



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**MICHELLE SANTOS DA SILVA**

**PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS A  
RESISTÊNCIA A PARASITAS E EFICIÊNCIA REPRODUTIVA DE CAPRINOS DE  
CORTE CRIADOS SOB CONDIÇÕES DE PASTAGENS SUBTROPICAIS ÚMIDAS  
DO SUDESTE DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA**

**FORTALEZA**

**2018**

MICHELLE SANTOS DA SILVA

PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS A  
RESISTÊNCIA A PARASITAS E EFICIÊNCIA REPRODUTIVA DE CAPRINOS DE  
CORTE CRIADOS SOB CONDIÇÕES DE PASTAGENS SUBTROPICAIS ÚMIDAS DO  
SUDESTE DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal. Linha de Pesquisa: Melhoramento Genético Animal

Orientador: D Sc. Raimundo Nonato Braga Lôbo

Co-orientador: Ph. D. Richard Browning Jr.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S581p Silva, Michelle Santos da.  
Parâmetros genéticos para características relacionadas a resistência a parasitas e eficiência reprodutiva de caprinos de corte criados sob condições de pastagens subtropicais úmidas do sudeste dos Estados Unidos da América / Michelle Santos da Silva. – 2023.  
76 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2023.  
Orientação: Prof. Dr. Raimundo Nonato Braga Lôbo.  
Coorientação: Prof. Dr. Richard Browning Jr..
1. Correlação genética. 2. Herdabilidade. 3. Modelo de limiar. 4. Modelo linear. 5. Regressão aleatória. I. Título.

---

CDD 636.08

MICHELLE SANTOS DA SILVA

PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS A  
RESISTÊNCIA A PARASITAS E EFICIÊNCIA REPRODUTIVA DE CAPRINOS DE  
CORTE CRIADOS SOB CONDIÇÕES DE PASTAGENS SUBTROPICAIS ÚMIDAS DO  
SUDESTE DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal. Linha de Pesquisa: Melhoramento Genético Animal.

Aprovada em: 31/08/2018.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Raimundo Nonato Braga Lôbo (Orientador)  
Embrapa Caprinos e Ovinos / Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia – PDIZ (UFC / UFPB / UFRPE)

---

Profa. Dra. Aline Vieira Landim  
Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA

---

Dr. Luiz da Silva Vieira  
Embrapa Caprinos e Ovinos

---

Prof. Dr. Luciano Pinheiro da Silva  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Profa. Dra. Sônia Maria Pinheiro de Oliveira  
Universidade Federal do Ceará – UFC

Á minha mãe Edna (in memoriam), que mesmo estando por tão pouco tempo comigo me ensinou, a sua maneira, o real significado do amor. A senhora permanece presente em minha vida através dos gestos, atitudes e escolhas que faço todos os dias. Dedico.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me testar de todas as formas. Os obstáculos que enfrentei me mantiveram firme na fé para entender e aceitar que o Senhor age em nossas vidas de maneira misteriosa.

A todos os meus familiares, em especial, aos meus tios: Francisco, Enilde, José, Ronildo, Lúcia, Daiane, Sergio e Serjane, e primos: Paulo Henrique, Letícia, Rafael, Rafaela, Paula, Sandy, Ryan, Samuel, Yuri e Eloah, pelos conselhos, risadas e lágrimas, vocês são a maior bênção da minha vida. Amo vocês e amo estar com vocês!

Ao meu esposo Thiago Roberto, pelo amor e respeito incondicionais. Por sempre me motivar e acreditar. Foram anos difíceis, mas estamos caminhando juntos nesses treze anos e nos fortalecendo mais a cada dia. Te amo!

Ao meu Orientador Dr. Raimundo Nonato Braga Lôbo por se dispor a me orientar. O meu mais profundo agradecimento pela paciência e compreensão. O senhor sempre será uma fonte de inspiração para mim!

A Tennessee State University, em especial, ao Dr. Richard Browning Jr. e a Dra. Maria Leite-Browning pelo apoio, incentivo e, principalmente, confiança ao fornecer os dados para este estudo.

A toda família Araújo, que passou a ser minha família. Acredito que na vida encontramos anjos em forma de pessoas. Aos meus anjos da guarda, Lucelina, minha irmã de alma, e dona Ângela, minha mãe/amiga de outras vidas, serei sempre grata a vocês por me acolherem como parte da família quando morei em Fortaleza.

A Andréia, pela amizade verdadeira e por sempre se fazer presente, principalmente nos momentos mais difíceis.

Às minhas amigas de sempre, Wilma, Manú, Mirella, Vanessa R., Vanessa M., Paty e Tamirys, por sempre se fazerem presentes por mensagens, ligações e vídeos. Nossas conversas e trocas de experiências sempre me fortalecem. Obrigada meninas!

Aos companheiros de turma, Anderson, Andrés, Roberta, Lorena, Flávio e Assis, pela ajuda de sempre e pelos bons momentos compartilhados nesse período.

A todos que fazem o programa de doutorado integrado da UFC, em especial, a secretária Francisca e aos professores Luciano, Sônia, Maria Socorro, Ednardo, Magno, por todos os ensinamentos em sala e por serem tão prestativos quando precisei.

A todos da EMBRAPA Caprinos e Ovinos, aos pesquisadores, Facó, Ana Maria, Octávio, Ângela, Kleibe e Lisiane pelo apoio e preocupação de sempre; a Jamile, Osmarilda e Nóbrega por fazerem do horário do almoço um bom período de descontração; e aos companheiros de sala, Diego, Alan, Aparecida e Ayslan por todas as conversas e companhia de sempre.

A CAPES pela concessão da bolsa.

*“Tenho duas coisas para lutar contra o desespero, a tristeza e a morte: o riso a cavalo e o galope do sonho. É com isso que enfrento essa dura e fascinante tarefa de viver”.*

*Ariano Suassuna*

## RESUMO

Objetivou-se avaliar geneticamente o desempenho de caprinos de corte em relação a sua resistência aos parasitas gastrintestinais e sua eficiência reprodutiva, no sudeste dos EUA. Esses animais fazem parte de um programa de avaliação genética de caprinos de corte, Meat Goat Genetic Evaluation System (MGGES), em parceria com a Embrapa Caprinos e Ovinos, através do Programa de Melhoramento Genético de Caprinos e Ovinos de Corte (GENECOC), compreendendo as raças Boer, Kiko, Spanish, Myotonic e Savannah, e seus cruzamentos. O foco do programa é selecionar grupos genéticos que apresentem melhor desempenho para produção de carne para a região e, dentro destes grupos, selecionar também os melhores animais. Por ser uma região úmida e os animais serem manejados em pastagem, um dos maiores desafios da exploração é o parasitismo gastrintestinal, de forma que é fundamental a seleção de animais resistentes. Um dos métodos mais eficientes nessa seleção é o uso da técnica de Gordon e Withlock, para a contagem de ovos por grama de fezes (OPG). No primeiro momento, a característica OPG, previamente transformada, foi avaliada nas matrizes caprinas em três momentos diferentes: na cobertura (OPGC), no parto (OPGP) e no desmame das crias (OPGD), juntamente com as características de eficiência reprodutiva: número de crias ao nascimento (NCN) e ao desmame (NCD). Foram usados modelos lineares para todas as características de OPG, e de limiar para as características NCN e NCD. No segundo momento, apenas as características OPGC, OPGP e OPGD foram analisadas por meio dos modelos de repetibilidade e regressão aleatória. Para ambos, foi realizada inferência bayesiana via amostragem de Gibbs com cadeias de 2.000.000 iterações e descarte amostral das primeiras 5.000 cadeias em um período de amostragem a cada 50 iterações. O critério do desvio de informação (DIC) foi utilizado para avaliar a melhor transformação dos dados de OPG.

**Palavras-chave:** correlação genética; herdabilidade; modelo de limiar; modelo linear; regressão aleatória.

## **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate genetically the performance of meat goats in relation to their resistance to gastrointestinal parasites and their reproductive efficiency in the Southeastern United States. These animals are part of a genetic evaluation program for meat goats, Meat Goat Genetic Evaluation System (MGGES), in partnership with the Breeding Program for Meat Goats and Sheep (GENECOC), comprising the Boer, Kiko, Spanish, Miotonic and Savannah breeds. The focus of the program is to select the genetic groups that present the best performance for meat production for the region and, within these groups, select the best animals. Because it is a humid region and animals are managed on pasture, one of the major challenges of the exploration is the gastrointestinal parasitism, so the selection of resistant animals is fundamental. One of the most efficient methods in this selection is the use of the Gordon and Withlock technique for counting eggs per gram of faeces (OPG). At the first moment, the previously transformed OPG trait was evaluated in the goat does at three different times: in the mating (OPGC), in the kidding (OPGP) and in the weaning of the offspring (OPGD), together with the traits of reproductive efficiency: number of kids born (NCC) and number of kids weaned (NCD). Linear models for all OPG traits and threshold for NCN and NCD traits were performed. In the second moment, only the OPGC, OPGP and OPGD traits were analyzed through the repeatability and random regression models. For both, Bayesian inference was performed via Gibbs sampling with chains of 2,000,000 iterations and sampling discard of the first 5,000 chains in a sampling period every 50 iterations. The deviance information criteria (DIC) was used to evaluate the best transformation of OPG data.

**Key words:** genetic correlation; heritability; linear model; random regression; threshold model.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Número de cabeças de caprinos de acordo com o propósito de criação nos Estados Unidos da América .....	15
Figura 2 – Porcentagem do número de cabeças de acordo com o propósito de produção de caprinos por região dos Estados Unidos da América .....	16
Figura 3 – Diferença entre a resistência, resiliência, tolerância e sensibilidade baseado na relação entre ganho de peso e quantidade de OPG. A = resistentes; B = susceptíveis; C = resilientes; D = tolerantes; E = animais ideais.....	24
Figura 4 – Variâncias aditivas, de ambiente permanente individual e fenotípica para a característica $\log_{10}(\text{OPG}+10)$ em diferentes idades de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University, em análise com modelo de regressão aleatória .....	60
Figura 5 – Herdabilidade ( $h^2$ ) e repetibilidade ( $r$ ) da característica $\log_{10}(\text{OPG}+10)$ em diferentes idades de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University, em análise com modelo de regressão aleatória .....	60
Figura 6 – Correlações genéticas das mensurações de $\log_{10}(\text{OPG}+10)$ entre as diferentes idades de fêmeas caprinas de corte do rebanho da Tennessee State University, em análise com modelo de regressão aleatória .....	64
Figura 7 – Correlações de ambiente permanente individual das mensurações de $\log_{10}(\text{OPG}+10)$ entre as diferentes idades de fêmeas caprinas de corte do rebanho da Tennessee State University, em análise com modelo de regressão aleatória .....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Número de cabeças de caprinos de corte por estado nos Estados Unidos da América nos anos de 2017 e 2018. ....	17
Tabela 2	– Informações sobre pedigree disponível para análise do rebanho de caprinos de corte da Tennessee State University (TSU).....	36
Tabela 3	– Número de observações em cada classe de efeito sistemático usado no modelo de análise para as características ovos por grama de fezes (OPG) a cobertura, parto e desmama das crias e número de crias ao nascimento e a desmama de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.....	37
Tabela 4	– Número de observações (N), valores mínimos (MIN), máximos (MÁX), média e desvio padrão (DP) para as características ovos por grama de fezes a cobertura (OPGC), parto (OPGP) e desmame das crias (OPGD), transformadas, e número de crias ao nascimento (NCN) e desmama (NCD) de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.....	40
Tabela 5	– Valores a posteriori para as estimativas das variâncias e covariâncias genéticas aditiva (a), de ambiente permanente (ep) e residual (e) para as características ovos por grama de fezes a cobertura (OPGC), parto (OPGP) e desmame das crias (OPGD), transformadas, e número de crias ao nascimento (NCN) e desmama (NCD), consideradas lineares, de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.....	41
Tabela 6	– Valores a posteriori para as estimativas das variâncias e covariâncias genéticas aditiva (a), de ambiente permanente (ep) e residual (e) para as características ovos por grama de fezes a cobertura (OPGC), parto (OPGP) e desmame das crias (OPGD), transformadas, e número de crias ao nascimento (NCN) e desmama (NCD), consideradas de limiar, de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University .....	43

Tabela 7 – Estimativas a posterior para a herdabilidade das características ovos por grama de fezes a cobertura (OPGC), parto (OPGP) e desmame das crias (OPGD), transformadas, e número de crias ao nascimento (NCN) e desmama (NCD) de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.....	44
Tabela 8 – Correlações genéticas a posteriori entre as características ovos por grama de fezes a cobertura (OPGC), parto (OPGP) e desmame das crias (OPGD), transformadas, e número de crias ao nascimento (NCN) e desmama (NCD), consideradas lineares, de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.....	47
Tabela 9 – Correlações genéticas a posteriori entre as características ovos por grama de fezes a cobertura (OPGC), parto (OPGP) e desmame das crias (OPGD), transformadas, e número de crias ao nascimento (NCN) e desmama (NCD), consideradas de limiar, de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.....	48
Tabela 10 – Estrutura do pedigree do rebanho de caprinos de corte da Tennessee State University (TSU).....	57
Tabela 11 – Número de observações em cada classe de efeito sistemático usado no modelo de análise para a característica ovos por grama de fezes (OPG) de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.....	58
Tabela 12 – Valores a posteriori para as variâncias genética aditiva (Vara), de ambiente permanente do animal (Varpe) e residual (Vare), e para a herdabilidade e a repetibilidade da característica LOG10(OPG+10) de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University, em análise com modelo de repetibilidade.....	59
Tabela 13 – Herdabilidade (diagonal), repetibilidade (diagonal entre parênteses), correlações genéticas (abaixo da diagonal) e correlações de ambiente permanente individual (acima da diagonal) da característica log10(opg+10) entre algumas idades (em dias) para fêmeas caprinas de corte do rebanho da Tennessee State University, em análise com modelo de regressão aleatória.....	61

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Panorama geral da produção de caprinos de corte nos Estados Unidos .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Parasitoses Gastrointestinais .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3</b>	<b>Resistência e Tolerância (resiliência) a parasitoses gastrointestinais .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4</b>	<b>Inferência bayesiana na análise de dados .....</b>	<b>25</b>
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO 1 – MODELOS BAYESIANOS DE LIMIAR E LINEAR NA ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS OVOS POR GRAMA DE FEZES (OPG) E NÚMERO DE CRIAS AO NASCIMENTO E AO DESMAME EM FÊMEAS CAPRINAS CRIADAS NO ESTADO DO TENNESSEE, EUA .....</b>	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO 2 - ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA A CARACTERÍSTICA OVOS POR GRAMA DE FEZES POR MODELOS DE REPETIBILIDADE E REGRESSÃO ALEATÓRIA EM FÊMEAS CAPRINAS CRIADAS NO ESTADO DO TENNESSEE, EUA .....</b>	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>66</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As parasitoses gastrintestinais são um grave problema sanitário presente em praticamente todos os rebanhos de animais domésticos, mas está longe de ser apenas isso, pois os nematóides podem afetar os animais nos mais diversos âmbitos produtivos, reprodutivos, fisiológicos e comportamentais. Por isso, é importante realizar estudos que possam identificar o potencial de indivíduos, raças ou grupos genéticos para a característica de resistência a parasitoses.

Diversos programas de melhoramento genético do mundo inteiro já incluem características de resistência a doenças, como resistência ao parasitismo gastrintestinal, para compor índices de seleção, no intuito de obter animais mais resistentes e conseqüentemente diminuir as perdas econômicas. Além disso, esta avaliação de dados do rebanho é importante para mostrar um panorama de como os animais estão se comportando diante da exposição aos parasitas. É um ponto de partida para identificar se vale a pena continuar mensurando e avaliando esses dados.

Este desafio também não é diferente no Sudeste dos Estados Unidos. A Tennessee State University, em colaboração com o Alabama Cooperative Extension System das Alabama A&M and Auburn Universities, possui um programa de avaliação do desempenho de caprinos de corte, que incluem as raças Boer, Kiko, Spanish, Miotonic e Savannah, e seus mestiços. O foco desta avaliação concentra-se na identificação de grupos genéticos e indivíduos mais eficientes, tanto nos aspectos de produção de carne, como de eficiência reprodutiva e resistência ao parasitismo gastrintestinal. Esse último em função do desafio que é a produção de caprinos em pastagens no Sudeste dos Estados Unidos da América (EUA), por ser uma região de clima subtropical úmido. Esse programa recebeu o reforço do Programa de Melhoramento Genético de Caprinos e Ovinos de Corte (GENECOC), da Empresa

Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), para a realização das avaliações genéticas dos animais.

