.B.; CAVALCANTE, E.C.; LOPES, C. R. A. Avaliação de píndices zootécnicos, medidas corporais externa e correlações em ovinos da raça Santa Inês de Alagoas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Mato Grosso do Sul: SBZ, 2004.

FONSECA, A. H. **Helmintoses gastrintestinais dos ruminantes**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. 2006.

GALLIDIS, E.; PAPADOPOULOS, E.; PTOCHOS, S.; ARSENOS, G . The use of targeted selective treatments against gastrointestinal nematodes in milking sheep and goats in Greece based on parasitological and performance criteria. **Veterinary Parasitology**, v. 164, p. 53–58, 2009.

GARCIA-NAVARRO, C. E. K. . **Manual de Hematologia Veterinária**. 2º ed., rev. e ampl. São Paulo, SP. Varrela, 2005, 206p.

GIANOLA, D.; FOULLEY, J. Sire evaluation for ordered categorical data with a threshold model. **Genetics, selection, evolution : GSE**, v. 15, p. 201–224, 1983.

GIZAW, S.; KOMEN, H.; ARENDONK, J. A. M. VAN. Selection on linear size traits to improve live weight in Menz sheep under nucleus and village breeding programs. **Livestock Science**. v. 118, p. 92–98, 2008.

GORDON, H. McL; WHITLOCK, H.V. A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces. **Journal of the Council for Scientific and Industrial Research**, v. 12, p. 50, 1939.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. **Multivariate data analysis**. 7 ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2009. 816 p.

HARTIGAN, J. A. **Clustering Algorithms**. New York: John Wiley & Sons Inc. 1975.

HARTIGAN, J. A.; WONG, M. A. Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm. **Journal of Applied Statistics**, v.28, p. 100-108, 1979.

HAZEL, D. L. The genetic basis of constructing selection index. *Genetics*, v.28, p.476-490, 1943.

HUISMAN, A. E.; BROWN, BALL, A. J.; GRASER, H. U. Genetic parameters for bodyweight, wool, and disease resistance and reproduction traits in Merino sheep. 1. Description of traits, model comparison, variance components and their ratios. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, p. 1177–1185, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da Pecuária Municipal 2012-2013. Disponível em : http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2013/tabelas_pdf/tab01.pdf. Acesso em: 29/06/2015.

IDIKA, I. K. CHIEJINA, L. I.; MHOMGA, P. A.; NNADI, P. A.; NGONGEH, L. A. Changes in the body condition scores of Nigerian West African Dwarf sheep experimentally infected with mixed infections of *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis*. **Veterinary Parasitology**, v. 188, p. 99–103, 2012.

IQBAL, Z. M., JAVED, K., ABDULLAH, M., AHMAD, N., ALI, A., KHALIQUE, A., ASLAM, N., YOUNAS, U. Estimation of body weight from different morphometric measurements in Kajli lambs. **Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 24, p. 700–703, 2014.

JANSSENS, S.; VANDEPITTE, W. Genetic parameters for body measurements and linear type traits in Belgian Bleu du Maine, Suffolk and Texel sheep. **Small Ruminant Research**, v. 54, p. 13–24, 2004.

KENYON, F.; GREER, A. W.; COLES, G. C.; CRINGOLE, G.; PAPADOPOULOS, E.; CABARET, J. BERRAG, B.; VARADY, M. VAN WYK, J. A.; THOMAS, E.; VERCRUYSSSE, J.; JACKSON, F. The role of targeted selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. **Veterinary Parasitology**, v. 164, p. 3–11, 2009.

KUNENE, N. W.; NESAMVUNI, A. E.; NSAHLAI, I. V. Determination of prediction equations for estimating body weight of Zulu (Nguni) sheep. **Small Ruminant Research**, v. 84, p. 41–46, 2009.

LAGROTTA, M. R.; EUCLYDES, R. F.; VERNEQUE, R. S.; SANTANA JUNIOR, M. L.; PEREIRA, R. J.; TORRES, R. A. Relação entre características morfológicas e produção de leite em vacas da raça Gir. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 423–429, 2010.

LÔBO, R. N. B.; VIEIRA, L. S.; OLIVEIRA, A. A.; MUNIZ, E. N.; SILVA, J.M. Genetic parameters for faecal egg count, packed-cell volume and body-weight in Santa Inês lambs. **Genetics and Molecular Biology**, v. 32, p. 288–294, 2009.

MAIA, D.; ROSALINSKI-MORAIS, F.; VAN WYK, J. A.; WEBER, S.; SOTOMAIOR, C. S. Assessment of a hands-on method for FAMACHA© system training. **Veterinary Parasitology**, v. 200, p. 165–171, 2014.

MAIA, D.; ROSALINSKI-MORAIS, F.; TORRES-ACOSTA, J. F.; CINTRA, M. C. R.; SOTOMAIOR, C. S. FAMACHA© system assessment by previously trained sheep and goat farmers in Brazil. **Veterinary Parasitology**, v. 209, p. 202–209, 2015.

MALAN, F.S., VAN WYK, J. A. The packed cell volume and colour of the conjunctiva as aids for monitoring *Haemonchus contortus* infection in sheep. In: Proc. South African Veterinary Association, Biennial National Veterinary Congress. Grahamstown, South Africa. **Biennial National Veterinary Congress**, p. 139, 1992.

MCMANUS, C.; PAIVA, S. R.; ARAÚJO, R. O. Genetics and breeding of sheep in Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.236-246, 2010.

MCMANUS, C.; MIRANDA, R. M. Estimativas de Parâmetros Genéticos em Ovinos Bergamácia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.916-921, 1998.

MEDINA-PÉREZ, P.; OJEDA-ROBERTOS, N. F.; REYES-GARCIA, M. E.; CAMARA-SARMIENTO, R.; TORRES-ACOSTA, J. F. J. Evaluation of a targeted selective treatment scheme to control gastrointestinal nematodes of hair sheep under hot humid tropical conditions. **Small Ruminant Research**, v. 127, p. 86–91, 2015.

- MISSIO, R. L.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; RESTLE, J.; ARBOITTE, M. Z.; SEGABINAZZI, L. R. Características da carcaça e da carne de tourinhos terminados em confinamento, recebendo diferentes níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1610-1617, 2010.
- MISZTAL, I. et al. BLUPF90 and related programs (BGF90). **Proc. 7th World Congr. Genetetic Applied Livestok Production**, p. 1–2, 2002.
- MOLENTO, M. B.; TASCA, C.; GALLO, A.; FERREIRA, M.; BONONI, R.; STECCA, E. Método Famacha como parâmetro clínico individual de infecção por *Haemonchus contortus* em pequenos ruminantes. **Ciência Rural**, v. 34, p. 1139–1145, 2004.
- MOLENTO, M. B. Método Famacha[®] tratamento seletivo no controle do *Haemonchus contortus*. In: VERÍSSIMO, C. J. **Alternativas de controle da verminose em pequenos ruminantes**. p. 25, 2008.
- MOLENTO, M. B. GAVIÃO, A. A.; DEPNER, R. A.; PIRES, C.C. Frequency of treatment and production performance using the FAMACHA method compared with preventive control in ewes. **Veterinary Parasitology**, v. 162, p. 314–319, 2009.
- MOLENTO, M. B. FORTES, F.S.; PONDELEK, D. A. S.; BORGES, F. A.; CHARGAS, A. C. S.; TORRES-ACOSTA, J. F. J.; GELDHOF, P. Challenges of nematode control in ruminants: Focus on Latin America. **Veterinary Parasitology**, v. 180, p. 126–132, 2011.
- MORAIS, O. R. Melhoramento Genético dos ovinos no Brasil. In: PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2008. p.409-427.
- NIETO, L. M.; MARTINS, E. N.; MACEDO, F. A. F.; SAKAGUTI, E. S.; SANTOS, A. I. Utilização de um modelo de limiar na estimação da herdabilidade de resistência dos ovinos aos endoparasitos. **Sciences-New York**, v. 1, p. 151–155, 2003.
- OJEDA, D. B. Participação do melhoramento genético na produção ovina. **Revista Brasileira de Produção Animal**, v. 23, p.146-237, 1999.