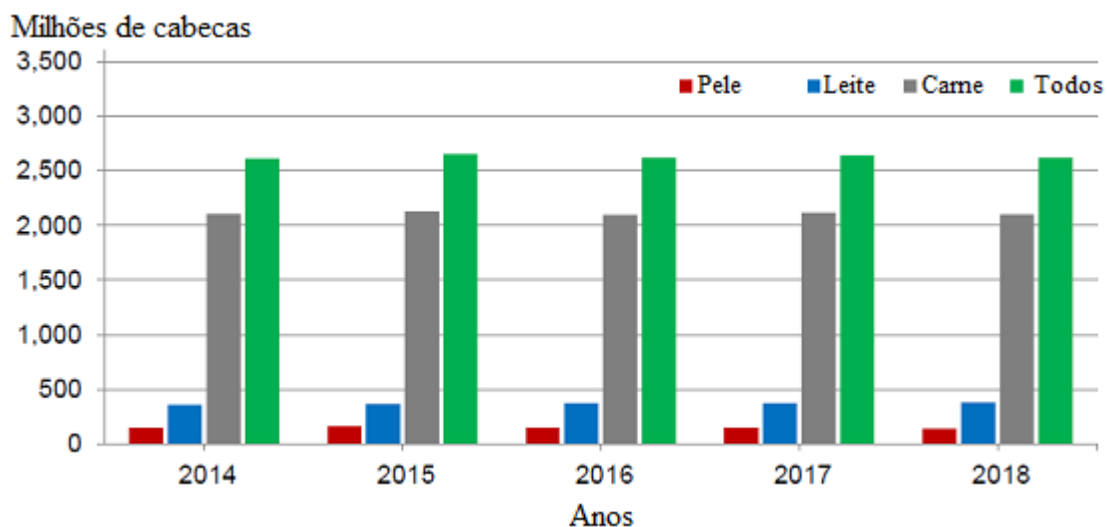
Baseado nisso propôs-se neste trabalho estimar parâmetros genéticos para as características número de ovos de helmintos por grama de fezes (OPG), número de crias ao nascimento e número de crias ao desmame, no intuito de avaliar a melhor estratégia na tomada de decisão para selecionar animais superiores quanto a resistência ao parasitismo e eficiência reprodutiva, de diferentes raças e grupos genéticos em rebanho caprino criado no estado do Tennessee, EUA.

Com essa finalidade, o trabalho será apresentado em três capítulos. O primeiro capítulo refere-se a uma breve revisão de literatura que envolve o panorama da produção de caprinos nos Estados Unidos, uma explanação sobre a problemática das parasitoses gastrintestinais, um enfoque acerca do objetivo de seleção que é a identificação de animais resistentes e/ou tolerantes e, por fim, uma abordagem sobre os métodos bayesianos que serão utilizados no presente estudo. No segundo capítulo serão apresentadas estimativas dos parâmetros genéticos para as variáveis OPG, número de crias ao nascimento e ao desmame por meio de modelos de limiar e linear. E, no terceiro capítulo, serão apresentados os resultados da avaliação da característica OPG em diferentes idades por modelos de repetibilidade e de regressão aleatória.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Panorama geral da produção de caprinos de corte nos Estados Unidos

A indústria de caprinos é um dos segmentos da produção pecuária que mais cresce nos Estados Unidos, sendo que a maioria dos caprinos é criada para carne (FIGURA 1). A crescente demanda por carne de cabra e o rápido crescimento desta indústria nos EUA devem-se ao aumento de hispânicos, além de imigrantes do Oriente Médio, do Sudeste Asiático e do Caribe, nesse país, bem como os crescentes nichos de mercado criados a partir de pessoas interessadas no sabor único e benefícios para a saúde que o produto proporciona (SPENCER, 2008).

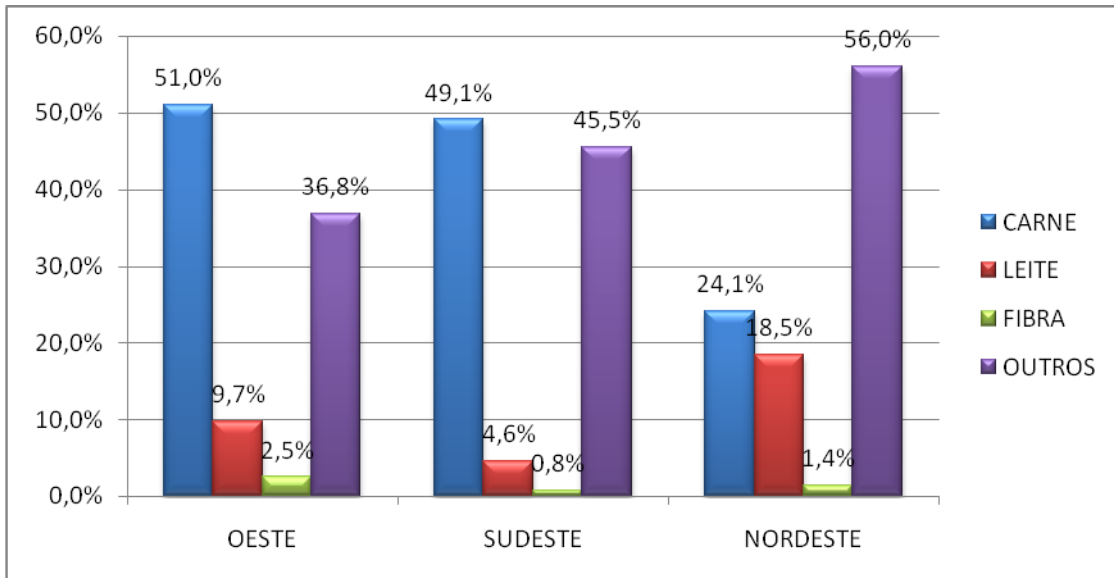


(FONTE: USDA, 2018)

**Figura 1.** Número de cabeças de caprinos de acordo com o propósito de criação nos Estados Unidos da América.

O primeiro estudo sobre a indústria de caprinos nos EUA foi o NAHMS Goat, no ano de 2009, com a participação de 21 dos principais estados produtores de caprinos do país, que representavam juntos, 75,5% do efetivo caprino dos EUA e 82,2% do total de cabeças de

caprinos do país (USDA, 2012). Os resultados mostraram que os estados das regiões oeste e sudeste têm, predominantemente, como produção primária a carne (FIGURA 2).



(FONTE: NAHMS, 2009)

**Figura 2.** Porcentagem do número de cabeças de acordo com o propósito de produção de caprinos por região dos Estados Unidos da América.

De acordo com Gillespie et al. (2016), a partir da década de 90, se iniciou um maior interesse e potencial para a produção de caprinos nos EUA. Organizações foram criadas para dar suporte aos produtores que despertavam interesse pela produção, para apoiar as indústrias e para promover projetos educacionais necessários à capacitação dos produtores. O interesse inicial na produção de caprinos de corte ocorreu principalmente na região sudeste, com o Texas e o Tennessee liderando a maioria dos estados e possuindo as maiores populações de cabras até o momento atual (TABELA 1). Nos anos mais recentes, o interesse pela produção de carne de cabra se expandiu por todo o país (SOLAIMAN, 2007).

**Tabela 1.** Número de cabeças de caprinos de corte por estado nos Estados Unidos da América nos anos de 2017 e 2018.

ESTADOS	2017 (CABEÇAS)	2018 (CABEÇAS)	2018 COMO % DE 2017 (%)
ALABAMA	45.000	47.000	104
ARIZONA	27.000	27.000	100
ARKANSAS	36.000	33.000	92
CALIFORNIA	87.000	80.000	92
COLORADO	25.000	23.000	92
FLORIDA	44.000	45.000	102
GEORGIA	67.000	70.000	104
ILLINOIS	18.000	19.000	106
INDIANA	33.000	36.000	109
IOWA	32.000	35.000	109
KANSAS	46.000	41.000	89
KENTUCKY	56.000	57.000	102
LOUISIANA	18.000	16.000	89
MINNESOTA	22.000	24.000	109
MISSISSIPPI	19.000	19.000	100
MISSOURI	75.000	71.500	95
NOVA IORK	17.000	15.500	91
CAROLINA DO NORTE	50.000	47.000	94
OHIO	42.000	44.000	105
OKLAHOMA	92.000	82.000	89
OREGON	27.000	29.000	107
PENNSYLVANIA	37.000	38.000	103
CAROLINA DO SUL	32.000	33.500	105
TENNESSEE	110.000	104.000	95
TEXAS	790.000	795.000	101
VIRGINIA	45.000	41.000	91
WASHINGTON	20.000	21.000	105
VIRGINIA DO OESTE	21.000	21.500	102
OUTROS ESTADOS <sup>1</sup>	182.000	183.000	101
ESTADOS UNIDOS	2.115.000	2.098.000	99

<sup>1</sup>Inclui dados de outros estados não publicados na tabela

(FONTE: USDA, 2018)

A maioria dos caprinos nos EUA foi importada principalmente da Nova Zelândia, Canadá, Austrália, República da Coreia do Sul, México e Polônia (Solaiman, 2007). As raças Boer, Kiko, Savannah, Spanish e Myotonic (fainting goats – caprinos que desmaiam) ou qualquer uma dessas combinações de raças são os mais utilizados para a produção de carne neste país.

A raça Boer foi a primeira a ser introduzida e a grande responsável pelo a impulsão da produção de caprinos de corte em nível industrial nos EUA, por meio da criação da American Boer Goat Association, em 1993 (GILLESPIE et al., 2016). O interesse da sua utilização em criações comerciais provavelmente se deve aos de produtividade demonstrados, tais como precocidade e prolificidade (LU, 2001), a produção de carcaças com melhor conformação e acabamento (CARTAXO et al., 2014) e as excelentes características de sua carne, que apresenta baixo teor de gordura e boa palatabilidade (MADRUGA et al., 2005).

A raça Myotonic possui uma população relativamente pequena se comparada às outras raças e possuem uma condição hereditária na qual seus músculos ficam extremamente rígidos por 10 a 20 segundos, quando estão com medo ou estressados, por isso a designação “Fainting Goats” (caprinos que desmaiam). Esses animais são utilizados em cruzamentos com raças como a Boer, para melhorar a taxa de crescimento e se obter animais maiores e com carcaças mais pesadas (COFFEY, 2006).

Estudos realizados na região do sudeste dos Estados Unidos comprovaram que as raças Spanish e Kiko apresentam maior resistência geral às doenças, maior longevidade, com vida reprodutiva em média de até 5 anos a mais, e fêmeas com maior habilidade materna, quando comparadas à raça Boer, sendo as raças mais adequadas para a produção comercial de caprinos de corte nesta região (BROWNING JR. et al., 2006; PELLERIN; BROWNING, 2012)

O estado do Tennessee tem firmado parcerias com produtores, cooperativas, universidades e centros de pesquisas para desenvolver projetos que venham a explorar ao máximo a eficiência produtiva desses animais, pois a demanda tem ultrapassado a oferta de animais e estudos mais aprofundados são necessários. Recursos têm sido obtidos para estudos com a raça Savannah, que diante de outras raças mais resistentes pode não ser a melhor escolha para controlar populações de nematóides gastrointestinais, e para saber mais sobre

parasitas e outras doenças que podem afetar a capacidade de produção (BROWNING, 2017; GOOLSBY, 2017).

## 2.2 Parasitoses Gastrintestinais

As parasitoses gastrintestinais representam um dos principais problemas sanitários na produção animal e é um dos principais fatores relacionado a prejuízos econômicos, tais como retardo no desenvolvimento, diminuição na produção de carne, leite, lã, gastos com a compra de anti-helmínticos e até mortalidade nas espécies de interesse zootécnico em todo o mundo (VIEIRA et al., 1997; TAYLOR et al., 2007). Esse problema é ainda mais grave em fêmeas no período do parto, que compreende o final da gestação e início da lactação (PINTO et al., 2008). A resistência das fêmeas em geral e a variação imunológica à infecção durante períodos fisiológicos específicos ainda não recebe atenção privilegiada de manejo se comparado aos reprodutores, mesmo estas se mantendo no rebanho por um longo período sob diversas fontes de estresse (SILVA, 2015).

A verminose é causada por várias espécies de helmintos que parasitam o trato gastrintestinal de pequenos ruminantes, sendo as espécies mais comumente encontradas: *Haemonchus contortus* e *Trichostrongylus axei*, parasitando o abomaso; *Cooperia pectinata*, *Cooperia punctata*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Strongyloides papillosus*, *Moniezia expansa* e *Bunostomum trigonocephalum*, que parasitam o intestino delgado; e *Oesophagostomum sp.*, *Skrjabinema ovis* e *Trichuris sp.*, parasitos do intestino grosso (COSTA; VIEIRA, 1984; SOUZA et al., 2013).

Dentre os parasitas que mais se destacam por eficiência de parasitismo e gravidade dos mecanismos de ação são o *H. contortus*, *T. colubriformis*, *S. papillosus* e *O. colubianum* (COSTA; VIEIRA, 1984). O *H. contortus* é um nematóide de relevante

importância, por ser o mais prevalente, apresentar elevado potencial biótico e alta intensidade de infecção. Além disso, é um parasita hematófago, com elevada patogenicidade, responsável por um quadro clínico severo de anemia, perda de peso e consequente diminuição do potencial produtivo (URQUHART et al., 1990).

Embora as mesmas espécies de nematódeos ocorram em ovinos e caprinos, a infecção parasitária difere largamente entre os dois hospedeiros, de acordo com sua imunidade, fisiologia e características comportamentais. Em condições de pastejo, os ovinos são mais susceptíveis do que os caprinos, mas em compensação os caprinos são mais sensíveis a infecção, sendo isto relacionado, provavelmente, à sua menor habilidade para desenvolver uma resposta imune contra os nematódeos (HOSTE et al., 2008; HOSTE et al. 2010).

O uso indevido dos fármacos vem aumentando cada vez mais o surgimento de populações de nematódeos resistentes a estes produtos, associados aos elevados custos, riscos de resíduos nos alimentos e de contaminação ambiental, o que tornou necessária a busca por novas alternativas de controle (HERD, 1996; MELO et al., 2003). Por isso, cada vez mais tem-se optado por raças e populações de animais que apresentem menor susceptibilidade a essa enfermidade (COSTA et al. 2009; TORRES-ACOSTA et al. 2012). Esses animais, dependendo de sua constituição genética, têm mecanismos de defesa que agem de diferentes maneiras, fazendo deles resistentes ou tolerantes (resilientes) aos parasitas.

### **2.3 Resistência e Tolerância (resiliência) a parasitoses gastrointestinais**

É comum a utilização dos termos “tolerantes” e “resistentes” como sinônimos para classificar a reação dos animais em resposta à infecção por patógenos, embora suas definições já estejam bem estabelecidas. A resistência a parasitoses pode ser definida como a capacidade do animal infectado iniciar e manter respostas para suprimir o estabelecimento de

parasitas e/ou eliminar a carga parasitária. Rebanhos que tenham animais com estas características toleram melhor os efeitos das infecções helmínticas e promovem menor contaminação nas pastagens, o que reduz o número de vermifugações e retarda, assim, a resistência anti-helmíntica (VIEIRA, 2003). Já a tolerância é a capacidade que o animal tem para suportar os efeitos patogênicos da infecção. No caso da resiliência, que está relacionada à tolerância, é um termo utilizado para especificar os animais que são capazes de conviver com os parasitas com redução mínima de produtividade e qualidade da sua produção (ALBERS et al., 1987; SIMMS, 2000; BISHOP & MORRIS, 2007).

Embora a resistência e a resiliência possam acarretar em um impacto semelhante na saúde individual e na produtividade do animal, elas podem ter efeitos opostos sobre a prevalência da doença em nível de população, uma vez que o melhoramento para resistência tem o potencial de diminuir a carga parasitária no pasto, o que proporciona benefícios epidemiológicos claros, ao contrário dos resilientes, que não diminuem significativamente a contaminação ambiental (DOESCHL-WILSON; KYRIAZAKIS, 2012; TORRES-ACOSTA; HOSTE 2008). Mas, a realidade não é tão simples assim, pois infecções por nematoides são altamente prevalentes e as várias espécies existentes têm um amplo espectro de hospedeiro, o que torna improvável a erradicação do patógeno (BISHOP; MORRIS, 2007).

A seleção para resiliência pode apresentar grandes riscos para o sistema de produção. O animal, mesmo não apresentando perdas significativas na sua produtividade, pode apresentar a aparência prejudicada pela carga parasitária, podendo afetar uma futura negociação de venda. Outra implicação é que para parasitas com poder de ação mais forte, a vigilância deve ser constante para controlar surtos mais severos que podem, conseqüentemente, diminuir a produtividade e afetar a taxa reprodutiva, com isso poderá haver uma diminuição no diferencial de seleção e aumento no intervalo de gerações da população (WOOLASTON; BAKER, 1996).

Há também os danos que podem ser causados ao longo prazo aos animais, como exemplo, quando se tem grandes perdas de sangue que ocorrem nas infecções por *H. contortus*, que se supõe que nem mesmo o animal mais tolerante seja capaz de sobreviver por muito tempo, quando exposto a infecções com grande número deste parasita (LE JAMBRE, 1995). O mesmo vale para as infecções por *O. columbianum*, em que a resposta imunológica está associada a danos na parede intestinal do hospedeiro pela formação de nódulos caseosos ao redor das larvas ao tentar impedir o seu estabelecimento, (DO AMARANTE et al., 2004). Portanto, não há dúvidas de que a resistência é a característica mais importante do ponto de vista zootécnico, pois impõe limites ao estabelecimento do parasita.

Mas, embora o ideal seja selecionar animais resistentes, Amarante (2002), em estudos realizados com ovinos, sugeriu que após anos e anos de seleção natural, o ideal em termos produtivos seria que as raças consideradas “resistentes” tenham atingido o refinamento de apresentar resistência contra algumas espécies de helmintos e tolerância contra outras. Além disso, o resiliente, por não precisar ser desverminado constantemente, ajuda a preservar a população refúgio, que pode beneficiar o animal quando a vermifugação se faz necessária. Em países ou regiões onde as condições climáticas, juntamente com o sistema de criação a pasto favorecem a proliferação e contaminação por parasitoses, a resiliência pode agregar junto a rusticidade e adaptabilidade do animal para poder suportar situações de estresse como, por exemplo, altas temperaturas e escassez de alimento.

Alguns marcadores fenotípicos como número de ovos por grama de fezes (OPG), volume globular, número de eosinófilos circulantes, concentração de anticorpos e o método FAMACHA são associados à resistência e podem ser utilizados como parâmetros em programas de seleção, representando uma opção viável para o controle de enfermidades parasitárias (SOTOMAIOR et al. 2007). Essas características podem ser utilizadas em associação, nos quais os animais podem ser avaliados durante um período de teste

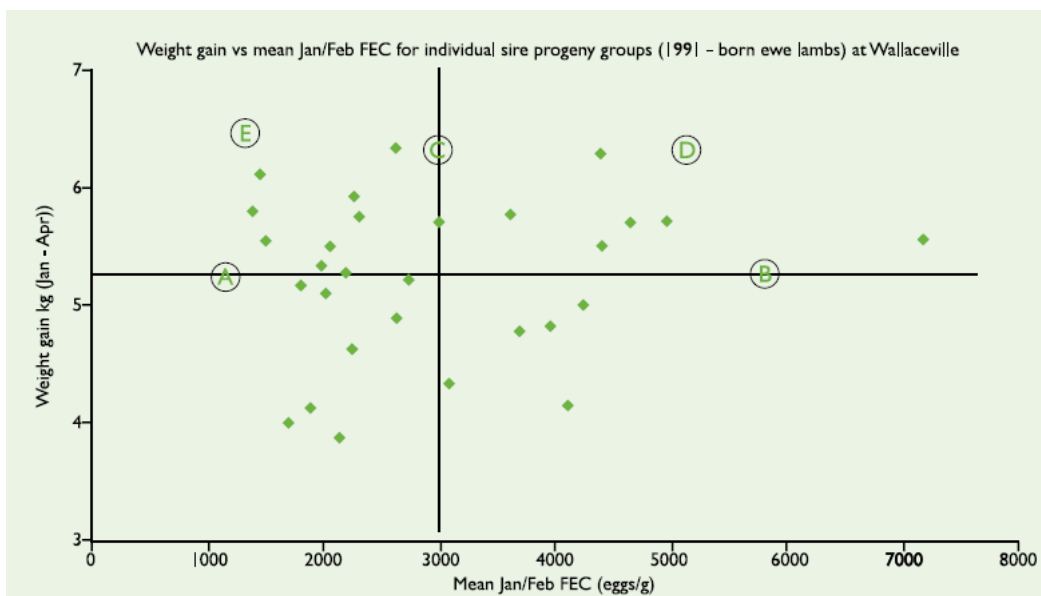
suficientemente breve sem ter grandes perdas na sua produção e favorecer a obtenção de resultados mais confiáveis (KISIELEWICZ et al., 1995).

A seleção de animais mais resistentes a parasitos gastrintestinais com base no OPG é a mais utilizada como critério em programas de melhoramento genético em ovinos na Austrália, Nova Zelândia e no Uruguai (CASTELLS et al., 2002; POLLOTT et al., 2004). Pesquisando na literatura, a herdabilidade para esse indicador pode ter magnitudes que variam de 0,0 a 0,70 (SHAW et al., 1999; GAULY; ERHANDT, 2001; POLLOTT et al., 2004; BISHOP et al., 2004; VANIMISSETTI et al., 2004; SAYERS et al., 2005; PFEFFER et al., 2007; LÔBO et al., 2009; GOLDBERG et al., 2012). Essa alta variação, que pode permitir um progresso genético de baixo a alto, se deve as diferentes populações e períodos estudados; aos desafios impostos, de alimentação e manejo; e a faixa etária ou estágio reprodutivo dos animais, o que evidencia a complexidade da característica. Mas, raramente programas de seleção consideram o baixo OPG como única característica a ser selecionada. Por isso, as estimativas de correlações genéticas entre OPG e características produtivas são importantes (BENAVIDES et al., 2010).

O programa Neozelandês de seleção de ovinos classifica os animais em cinco categorias de acordo com as relações entre ganho de peso, resistência, tolerância, resiliência e susceptibilidade às parasitoses gastrintestinais (Figura 3). Animais resistentes apresentam baixa contagem para OPG e médio ganho de peso (categoria A). O grupo de animais susceptíveis apresenta alta contagem de OPG e ganho de peso médio (categoria B). O animais resilientes apresentam OPG médio e ganho de peso alto (categoria C). O grupo de animais tolerantes possuem alto OPG e alto ganho de peso (categoria D). A categoria E representa os animais desejáveis que possuem alto ganho de peso sem alta contagem de OPG, conseqüentemente baixa contaminação da pastagem. Verifica-se que este grupo de animais

engloba os do grupo resistentes (A) e resilientes (C), mostrando qual o tipo de rebanho ideal a ser explorado e selecionado (R&D BRIEF, 1999).

Há algumas desvantagens em utilizar dados de OPG como critério de seleção. Primeiro é a irregularidade da passagem de ovos pelo trato digestório, fazendo com que em muitas vezes as amostras de fezes não acusem nenhum ovo, quando na verdade o animal está altamente parasitado. Para evitar este inconveniente, são realizadas mais de uma amostragem e mais de uma análise de OPG por animal em cada coleta, as quais estão sujeitas as condições ambientais, pois destas depende a sobrevivência dos parasitas no pasto (BISHOP & STEAR, 1996).



Fonte: (R&D BRIEF ,1999)

**Figura 3.** Diferença entre a resistência, resiliência, tolerância e sensibilidade baseado na relação entre ganho de peso e quantidade de OPG. A = resistentes; B = susceptíveis; C = resilientes; D = tolerantes; E = animais ideais.

Outro fator de grande importância é o tipo de análise para este tipo de dados. Geralmente os dados de OPG apresentam distribuição binomial negativa, ou seja, a maioria dos hospedeiros alberga poucos parasitas, enquanto uns poucos possuem a maior proporção da população total. A avaliação fenotípica de resistência a nematoides gastrointestinais por

meio desse parâmetro pode apresentar inconsistências que podem causar problemas na análise estatística e influenciar os resultados. Em particular, os valores iguais a zero, dependendo da quantidade deles no banco de dados, podem comprometer as análises estatísticas (AMARANTE et al., 1998; STEAR et al., 1994).

Comumente, observa-se a adoção do método da Máxima Verossimilhança Restrita na estimação dos parâmetros para esta característica. Como alternativa para viabilizar a sua análise, utiliza-se a transformação logarítmica visando normalizar os dados. Diversas fórmulas para transformações logarítmicas de dados de contagem têm sido adotadas (BISSET et al., 1996; MCMANUS et al., 2009;). Entretanto, apesar da transformação ser necessária para a normalização e atender as pressuposições dos modelos estatísticos, não há certeza qual tipo de transformação permite estimativas mais acuradas. Assim, deve-se optar por métodos estatísticos que melhor se adequem a natureza da característica, pois o conhecimento sobre os parâmetros genéticos e fenotípicos é imprescindível para a condução eficiente de qualquer programa de melhoramento animal.

Por outro lado, a introdução de métodos bayesianos surgiu da necessidade de métodos específicos para análises de dados categóricos que permitissem estimar acuradamente seus componentes de (co)variância (GIANOLA; FOULLEY, 1983). Esses procedimentos podem ser implementados com maior facilidade, menor esforço computacional por amostra e comportam melhor conjuntos de dados com grande número de observações e características (NOBRE et al., 2003).

## **2.4 Inferência bayesiana na análise de dados**

A inferência Bayesiana utiliza métodos probabilísticos para descrever a incerteza sobre o verdadeiro valor de algum parâmetro, ou seja, consiste em descrever erros que possam

existir em torno da estimativa de um parâmetro, usando como medida do erro a probabilidade de que o parâmetro apresente determinado valor. Neste contexto, os métodos de Monte Carlo via Cadeias de Markov (MCMC), dentre os quais se destaca a Amostragem de Gibbs, podem ser utilizados como ferramenta na análise de dados, o que propicia uma inferência Bayesiana, a partir da qual são obtidas as estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos, e que permite ainda a incorporação de informações passadas (*a priori*), caso existam, enriquecendo o processo de inferência (FARIA et al., 2007).

Devido à natureza discreta de algumas características, como é o caso das que envolvem número de crias, por exemplo, o modelo de limiar é o mais aconselhado para estimar seus parâmetros genéticos (SCHMIDOVÁ et al., 2014). O princípio do modelo de limiar para características categóricas é baseado na pressuposição que a expressão fenotípica da característica está associada a uma variável contínua subjacente chamada *Liability* (Predisposição) que não é observável. Ou seja, esse modelo assume que a expressão categórica de uma característica, por exemplo, a prolificidade, é uma reflexão de uma ‘predisposição’ do animal parir, mas as duas são conectadas pelo limiar ou ponto de descontinuidade. Assim, animais cujos valores fenotípicos na escala subjacente ultrapassam o limiar, aparecerão numa classe, enquanto os animais abaixo desse limiar aparecerão na outra classe. Um exemplo prático disso é que os componentes genéticos e de ambiente que atuam sobre o animal podem contribuir para uma potencialidade de nascer 0,3 crias, mas somente zero ou uma cria pode ser expresso no fenótipo. Assim nenhuma cria irá nascer até que o limiar para uma cria seja atingido. Existe um limiar similar para nascer duas crias, outro para três, e assim por diante (TURNER; YOUNG, 1969).

Geralmente é mais comum a utilização de modelo linear para avaliar este tipo de característica devido a dificuldade da implementação de modelos de limiar, que frequentemente requer cálculos complicados e que demandam substancialmente mais tempo

do que quando se utiliza um modelo linear (Luo et al., 2001). Entretanto, estudos que comparam os dois modelos têm demonstrado que as estimativas de herdabilidade para a característica prolificidade, utilizando o modelo de limiar, geralmente são mais elevadas (PIWCZYŃSKI et al., 2011; MOHAMMADI et al., 2012; PIWCZYŃSKI e KOWALISZYN, 2013).

Modelos de repetibilidade e de regressão aleatória são amplamente utilizadas em avaliações genéticas. E o uso destas importantes ferramentas em um programa de melhoramento animal permite observar todas as características que podem ser descritas por funções contínuas (MERCADANTE et al., 2002), como é o caso da variável OPG.

As características de interesse para o melhoramento genético animal, mensuradas várias vezes durante a vida do animal, são denominadas como dados longitudinais. O modelo mais simples para essa análise consiste no modelo de repetibilidade, que pressupõe que todas as medidas mensuradas ao longo do tempo representam a mesma característica. Esses modelos assumem premissas não realistas, uma vez que consideram que medidas no mesmo indivíduo representam uma única característica, e que as correlações entre as diversas observações obtidas do mesmo animal são iguais a um (MORRIS; AMYES, 2012).

Os modelos de regressão aleatória, denominados modelos de dimensão infinita, estão sendo utilizados para estimar os componentes de variância e parâmetros genéticos e têm se tornado alternativa padrão para análises genéticas de dados desta natureza. Entretanto, um dos entraves destes modelos está relacionado à disponibilidade de memória e tempo computacional para a realização de avaliações genéticas em larga escala (SOUSA JÚNIOR et al., 2014). Também, é possível, através desses modelos, proporcionar um tratamento contínuo de observação ao longo do tempo, sendo possível incorporar variâncias e covariâncias heterogêneas (LIDAUER et al, 2003).

## **CAPÍTULO 1**

**MODELOS BAYESIANOS DE LIMIAR E LINEAR NA ESTIMATIVA DE  
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA AS CARACTERÍSTICAS OVOS POR GRAMA  
DE FEZES (OPG) E NÚMERO DE CRIAS AO NASCIMENTO E AO DESMAME EM  
FÊMEAS CAPRINAS CRIADAS NO ESTADO DO TENNESSEE, EUA**

---

**MODELOS BAYESIANOS DE LIMIAR E LINEAR NA ESTIMATIVA DE  
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA AS CARACTERÍSTICAS OVOS POR GRAMA  
DE FEZES (OPG) E NÚMERO DE CRIAS AO NASCIMENTO E AO DESMAME EM  
FÊMEAS CAPRINAS CRIADAS NO ESTADO DO TENNESSEE, EUA**

**RESUMO** - O objetivo do estudo foi estimar parâmetros genéticos para a contagem de ovos por grama de fezes (OPG) na cobertura (OPGC), parto (OPGP) e desmame das crias (OPGD), número de crias ao nascimento (NCN) e ao desmame (NCD) de fêmeas do rebanho de caprinos de corte da Tennessee State University (TSU). Os dados de OPG foram analisados como distintas características de acordo com o momento de sua mensuração e foram normalizadas por meio de transformação:  $(OPGC+10)^{0,2}$ ,  $(OPGP+10)^{0,3}$  e  $(OPGD+10)^{0,2}$ . Após transformação estas características seguiram distribuição normal contínua multivariada e foram analisadas como lineares. As características NCN e NCD foram consideradas em duas formas, a primeira como lineares e a segunda como de limiar. Assim, duas análises multivariadas foram realizadas, a primeira com as cinco características como lineares (modelo  $I^5$ ) e a segunda considerando NCN e NCD como de limiar (modelo  $I^3Im^2$ ). Em ambas as análises o modelo continha para todas as características os efeitos sistemáticos de grupo genético, ano de mensuração e classe de idade da cabra (apenas para OPGP) e os efeitos aleatórios de animal, de ambiente permanente do animal e o erro. As herdabilidades obtidas para OPG variaram entre si, sendo menor na cobertura ( $0,06 \pm 0,01$  e  $0,06 \pm 0,02$ , para os modelos  $I^5$  e  $I^3Im^2$ , respectivamente), seguida do momento da desmame ( $0,13 \pm 0,05$  e  $0,12 \pm 0,04$ , para os modelos  $I^5$  e  $I^3Im^2$ , respectivamente) e maior ao parto ( $0,32 \pm 0,06$  e  $0,39 \pm 0,05$ , para os modelos  $I^5$  e  $I^3Im^2$ , respectivamente). As herdabilidades para NCN e NCD foram bem superiores estas foram consideradas de limiar (NCN =  $0,54 \pm 0,11$ ; NCD=  $0,54 \pm 0,11$ ) quando comparadas para a situação de linearidade (NCN=  $0,06 \pm 0,02$  e NCD =  $0,07 \pm 0,02$ ).

Concluiu-se que o melhor período para selecionar a OPG seria no momento do parto e que as variáveis NCN e NCD são melhores analisadas quando consideradas como de limiar.

**Palavras-chave:** Eficiência reprodutiva. Herdabilidade. Inferência Bayesiana. Resistência ao parasitismo gastrointestinal.

**BAYESIAN LINEAR AND THRESHOLD MODELS IN THE ESTIMATION OF  
GENETIC PARAMETERS FOR THE TRAITS FECAL EGGS COUNT AND  
NUMBER OF KIDS AT BIRTH AND WEANNING OF FEMALE GOATS RAISED IN  
THE STATE OF TENNESSEE, USA**

**ABSTRACT** - The objective of the study was to estimate genetic parameters for fecal eggs count (OPG) at the moment of mating (OPGC), kidding (OPGP) and weaning of the offspring (OPGD), number of offspring at birth (NCN) and weaning (NCD) of Tennessee State University (TSU) goat herd females. The OPG data were analyzed as distinct traits according to the moment of their measurement and were normalized by transformation:  $(OPGC + 10)^{0.2}$ ,  $(OPGP + 10)^{0.3}$  and  $(OPGD + 10)^{0.2}$ . After transformation, these traits followed normal multivariate continuous distribution and were analyzed as linear. The NCN and NCD traits were considered in two forms, the first as linear and the second as threshold. Thus, two multivariate analyzes were performed, the first with the five traits as linear (model 1<sup>5</sup>) and the second with NCN and NCD as threshold (model 1<sup>3</sup>1m<sup>2</sup>). In both analyzes the model contained for all traits the systematic effects of genetic group, year of measurement and age class of the goat (only for OPGP) and the random effects of animal, permanent environment of the animal and the error. The heritabilities obtained for OPG varied among them, being lower in the mating ( $0.06 \pm 0.01$  and  $0.06 \pm 0.02$ , for models 1<sup>5</sup> and 1<sup>3</sup>1m<sup>2</sup>, respectively), followed by the time of weaning ( $0.13 \pm 0.05$  and  $0.12 \pm 0.04$ , for models 1<sup>5</sup> and 1<sup>3</sup>1m<sup>2</sup>, respectively) and higher at kidding ( $0.32 \pm 0.06$  and  $0.39 \pm 0.05$ , for models 1<sup>5</sup> and 1<sup>3</sup>1m<sup>2</sup>, respectively). The heritabilities for NCN and NCD were higher when these traits were considered threshold (NCN =  $0.54 \pm 0.11$ ; NCD =  $0.54 \pm 0.11$ ) when compared to the linearity situation (NCN =  $0.06 \pm 0.02$  and NCD =  $0.07 \pm 0.02$ ). It was concluded that the best period to select the OPG would be at the time of kidding and that the NCN and NCD variables are best analyzed when considered as threshold.

**Key words:** Bayesian Inference. Heritability. Reproductive efficiency. Resistance to gastrointestinal parasitism.

## 1. INTRODUÇÃO

As parasitoses gastrintestinais representam o maior e mais grave problema sanitário na produção animal, e os seus efeitos podem se manifestar de diversas formas, de acordo com a espécie, a intensidade da infecção, a categoria ou o estado fisiológico e nutricional dos animais. Em algumas situações, pode inviabilizar economicamente a criação devido ao retardo do crescimento, perda de peso, inapetência, baixa eficiência reprodutiva e em casos mais graves, altas taxas de mortalidade (VIEIRA, 2005; 2008). No sudeste dos Estados Unidos, as condições de pastagem quentes e úmidas são ótimas para parasitas gastrintestinais e patógenos dos cascos, dificultando ainda mais a eficiência da produção de caprinos de corte (BROWNING JR.; LEITE-BROWNING, 2009). A contagem de ovos por gramas de fezes (OPG) é uma característica muito utilizada para controle do estado de parasitismo de animais e rebanhos.