- OLAH, S.; VAN WYK, J. A.; WALL, R.; MORGAN, E. T. FAMACHA®: A potential tool for targeted selective treatment of chronic fasciolosis in sheep. **Veterinary Parasitology**, v. 212, p.188-192, 2015.
- PAPADOPOULOS, E.; GALIDDIS, E.; PTOCHOS, S.; FTHENAKIS, G. C.. Evaluation of the FAMACHA® system for targeted selective anthelmintic treatments for potential use in small ruminants in Greece. **Small Ruminant Research**, v. 110, p. 124–127, 2013.
- PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2008.617p.
- PESMEN, G.; YARDIMCI, M. Estimating the live weight using some body measurements in Saanen goats. **Archiva Zootechnica**, v. 11, p. 30–40, 2002.
- PINHEIRO, R. S. B.; JORGE, A. M. Medidas biométricas obtidas *in vivo* e na carcaça de ovelhas de descarte em diferentes estágios fisiológicos.Revista **Brasileira de Zootecnia**. v.39, p.440-445, 2010.
- PLAYFORD, M.; SMITH, A. N.; BESIER, R. B.; KLUVER, P.; BAILEY, J. N. . Prevalence and severity of anthelmintic resistance in ovine gastrointestinal nematodes in Australia (2009-2012). **Australian Veterinary Journal**, v. 92, p. 464–471, 2014.
- POLLOTT, G. E.; KARLSSON, L. J. E.; EADY, S.; GREEFF, J. C. Genetic parameters for indicators of host resistance to parasites from weaning to hogget age in Merino sheep. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 2852–2864, 2004.
- PONZONI, R. W.; NEWMAN, S. Developing breeding objectives for Australian beef cattla production. *Animal Production*, v.49, p.35-47, 1989.
- REIS, G. L.; ALBUQUERQUE, L. H. M. A. R.; VALENTE, B. D.; MERTINS, G.A.; TEODORO, R. L.; FERREIRA, M. B. D.; MONTEIRO, J. B. N.; SILVA, M. A.; MADALENA, F. E. Predição do peso vivo a partir de medidas corporais em animais mestiços Holandês/Gir. **Ciência Rural**, v. 38, p.778-783, 2008.
- REYNECKE, D. P.; VAN WYK, J. A.; GUMMOW, B., DORNEY, P.; BOOMKER, J. Application of ROC curve analysis to FAMACHA® evaluation of haemonchosis on two sheep farms in South Africa. **Veterinary Parasitology**, v. 177, p. 224–230, 2011.

- RILEY, D. G.; VAN WYK, J. A. Genetic parameters for FAMACHA© score and related traits for host resistance/resilience and production at differing severities of worm challenge in a Merino flock in South Africa. **Veterinary Parasitology**, v. 164, p.44-52, 2009.
- RILEY, D. G.; VAN WYK, J. A. The effects of penalization of FAMACHA© scores of lambs treated for internal parasites on the estimation of genetic parameters and prediction of breeding values. **Small Ruminant Research**, v. 99, p. 122–129, 2011.
- ROBERTS, F. H.; O’SULLIVAN P. J. Methods for egg counts and larval cultures for strongyles infesting the gastro-intestinal tract of cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.1, p.99-102, 1950.
- ROBERTSON, A. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. **Biometrics**, v.15, p 469-485, 1959.
- ROSALINSKI-MORAIS, F.; FERNANDES, F. G.; MUNARETTO, A.; OLIVEIRA, S.; WILMSEN, M.O.; PEREIRA, M.W.; FERREIRA, A. C. Método Famacha, escore corporal e de diarreia como indicadores de tratamento anti-helmíntico seletivo de ovelhas em reprodução. **Bioscience Journal**, p. 1015–1023, 2012.
- ROSE, H.; RINALDI, L.; BOSCO, A.; MAVROT, T. W.; SKUCE, P.; CHERLIER, J.; TORGERSON, P. R.; HERTZBERG, H.; HENDRICKX, G.; VERCRUYSSSE, J.; MORGAN, E. R. Widespread anthelmintic resistance in European farmed ruminants: a systematic review. **Veterinary Record**, p.7–9, 2015.
- SARMENTO, J. L.R.; REGAZZI, A. J.; SOUSA, W. H., TORRES, R. A.; BREDÁ, F. C.; MENEZES, G.R. O. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 435–442, 2006.
- SEIDEL, E. J.; MOREIRA JUNIOR, F. J.; ANSUJ, A. P.; NOAL, M. R. C. Comparação entre o método de Ward e o método K-médias no agrupamento de produtores de leite. **Ciência e Natura**, UFSM, v. 30, p.7- 15, 2008.

SILVA, N. V.; FRAGA, A. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; CAVALCANTI NETO, C. ; SILVA, F. L.; COSTA, P. S.; LIRA JUNIOR, W. B. Caracterização morfométrica de ovinos deslanados Cabugi e Morada Nova. **Revista Científica de produção Animal**, v.9, p,65-75, 2007.

SNYMAN, M. A. **Prospects for the utilization of variation in parasite resistance among individual sheep within a flock**. 2007. Disponível em: http://gadi.agric.za/Agric/Vol17No1_2007/Snyman-prospects-for-the-utilization-of.php. Acesso em: 09/03/2014.

SOUZA, D. S.; SILVA, H.P.; CARVALHO, J. M. P.; MELO, W. O.; MONTEIRO, B. M.; OLIVEIRA, D. R. Desenvolvimento corporal e relação entre biometria e peso de cordeiros lactantes da raça Santa Inês criados na Amazônia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, p.1787-1794, 2014.

SOUZA, W.; MORAIS, O. R.; LOBO, R. N. B. Ovinos Santa Inês: Estado de arte e perspectivas. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL DOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE- SIMCORTE, 2003, João Pessoa. **Anais...** v.1, p. 501-522, 2003.

SOUZA, S.; LEAL, A.; BARIONI, C.; MATOS, A.; MORAIS, J.; ARAÚJO, M.; NETO, O.; SANTOS, A.; COSTA, R. Use of biometric measures to estimate body weight in sheep. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 17, p. 61–66, 2009.