Por outro lado, a eficiência reprodutiva é um dos fatores que sofre forte influência das parasitoses gastrintestinais. Dependendo do estágio reprodutivo em que o animal se encontra, a infecção por parasitas pode se dá de diferentes formas. Fêmeas gestantes e em lactação possuem elevação das necessidades nutricionais, para o desenvolvimento do feto e do úbere, por isso, podem apresentar diminuição do estado imunológico e elevação no número de endoparasitas. No terço final de gestação e início da lactação, um incremento na contagem de ovos por grama de fezes pode ser observado (GURGEL et al., 2012).

Assim como várias características de importância econômica e que podem representar a eficiência reprodutiva, as características número de crias ao nascimento e ao desmame não apresentam distribuição normal dos dados e uma melhor atenção deve ser dada em suas análises, uma vez que os modelos lineares, usuais na avaliação genética consideram tais características como contínuas, de modo que é ignorada a natureza discreta dos dados (LUO et al., 2002).

Uma das maneiras de análise de dados dessa natureza é por meio de métodos de inferência bayesiana. A aplicação de modelos bayesianos de limiar, que são baseados na suposição de que as classes de dados categóricos estão relacionadas a um delineamento de uma escala subjacente normal, pode favorecer maiores ganhos genéticos na avaliação de características não categóricas, ao identificar de forma mais eficiente os animais com valor genético superior, pois a estimação de herdabilidades na escala subjacente mostra-se mais elevada (SOUSA et al., 2000; GIANOLA & SORENSEN, 2002).

Portanto, o presente estudo teve por objetivo estimar os parâmetros genéticos da OPG, em diferentes estágios fisiológicos, bem como para o número de crias ao nascimento e ao desmame, de matrizes caprinas do rebanho Tennessee State University (TSU), de maneira a identificar a melhor estratégia na seleção destes animais em um programa de melhoramento genético.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizadas informações registradas, entre os anos de 2009 e 2016, no momento das coberturas, partos e desmama das crias de matrizes caprinas do rebanho Tennessee State University (TSU), localizado em Nashville – EUA. Os dados referiam-se a contagem de ovos por grama de fezes (OPG), número de crias ao nascimento (NCN) e ao desmame (NCD). Para o controle de suas informações, esse rebanho utiliza o Sistema de Gerenciamento de Rebanho (SGR; LÔBO, 2013) em seu programa de avaliação genética (<http://srvgen.cnpc.embrapa.br/tsu/start.php>), por meio de um convênio de cooperação entre a TSU, o Alabama Cooperative Extension System das Alabama A&M and Auburn Universities e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Este rebanho é composto de animais puros e mestiços das raças Spanish, Kiko, Boer, Myotonic e Savannah, criados em

condição semi-intensiva de manejo em pastagens. O exame de OPG é realizado apenas nas fêmeas adultas, nos momentos das coberturas, partos e desmame de suas crias.

O local onde o rebanho foi mantido fica na estação de pesquisa da Universidade Estadual do Tennessee ao longo do rio Cumberland, em Nashville, Tennessee (36,176 ° N, 86,828 ° W). A estação está localizada no sudeste dos Estados Unidos com clima subtropical úmido e umidade média ao longo do ano de 70%. As estações do ano são bem definidas e tem um total de precipitação média anual de 1.222 mm, uniformemente distribuído ao longo do ano. A temperatura média anual é de 15 °C. Os extremos de temperatura sazonal são representados por altas médias diurnas de verão de 32 °C em julho, e baixas noturnas de inverno com uma média de -2 °C em janeiro (PELLERIN; BROWNING, 2012).

A matriz de parentesco era formada por 3.522 animais, dos quais apenas 755 possuíam informação de OPG (Tabela 2). Os dados de OPG foram analisados como distintas características de acordo com o momento de sua mensuração. Assim, foram analisadas as características OPG no momento da cobertura (OPGC), no momento do parto (OPGP) e no momento do desmame das crias da matriz (OPGD). Após análises prévias de distribuição e testes de normalidade, estas características foram normalizadas por meio de transformação:  $(OPGC+10)^{0,2}$ ,  $(OPGP+10)^{0,3}$  e  $(OPGD+10)^{0,2}$ .

**Tabela 2.** Informações sobre pedigree disponível para análise do rebanho de caprinos de corte da Tennessee State University (TSU).

Informações	Número	(%)
Número total de animais	3522	-
Número de animais sem registros de desempenho	2767	-
Número de animais com registros de desempenho	755	100,0
Até 5 registros	37	4,9
Até 6 registros	38	5,0
De 7 a 10 registros	81	10,7
De 11-20 registros	90	11,93
Número de animais sem filhos	2275	64,6
Número de animais com filhos	1247	35,4
Número de animais com filhos e registros	414	11,8
Número de animais com pai desconhecido	733	-
Número de animais com mãe desconhecida	809	-
Número de animais com ambos os pais desconhecidos	727	-
Número de pais	354	-
Número de pais com progênes com dados	187	-
Número de mães	893	-
Número de mães com progênes com dados	460	-
Número de animais com avô paterno conhecido	1792	-
Número de animais com avó paterna conhecida	1528	-
Número de animais com avô materno conhecido	1685	-
Número de animais com avó materna conhecida	1565	-

Um modelo animal multivariado foi analisado com as características OPGC, OPGP e OPGD transformadas, em conjunto com as características número de crias ao nascimento (NCN) e número de crias ao desmame (NCD) por matriz. O modelo multivariado continha os efeitos sistemáticos (Tabela 3) de grupo genético, ano de mensuração e classe de idade da cabra em anos (1 = um e dois anos; 2 = três e quatro anos; 3 = entre cinco e sete anos; 4 = maior que sete anos de idade). Ressalta-se que este último efeito foi usado apenas para OPGP, uma vez que não foi significativo para as demais características. Além destes efeitos, o modelo continha os efeitos aleatórios de animal, de ambiente permanente do animal e o erro.

O modelo foi analisado por duas formas diferentes: considerando distribuição normal e contínua para as características NCN e NCD, e considerando as mesmas como

características de limiar. Assim, na primeira análise, considerou-se cinco características lineares e, na segunda, três lineares e duas de limiar.

**Tabela 3.** Número de observações em cada classe de efeito sistemático usado no modelo de análise para as características ovos por grama de fezes (OPG) a cobertura, parto e desmama das crias e número de crias ao nascimento e a desmama de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.

GRUPO GENÉTICO <sup>1</sup>	N	ANO COBERTURA	N	ANO PARTO	N
1/2BOE1/2KIK	99	2008	111	2009	90
1/2BOE1/2SPA	72	2009	81	2010	38
1/2KIK1/2BOE	54	2011	215	2012	177
1/2KIK1/2SPA	21	2012	216	2013	185
1/2MYO1/2BOE	5	2013	228	2014	198
1/2MYO1/2KIK	6	2014	202	2015	161
1/2MYO1/2SPA	27	2015	222	2016	178
1/2SAV1/2BOE	7				
1/2SAV1/2KIK	22				
1/2SAV1/2SPA	16				
1/2SAV1/2SRD	25				
		ANO DESMAMA	N	CLASSE DE IDADE DA CABRA	N
1/2SPA1/2BOE	57	2009	106	1	562
1/2SPA1/2KIK	11	2010	81	2	355
3/4BOE1/4KIK	9	2012	168	3	295
3/4BOE1/4SPA	4	2013	161	4	66
3/4KIK1/4BOE	16	2014	187		
3/4SPA1/4BOE	16	2015	118		
BOER	53	2016	155		
KIKO	307				
MYOTONIC	131				
SAVANAH	6				
SPANISH	314				

<sup>1</sup>BOE = Boer; KIK = Kiko; SPA = Spanish; SAV = Savannah; SRD = Sem raça definida

Par as características de limiar, assumiu-se que a escala subjacente apresenta distribuição normal contínua, chamada *Liability* (predisposição) e é representada como:

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

em que,  $U$  é o vetor da escala base de ordem  $r$ ;  $\theta = (b, a, c)$  é o vetor dos parâmetros de locação de ordem  $s$ , com  $b$  como efeitos relacionados ao grupo genético e ano de mensuração, ordem  $s$  com  $a$  e  $c$  (como efeitos genéticos aditivos diretos e ambientes permanentes, respectivamente);  $W =$  é a matriz de incidência conhecida de ordem  $r$  por  $s$ ;  $I =$  é a matriz identidade de ordem  $r$  por  $r$  e  $\sigma_e^2$  é a variância residual. Uma vez que a variável, na distribuição subjacente, não é observável, se faz necessária a parametrização da variância residual,  $\sigma_e^2 = 1$ , para que se possa identifica-la na função de verossimilhança (GIANOLA & SORENSEN, 2002).

As características categóricas (NCN e NCD) foram determinadas por variáveis contínuas não observáveis, em escala subjacente, sendo fixados valores iniciais de limiares, tais que:

$$t_1 < t_2 < \dots < t_{j-1}, \text{ com } t_0 = -\infty \text{ e } t_j = \infty;$$

em que,  $j$  é o número de categorias. Os dados observáveis são dependentes da variável subjacente que é limitada entre dois limiares não observáveis (GIANOLA & FOULLEY, 1983). Assim, no modelo de limiar considerado no presente estudo, para NCN, a probabilidade condicional de que  $y_i$  (para cada animal  $i$ ) esteja na categoria  $j$ , com  $j = 0$  a  $4$ , foi definida por  $U_i$ , na escala subjacente:

$$y_i = \begin{cases} 1 & t_0 < U_i \leq t_1 \\ 2 & t_1 < U_i \leq t_2 \\ 3 & t_2 < U_i \leq t_3 \\ 4 & t_3 < U_i \leq t_4 \\ 5 & t_4 < U_i \leq t_5 \end{cases} \quad i = 1, \dots, n$$

O mesmo pode ser afirmado para a característica NCD, com  $j = 0$  a  $3$ :

$$y_i = \begin{cases} 1 & t_0 < U_i \leq t_1 \\ 2 & t_1 < U_i \leq t_2 \\ 3 & t_2 < U_i \leq t_3 \\ 4 & t_3 < U_i \leq t_4 \end{cases} \quad i = 1, \dots, n$$

em que,  $n$  é o número de observações para cada categoria. Após as especificações dos limiares  $t_0$  a  $t_3$  ou  $t_4$ , é necessário que o limiar ( $t_1$ ) seja ajustado a uma constante arbitrária. Neste estudo, assumiu-se  $t_1 = 1$ .

As distribuições iniciais das (co) variâncias foram assumidas como uma Wishart Invertida, onde o parâmetro ( $\nu$ ) corresponde ao grau de liberdade referente à distribuição, que indica o grau de confiabilidade da distribuição inicial. O parâmetro ( $\nu$ ) foi utilizado como *flat* (chute inicial), para todas as variâncias iniciais, o que reflete nenhum grau de conhecimento sobre os parâmetros.

As estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos nas duas análises foram realizadas utilizando inferência Bayesiana via amostragem de Gibbs, por meio dos programas da família BLUPF90 (MISZTAL et al., 2002). Utilizou-se cadeias únicas de 2.000.000 iterações com descarte amostral das primeiras 5.000 cadeias e período de amostragem a cada 50 iterações. Assim, o tamanho efetivo das cadeias foi de 39.900. As análises foram realizadas por meio dos softwares THRGIBBSF90 e GIBBS2F90 (MISZTAL et al, 2002), de acordo se o modelo continua característica de limiar ou não, respectivamente.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A transformação da variável OPG, que originalmente possui distribuição binomial negativa, permitiu normalizar os dados, com estabilização da variância de forma que esta seja proporcional ao quadrado de suas médias (Tabela 4). Em experimentos onde há a incidência de variáveis que contêm zero, como é o caso da prevalência parasitária, a transformação dos dados de OPG é essencial para aproximar o máximo possível de uma distribuição normal. Por outro lado, o rebanho estudado, apresenta uma importante amplitude no NCN e NCD, com até quatro crias por parto (Tabela 4). Isso provavelmente se deve às diferentes raças e seus mestiços manejadas neste rebanho.

**Tabela 4.** Número de observações (N), valores mínimos (MIN), máximos (MÁX), média e desvio padrão (DP) para as características ovos por grama de fezes a cobertura (OPGC), parto (OPGP) e desmame das crias (OPGD), transformadas, e número de crias ao nascimento (NCN) e desmama (NCD) de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.

CARACTERÍSTICA	N	MÍN	MÁX	MÉDIA	DP
$(OPGC+10)^{0,2}$	1202	1,585	6,227	3,245	0,915
$(OPGP+10)^{0,3}$	1026	1,995	18,371	8,918	2,693
$(OPGD+10)^{0,2}$	952	1,585	8,292	3,795	1,009
NCN	1278	0	4	1,046	0,861
NCD	1278	0	3	0,733	0,773

As 39.900 cadeias efetivas de iterações foram suficientes para estimar adequadamente as variâncias e covariâncias na análise para as características OPGC, OPGP, OPGD, NCN e NCD, quando consideradas como característica linear (Tabela 5). É possível perceber que os valores da moda e mediana não se distanciam tanto do valor da média, assim como os valores entre os limites inferior e superior da região de credibilidade a 95% não possui alta amplitude de variação e todos os valores diferem de zero. Conseqüentemente, pode-se verificar o baixo erro de Monte Carlo (EMC) para praticamente todos os valores estimados.

**Tabela 5.** Valores a *posteriori* para as estimativas das variâncias e covariâncias genéticas aditiva (a), de ambiente permanente (ep) e residual (e) para as características para as características ovos por grama de fezes a cobertura (OPGC), parto (OPGP) e desmame das crias (OPGD), transformadas, e número de crias ao nascimento (NCN) e desmama (NCD), consideradas lineares, de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.

	MÉDIA	DP	MODA	MEDIANA	RC 95%		EMC
					LI	LS	
<b>Var<sub>a</sub>OPGC</b>	<b>0,0378</b>	<b>0,0100</b>	<b>0,0354</b>	<b>0,0371</b>	<b>0,0188</b>	<b>0,0579</b>	<b>0,0028</b>
Cov <sub>a</sub> OPGC-OPGP	0,2574	0,0591	0,2480	0,2563	0,1428	0,3731	0,0070
Cov <sub>a</sub> OPGC-OPGD	0,0407	0,0164	0,0397	0,0400	0,0089	0,0734	0,0007
Cov <sub>a</sub> OPGC-NCN	-0,0142	0,0096	-0,0127	-0,0136	-0,0336	0,0037	0,0004
Cov <sub>a</sub> OPGC-NCD	-0,0166	0,0082	-0,0157	-0,0162	-0,0328	-0,0008	0,0002
<b>Var<sub>a</sub>OPGP</b>	<b>2,3430</b>	<b>0,5128</b>	<b>2,3369</b>	<b>2,3380</b>	<b>1,3710</b>	<b>3,3740</b>	<b>0,0184</b>
Cov <sub>a</sub> OPGP-OPGD	0,2677	0,1131	0,2711	0,2667	0,0453	0,4904	0,0034
Cov <sub>a</sub> OPGP-NCN	0,0299	0,0752	0,0216	0,0276	-0,01158	0,1779	0,0031
Cov <sub>a</sub> OPGP-NCD	-0,0450	0,0613	-0,0426	-0,0464	-0,1620	0,0775	0,0017
<b>Var<sub>a</sub>OPGD</b>	<b>0,1102</b>	<b>0,0413</b>	<b>0,0949</b>	<b>0,1062</b>	<b>0,0361</b>	<b>0,1914</b>	<b>0,0015</b>
Cov <sub>a</sub> OPGD-NCN	-0,0132	0,0184	-0,0126	-0,0125	-0,0502	0,0221	0,0006
Cov <sub>a</sub> OPGD-NCD	0,0059	0,0168	0,0040	0,0056	-0,0264	0,0399	0,0005
<b>Var<sub>a</sub>NCN</b>	<b>0,0343</b>	<b>0,0140</b>	<b>0,0298</b>	<b>0,0327</b>	<b>0,0092</b>	<b>0,0616</b>	<b>0,0004</b>
Cov <sub>a</sub> NCN-NCD	0,0220	0,0106	0,0208	0,0209	0,0028	0,0430	0,0003
<b>Var<sub>a</sub>NCD</b>	<b>0,0341</b>	<b>0,0117</b>	<b>0,0303</b>	<b>0,0329</b>	<b>0,0124</b>	<b>0,0571</b>	<b>0,0003</b>
<b>Var<sub>ep</sub>OPGC</b>	<b>0,0903</b>	<b>0,0224</b>	<b>0,0897</b>	<b>0,0893</b>	<b>0,0467</b>	<b>0,1341</b>	<b>0,0005</b>
Cov <sub>ep</sub> OPGC-OPGP	0,0792	0,0635	0,0683	0,0769	-0,0416	0,2057	0,0022
Cov <sub>ep</sub> OPGC-OPGD	0,0836	0,0222	0,0838	0,0828	0,0398	0,1260	0,0005
Cov <sub>ep</sub> OPGC-NCN	-0,0045	0,0136	-0,0061	-0,0045	-0,0313	0,0218	0,0003
Cov <sub>ep</sub> OPGC-NCD	-0,0025	0,0098	-0,0047	-0,0027	-0,0218	0,0166	0,0002
<b>Var<sub>ep</sub>OPGP</b>	<b>0,6606</b>	<b>0,3626</b>	<b>0,5056</b>	<b>0,6119</b>	<b>0,0027</b>	<b>1,3310</b>	<b>0,0193</b>
Cov <sub>ep</sub> OPGP-OPGD	0,0717	0,0846	0,0366	0,0651	-0,0907	0,2377	0,0030
Cov <sub>ep</sub> OPGP-NCN	0,0610	0,0593	0,0531	0,0583	-0,0532	0,1742	0,0026
Cov <sub>ep</sub> OPGP-NCD	0,0599	0,0408	0,0479	0,0586	-0,0153	0,1420	0,0016
<b>Var<sub>ep</sub>OPGD</b>	<b>0,1201</b>	<b>0,0327</b>	<b>0,1127</b>	<b>0,1186</b>	<b>0,0575</b>	<b>0,1847</b>	<b>0,0009</b>
Cov <sub>ep</sub> OPGD-NCN	-0,0404	0,0176	-0,0427	-0,0400	-0,0751	-0,0069	0,0004
Cov <sub>ep</sub> OPGD-NCD	-0,0271	0,0125	-0,0254	-0,0266	-0,0521	-0,0033	0,0004
<b>Var<sub>ep</sub>NCN</b>	<b>0,0498</b>	<b>0,0153</b>	<b>0,0484</b>	<b>0,0490</b>	<b>0,0208</b>	<b>0,0801</b>	<b>0,0003</b>
Cov <sub>ep</sub> NCN-NCD	0,0230	0,0089	0,0229	0,0226	0,0055	0,0400	0,0003
<b>Var<sub>ep</sub>NCD</b>	<b>0,0229</b>	<b>0,0072</b>	<b>0,0206</b>	<b>0,0223</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,0371</b>	<b>0,0002</b>
<b>Var<sub>e</sub>OPGC</b>	<b>0,5392</b>	<b>0,0265</b>	<b>0,5352</b>	<b>0,5385</b>	<b>0,4868</b>	<b>0,5912</b>	<b>0,0002</b>
Cov <sub>e</sub> OPGC-OPGP	0,0208	0,0626	0,0052	0,0207	-0,1069	0,1387	0,0007
Cov <sub>e</sub> OPGC-OPGD	-0,0448	0,0238	-0,0471	-0,0449	-0,0909	0,0020	0,0002
Cov <sub>e</sub> OPGC-NCN	-0,0754	0,0175	-0,0749	-0,0752	-0,1102	-0,0415	0,0002
Cov <sub>e</sub> OPGC-NCD	-0,0601	0,0159	-0,0600	-0,0600	-0,0913	-0,0295	0,0001
<b>Var<sub>e</sub>OPGP</b>	<b>4,2016</b>	<b>0,2447</b>	<b>4,1350</b>	<b>4,1920</b>	<b>3,7380</b>	<b>4,6880</b>	<b>0,0016</b>
Cov <sub>e</sub> OPGP-OPGD	0,1097	0,0704	0,1251	0,1095	-0,0271	0,2491	0,0007
Cov <sub>e</sub> OPGP-NCN	0,3411	0,0553	0,3355	0,3407	0,2301	0,4460	0,0005
Cov <sub>e</sub> OPGP-NCD	0,1761	0,0491	0,1715	0,1758	0,0807	0,2736	0,0004
<b>Var<sub>e</sub>OPGD</b>	<b>0,6049</b>	<b>0,0356</b>	<b>0,6041</b>	<b>0,6038</b>	<b>0,5369</b>	<b>0,6766</b>	<b>0,0004</b>
Cov <sub>e</sub> OPGD-NCN	0,1474	0,0212	0,1467	0,1472	0,1056	0,1888	0,0002
Cov <sub>e</sub> OPGD-NCD	0,1385	0,0188	0,1375	0,1383	0,1019	0,1757	0,0002
<b>Var<sub>e</sub>NCN</b>	<b>0,4625</b>	<b>0,0216</b>	<b>0,4615</b>	<b>0,4619</b>	<b>0,4209</b>	<b>0,5055</b>	<b>0,0002</b>
Cov <sub>e</sub> NCN-NCD	0,2720	0,0170	0,2725	0,2716	0,2386	0,3051	0,0001
<b>Var<sub>e</sub>NCD</b>	<b>0,4052</b>	<b>0,0186</b>	<b>0,4037</b>	<b>0,4048</b>	<b>0,3687</b>	<b>0,4414</b>	<b>0,0001</b>