STAFFORD, K. A.; MORGAN, E. R.; COLES, G. C. Weight-based targeted selective treatment of gastrointestinal nematodes in a commercial sheep flock. **Veterinary Parasitology**, v. 164, p. 59–65, 2009.

THOMPSON, J.; MEYER, H. Body condition scoring of sheep. O.S.U.E. Service, Oregon, 1994.

TORRES-ACOSTA, J. F. J.; PEREZ-CRUZ, M.; CANUL-KU, H. L.; SOTO-BERRIENTOS, N.; CAMARA-SARMIENTO, R.; AGUILAR-CABALLERO, A. J.; LOZANO- ARGÁES, I.; LE-BIGOT, C.; HOSTE, H. Building a combined targeted selective treatment scheme against gastrointestinal nematodes in tropical goats. **Small Ruminant Research**, v. 121, p. 27-35, 2014.

VAN BURGEL, A. L.; OLDHAM, C. M.; BEHRENDT, R.; CURNOW, D.J.; GORDON, D.J.; THOMPSON, A. N. The merit of condition score and fat score as alternatives to liveweight for managing the nutrition of ewes. **Animal Production Science**, v. 51, p. 834–841, 2011.

VAN WYK, J. A., BATH, G. F. The FAMACHA system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animal for treatment. **Veterinary Research**, v. 33, p. 509–529, 2002.

VANIMISETTI, H. B.; ANDREW, S. L.; ZAJAC, A. M.; NOTTER, D.R. Inheritance of fecal egg count and packed cell volume and their relationship with production traits in sheep infected with *Haemonchus contortus*. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 1602–1611, 2004.

WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, p. 236-244, 1963.

WINDON, R. G. Genetic control of resistance to helminths in sheep. **Veterinary immunology and immunopathology**, v. 54, p. 245–54, 1996.

WOOLASTON, R. R; PIPER, L. R. Selection of Merino sheep for resistance to *Haemonchus contortus*: genetic variation. **Animal Science**. v. 62. p. 451- 460, 1996.

ANEXOS

8. ANEXOS

8.1 Publicação

Manuscrito Científico Submetido à Revista Journal of Applied Genetics, Referente à Análise de Resistencia a verminose da Presente Tese.

The screenshot shows the Editorial Manager interface for the Journal of Applied Genetics. At the top, there is a navigation bar with links for HOME, LOGOUT, HELP, REGISTER, UPDATE MY INFORMATION, JOURNAL OVERVIEW, MAIN MENU, CONTACT US, SUBMIT A MANUSCRIPT, and INSTRUCTIONS FOR AUTHORS. The user's role is identified as 'Author' and the username as 'elisa.junqueira'. Below this, a section titled 'Submissions Being Processed for Author Elisa Junqueira Oliveira' displays a table of submissions. The table has columns for Action, Manuscript Number, Title, Initial Date Submitted, Status Date, and Current Status. One submission is listed with Manuscript Number JOAG-D-16-00095, Title 'Selection criteria for worm resistance/resilience in meat sheep', Initial Date Submitted 01 Apr 2016, Status Date 04 Apr 2016, and Current Status 'With Editor'. The interface also shows pagination information: 'Page: 1 of 1 (1 total submissions)' and 'Display 10 results per page.' A button labeled '<< Author Main Menu' is located below the table.

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
Action Links	JOAG-D-16-00095	Selection criteria for worm resistance/resilience in meat sheep	01 Apr 2016	04 Apr 2016	With Editor

Selection criteria for worm resistance/resilience in meat sheep

Elisa Junqueira Oliveira^{1*}, Flavia Fernanda Simili², Lenira El Faro Zadra², Ricardo Lopes Dias Costa³, Aníbal Eugenio Vercesi Filho³, Mario Luiz Santana Junior⁴, Claudia Cristina Paro de Paz^{1,2}

¹ Universidade de São Paulo – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (USP-FMRP), Departamento de Genética, Av. Bandeirantes, 3900, CEP 14.049-900, Ribeirão Preto/SP, Brasil.

² Instituto de Zootecnia / Centro APTA de Bovinos de Corte, Rod. Carlos Tonani, Km94 – CP 63 CEP: 14.160-900, Sertãozinho – SP, Brasil.

³ Instituto de Zootecnia, Rua Heitor Penteado 56, CEP 13460-000, Nova Odessa, SP, Brasil.

⁴ Grupo de Melhoramento Animal de Mato Grosso (GMAT), Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Rondonópolis, km 06-BR 270, CEP: 78735-901, Rondonópolis – MT, Brasil

*Corresponding author: telephone 55 16 99368-6532; e-mail: elisa.junqueira@hotmail.com, claudiapaz@iz.sp.gov.br

Abstract

The control of gastrointestinal endoparasites in sheep is a major challenge in the health management of this species. The objective of this study was to estimate genetic parameters for indicator traits of worm resistance, including conjunctival staining score (CSS), fecal egg counts (FEC), packed cell volume (PCV), total plasma protein (TPP), body condition score (BCS), and body weight (BW) in order to define selection criteria for worm resistance. A total of 2,525 records from 769 Santa Ines sheep belonging to

six flocks in the southeastern region of Brazil were used. The animals were evaluated monthly from June 2013 to October 2014. The covariance components were estimated by multitrait analysis under an animal model using a Bayesian approach. The heritability estimates for CSS, BW, PCV, TPP, FEC and BCS were 0.21 (0.04), 0.18 (0.05), 0.30 (0.06), 0.17 (0.05), 0.19 (0.03) and 0.31 (0.07), respectively. The genetic correlations between CSS and the other traits (BW, PCV, TPP, FEC, and BCS) were -0.40 (0.17), -0.63 (0.09), -0.23 (0.15), 0.77 (0.09) and -0.59 (0.11), respectively. The genetic correlation between BW and BCS was 0.84 (0.15). The heritability for CSS was of moderate magnitude and the genetic correlations of CSS and the other indicator traits of worm resistance (PCV, TPP, and FEC) and with BW and BCS were all favorable. Conjunctival eye color is a good indicator of worm resistance that is obtained easily and at low cost. This trait can therefore be included as a selection criterion in breeding programs of Santa Ines sheep.

Keywords: conjunctival staining score, genetic correlation, *Haemonchus contortus*, heritability

Introduction

The national sheep industry currently exhibits a considerable growth in terms of both the number of animals and economic importance. This observation is supported by data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE 2013), which reveal an effective sheep count that exceeds 17 million heads, emphasizing the significant and expanding participation of this activity in Brazilian agribusiness. However, productivity losses affect the statistics of sheep meat production in the country, with this production being inversely proportional to the increase in the number of animals.

A leading sanitary factor related to losses in the production of sheep meat are infections caused by gastrointestinal nematodes, particularly *Haemonchus contortus* (Kenyon et al., 2009; Molento et al., 2009; Domke et al., 2013; Cornelius et al., 2014; Torres-Acosta et al., 2014). This nematode is a blood-feeding parasite that can cause anemia (Kenyon et al., 2009).

A method commonly used for the control of endoparasites is the administration of anthelmintic chemotherapy, in many cases indiscriminately, a fact leading to the development of resistance of gastrointestinal nematodes to these drugs (Amarante, 2014; Cornelius et al., 2014; Playford et al., 2014; Rose et al., 2015). Methods designed

to prevent resistance to anthelmintic drugs have become an important factor for the control of endoparasites. The genetic selection of sires and dams that are resistant or resilient (i.e., the ability of parasitized animals to maintain production) to gastrointestinal infections is possible (Lôbo et al., 2009; Riley and Van Wyk, 2009; Riley and Van Wyk, 2011), and could be an important tool to reduce chemotherapeutic treatments (Molento et al., 2011; Amarante, 2014).

The fecal egg counts (FEC), and packed cell volume (PCV) are the traits most commonly used for the identification of resistant animals; however, evaluation of these traits requires investment and equipment that are not feasible for many producers (Riley and Van Wyk, 2009; Van Burgel et al., 2011). The Famacha method developed by Malan and Van Wyk (1992) consists of evaluation of the degree of anemia of the animal based on the color of the conjunctiva around the eye. This technique can be used to identify animals that are resistant, resilient and susceptible to hematophagous endoparasites (especially *Haemonchus contortus*) and does not require laboratory resources; however, trained personnel are necessary. Another variable proposed is the body condition score (BCS), which permits to identify animals with mixed parasitic infections that cause signs of reduced feed conversion, dehydration and/or anorexia (Molento et al., 2011). The short-term monitoring of body weight (BW) may also be indicated to detect parasitized animals (Stafford and Coles, 2009).

The objective of this study was to estimate genetic and phenotypic parameters for conjunctival staining score (CSS), FEC, PCV, total plasma protein (TPP), BW and BCS, and to evaluate the genetic and phenotypic associations between these traits in order to define selection criteria for worm resistance.

Material and Methods

Origin of the data

Six farms with a genetic link were selected for collection of the experimental data. The farms were located in the following municipalities (latitude) of the State of São Paulo: Cravinhos (21°20'25"), Jardinópolis (21°1'4"), Nova Odessa (22°46'39"), Pontal (21°1'21"), Serrana (21°12'41"), and São Carlos (21°1'3"). These municipalities are characterized by a tropical climate with two well-defined seasons: rainy summers

(November to April) and dry winters (May to October). The data were collected at monthly intervals from July 2013 to October 2014.

Clinical evaluation of the animals and data collection

Conjunctival staining score was evaluated by trained persons in order to avoid divergences of interpretation at the time of clinical examination. The diagnosis was made using a Famacha chart, i.e., by comparing the different conjunctiva colors on a scale from 1 to 5, where 1 = red, 2 = pink-red, 3 = pink, 4 = white, and 5 = pale white (Table 1).

Table 2. Relationship between conjunctival staining score (Famacha[®]), packed cell volume (PCV) and clinical attitude.

Famacha [®] score	Staining	PCV (%)	Clinical Attitude
1	Red	>27	Not treat
2	Pink-red	23 a 27	Not treat
3	Red	18 a 22	Treat
4	White	13 a 17	Treat
5	Pale white	<13	Treat

Adapted from Molento et al., 2004

Blood samples were collected by puncture of the jugular vein into 5-mL vacuum tubes containing ethylenediaminetetraacetic acid EDTA. Packed cell volume was determined by microhematocrit centrifugation and total plasma protein was evaluated by refractometria (Schalm et al., 1975).

The protocol shown in Table 2 was adopted to calculate the percentage of correct CSS assessments of the examiner collected in the field compared to the percentage of PCV obtained by laboratory analysis.

Table 2. Protocol adopted to calculate the percentage of correct assessments of conjunctival staining score (CSS) compared with the percentage of packed cell volume (PCV).

PCV	CSS	
	1 or 2	3 or 4 or 5
≥ 23%	Correct	Wrong
< 23%	Wrong	Correct

Adapted from Reynecke et al., 2011.

The fecal samples were collected directly from the rectum and individually submitted to fecal egg counts (FEC) using the technique of McMaster, modified from Gordon and Whitlock (1939). The 10 samples with the highest FEC per management batch were submitted to culture of the infective larvae for identification of parasite genus (Roberts and O'Sullivan, 1950).

The animals were weighed on an electronic scale. The BCS was obtained by visual assessment and by palpation of the dorsal-lumbar region of the spine, determining the amount of fat and muscle found in the angle formed by the spinous and transverse processes of the vertebrae. A score from 1 to 5 was attributed, where 1 = cachectic, 2 = lean, 3 = normal, 4 = stout, and 5 = obese (Thompson and Meyer 1994).

Statistical analysis and estimation of genetic parameters

For statistical analysis, 2,548 records from 769 Santa Ines sheep born between 1999 and 2014 to 82 rams and 551 ewes were used. The pedigree file consisted of 1,575 animals.

Previous statistical analyses were performed by the method of least squares using the GLM procedure (SAS Software) to determine possible environmental effects that could influence the measurements of the traits in order to include them in the models, as well as to identify the best models and/or transformations for analysis of the traits.

For CSS, the results of color scores 3, 4 and 5 were grouped in a single class because of the small number of records with scores 4 (0.4%) and 5 (0.04%), resulting in three CSS classes: class 1 (color score 1, 77.22%), class 2 (color score 2, 18.60%), and class 3 (color scores 3, 4 and 5, 4.18%).

The number of eggs in the fecal samples used in the analyses was the proportion of *Haemonchus contortus* determined by coproculture. Since FEC did not show a normal distribution, the results were transformed to a logarithmic scale using the formula: $(FEC = \log (FEC + 1))$.

For all traits, the model included direct additive genetic, permanent environmental and residual effects as random effects, as well as the fixed effects of contemporary group (herd, month and year of collection), production system (extensive, semi-feedlot, and feedlot), sex, and age class of the animal at measurement, which was

divided into three classes: 1- lambs (1-150 days), 2- young lambs (151-550 days) and 3- adult (above 550 days). For CSS and BCS, the model included the fixed effect of the examiner, and the effect of deworming (whether or not the animal had received anthelmintics up to 30 days prior to data collection) was included for CSS, PCV, TPP and FEC.

The (co)variance components were obtained by Bayesian inference using the THRGIBBS1F90 program (Misztal et al., 2002), which consisted of Markov Chain Monte Carlo (MCMC) stochastic simulation to obtain the estimates of the parameters of interest using Gibbs sampling. To achieve the objective proposed, mixed-effect regression models were used in which a uniform *a priori* distribution was assumed for the fixed effects. For the random effects, an inverse Wishart distribution with an unstructured variance and covariance matrix was considered as *a priori* distribution.

The process of stochastic simulation resulted in a single chain of 250,000 iterations, considering a burn-in period of 50,000 iterations to minimize the effect of initial values on the sampling algorithm. A thinning interval of 25 iterations was used to avoid serial self-correlation between samples. Thus, 8,000 samples were used to estimate the parameters of interest and their respective density intervals. Convergence was verified by visual inspection of the chain of each parameter (trace graphs). Posterior estimates were obtained using the POSTGIBBSF90 application (Misztal et al., 2002).

The complete model can be written in matrix form as follows:

$$y = X\beta + Za + Wpe + e,$$

where y is the vector of observations; X is the incidence matrix that relates the fixed effects (contemporary group, age of animal at measurement) to vector β of the parameters; Z and W are matrices that relate the direct genetic and permanent environmental effects to the respective vectors (a and pe), and e is the vector of residual effects.