DP: desvio padrão; RC: região de credibilidade a 95%; LI: limite inferior; LS: limite superior; EMC: erro de monte Carlo.

No caso em que as variáveis NCN e NCD foram avaliadas como sendo de limiar, é possível notar uma maior diferença nas variâncias e covariâncias que envolvem essas

características, bem como um aumento da região de credibilidade entre o limite inferior e superior e aumento considerável no EMC, sem, entretanto, comprometer a eficiência da análise (Tabela 6). Esse aumento é mais visível nas variâncias aditivas e de ambiente permanente.

A média da  $h^2$  para NCN e NCD variou muito em relação ao fato de serem consideradas lineares ou de limiar (Tabela 7). Quando consideradas lineares, as herdabilidades foram baixas assim como o erro de monte Carlo. A região de credibilidade também foi menor. Quando consideradas de limiar a herdabilidade dessas duas características aumentou consideravelmente, podendo ser considerada de média a alta magnitude. Mas, em contrapartida, tanto o EMC quanto a região de credibilidade foram maiores quando comparada análise com linearidade. Ressalta-se que isto não deve ser considerado como negativo, e sim que com modelo de limiar foi possível captar melhor a variância presente. De fato, NCN e NCD são naturalmente de limiar por não serem contínuas e é importante que elas sejam avaliadas juntas, pois não há interesse zootécnico em se ter fêmeas altamente prolíferas, mas com baixa capacidade para criar e alimentar todas as suas crias, por isso no sistema produtivo é mais importante mensurar a taxa de mortalidade que envolve o período do nascimento ao desmame (MATIKA et al., 2003). A prolificidade está diretamente relacionada com o ganho genético anual nos rebanhos em que se pratica seleção. Menores índices de prolificidade associados a baixas taxas de desmame implicam em diminuição na pressão de seleção e aumento do intervalo de geração, dificultando a reposição do plantel, bem como diminuindo a taxa de desfrute do rebanho (REGO NETO et al. 2014).

**Tabela 6.** Valores a *posteriori* para as estimativas das variâncias e covariâncias genéticas aditiva (a), de ambiente permanente (ep) e residual (e) para as características para as características ovos por grama de fezes a cobertura (OPGC), parto (OPGP) e desmame das crias (OPGD), transformadas, e número de crias ao nascimento (NCN) e desmama (NCD), consideradas de limiar, de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.

	MÉDIA	DP	MODA	MEDIANA	RC 95%		EMC
					LI	LS	
<b>Var<sub>a</sub>OPGC</b>	<b>0,0416</b>	<b>0,0154</b>	<b>0,0342</b>	<b>0,0393</b>	<b>0,0154</b>	<b>0,0733</b>	<b>0,0027</b>
Cov <sub>a</sub> OPGC-OPGP	0,2225	0,0695	0,2121	0,2173	0,0947	0,3674	0,0102
Cov <sub>a</sub> OPGC-OPGD	0,0550	0,0209	0,0535	0,0535	0,0170	0,0976	0,0017
Cov <sub>a</sub> OPGC-NCN	-0,1197	0,3433	-0,2253	-0,1803	-0,7035	0,6308	0,1268
Cov <sub>a</sub> OPGC-NCD	-0,0965	0,2976	-0,1881	-0,1497	-0,5872	0,5597	0,1085
<b>Var<sub>a</sub>OPGP</b>	<b>3,0444</b>	<b>0,5124</b>	<b>2,9808</b>	<b>3,0310</b>	<b>2,0700</b>	<b>4,0840</b>	<b>0,0493</b>
Cov <sub>a</sub> OPGP-OPGD	0,3789	0,1260	0,3698	0,3801	0,1326	0,6262	0,0227
Cov <sub>a</sub> OPGP-NCN	3,0315	1,3809	2,8649	2,9940	0,3876	5,7690	0,0523
Cov <sub>a</sub> OPGP-NCD	2,5184	1,2012	2,2518	2,4780	0,1772	4,8550	0,0337
<b>Var<sub>a</sub>OPGD</b>	<b>0,1083</b>	<b>0,0368</b>	<b>0,0923</b>	<b>0,1048</b>	<b>0,0406</b>	<b>0,1792</b>	<b>0,0018</b>
Cov <sub>a</sub> OPGD-NCN	0,1870	0,5155	0,2855	0,2411	-0,9010	1,1110	0,1657
Cov <sub>a</sub> OPGD-NCD	0,1691	0,4585	0,3273	0,2198	-0,7654	0,9739	0,1472
<b>Var<sub>a</sub>NCN</b>	<b>26,237</b>	<b>6,2358</b>	<b>24,761</b>	<b>26,010</b>	<b>13,940</b>	<b>38,300</b>	<b>1,1608</b>
Cov <sub>a</sub> NCN-NCD	22,525	5,3253	20,652	22,350	12,360	33,090	0,9029
<b>Var<sub>a</sub>NCD</b>	<b>19,429</b>	<b>4,8027</b>	<b>19,320</b>	<b>19,170</b>	<b>10,560</b>	<b>28,730</b>	<b>0,6520</b>
<b>Var<sub>ep</sub>OPGC</b>	<b>0,0705</b>	<b>0,0208</b>	<b>0,0640</b>	<b>0,0694</b>	<b>0,0302</b>	<b>0,1113</b>	<b>0,0016</b>
Cov <sub>ep</sub> OPGC-OPGP	0,0115	0,0424	0,0165	0,0110	-0,0708	0,0879	0,0028
Cov <sub>ep</sub> OPGC-OPGD	0,0835	0,0244	0,0830	0,0830	0,0364	0,1319	0,0009
Cov <sub>ep</sub> OPGC-NCN	0,0200	0,2381	0,0382	0,0279	-0,4499	0,4845	0,0418
Cov <sub>ep</sub> OPGC-NCD	0,0172	0,2013	0,0217	0,0235	-0,3786	0,4113	0,0341
<b>Var<sub>ep</sub>OPGP</b>	<b>0,4492</b>	<b>0,2898</b>	<b>0,4250</b>	<b>0,3896</b>	<b>0,1312</b>	<b>0,9221</b>	<b>0,0777</b>
Cov <sub>ep</sub> OPGP-OPGD	0,0793	0,0679	0,0712	0,0736	-0,0451	0,2108	0,0072
Cov <sub>ep</sub> OPGP-NCN	2,7431	0,8954	2,5619	2,6610	1,2580	4,4310	0,1635
Cov <sub>ep</sub> OPGP-NCD	2,3333	0,7539	2,2124	2,2650	1,0810	3,7920	0,1372
<b>Var<sub>ep</sub>OPGD</b>	<b>0,1540</b>	<b>0,0469</b>	<b>0,1492</b>	<b>0,1512</b>	<b>0,0671</b>	<b>0,2480</b>	<b>0,0015</b>
Cov <sub>ep</sub> OPGD-NCN	0,1820	0,3571	0,1955	0,1788	-0,5202	0,8739	0,0303
Cov <sub>ep</sub> OPGD-NCD	0,1783	0,3044	0,1878	0,1747	-0,3969	0,7943	0,0247
<b>Var<sub>ep</sub>NCN</b>	<b>21,311</b>	<b>4,6588</b>	<b>21,171</b>	<b>21,290</b>	<b>13,080</b>	<b>30,490</b>	<b>0,5626</b>
Cov <sub>ep</sub> NCN-NCD	17,969	3,9673	17,682	17,950	10,910	25,720	0,4916
<b>Var<sub>ep</sub>NCD</b>	<b>15,236</b>	<b>3,3885</b>	<b>15,395</b>	<b>15,210</b>	<b>9,1830</b>	<b>21,790</b>	<b>0,4300</b>
<b>Var<sub>e</sub>OPGC</b>	<b>0,5498</b>	<b>0,0268</b>	<b>0,5500</b>	<b>0,5492</b>	<b>0,4980</b>	<b>0,6030</b>	<b>0,0003</b>
Cov <sub>e</sub> OPGC-OPGP	0,0245	0,0624	0,0274	0,0246	-0,0966	0,1479	0,0028
Cov <sub>e</sub> OPGC-OPGD	-0,0663	0,0247	-0,0676	-0,0664	-0,1136	-0,0167	0,0003
Cov <sub>e</sub> OPGC-NCN	-0,1775	0,0343	-0,1804	-0,1773	-0,2432	-0,1086	0,0002
Cov <sub>e</sub> OPGC-NCD	-0,1623	0,0351	-0,1658	-0,1623	-0,2304	-0,0929	0,0004
<b>Var<sub>e</sub>OPGP</b>	<b>4,2043</b>	<b>0,2465</b>	<b>4,1639</b>	<b>4,1940</b>	<b>3,7360</b>	<b>4,6950</b>	<b>0,0058</b>
Cov <sub>e</sub> OPGP-OPGD	0,1081	0,0708	0,1092	0,1076	-0,0304	0,2472	0,0041
Cov <sub>e</sub> OPGP-NCN	0,4689	0,1031	0,4746	0,4677	0,2678	0,6719	0,0011
Cov <sub>e</sub> OPGP-NCD	0,3579	0,1050	0,3815	0,3583	0,1561	0,5640	0,0008
<b>Var<sub>e</sub>OPGD</b>	<b>0,6157</b>	<b>0,0385</b>	<b>0,6118</b>	<b>0,6146</b>	<b>0,5417</b>	<b>0,6925</b>	<b>0,0006</b>
Cov <sub>e</sub> OPGD-NCN	0,2717	0,0430	0,2711	0,2712	0,1856	0,3533	0,0005
Cov <sub>e</sub> OPGD-NCD	0,2647	0,0427	0,2561	0,2642	0,1817	0,3480	0,0005
<b>Var<sub>e</sub>NCN</b>	<b>0,9302</b>	<b>0,0729</b>	<b>0,9228</b>	<b>0,9283</b>	<b>0,7967</b>	<b>1,0810</b>	<b>0,0004</b>
Cov <sub>e</sub> NCN-NCD	0,7920	0,0733	0,8073	0,7928	0,6667	0,9296	0,0005
<b>Var<sub>e</sub>NCD</b>	<b>0,9718</b>	<b>0,0948</b>	<b>0,9206</b>	<b>0,9681</b>	<b>0,8375</b>	<b>1,1060</b>	<b>0,0005</b>

DP: desvio padrão; RC: região de credibilidade a 95%; LI: limite inferior; LS: limite superior; EMC: erro de monte Carlo

**Tabela 7.** Estimativas *a posterior* para a herdabilidade das características ovos por grama de fezes a cobertura (OPGC), parto (OPGP) e desmame das crias (OPGD), transformadas, e número de crias ao nascimento (NCN) e desmama (NCD) de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.

Modelo	Variáveis	Média ± DP	Moda	Mediana	RC (95%)		EMC	
					LI	LS		
<i>Herdabilidade (h<sup>2</sup>)</i>								
DISTRIBUIÇÃO NORMAL	LINEAR	(OPGC+10) <sup>0,2</sup>	0,0566 ± 0,0148	0,0528	0,0557	0,0291	0,0866	0,0040
		(OPGP+10) <sup>0,3</sup>	0,3238 ± 0,0617	0,3365	0,3266	0,2016	0,4409	0,0025
		(OPGD+10) <sup>0,2</sup>	0,1311 ± 0,0459	0,1203	0,1279	0,0469	0,2206	0,0017
		NCN	0,0626 ± 0,0248	0,0520	0,0599	0,0182	0,1114	0,0007
		NCD	0,0735 ± 0,0242	0,0689	0,0714	0,0276	0,1205	0,0005
DISTRIBUIÇÃO NORMAL	LINEAR	(OPGC+10) <sup>0,2</sup>	0,0628 ± 0,0225	0,0524	0,0596	0,0238	0,1089	0,0039
		(OPGP+10) <sup>0,3</sup>	0,3940 ± 0,0498	0,4051	0,3964	0,2966	0,4924	0,0093
		(OPGD+10) <sup>0,2</sup>	0,1229 ± 0,0391	0,1171	0,1198	0,0504	0,2000	0,0019
	LIMIAR	NCN	0,5387 ± 0,1062	0,5386	0,5400	0,3278	0,7333	0,0162
		NCD	0,5410 ± 0,1059	0,5567	0,5423	0,3275	0,7288	0,0156

DP: desvio padrão; RC: região de credibilidade a 95%; LI: limite inferior; LS: limite superior; EMC: erro de Monte Carlo.

De acordo com Ferreira (2008), o modelo de limiar parece mais adequado em análises genéticas para prolificidade, por produzir maiores estimativas de herdabilidade, além de considerar a natureza binária da característica. Assim, pelas pressuposições assumidas e pelas diferenças observadas nos parâmetros estimados com o uso de ambos os modelos, supõe-se que será possível se obter ganho pela seleção se os parâmetros estimados por meio do modelo de limiar estiverem corretos.

O efeito do modelo utilizado sobre a estimativa das herdabilidades pode ser observado no estudo realizado por Rashidi et al. (2011) em que, ao utilizarem procedimentos de máxima verossimilhança restrita (REML), obtiveram herdabilidade igual a 0,01 para número de crias ao nascimento e ao desmame em caprinos da raça Markhoz. Já Figueiredo (2008), trabalhando com informações de fêmeas Santa Inês, encontrou média de  $1,22 \pm 0,41$  cordeiros nascidos/parto e herdabilidade de 0,12 e 0,16, considerando a variável como contínua e discreta, respectivamente.

Em contrapartida, diversos autores ao utilizar o método de amostragem de Gibbs para estimar herdabilidades por meio do modelo de limiar também encontraram resultados semelhantes a este estudo, ao se comparar os valores com os que foram obtidos através do modelo linear. Mas a magnitude das herdabilidades foi bem inferior. Isso fica evidente nos trabalhos realizados por Zhang et al. (2009), que obtiveram  $h^2$  igual a 0,12 e 0,10 para NCN e NCD, respectivamente. Da mesma forma, Mohammadi et al. (2015), obtiveram herdabilidades para as mesmas características, NCN= 0,17 e NCD= 0,21, que também são de magnitudes inferiores a este estudo.