The assumptions for the components of the model are:

$$b \propto \text{constant}$$

$$a | G \sim NMV [0, (G \otimes A)]; pe | P \sim NMV [0, (P \otimes I_n)]; G | S_g, v_g \sim IW [S_g, v_g, v_g];$$

$$P | S_p, v_p \sim IW [S_p, v_p, v_p]; R | S_r, v_r \sim IW [S_r, v_r, v_r]$$

where A , G , P , R and I_n are, respectively, the matrices of the relationship coefficients and of the covariances of direct genetic, permanent environmental and residual effects and an identity matrix (of order n); \otimes is the Kronecker product; S_g and v_g , S_p and v_p , and S_r and v_r are *a priori* values and degrees of freedom for direct additive, permanent environmental and residual covariances, respectively. The threshold model used relates the response observed on the categorical scale to an underlying continuous and normally distributed scale. It is assumed that the underlying scale has a normal distribution:

$$U | \theta \sim N(W\theta, I \sigma_e^2)$$

where U is the vector of the underlying scale of order r ; $\theta' = (b', a', pe')$ is the vector of the location parameters of order s with b (defined from a frequentist point of view as fixed effect), a (as random additive effect), and pe (as permanent environmental effect); W is a known incidence matrix of order r by s ; I is an identity matrix of order r by r , and σ_e^2 is the residual variance. According to the Bayesian perspective, it was assumed that the initial distributions for genetic, permanent environmental and residual effects follow normal multivariate distributions:

$$p(a | \sigma_a^2) \sim N(0, A \sigma_a^2); p(pe | \sigma_{pe}^2) \sim N(0, I \sigma_{pe}^2); p(e | \sigma_e^2) \sim N(0, I \sigma_e^2)$$

where A is the relationship matrix; σ_a^2 is the additive genetic variance; I is an identity matrix, and σ_{pe}^2 is the permanent environmental variance. Since σ_e^2 is not estimable (Gianola and Foulley, 1983), an arbitrary value should thus be attributed. For this analysis, a value of 1 was attributed to σ_e^2 .

Conjunctival eye color consisted of three categories, which were analyzed using a threshold model. The model for CSS (y_i) assumed an underlying distribution (l_i):

$$f(y_i | l_i) = \prod_{i=1}^n [I(l_i < t_1)I(y_i = 1) + I(t_1 < l_i < t_2)I(y_i = 2) + I(t_2 < l_i)I(y_i = 3)],$$

where t_1 and t_2 are thresholds that define the three response categories and $I(\cdot)$ is an indicator function that assumes 1 if the specified condition were true; otherwise, the value is 0.

Results

Genus of the prevalent parasite

The results of coproculture of the samples showed that the prevalent genus in the flocks studied was *Haemonchus contortus* (52.99%), followed by *Trichostrongylus* (40.5%), *Cooperia* (5.7%), and *Oesophagostomum* (0.8%).

Descriptive statistics of the data

Table 3 shows the number of animals, mean, standard deviation and minimum and maximum value of all variables studied.

Table 3. Number of animals (N), mean, standard deviation (SD), minimum (min) and maximum (max) value for conjunctival staining score (CSS), body condition score (BCS), number of *Haemonchus contortus* in fecal egg counts (FECH), fecal egg counts total (FECT), packed cell volume (PCV), body weight (BW), lamb body weight (BWL - 1 to 150 days), young lambs body weight (BWY – 151 to 550 days) e adult body weight (BWA - above 550 days) and total plasma protein (TPP), in Santa Inês Sheep.

	N	mean	SD	min	max
CSS (score)	2489	1.27	0.52	1	3
BCS (score)	2516	2.72	0.84	1	5
FECH (eggs/g)	1569	605.15	1404	0	16798
FECT (eggs/g)	1569	1028	2479	0	45400
PCV (%)	2365	30	4	11	46
BW (Kg)	2487	49.03	19.28	3.00	135.6
BWL (Kg)	254	15.82	7.07	3.00	30.5
BWY (Kg)	513	40.91	13.63	13.5	84.5
BWA(Kg)	1720	55.89	15.44	20.20	135.6
TPP (g/dL)	2352	6.51	0.74	2.00	8.8

Evaluation of conjunctival eye color as an indicator of parasitic worms

The percentage of correct evaluations of the degree of anemia by the examiner, obtained by comparing CSS and PCV, was high (Table 4).

Table 4. Number of observations (NO) and percentage of correct evaluations of the degree of anemia by the examiner, obtained by comparing conjunctival staining score (CSS) and packed cell volume (PCV) in Santa Inês sheep.

Examiner	N	% Correct Evaluations
1	1768 (74.78%)	93.72
2	307 (12.98%)	96.09
3	170 (7.19%)	97.65
4	120 (5.07%)	87.50

As can be seen in Table 5, the mean FEC was higher in animals with a high degree of anemia, i.e., with a higher CSS. A reduction in mean PCV and BCS was observed with increasing conjunctival staining score. There was a small increase in mean TPP and BW from color score 1 to score 2 and a reduction occurred at color score 3. All measures differed significantly ($P < 0.05$), except for BW and TPP between color scores 1 and 2.

Table 5. Mean with standard errors in brackets for packed cell volume (PCV), total plasma protein (TPP), fecal egg counts (FEC), body weight (BW) and body condition score (BCS) depending on the degree of anemia assessed by conjunctival staining score (CSS) in Santa Inês sheep.

CSS(score)	PCV (%)	TPP (g/dL)	FEC (eggs/g)	BW (kg)	BCS (score)
1	31(0.04) ^a	6.52(0.72) ^a	472(1045) ^a	49.28(19.17) ^a	2.82(0.84) ^a
2	27(0.03) ^b	6.55(0.72) ^a	858(1740) ^b	49.87(16.33) ^a	2.43(0.75) ^b
3	23(0.04) ^c	6.16(1.00) ^b	1744(3322) ^c	47.36(15.18) ^a	2.09(0.74) ^c

^{a,b,c} Means followed by different letters in the columns differ from each other by the Tukey test ($p < 0.05$).

Genetic parameters

Table 6 shows the variance components and heritability and repeatability estimates for the weight and worm resistance traits. The heritability estimates were of moderate magnitude, indicating that it is possible to select animals based on the breeding value of the individuals. The repeatability estimates for CSS, FEC and TPP ranged from low to moderate, and those for PCV, BW and BCS ranged from moderate to high.

Table 6. Additive genetic variance (σ^2_a), permanent environmental variance (σ^2_{pe}), residual variance (σ^2_e), heritability (h^2) and repeatability (r) for conjunctival staining score (CSS), body weight (BW), packed cell volume (PCV), total plasma protein (TPP), fecal egg counts (FEC), and body condition score (BCS), with standard errors in brackets, in multi-trait analyses.