A fertilidade ao parto, a prolificidade, a habilidade materna e a sobrevivência das crias afetam fortemente o número de crias desmamadas e por consequência a taxa de reprodução (SIMPLÍCIO; AZEVEDO, 2014). Apesar de o NCD ser uma característica

essencial no estudo de características reprodutivas, são poucos trabalhos na literatura referente a parâmetros genéticos e componentes de (co)variância que estudaram esta característica.

As estimativas para as herdabilidades do OPG não diferiram muito em magnitude nas duas análises, o que demonstra consistência nas mesmas. As diferenças observadas nas estimativas, de acordo com o momento da mensuração, demonstram que não são os mesmos genes que estão atuando no OPG em cada período, ou que pelo menos a expressão desses genes não ocorre na mesma magnitude. As herdabilidades obtidas para OPG foram menores na cobertura (0,06 nas análises com modelo linear e de limiar), seguidas daquelas no momento do desmame (0,13 e 0,12, respectivamente nas análises com modelo linear e de limiar) e maiores ao parto (0,32 e 0,39, respectivamente nas análises com modelo linear e de limiar). Isso sugere que a característica OPG, neste rebanho, deve ser avaliada geneticamente ao parto, para a estimativa do valor genético dos animais e a seleção dos melhores, de forma a promover a possibilidade de melhor resposta à seleção para a resistência dos animais ao parasitismo gastrointestinal.

Altas correlações genéticas ( $>0,53$ ) foram verificadas entre as medidas de OPG, nos distintos momentos de avaliação, independente da análise realizada (Tabelas 8 e 9). Isso reforça o fato que a seleção praticada para esta característica no momento do parto (maior herdabilidade) é suficiente e promoverá respostas correlacionadas e favoráveis em outros períodos.

**Tabela 8.** Correlações genéticas *a posteriori* entre as características ovos por grama de fezes a cobertura (OPGC), parto (OPGP) e desmame das crias (OPGD), transformadas, e número de crias ao nascimento (NCN) e desmama (NCD), consideradas lineares, de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.

	MÉDIA	DP	MODA	MEDIANA	RC 95%		EMC
					LI	LS	
OPGC X OPGP	0,8703	0,0625	0,8885	0,8788	0,7471	0,9762	0,0024
OPGC X OPGD	0,6313	0,1687	0,6661	0,6550	0,2926	0,9278	0,0060
OPGC X NCN	-0,3814	0,2261	-0,4751	-0,4026	-0,7868	0,0883	0,0094
OPGC X NCD	-0,4628	0,1884	-0,4893	-0,4760	-0,8057	-0,0798	0,0058
OPGP X OPGD	0,5349	0,1862	0,5986	0,5517	0,1679	0,8811	0,0063
OPGP X NCN	0,0875	0,2716	0,1428	0,1033	-0,4434	0,6077	0,0113
OPGP X NCD	-0,1758	0,2292	-0,1575	-0,1724	-0,6116	0,2744	0,0070
OPGD X NCN	-0,2056	0,2942	-0,2915	-0,2258	-0,7574	0,3714	0,0102
OPGD X NCD	0,0893	0,2803	0,1530	0,0986	-0,4692	0,6149	0,0092
NCN X NCD	0,6331	0,1734	0,7032	0,6606	0,2898	0,9285	0,0051

DP: desvio padrão; RC: região de credibilidade; LI: limite inferior; LS: limite superior; EMC: erro de monte Carlo.

As correlações genéticas entre OPG, em todos os períodos estudados, e NCN, quando avaliada linearmente, podem ser consideradas como nulas, uma vez que o intervalo de 95% de confiança da média para este parâmetro incluiu o zero (Tabela 8). Com exceção da OPG ao parto, isso também foi verificado quando o NCN foi considerado como de limiar (Tabela 9). Uma vez que é melhor considerar o NCN como de limiar, o fato da correlação entre OPGP e NCN ser positiva (Tabela 9) é desfavorável e contraditório, de maneira que a seleção para menor OPG reduziria o NCN. Da mesma forma, a correlação entre NCD, quando considerada de limiar, e OPG somente foi positiva ao parto, e tendeu a nula nos outros momentos. Esta relação genética de OPGP com NCN e NCD, necessita de uma melhor investigação e pode ser fruto da estrutura dos dados disponíveis.

**Tabela 9.** Correlações genéticas *a posteriori* entre as características ovos por grama de fezes a cobertura (OPGC), parto (OPGP) e desmame das crias (OPGD), transformadas, e número de crias ao nascimento (NCN) e desmama (NCD), consideradas de limiar, de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.

	MÉDIA	DP	MODA	MEDIANA	RC 95%		EMC
					LI	LS	
OPGC X OPGP	0,6378	0,1503	0,6875	0,6452	0,3365	0,9216	0,0137
OPGC X OPGD	0,8254	0,1446	0,9151	0,8675	0,5501	0,9935	0,0412
OPGC X NCN	-0,1166	0,3253	-0,2869	-0,1858	-0,6316	0,5915	0,1202
OPGC X NCD	-0,1137	0,3212	-0,2535	-0,1797	-0,6270	0,5839	0,1171
OPGP X OPGD	0,6703	0,1745	0,7560	0,6961	0,3367	0,9603	0,0354
OPGP X NCN	0,3325	0,1271	0,3418	0,3402	0,0796	0,5698	0,0030
OPGP X NCD	0,3203	0,1284	0,3431	0,3285	0,0618	0,5575	0,0031
OPGD X NCN	0,0970	0,3043	0,2561	0,1505	-0,5647	0,5909	0,1031
OPGD X NCD	0,1063	0,3035	0,2533	0,1600	-0,5490	0,6048	0,1032
NCN X NCD	0,9987	0,0008	0,9989	0,9989	0,9972	0,9998	0,00005

DP: desvio padrão; RC: região de credibilidade; LI: limite inferior; LS: limite superior; EMC: erro de monte Carlo

A correlação genética entre NCN e NCD, quando estas foram de limiar tendeu a unidade, e demonstra que os mesmos genes que atuam em uma característica contribuem para outra, e a seleção em uma promoverá respostas correlacionadas e favoráveis para a outra. Resultados similares de correlação genética de alta magnitude entre essas duas características também são encontrados na literatura para diferentes raças de caprinos, com valores iguais a 0,81 para Arsi-Bale (KEBEDE et al., 2012); 0,78 para caprinos da raça Boer (ZHANG et al. 2009); 0,91 em Zaraibi (HAMED et al., 2009); e em Markhoz igual a 0,95 (RASHIDI et al. 2011).

#### 4. CONCLUSÃO

Os parâmetros genéticos para OPG diferem com o momento da mensuração desta característica, o que indica que diferentes genes se expressam de acordo com o período fisiológico do animal. Neste rebanho, é esperado melhor resposta à seleção para resistência ao

parasitismo gastrintestinal quando a seleção para OPG for praticada no momento do parto das matrizes.

As características NCN e NCD devem ser avaliadas como de limiar de forma a permitir melhor estimativa da variabilidade presente. Neste caso, maiores estimativas de herdabilidade são verificadas e melhores respostas à seleção são possíveis de serem obtidas. Entretanto, a seleção em conjunto destas características com OPG ao parto poderá ser complexa e desfavorável, em função da correlação positiva entre as mesmas.

## **CAPÍTULO 2**

**ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA A CARACTERÍSTICA  
OVOS POR GRAMA DE FEZES POR MODELOS DE REPETIBILIDADE E  
REGRESSÃO ALEATÓRIA EM FÊMEAS CAPRINAS CRIADAS NO ESTADO DO  
TENNESSEE, EUA**

---

**ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA A CARACTERÍSTICA  
OVOS POR GRAMA DE FEZES POR MODELOS DE REPETIBILIDADE E  
REGRESSÃO ALEATÓRIA EM FÊMEAS CAPRINAS CRIADAS NO ESTADO DO  
TENNESSEE, EUA**

**RESUMO** - No presente estudo objetivou-se avaliar a diferença dos modelos de repetibilidade e regressão aleatória na estimativa dos parâmetros genéticos da variável ovos por grama de fezes (OPG) em fêmeas de caprinos de corte. Foram utilizadas informações do rebanho de caprinos da Tennessee State University (TSU), localizado em Nashville, EUA, no qual o exame de OPG é realizado apenas nas fêmeas adultas, nos momentos das coberturas, partos e desmame de suas crias. A característica OPG foi normalizada por meio de transformação:  $\text{Log}_{10}(\text{OPG}+10)$ . As análises foram realizadas utilizando inferência Bayesiana via amostragem de Gibbs. Tanto no modelo de repetibilidade como de regressão aleatória foram incluídos os efeitos sistemáticos de grupo genético, ano de mensuração e estação reprodutiva (1= cobertura; 2 = parto; 3 = desmama das crias). A classe de idade da cabra em anos (1 = um e dois anos; 2 = três e quatro anos; 3 = entre cinco e sete anos; 4 = maior que sete anos de idade) foi incluída no modelo de repetibilidade. Além destes efeitos, os modelos continham os efeitos aleatórios de animal, de ambiente permanente do animal e o residual. Na análise de regressão aleatória, foram considerados os polinômios de Legendre de quarta ordem (cúbico), tanto para ajuste da curva fixa como para ajuste da trajetória aleatória. A herdabilidade para OPG foi estimada em  $0,09 \pm 0,03$  para o modelo de repetibilidade, enquanto variou entre 0,05 e 0,22 para o modelo de regressão aleatória. Para este último, a maior herdabilidade foi verificada para os animais com 467 dias de idade, isto é, os mais jovens do estudo.

**Palavras-chave:** Dados longitudinais. Herdabilidade. Seleção para resistência a parasitismo

**ESTIMATION OF GENETIC PARAMETERS FOR THE TRAIT FECAL EGGS  
COUNT BY REPEATABILITY AND RANDOM REGRESSION MODELS IN  
FEMALE GOATS RAISED IN THE STATE OF TENNESSEE, USA**

**ABSTRACT** - The objective of this study was to evaluate the difference of the repeatability and random regression models in the estimation of the genetic parameters of the variable fecal eggs count (OPG) in female goats. Information from the herd of the Tennessee State University (TSU), located in Nashville, USA, was used in which the OPG test is performed only on adult females, at the time of mating, kidding and weaning of their offspring. The OPG trait was normalized by transformation:  $\text{Log}_{10}(\text{OPG} + 10)$ . Analyses were performed using Bayesian inference via Gibbs sampling. Both the repeatability and random regression models included the systematic effects of genetic group, year of measurement and reproductive season (1 = mating, 2 = kidding, 3 = weaning of the offspring). The age class of the goat in years (1 = one and two years, 2 = three and four years, 3 = between five and seven years, 4 = greater than seven years of age) was included in the repeatability model. In addition to these effects, the models contained the random effects of animal, permanent environment of the animal and the residual effects. In the random regression analysis, the Legendre fourth-order (cubic) polynomials were considered, both for setting the fixed curve and for adjusting the random trajectory. The heritability for OPG was estimated at  $0.09 \pm 0.03$  for the repeatability model, while it ranged between 0.05 and 0.22 for the random regression model. For the latter, the highest heritability was verified for animals with 467 days of age, that is, the youngest of the study.

**Keywords:** Heritability. Longitudinal data. Selection for resistance to parasitism

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores obstáculos para a obtenção de bons índices zootécnicos em criações de caprinos em sistemas extensivos são as endoparasitoses gastrintestinais que causam grandes perdas, reduzindo assim o retorno econômico por conta dos efeitos negativos no desempenho dos rebanhos (ZAROS et al., 2010; BISHOP, 2012; RINALDI; CRINGOLI, 2012; SILVA et al., 2012). A suscetibilidade a infecções por nematóides parece estar relacionada a fatores genéticos, e pode variar entre animais, raças e estado fisiológico e/ou reprodutivo (BAKER, 1998; MANDONNET et al., 2001).

A contagem de ovos por grama de fezes (OPG) tem sido relatada por vários pesquisadores como a mais eficiente característica no diagnóstico de parasitoses gastrintestinais que pode ser utilizada como um critério de seleção para selecionar animais mais resistentes (MOLENTO et al., 2008). Animais resistentes são capazes de eliminar o estabelecimento de infecções parasitárias, enquanto os resilientes têm a capacidade de manter boa saúde e produtividade mesmo estando parasitados (MOLENTO et al., 2009). A avaliação fenotípica de resistência a nematóides gastrointestinais por meio desse parâmetro pode apresentar inconsistências que podem causar problemas na análise estatística e influenciar os resultados. Em particular, os valores iguais a zero, dependendo da quantidade deles no banco de dados, podem dificultar as análises estatísticas (AMARANTE et al., 1998; STEAR et al., 1995).

A OPG pode ser avaliada em distintos momentos na vida do animal, de forma que se constitui em dados longitudinais e pode assim ser avaliada tanto por modelos de repetibilidade como de regressão aleatória. A utilização destes últimos tornou-se o procedimento padrão para análise genética de dados longitudinais, pois é possível utilizar todos os dados disponíveis, descrever as mudanças nas covariâncias dos efeitos aleatórios e

estimar parâmetros genéticos para todas as idades avaliadas (MEYER, 2005). Alguns estudos apontaram que os valores genéticos obtidos em análises com modelos de regressão aleatória estão associados a maiores acurácias em relação àqueles obtidos com modelos de repetibilidade (MEYER, 2004; BOLIGON et al., 2011). Este fato favorece a identificação e seleção de animais geneticamente superiores, com implicações favoráveis sobre a resposta à seleção. Entretanto, em algumas situações esta superioridade pode não ser verdadeira e depender da estrutura de dados disponíveis.

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a diferença dos modelos de repetibilidade e regressão aleatória na estimativa dos parâmetros genéticos da variável ovos por grama de fezes (OPG) em diferentes idades, em cabras de corte criadas no estado do Tennessee, EUA.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizados dados de contagem de ovos por grama de fezes (OPG), entre os anos de 2009 e 2016, do rebanho de caprinos da Tennessee State University (TSU), localizado em Nashville – EUA. Para o controle de suas informações, esse rebanho utiliza o Sistema de Gerenciamento de Rebanho (SGR; LÔBO, 2013) em seu programa de avaliação genética (<http://srvgen.cnpc.embrapa.br/tsu/start.php>), por meio de um convênio de cooperação entre a TSU, o Alabama Cooperative Extension System das Alabama A&M and Auburn Universities e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Este rebanho é composto de animais puros e mestiços das raças Spanish, Kiko, Boer, Myotonic e Savannah, criados em condição semi-intensiva de manejo em pastagens. O exame de OPG é realizado apenas nas fêmeas adultas, nos momentos das coberturas, partos e desmame de suas crias.

O local onde o rebanho foi mantido fica na estação de pesquisa da Universidade Estadual do Tennessee ao longo do rio Cumberland, em Nashville, Tennessee (36,176 ° N, 86,828 ° W). A estação está localizada no sudeste dos Estados Unidos, com clima subtropical úmido e umidade média ao longo do ano de 70%. As estações do ano são bem definidas e têm um total de precipitação anual de 1.222 mm uniformemente distribuído ao longo do ano. A temperatura média anual é de 15 °C. Os extremos de temperatura sazonal são representados por altas médias diurnas de verão de 32 °C em julho, e baixas noturnas de inverno com uma média de -2 °C em janeiro (PELLERIN; BROWNING, 2012).

A matriz de parentesco era formada por 3.522 animais, dos quais apenas 755 possuíam informação de OPG (Tabela 10). Os dados de OPG foram analisados como uma única característica com medidas repetidas em um mesmo animal. Após análises prévias de distribuição e testes de normalidade, esta característica foi normalizada por meio de transformação:  $\text{Log}_{10}(\text{OPG}+10)$ . Esta característica foi analisada de duas formas: com modelo animal com medidas repetidas e com modelo animal de regressão aleatória, que além de pressupor que as observações entre os indivíduos são independentes, pressupõe que as aninhadas no indivíduo possuem também erros correlacionados. Em ambos os casos o modelo continha os efeitos sistemáticos (Tabela 11) de grupo genético, ano de mensuração e estação reprodutiva (1= cobertura; 2 = parto; 3 = desmama das crias). A classe de idade da cabra em anos (1 = um e dois anos; 2 = três e quatro anos; 3 = entre cinco e sete anos; 4 = maior que sete anos de idade) foi incluída no modelo de repetibilidade. Além destes efeitos, os modelos continham os efeitos aleatórios de animal, de ambiente permanente do animal e o residual. Na análise de regressão aleatória foram considerados os polinômios de Legendre de quarta ordem (cúbico), tanto para ajuste da curva fixa como para ajuste da trajetória aleatória.

**Tabela 10.** Estrutura do pedigree do rebanho de caprinos de corte da Tennessee State University (TSU).

Informações	Número	(%)
Número total de animais	3522	-
Número de animais sem registros de desempenho	2767	-
Número de animais com registros de desempenho	755	100,0
Até 5 registros	37	4,9
Até 6 registros	38	5,0
De 7 a 10 registros	81	10,7
De 11-20 registros	90	11,93
Número de animais sem filhos	2275	64,6
Número de animais com filhos	1247	35,4
Número de animais com filhos e registros	414	11,8
Número de animais com pai desconhecido	733	-
Número de animais com mãe desconhecida	809	-
Número de animais com ambos os pais desconhecidos	727	-
Número de pais	354	-
Número de pais com progênie com dados	187	-
Número de mães	893	-
Número de mães com progênie com dados	460	-
Número de animais com avô paterno conhecido	1792	-
Número de animais com avó paterna conhecida	1528	-
Número de animais com avô materno conhecido	1685	-
Número de animais com avó materna conhecida	1565	-

As estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos foram realizadas utilizando inferência Bayesiana via amostragem de Gibbs, por meio dos programas da família BLUPF90 (MISZTAL et al., 2002). Utilizou-se cadeias únicas de 2.000.000 iterações com descarte amostral das primeiras 5.000 cadeias e período de amostragem a cada 50 iterações. Assim, o tamanho efetivo das cadeias foi de 39.900.