	CSS	BW	PCV	TPP	FEC	BCS
σ^2_a	0.25 (0.05)	26.61 (7.50)	0.0005 (0.0001)	0.06 (0.02)	0.22 (0.04)	0.20 (0.05)
σ^2_{pe}	0.21 (0.04)	103.96 (8.55)	0.0003(0.00009)	0.07 (0.02)	0.09 (0.02)	0.18 (0.04)
σ^2_e	0.72 (0.07)	16.75 (0.59)	0.0008 (0.00002)	0.24 (0.01)	0.81 (0.02)	0.25 (0.01)
h^2	0.21 (0.04)	0.18 (0.05)	0.30 (0.06)	0.17 (0.04)	0.19 (0.03)	0.31 (0.07)
r	0.39 (0.05)	0.89 (0.07)	0.47 (0.05)	0.36 (0.03)	0.28 (0.03)	0.60 (0.07)

The genetic correlations between most pairs of traits were higher than the corresponding phenotypic correlations. The genetic correlations between all worm resistance traits studied were favorable and of medium to high magnitude (Table 7).

Table 7. Estimates of genetic (above diagonal) and phenotypic (below diagonal) correlations (with standard errors in brackets) between conjunctival staining score (CSS), body weight (BW), packed cell volume (PCV), total plasma protein (TPP), fecal egg counts (FEC), and body condition score (BCS), in multi-trait analyses.

	CSS	BW	PCV	TPP	FEC	BCS
CSS		-0.40 (0.17)	-0.63 (0.09)	-0.23 (0.15)	0.77 (0.09)	-0.59 (0.11)
BW	-0.10 (0.04)		0.59 (0.15)	0.68 (0.14)	-0.27 (0.17)	0.84 (0.08)
PCV	-0.39 (0.04)	0.16 (0.04)		0.66 (0.14)	-0.57 (0.12)	0.73 (0.11)
TPP	-0.11 (0.03)	0.14 (0.04)	0.29 (0.04)		-0.55 (0.10)	0.51 (0.16)
FEC	0.28 (0.03)	-0.03 (0.03)	-0.27 (0.03)	-0.17 (0.03)		-0.32 (0.15)
BCS	-0.25 (0.04)	0.30 (0.05)	0.31 (0.05)	0.18 (0.05)	-0.09 (0.03)	

Discussion

Haemonchus contortus is the predominant species in small ruminants. This species deserves attention because it causes great production losses due to its ability to ingest large amounts of blood in the abomasum of animals, reducing voluntary feed intake, which results in weight loss and mortality, especially in young animals (Molento et al., 2004; Kenyon et al., 2009; Lôbo et al., 2009; Molento et al., 2009).

The mean CSS was 1.27 ± 0.52 (Table 3), indicating that the animals of the flocks were not anemic. Most animals exhibited a color score of 1 (77.22%), followed

by scores of 2 (18.6%) and 3 (4.18%). Conjunctival eye color permits to identify resilient animals, i.e., animals able to withstand infections with *H. contortus* (Van Wyk and Bath, 2002; Molento et al., 2009; Reynecke et al., 2011).

The mean PCV was $30\% \pm 4$ (Table 3). Reynecke et al. (2011) classified sheep as susceptible and resistant to gastrointestinal endoparasites based on PCV. Animals exhibiting a value less than 22% were classified as susceptible. Packed cell volume is highly correlated with worm resistance when the predominant parasite is *H. contortus* (Reynecke et al., 2011, Papadopoulos et al., 2013; Coutinho et al., 2015).

The mean observed for TPP was $6.51 \text{ g/dL} \pm 0.74$ (Table 3). For sheep, the normal range is 6.0 to 7.5 g/dL (Garcia-Navarro 2005). Cases of hypoproteinemia related to parasitism may be due to blood spoliation by hematophagous nematodes (especially *H. contortus*), as well as to severe inflammation of the intestinal epithelium caused not only by the fixation of *H. contortus*, but also by the non-haematophagous feeding habit of other gastrointestinal nematodes frequently involved in parasitic infections. This inflammation increases intestinal vascular permeability, which results in the extravasation and loss of plasma proteins into the lumen of the organ. Another consequence that aggravates the hypoproteinemic state is intestinal villous atrophy, which impairs digestion and particularly the absorption of dietary protein (Cardia et al., 2011). Thus, animals with high levels of infection have low levels of TPP.

In the present study, the mean BCS was 2.72 ± 0.54 (Table 3). Sheep should preferentially have a BCS of about 3.0 for optimal productivity. The BCS is a practical and low cost measure that is accepted as an indicator of general health status and body reserves and that can also be used as an indicator of worm resistance (Van Burgel et al., 2011; Cornelius et al., 2014). This parameter permits the identification of animals with mixed parasitic infections that cause signs of reduced feed conversion, dehydration and/or anorexia (Molento et al., 2011).

As shown in Table 3, the mean BW was 49.03 ± 19.28 kg. Lambs had a mean BW of 15.82 ± 7.07 kg, young lambs of 40.91 ± 13.63 kg, and adult animals, which corresponded to 70% of the total number of animals of the experiment, had a mean BW of 55.89 ± 15.44 kg. The last is compatible with the BW of adult Santa Ines females. Body weight can be used as an indicator of worm resistance. The animals should be weighed regularly and weight loss may indicate susceptible animals (Kenyon et al., 2009).

The mean FEC was $605.15 \pm 1,404$ (Table 3). Idika et al. (2012) classified animals with an FEC less than 1,000 eggs/g as “strong responders” to parasitic infection, those with an FEC of 1,000 to 10,000 eggs/g as “intermediate responders”, and those with an FEC higher than 10,000 eggs/g as “weak responders”. Coutinho et al. (2015) administered anthelmintics to animals only when the mean FEC had reached 800 eggs/g. Medina-Pérez et al. (2015), in sheep, and Torres-Acosta et al. (2014), in goats, used a threshold of >750 eggs/g for deworming the animals. Hence, one of the main limiting factors for the use of FEC is the lack of a threshold that indicates the need for deworming and the difficulty of sheep producers in performing these analyses.

Resistant animals are able to practically eliminate parasitic infections (exhibiting a number of eggs in feces of zero or close to zero), while resilient animals can maintain good health and productivity despite being parasitized (verified by the presence of eggs in feces) (Molento et al., 2009). The long-term use of the Famacha method permits to identify resistant and resilient animals in a herd. Resilient animals are desirable in a herd since, when the population of larvae on pasture is preserved, the animals are able to establish a balance at the time of parasite contact, expressing their resistant/resilient characteristic (Molento et al., 2009). However, resilient animals with a very high egg count should be culled.

The results obtained (Table 3) suggest that most animals were resistant or resilient to gastrointestinal parasites. Although being parasitized as demonstrated by the FEC, no negative alterations were observed in the parameters related to infections with gastrointestinal nematodes (CSS, PCV, TPP, and BCS).

The percentage of correct evaluations of the degree of anemia of the animals by the examiner, obtained by comparing CSS and PCV (Table 4), was high and shows that CSS evaluation is an efficient method (Reynecke et al., 2011; Torres-Acosta et al., 2014). However, a previous training period of the observers is necessary so that they are able to detect color variations (Maia et al., 2014; Maia et al., 2015).

Table 5 shows a favorable association between CSS and the other variables, demonstrating that this parameter can be used to identify resistant animals in the herds. In cases in which the prevalence of *H. contortus* is high, CSS could be useful to identify animals that are resistant/resilient to this parasite genus. Although CSS is not an indicator of infections with endoparasites other than *H. contortus*, total FEC and BCS

are and the combination of these traits with CSS increases the efficiency of anthelmintic treatment.