**Tabela 11.** Número de observações em cada classe de efeito sistemático usado no modelo de análise para a característica ovos por grama de fezes (OPG) de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University.

Grupo Genético <sup>1</sup>	N	ANO	N	IDADE DA CABRA	N
1/2BOE1/2KIK	249	2004	49	1	1384
1/2BOE1/2SPA	177	2005	82	2	1116
1/2KIK1/2BOE	144	2006	71	3	938
1/2KIK1/2SPA	52	2007	99	4	197
1/2MYO1/2BOE	8	2008	222		
1/2MYO1/2KIK	12	2009	343		
1/2MYO1/2SPA	68	2010	99	1	1191
1/2SAV1/2BOE	17	2011	205	2	1014
1/2SAV1/2KIK	43	2012	555	3	1430
1/2SAV1/2SPA	33	2013	545		
1/2SAV1/2SRD	49	2014	553		
1/2SPA1/2BOE	141	2015	487		
1/2SPA1/2KIK	30	2016	325		
3/4BOE1/4KIK	18				
3/4BOE1/4SPA	5				
3/4KIK1/4BOE	27				
3/4SPA1/4BOE	37				
BOER	230				
KIKO	978				
MYOTONIC	328				
SAVANAH	9				
SPANISH	980				

<sup>1</sup>BOE = Boer; KIK = Kiko; SPA = Spanish; SAV = Savannah; SRD = Sem raça definida

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

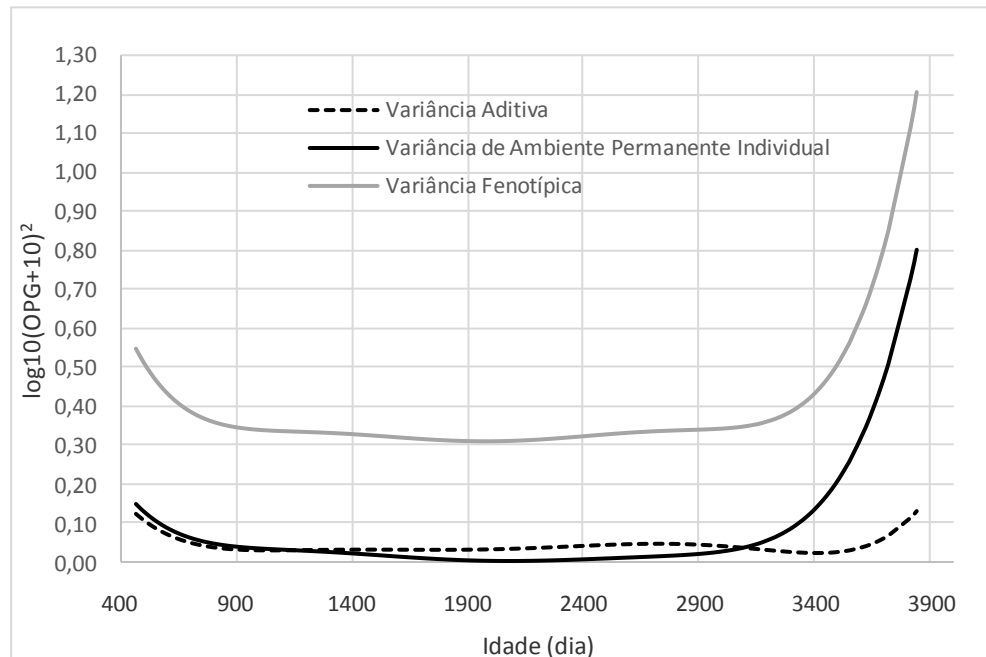
A média observada a partir de 3.635 observações, para o LOG10(OPG+10) foi de  $2,76 \pm 0,66$ . A análise Bayesiana do modelo de repetibilidade forneceu estimativas acuradas para os componentes de (co)variâncias, com reduzido erro de Monte Carlo (Tabela 12). A herdabilidade do OPG foi baixa ( $0,09 \pm 0,03$ ), com pequeno potencial de alteração, uma vez que a repetibilidade também foi estimada com baixa magnitude ( $0,14 \pm 0,02$ ).

**Tabela 12.** Valores *a posteriori* para as variâncias genética aditiva ( $Var_a$ ), de ambiente permanente do animal ( $Var_{pe}$ ) e residual ( $Var_e$ ), e para a herdabilidade e a repetibilidade da característica LOG10(OPG+10) de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University, em análise com modelo de repetibilidade.

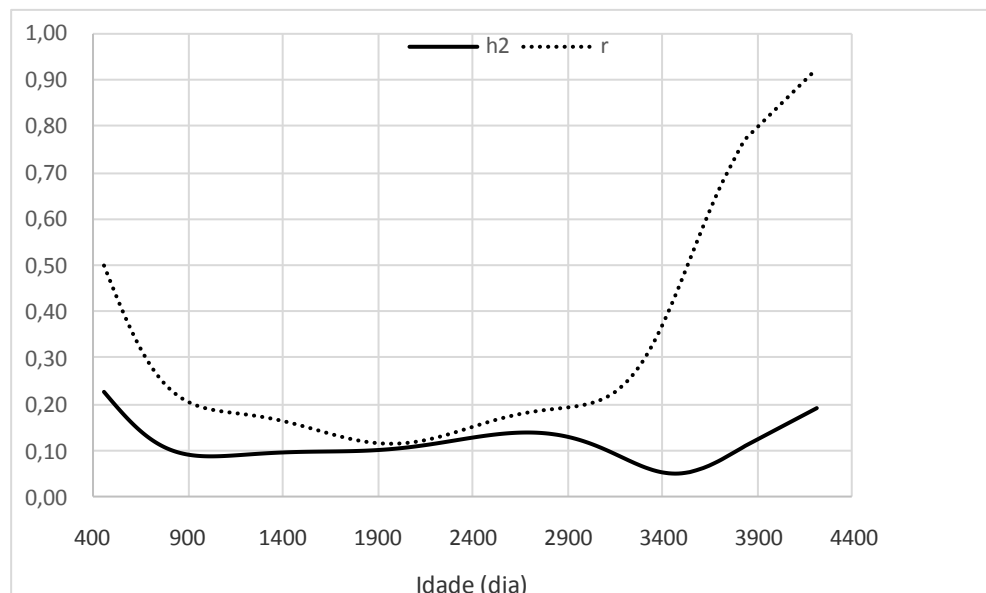
	MÉDIA	DP	MODA	MEDIANA	RC 95%		EMC
					LI	LS	
$Var_a$	0,0297	0,0094	0,0261	0,0292	0,0120	0,0483	0,0002
$Var_{pe}$	0,0187	0,0086	0,0183	0,0182	0,0020	0,0346	0,0002
$Var_e$	0,2921	0,0077	0,2913	0,2919	0,2772	0,3076	0,00005
$h^2$	0,0871	0,0267	0,0789	0,0861	0,0373	0,1411	0,0007
r	0,1420	0,0198	0,1351	0,1414	0,1045	0,1824	0,0002

DP: desvio padrão; RC 95% : região de credibilidade no intervalo de confiança a 95% de probabilidade; LI: limite inferior; LS: limite superior do; EMC: erro de Monte Carlo

No modelo de regressão aleatória, o padrão da curva para a variância de ambiente permanente do animal foi semelhante aquele para a variância fenotípica, com redução até 900 dias de idade, estabilidade até 3.150 dias e alto crescimento até 3.800 dias (Figura 4). A variância aditiva permaneceu baixa em todo período avaliado. Estes padrões para as variâncias refletiram em uma oscilação para a herdabilidade entre 0,05 e 0,22, e para a repetibilidade entre 0,11 e 0,92 (Figura 5). Este maior valor de herdabilidade e maior valor de repetibilidade foram verificados nos extremos da curva, no início no caso da herdabilidade e no final no caso da repetibilidade. É possível que estes valores estejam superestimados nestes extremos, principalmente aquele para a repetibilidade, em função da tendência de menor número de observações nestes limites.



**Figura 4.** Variâncias aditivas, de ambiente permanente individual e fenotípica para a característica  $\log_{10}(\text{OPG}+10)$  em diferentes idades de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University, em análise com modelo de regressão aleatória.



**Figura 5.** Herdabilidade ( $h^2$ ) e repetibilidade ( $r$ ) da característica  $\log_{10}(\text{OPG}+10)$  em diferentes idades de cabras de corte do rebanho da Tennessee State University, em análise com modelo de regressão aleatória.

As herdabilidades e repetibilidades para a OPG em idades extremas foram mais altas e provavelmente superestimadas (Tabela 13), em função do menor número de observações no banco de dados, para animais mais jovens e mais velhos. De qualquer forma, as herdabilidades estimadas estão de acordo com as encontradas na literatura, que variam de 0,05 a 0,21 (SAYERS et al., 2005; RILEY; VAN WYK, 2009). Obviamente, as diferenças nas estimativas são esperadas em função das diferentes distribuições de dados, populações, processos seletivos, etc.

**Tabela 13.** Herdabilidade (diagonal), repetibilidade (diagonal entre parênteses), correlações genéticas (abaixo da diagonal) e correlações de ambiente permanente individual (acima da diagonal) da característica  $\log_{10}(\text{opg}+10)$  entre algumas idades (em dias) para fêmeas caprinas de corte do rebanho da Tennessee State University, em análise com modelo de regressão aleatória.

<b>Idade (dias)</b>	<b>547</b>	<b>730</b>	<b>1095</b>	<b>1460</b>	<b>2555</b>	<b>3295</b>	<b>4224</b>
<b>547</b>	<b>0,19</b> <b>(0,42)</b>	0,94	0,51	0,23	0,76	0,20	-0,23
<b>730</b>	0,94	<b>0,12</b> <b>(0,27)</b>	0,77	0,55	0,52	0,31	0,04
<b>1095</b>	0,46	0,73	<b>0,09</b> <b>(0,18)</b>	0,95	-0,11	0,33	0,48
<b>1460</b>	0,22	0,51	0,94	<b>0,09</b> <b>(0,16)</b>	-0,38	0,18	0,52
<b>2555</b>	0,53	0,53	0,41	0,47	<b>0,13</b> <b>(0,17)</b>	0,11	-0,52
<b>3295</b>	0,28	0,26	0,21	0,29	0,81	<b>0,06</b> <b>(0,28)</b>	0,77
<b>4224</b>	-0,69	-0,49	0,05	0,14	-0,61	-0,22	<b>0,19</b> <b>(0,92)</b>

Ressalta-se que a transformação logarítmica da variável é realizada para alcançar a homocedasticidade ou a estabilidade da variância para testar os efeitos na ANOVA e permitir distribuição normal dos dados, para atender as pressuposições do modelo, de forma que diferentes transformações usadas não afetariam as estimativas dos parâmetros. Em dados que contêm zero, é comum o acréscimo de uma constante a cada um dos dados ou apenas para

o zero. Tradicionalmente é adicionado o valor 1 ou 10, mas não há base concreta quanto às razões pelas quais esses valores são adicionados ao invés de outra constante, tais como 0,5 ou 2, embora o acréscimo de uma constante não influencie o resultado da ANOVA (YAMAMURA, 1999).

As diferenças nas estimativas de herdabilidade e repetibilidade encontradas nas diferentes idades também ocorrem pelo fato das fêmeas se encontrarem em diferentes estágios reprodutivos, e isso afeta diretamente na contagem de OPG, pela expressão dos genes que atuam na característica, nos fatores ambientais e também na qualidade dos resultados. No período de periparto (último mês de gestação e durante a lactação), ocorre um aumento na eliminação de ovos nas fezes, com conseqüente aumento da contaminação da pastagem (BEASLEY et al., 2010). Após a desmama dos cabritos, a resposta imunológica da fêmea se restabelece, indicada pelo aumento de eosinófilos e IgG1, IgM e IgE, o que provoca redução acentuada na contagem de OPG. É interessante salientar que o fenômeno do periparto apresenta intensidade variável conforme a raça. Nas raças que apresentam melhor tolerância aos nematoides, o fenômeno do periparto, quando ocorre, é mais discreto do que o observado em raças mais susceptíveis (AMARANTE et al., 1999; CARDIA et al., 2011).

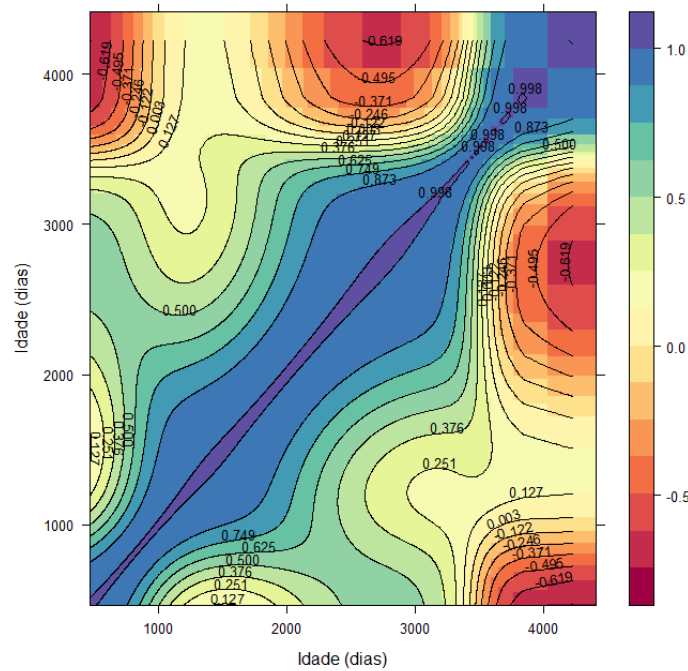
De forma geral, os animais até a puberdade apresentam grande susceptibilidade às parasitoses, adquirindo resistência com o avançar da idade. Porém, existem determinadas épocas e condições fisiológicas em que esses animais vão se encontrar mais susceptível (MILLER; HOROBOV, 2006). Uma dessas condições é chamada de fenômeno springrise, ou queda da imunidade no periparto (RAHMAN; COLLINS, 1992), que promove o aumento da quantidade de ovos eliminados nas fezes. No entanto, os mecanismos pelos quais esse fenômeno ocorre ainda são desconhecidos, porém acredita-se que sejam provocados por

imunossupressão de origem endócrina, decorrente de variações hormonais que ocorrem próximas ao parto e durante a lactação (COSTA et al., 2011).

As fêmeas na idade de 467 dias podem estar se destacando com valores mais altos para  $h^2$  e repetibilidade por estarem no período do parto, uma vez que fêmeas caprinas apresentam idade ao primeiro parto variando de 420 a 720 dias. Provavelmente, essas fêmeas têm valores diferentes de zero para contagem de OPG, o que favorece tanto no volume de informações como um menor coeficiente de variação, facilitando o processo de análise de dados.

Mesmo com os baixos valores de herdabilidade, o que decorre em pequeno ganho genético por seleção direta em curto prazo, observou-se que a melhor idade para realizar seleção para resistência a parasitoses por meio da contagem de OPG das matrizes, neste conjunto de dados, está próximo a 467, ou seja no primeiro parto das matrizes, no qual a  $h^2$  é igual a 0,19 e a repetibilidade tem magnitude moderada (0,42).

As correlações genéticas entre as mensurações de OPG tenderam a ser maiores em idades mais próximas entre si, com tendência a serem negativas entre as idades extremas (Figura 6). Isso pode resultar da ausência de seleção para esta característica no rebanho, o que faz que os animais de maior idade apresentem maiores OPG quando comparados com os mais jovens. Da mesma forma, Pollott et al. (2004), através da adequação dos modelos de regressão aleatória aos dados das séries temporais, foi possível verificar como os valores de herdabilidade para OPG variaram em cordeiros a medida que eles envelheciam, desde o desmame até a idade adulta, variando de 0,2, no desmame para 0,65 com 400 dias de idade.



**Figura 6.** Correlações genéticas das mensurações de  $\log_{10}(\text{OPG}+10)$  entre as diferentes idades de fêmeas caprinas de corte do rebanho da Tennessee State University, em análise com modelo de regressão aleatória.

De fato, a preocupação com a seleção para resistência às parasitoses é recente neste rebanho. Correlações de ambiente permanente individual também foram maiores entre idades próximas, entretanto, diferente do observado para as correlações genéticas, os valores negativos foram observados entre as idades médias e aquelas mais altas (Figura 7).



#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros genéticos para OPG diferem com o momento da mensuração desta característica, o que indica que diferentes genes se expressam de acordo com o período fisiológico do animal. Neste rebanho, é esperado melhor resposta à seleção para resistência ao parasitismo gastrointestinal quando a seleção para OPG for praticada no momento do parto das matrizes.

As características NCN e NCD devem ser avaliadas como de limiar de forma a permitir melhor estimativa da variabilidade presente. Neste caso, maiores estimativas de herdabilidade são verificadas e melhores respostas à seleção são possíveis de serem obtidas. Entretanto, a seleção em conjunto destas características com OPG ao parto poderá ser complexa e desfavorável, em função da correlação positiva entre as mesmas.