The heritability estimate for CSS was 0.21 ± 0.04 (Table 6), indicating the existence of genetic variability and, thus, that genetic gains can be obtained if this trait were included as a selection criterion. Riley and Van Wyk (2009) reported a lower heritability for CSS (0.13 ± 0.05) in Merino sheep using the Famacha method. Snyman (2007) estimated a heritability of 0.17 ± 0.03 for Famacha score in Afrino sheep.

In the present study, the heritability estimate for FEC was 0.19 ± 0.03 . Heritabilities for FEC of 0.19 ± 0.03 , 0.18 ± 0.07 and 0.22 ± 0.06 have been reported by Snyman (2007), Huisman et al. (2008) and Riley e Van Wyk (2009), respectively, for Afrino and Merino animals. Lôbo et al. (2009) reported heritabilities for FEC ranging from 0.01 to 0.51 in the first and second exposure of animals to the parasite. The authors attributed this variation to the fact that animals challenged for the first time are not yet resistant to the endoparasites. As they grow older, these animals become less susceptible to the pathogenic effects of nematodes.

The heritability estimates for TPP and PCV were 0.17 ± 0.04 and 0.30 ± 0.06 , respectively (Table 6). Snyman (2007) and Riley and Van Wyk (2009) estimated heritabilities of 0.19 ± 0.03 and 0.25 ± 0.06 for PCV, respectively. The heritability for PCV indicates that selection for this trait permits rapid genetic progress in worm resistance. However, this trait is determined by laboratory analysis, a fact impairing its measurement by sheep producers.

The heritabilities obtained for BW (0.18 ± 0.05) and BCS (0.31 ± 0.07) in this study (Table 6) demonstrate the existence of additive genetic variability, indicating that selection for these traits could be efficient. Riley and Van Wyk (2009) estimated heritabilities of 0.19 ± 0.05 and 0.17 ± 0.05 for BW and BCS, respectively, in Merino sheep raised in Africa. In the study of Pollott et al. (2004), the heritability for BW was 0.23.

The repeatability of a trait measures the proportion of phenotypic variation that is due to genes of additive action plus the proportion of phenotypic variation that is attributed to permanent environmental causes. The repeatability estimates for CSS, FEC and TPP were of low to moderate magnitude. This finding indicates that selection for these traits at an early age is not recommended. Successive measurements in the same animal for CSS, TPP and FEC are indicated is therefore necessary to obtain a higher

prediction accuracy of the future performance of the animal. The repeatability estimates for PCV, BW and BCS ranged from moderate to high, indicating that a single measurement of the animal could represent its true production capacity.

The genetic correlations (Table 7) between CSS and BW and between CSS and BCS were favorable, indicating that selection for worm resistance will have a favorable effect on the genetic growth potential of animals. Riley and Van Wyk (2009) also reported favorable genetic correlations between CSS and BW (-0.17) and between CSS and BCS (-0.18).

The BCS is a measure of general health status and body reserves, and can also be used as an indicator of worm resistance (Van Burgel et al., 2011; Cornelius et al., 2014) since it permits the identification of animals with mixed parasitic infections that cause signs of reduced feed conversion, dehydration and/or anorexia (Molento et al., 2011). The genetic correlation between CSS and BCS was -0.59 ± 0.11 . The phenotypic correlations between CSS and BW and between CSS and BCS were -0.10 and -0.25, respectively. The low magnitude of the phenotypic correlations can be explained by the fact that the disease was diagnosed at an early stage and that the animals had been treated, thus preventing the animal from developing the more severe form of the disease characterized by weight loss.

The genetic (0.84) and phenotypic (0.30) correlations between BW and BCS, shown in Table 7, were favorable. Similar estimates have been reported by Riley and Van Wyk (2009) who obtained genetic and phenotypic correlations between BW and BCS of 0.59 and 0.47, respectively. The BCS is an easily measured variable and can therefore be useful as an indirect measure to genetically select heavier animals. The phenotypic correlation between BW and BCS can be explained by the subjectivity of the test, resulting in under- or overestimated values, especially when animals of different ages and physiological states are evaluated.

The genetic and phenotypic correlations of CSS with PCV, TPP and FEC were favorable (Table 7). The lower magnitude (0.28) of the phenotypic correlation between CSS and FEC can be explained by the fact that coproculture revealed only 52.99% of *H. contortus*. Snyman (2007) reported a genetic correlation between Famacha score and FEC of 0.29 ± 0.13 , between Famacha score and PCV of -0.50 ± 0.15 , and between FEC and PCV of -0.67.

The estimates of the genetic correlations of CSS with PCV, TPP, FEC and BCS, as well as the genetic correlations of BCS with PCV, TPP and FEC, indicate that both CSS and BCS can be used as selection criteria in Santa Ines sheep destined for meat production. The selection for CSS and BCS is very interesting mainly because of the low cost and ease in obtaining these measurements when compared to PCV and FEC, in addition to the fact that examiners can be easily trained for the evaluation of CSS.

According to Bourdon (1997), the inclusion of traits in selection criteria requires these traits to be relevant for the maximization of profit and to exhibit genetic variability for selection. In addition, the measurement of the traits should be easy and of low cost. The heritability estimates and genetic and phenotypic correlations reported in this study support the use of CSS and BCS for the evaluation worm resistance in sheep, which are practical methods that can be conducted in the field.

Conclusion

Conjunctival staining score and body condition score can be recommended as selection criteria for resistance to hematophagous endoparasites in Santa Ines sheep since they are practical, easily obtained and low cost alternatives.

Acknowledgments

We are grateful for the financial support of FAPESP - São Paulo State Research Foundation (2012/15982-0), and Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for the Fellowship (first author).

Compliance with Ethical Standards

Funding: This study was funded by FAPESP - São Paulo State Research Foundation, grant number (2012/15982-0).

Conflict of interests: There are no conflicts of interests.

Ethical approval: The experiment was conducted in accordance with guidelines of animal well-being according to State Law No. 11.977 of the State of São Paulo, Brazil.

References

- Amarante AFT (2014) Sustainable worm control practices in South America. *Small Rumin Res* 118:56–62. doi: 10.1016/j.smallrumres.2013.12.016
- Bourdon RM (1997) *Understanding animal breeding*. Prentice Hall 532.
- Cardia DFF, Rocha-Oliveira R a., Tsunemi MH, Amarante a. FT (2011) Immune response and performance of growing Santa Ines lambs to artificial *Trichostrongylus colubriformis* infections. *Vet Parasitol* 182:248–258. doi: 10.1016/j.vetpar.2011.05.017
- Cornelius, M. P., Jacobson, C., Besier RB (2014) Body condition score as a selection tool for targeted selective treatment-based nematode control strategies in Merino ewes. *Vet Parasitol* 206:173–181. doi: 10.1016/j.vetpar.2014.10.031
- Coutinho RMA, Benvenuti CL, Júnior ALFDA, et al (2015) Phenotypic markers to characterize F2 crossbreed goats infected by gastrointestinal nematodes. *Small Rumin Res* 123:173–178. doi: 10.1016/j.smallrumres.2014.10.002
- Domke AVM, Chartier C, Gjerde B, et al (2013) Prevalence of gastrointestinal helminths, lungworms and liver fluke in sheep and goats in Norway. *Vet Parasitol* 194:40–48. doi: 10.1016/j.vetpar.2012.12.023
- Garcia-Navarro CEK. (2005) *Manual de Hematologia Veterinária*, 2º Ed. São Paulo
- Gianola D, Foulley J (1983) Sire evaluation for ordered categorical data with a threshold model. *Genet Sel Evol* 15:201–224. doi: 10.1186/1297-9686-15-2-201
- Gordon, H.M.C.L., Whitlock H. (1939) A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces. *J Counc Sci Ind Res* 12:50–52.
- Huisman a. E, Brown DJ, Ball a. J, Graser HU (2008) Genetic parameters for bodyweight, wool, and disease resistance and reproduction traits in Merino sheep. 1. Description of traits, model comparison, variance components and their ratios. *Aust J Exp Agric* 48:1177–1185. doi: 10.1071/EA08119
- IBGE (2013) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa da Pecuária Municipal 2012-2013*.
- Idika IK, Chiejina SN, Mhomga LI, et al (2012) Changes in the body condition scores of Nigerian West African Dwarf sheep experimentally infected with mixed infections of *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis*. *Vet Parasitol* 188:99–103. doi: 10.1016/j.vetpar.2012.02.020

- Kenyon F, Greer a. W, Coles GC, et al (2009) The role of targeted selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Vet Parasitol* 164:3–11. doi: 10.1016/j.vetpar.2009.04.015
- Lôbo RNB, Vieira LS, de Oliveira A a., et al (2009) Genetic parameters for faecal egg count, packed-cell volume and body-weight in Santa Inês lambs. *Genet Mol Biol* 32:288–294. doi: 10.1590/S1415-47572009005000032
- Maia D, Rosalinski-Moraes F, de Torres-Acosta JF, et al (2015) FAMACHA© system assessment by previously trained sheep and goat farmers in Brazil. *Vet Parasitol* 209:202–209. doi: 10.1016/j.vetpar.2015.02.033
- Maia D, Rosalinski-Moraes F, Wyk JA Van, et al (2014) Assessment of a hands-on method for FAMACHA© system training. *Vet Parasitol* 200:165–171. doi: 10.1016/j.vetpar.2013.11.013
- Malan, F.S., Van Wyk JA (1992) The packed cell volume and colour of the conjunctiva as aids for monitoring *Haemonchus contortus* infection in sheep. In : Proc. South African Veterinary Association, Biennial National Veterinary Congress. Grahamstown, South Africa. Bienn Natl Vet Congr 1992.
- Medina-Pérez P, Ojeda-Robertos NF, Reyes-García ME, et al (2015) Evaluation of a targeted selective treatment scheme to control gastrointestinal nematodes of hair sheep under hot humid tropical conditions. *Small Rumin Res* 127:86–91. doi: 10.1016/j.smallrumres.2015.02.021
- Misztal I, Tsuruta S, Strabel T, et al (2002) BLUPF90 and related programs (BGF90). Proc 7th World Congr Genet Appl Livest Prod 1–2.
- Molento MB, Fortes FS, Pondelek DAS, et al (2011) Challenges of nematode control in ruminants: Focus on Latin America. *Vet Parasitol* 180:126–132. doi: 10.1016/j.vetpar.2011.05.033
- Molento MB, Gavião a. a., Depner R a., Pires CC (2009) Frequency of treatment and production performance using the FAMACHA method compared with preventive control in ewes. *Vet Parasitol* 162:314–319. doi: 10.1016/j.vetpar.2009.03.031
- Molento MB, Tasca C, Gallo A, et al (2004) Método Famacha como parâmetro clínico individual de infecção por *Haemonchus contortus* em pequenos ruminantes. *Ciência Rural* 34:1139–1145. doi: 10.1590/S0103-84782004000400027

- Papadopoulos E, Gallidis E, Ptochos S, Fthenakis GC (2013) Evaluation of the FAMACHA© system for targeted selective anthelmintic treatments for potential use in small ruminants in Greece. *Small Rumin Res* 110:124–127. doi: 10.1016/j.smallrumres.2012.11.019
- Playford M, Smith an, Love S, et al (2014) Prevalence and severity of anthelmintic resistance in ovine gastrointestinal nematodes in Australia (2009-2012). *Aust Vet J* 92:464–471. doi: 10.1111/avj.12271
- Pollott GE, Karlsson LJE, Eady S, Greeff JC (2004) Genetic parameters for indicators of host resistance to parasites from weaning to hogget age in Merino sheep. *J Anim Sci* 82:2852–2864.
- Reynecke DP, Van Wyk J a., Gummow B, et al (2011) Application of ROC curve analysis to FAMACHA© evaluation of haemonchosis on two sheep farms in South Africa. *Vet Parasitol* 177:224–230. doi: 10.1016/j.vetpar.2010.12.030
- Riley DG, Van Wyk J a. (2009) Genetic parameters for FAMACHA© score and related traits for host resistance/resilience and production at differing severities of worm challenge in a Merino flock in South Africa. *Vet Parasitol* 164:44–52. doi: 10.1016/j.vetpar.2009.04.014
- Riley DG, Van Wyk J a. (2011) The effects of penalization of FAMACHA© scores of lambs treated for internal parasites on the estimation of genetic parameters and prediction of breeding values. *Small Rumin Res* 99:122–129. doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.04.013
- Roberts, F. H. S., O' Sullivan PJ (1950) Methods for egg counts and larval cultures for strongyles infesting the gastrointestinal tract of cattle. *Aust J Agr Res* 1:99–102.
- Rose H, Rinaldi L, Bosco a., et al (2015) Widespread anthelmintic resistance in European farmed ruminants: a systematic review. *Vet Rec* 7–9. doi: 10.1136/vr.102982
- Schalm, O.W., Jain, N.C., Carroll EJ (1975) *Veterinary Hematology*. Lea & Febiger, Philadelphia
- Snyman MA (2007) Prospects for the utilization of variation in parasite resistance among individual sheep within a flock. *Grootfontein Agric* 7:29–34.
- Stafford K a., Morgan ER, Coles GC (2009) Weight-based targeted selective treatment of gastrointestinal nematodes in a commercial sheep flock. *Vet Parasitol* 164:59–65. doi: 10.1016/j.vetpar.2009.04.009

- Thompson J, Meyer H (1994) Body condition scoring of sheep. 3–6.
- Torres-Acosta JFJ, Pérez-Cruz M, Canul-Ku HL, et al (2014) Building a combined targeted selective treatment scheme against gastrointestinal nematodes in tropical goats. *Small Rumin Res* 121:27–35. doi: 10.1016/j.smallrumres.2014.01.009
- Van Burgel a. J, Oldham CM, Behrendt R, et al (2011) The merit of condition score and fat score as alternatives to liveweight for managing the nutrition of ewes. *Anim Prod Sci* 51:834–841. doi: 10.1071/AN09146
- Van Wyk, J. A., Bath GF (2002) The FAMACHA system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animal for treatment. *Vet Res* 33:509–529. doi: 10.1051/vetres:2002036