Ambas as abordagens, modelo de repetibilidade e regressão aleatória, estimaram adequadamente a herdabilidade e a repetibilidade do rebanho estudado, com valores baixos. O valor de herdabilidade estimado pelo modelo de repetibilidade está dentro da amplitude de valores estimados pelo modelo de regressão aleatória. Este último, apesar de requerer maiores demandas computacionais, permite explorar melhor o conjunto de dados, por estimar valores para diferentes idades, o que permite a escolha de um melhor momento para seleção, como também estima as associações entre estes distintos períodos. Os resultados deste estudo confirmaram que a melhor época da seleção seria para os animais mais jovens, no momento de seu primeiro parto.

## REFERÊNCIAS

- ALBERS, G. A. A.; GRAY, G. D.; PIPER, L. R.; BARKER, J. S. F.; LE JAMBRE, L. F.; BARGER, I. A. The genetics of resistance and resilience to *Haemonchus contortus* infection in young Merino sheep. **International journal for parasitology**, v. 17, n. 7, p. 1355-1363, 1987.
- AMARANTE, A. F. T. Resistência de cordeiros das raças Santa Inês, Suffolk e Ile de France às infecções naturais por nematódeos gastrintestinais. Botucatu, 167p, 2002. **Tese (livro-docência)** – IB, Universidade Estadual Paulista.
- AMARANTE, A. F. T.; CRAIG, T. M.; RAMSEY, W. S.; EL-SAYED, N. M.; DESOUKI, A. Y.; BAZER, F. W. Comparison of naturally acquired parasite burdens among Florida Native, Rambouillet and crossbreed ewes. **Veterinary Parasitology**, v. 85, n. 1, p. 61-69, 1999.
- AMARANTE, A.F.T., BARBOSA, M.A. Seasonal variations in populations of infective larvae on pasture and nematode faecal egg output in sheep. *Vet. Zoot.* 7, 127–133, 1995.
- 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 Veterinária**, v. 14, p. 331-339, 1998.
- BAKER, R. L. Genetic resistance to endoparasites in sheep and goats. A review of genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites in sheep and goats in the tropics and evidence for resistance in some sheep and goat breeds in sub-humid coastal Kenya. **Animal Genetic Resources/Resources génétiques animales/Recursos genéticos animales**, v. 24, p. 13-30, 1998.
- BEASLEY, A. M.; KAHN, L. P.; WINDON, R. G. The periparturient relaxation of immunity in Merino ewes infected with *Trichostrongylus colubriformis*: parasitological and immunological responses. **Veterinary Parasitology**, v. 168, n. 1-2, p. 60-70, 2010.
- BENAVIDES, M. V.; DE SOUZA, C. J. H.; MORAES, J. C. F.; BERNE, M.; LEDUR, M. C. Resistência a parasitos gastrintestinais de ovinos Merino Australiano no RS e suas correlações com características produtivas. In: **Embrapa Pecuária Sul-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPOSIO IBEROAMERICANO SOBRE CONSERVACIÓN Y UTILIZACIÓN DE RECURSOS ZOOGENÉTICOS, 11., 2010, João Pessoa. Memórias... João Pessoa: Ed. da UFPB: Instituto Nacional do Semiárido, 2010.
- BIANCHIN, I., MELO, H.J.H. Epidemiologia e controle de helmintos gastrintestinais em bovinos de corte nos cerrados, 2nd ed. EMBRAPACNPGC, Campo Grande, 60 pp, 1985.
- BISHOP, S. C. Possibilities to breed for resistance to nematode parasite infections in small ruminants in tropical production systems. **Animal**, v. 6, n. 5, p. 741-747, 2012.

BISHOP, S. C.; JACKSON, F.; COOP, R. L.; STEAR, M. J. Genetic parameters for resistance to nematode infections in Texel lambs and their utility in breeding programs. *Animal Science*, v. 78, p. 185-194, 2004.

BISHOP, S. C.; MORRIS, C. A. Genetics of disease resistance in sheep and goats. **Small ruminant research**, v. 70, n. 1, p. 48-59, 2007.

BISSET S.A., VLASSOF A., DOUCH P.G.C., JONAS W.E., WEST C.J., GREEN R.S. Nematode burdens and immunological responses following natural challenge in Romney lambs selectively bred for low or high faecal worm egg count. **Veterinary Parasitologic**, v.61, p.249-263, 1996.

BOLIGON, A. A.; BALDI, F.; MERCADANTE, M. E. Z.; LOBO, R. B.; PEREIRA, R. J.; ALBUQUERQUE, L. G. D. Breeding value accuracy estimates for growth traits using random regression and multi-trait models in Nelore cattle. **Genetics and Molecular Research**, p. 1227-1236, 2011.

BROWNING JR, R., PAYTON, T., DONNELLY, B., LEITE-BROWNING, M. L., PANDYA, P., HENDRIXSON, W., & BYARS, M. Evaluation of three meat goat breeds for doe fitness and reproductive performance in the southeastern United States. In: **8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil**. 2006.

BROWNING JR, Richard; LEITE-BROWNING, M. Breed evaluation for health, reproductive, and carcass traits in meat goats: observations from the southeastern US. In: **Proceedings from the 4 th International Goat Symposium, Brasil**. 2009.

BROWNING JR., R. What Are We Eating? A Lot More Goat Meat, And TSU Is Helping Farmers Catch Up. **Nashville Public Radio**. Entrevista publicada em 20 de julho de 2017.

CARDIA, D. F. F.; ROCHA-OLIVEIRA, R. A.; TSUNEMI, M. H.; AMARANTE, A. F. T. D. Immune response and performance of growing Santa Ines lambs to artificial *Trichostrongylus colubriformis* infections. **Veterinary parasitology**, v. 182, n. 2-4, p. 248-258, 2011.

CARTAXO, F. Q., SOUSA, W. H., LEITE, M. L. D. M. V., CEZAR, M. F., CUNHA, M. D. G. G., VIANA, J. A., CABRAL, H. B. Características de carcaça de cabritos de diferentes genótipos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 1, 2014.

CASTELLS, D.; GRIGNOLA, F.; CARDELLINO, R.; CORONEL, F.; CASARETTO, A.; SALLES, J.; NARI, A. Resistência genética del ovino a los nematodos gastrointestinales. Acciones desarrolladas em el Uruguay. In CASTELLS, D. (Ed.). **Resistência genética del ovino y su aplicación em sistemas de control integrado de parasitos**. Rome: FAO. P. 87-90. 2002.

COFFEY, L. Meat goats: Sustainable production. **National Sustainable Agriculture Information Service**, 2006.

- COSTA, C.A.F.; VIEIRA, L.S. Controle de nematódeos gastrintestinais de caprinos e ovinos no estado do Ceará. **Embrapa Caprinos e Ovinos-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 1984.
- COSTA, V. M.M.; SIMÕES, S. V. D.; RIET-CORREA, F. Controle das parasitoses gastrintestinais em ovinos e caprinos na região semiárida do Nordeste do Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 65-71, 2011.
- DA SILVA SANTOS, N. P., SARMENTO, J. L. R., CAMPELO, J. E. G., NETO, A. D. A. R., FIGUEIREDO FILHO, L. A. S., DA SILVA COSTA, M., GUIMARÃES, F. F. Aplicação do modelo de limiar utilizando a Inferência Bayesiana no melhoramento animal. **PUBVET**, 6, Art-1423, 2012.
- DO AMARANTE, A. F. T. Resistência genética a helmintos gastrintestinais. V Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal. Pirassununga, São Paulo, julho de 2004.
- DOESCHL-WILSON, A. B.; KYRIAZAKIS, I. Should we aim for genetic improvement in host resistance or tolerance to infectious pathogens?. **Frontiers in genetics**, v. 3, p. 272, 2012.
- FARIA, C.U.; MAGNABOSCO, C.U.; REYES, A.; et al. Inferência bayesiana e sua aplicação na avaliação genética de bovinos da raça Nelore: Revisão Bibliográfica. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, p.75-86, 2007.
- FERNANDES, R. M.; FARIAS, E. H. S.; BATISTA, K. M. et al. Comparação entre as técnicas McMaster e centrífugo-flutuação para contagem de ovos de nematóides gastrintestinais de ovinos. **Ciência Animal Brasileira** v. 6, n. 2, p. 105-109, 2005.
- FERREIRA, W. J. Avaliação genética de animais para características categóricas—uma revisão. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 11, n. 2, 2008.
- FIGUEIREDO, C. L. Estimativas de componentes de (co)variância e parâmetros genéticos para características reprodutivas em ovinos da raça Santa Inês utilizando modelos linear e de limiar. 2008. 66 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.
- GAULY, M.; ERHARDT, G. Genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites in Rhön sheep following natural infection. **Veterinary Parasitology**, v. 102, p. 253– 259, 2001.
- GENNARI, S.M. et al. Determinação da contagem de ovos de nematódeos no período peri-parto em vacas. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.39, n.1, p.32-37, 2002.
- GIANOLA, D.; FOULLEY, J. L. Sire evaluation for ordered categorical data with a threshold model. **Genetics Selection Evolution**, v. 15, p. 201-224, 1983.
- GIANOLA, D.; FOULLEY, J.L. Sire evaluation for ordered categorical data with a threshold model. **Génét. Sél. Evol.**, v.15, n.2, p.201-224, 1983.

GIANOLA, D.; SORENSEN, D. Likelihood, Bayesian, and MCMC methods in quantitative genetics. New York: Springer-Verlag, 740p 2002.

GILLESPIE, J.; NYAUPANE, N.; DUNN B.; MCMILLIN K. Why do farmers decide to produce meat goats? Evidence from the United States. **Agriculture and Human Values**, v. 33, n. 4, p. 911-927, 2016.

GOLDBERG V.; CIAPPESONI G.; AGUILAR I. Genetic parameters for nematode resistance in periparturient ewes and post-weaning lambs in Uruguayan Merino sheep. **Livestock Science**, v. 147, p. 181–187, 2012.

GOOLSBY, M. K.; LEITE-BROWNING, M. L.; BROWNING, R. Evaluation of parasite resistance to commonly used commercial anthelmintics in meat goats on humid subtropical pasture. **Small Ruminant Research**, v. 146, p. 37-40, 2017.

GRISI, L.; LEITE, R. C.; MARTINS. J. R. de S.; BARROS, A. T. M. de; CANCADO, P. H. D.; VILLELA, H. S. Perdas econômicas potenciais devido ao parasitismo em bovinos no Brasil. Embrapa gado de corte, 2013.

GURGEL, M.; DE ALMEIDA, H.S.L.; DE BRITTO, F.C.; ZAMPROGNA, F.D.; CARLESSO, R.R. Influência do periparto na contagem de ovos de parasitas gastrointestinais em ovelhas: resultados preliminares. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v.07, n.1, 2012.

HAMED, A.; MABROUK, M. M.; SHAAT, I.; BATA, S. Estimation of genetic parameters and some non-genetic factors for litter size at birth and weaning and milk yield traits in Zaraibi goats. **Egyptian Journal of Sheep & Goat Sciences**, v. 4, n. 2, p. 55-64, 2009.

HERD, R. Impactos ambientais associados aos compostos endectocidas. In: Controle dos nematodeos gastrintestinais em ruminantes. PADILHA, T. (Ed.). Coronel Pacheco: EMBRAPA CNPGL, p. 95-111 1996.

HOSTE, H., SOTIRAKI, S., LANDAU, S. Y., JACKSON, F., BEVERIDGE, I. Goat–Nematode interactions: think differently. **Trends in parasitology**, v. 26, n. 8, p. 376-381, 2010.

HOSTE, H.; TORRES-ACOSTA, J. F. J.; AGUILAR CABALLERO, A. J. Nutritionparasite interactions in goats: is immunoregulation involved in the control of gastrointestinal nematodes. **Parasite immunology**, v. 30, n.2, p. 79 88, 2008.

KEBEDE, T.; HAILE, A.; DADI, H.; ALEMU, T. Genetic and phenotypic parameter estimates for reproduction traits in indigenous Arsi-Bale goats. **Tropical animal health and production**, v. 44, n. 5, p. 1007-1015, 2012.

KISIELEWICZ, B. K.; FRASER, J. M.; EADY, S. J. No effect of a short period of artificial worm challenge on liveweight change in young Merino sheep. 1995.

- LE JAMBRE, L. F. Relationship of blood loss to worm numbers, biomass and egg production in *Haemonchus* infected sheep. **International journal for parasitology**, v. 25, n. 3, p. 269-273, 1995.
- LIDAUER, M.; MANTYSAARI, E.A.; STRANDEN, I. 2003. Comparison of test-day models for genetic evaluation of production traits in dairy cattle. **Livestock Production Science**, v. 79, n. 1, p. 73-86, 2003.
- LÔBO, R. N.; VIEIRA, L. S.; OLIVEIRA, A. A. D.; MUNIZ, E. N.; SILVA, J. M. D. Genetic parameters for faecal egg count, packed-cell volume and body-weight in Santa Inês lambs. **Genetics and Molecular Biology**, v. 32, n. 2, p. 288-294, 2009.
- LÔBO, R.N.B. SGR - Sistema de Gerenciamento de Rebanhos: manual de usuário (Versão 2,0 Construído em 20121106) [Recurso eletrônico], -- Brasília, DF: Embrapa, 2013.
- LU, Christopher D. Boer goat production: progress and perspective. Iga goatworld. Org/publication/boer. htm, 2001.
- LUO, M. F.; BOETTCHER, P. J.; SCHAEFFER, L. R.; DEKKERS, J. C. M. Estimation of genetic parameters of calving ease in first and second parities of Canadian Holsteins using Bayesian methods. **Livestock Production Science**, v. 74, n. 2, p. 175-184, 2002.
- MADRUGA, M. S., NARAIN, N., DUARTE, T. F., SOUSA, W. D., GALVÃO, M. D. S., CUNHA, M. G. G., RAMOS, J. L. F. Características químicas e sensoriais de cortes comerciais de caprinos SRD e mestiços de Boer. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 713-719, 2005.
- MANDONNET, N.; AUMONT, G.; FLEURY, J.; ARQUET, R.; VARO, H.; GRUNER, L.;... KHANG, J. V. T. Assessment of genetic variability of resistance to gastrointestinal nematode parasites in Creole goats in the humid tropics. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 7, p. 1706-1712, 2001.
- MATIKA, O.; VAN WYK, J. B.; ERASMUS, G. J.; BAKER, R. L. Genetic parameter estimates in Sabi sheep. **Livestock Production Science**, v. 79, n. 1, p. 17-28, 2003.
- MCMANUS, C.; LOUVANDINI, H.; PAIVA, S. R. OLIVEIRA, A. A., 485 AZEVEDO, H. C., MELO, C. B. Genetic factors of sheep affecting gastrointestinal parasite infections in the Distrito Federal, Brazil. *Veterinary Parasitology*, v.166, p.308–313, 2009.
- MELO, A. C. F. L.; REIS, I. F.; BEVILAQUA, C. M. L.; VIEIRA, L. D. S.; ECHEVARRIA, F. A. M.; MELO, L. M. Nematódeos resistentes a anti-helmíntico em rebanhos de ovinos e caprinos do estado do Ceará, Brasil. **Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2003.
- MERCADANTE, M.E.Z.; PACKER, I.U.; RAZOOK, A.G.; CYRILLO, J.N.S.G.; FIGUEIREDO, L.A. Dias ao parto de fêmeas Nelore de um experimento de seleção para crescimento. I - Modelo de repetibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1715-1725, 2002.

MEYER, K. Estimates of genetic covariance functions for growth of Angus cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 122, n. 2, p. 73-85, 2005.

MEYER, K. Scope for a random regression model in genetic evaluation of beef cattle for growth. **Livestock Production Science**, v. 86, n. 1-3, p. 69-83, 2004.

MILLER, J. E.; HOROHOV, D. W. Immunological aspects of nematode parasite control in sheep 1. **Journal of animal science**, v. 84, n. 13\_suppl, p. E124-E132, 2006.

MISZTAL, I.; TSURUTA, S.; STRABEL, T.; AUVRAY, B.; DRUET, T.; LEE, D. H. BLUPF90 and related programs (BGF90). In: **Proceedings of the 7th world congress on genetics applied to livestock production**, p. 743-744, 2002.

MOHAMMADI, H.; SHAHREBABA, M. M.; SHAREBABA, H. M.; et al. Estimation of genetic parameters of reproductive traits in Zandi sheep using linear and threshold models. **Czech Journal of Animal Science**, v. 57, p. 382-388, 2012.

MOHAMMADI, K.; ABDOLLAHI-ARPAHAHI, R.; AMRAEI, F.; MOHAMADI, E. M.; RASHIDI, A. Genetic parameter estimates for growth and reproductive traits in Lori sheep. **Small Ruminant Research**, v. 131, p. 35-42, 2015.

MOLENTO, M. B. Método Famacha: Tratamento seletivo no controle do *Haemonchus contortus*. **Alternativas de controle da verminose em pequenos ruminantes. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia**, p. 25-26, 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, n. 3-4, p. 314-319, 2009.

MORRIS, C. A.; AYMES, N. C. Heritability and repeatability of resistance to nematode parasites in commercial beef cattle. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, v. 72, p. 236-239, 2012.

NOBRE, P.R.C.; LOPES, P.S.; TORRES, R.A. et al. Analyses of growth curves of Nelore cattle by Bayesian method via Gibbs sampling. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, p.480-490, 2003.

PELLERIN, A. N.; BROWNING, R. Comparison of Boer, Kiko, and Spanish meat goat does for stayability and cumulative reproductive output in the humid subtropical southeastern United States. **BMC veterinary research**, v. 8, n. 1, p. 136, 2012.

PFEFFER, A.; MORRIS, C. A.; GREEN, R. S.; WHEELER, M.; SHU, D.; BISSET, S. A.; VLASSOFF, A. Heritability of resistance to infestation with the body louse, *Bovicola ovis*, in Romney sheep bred for differences in resistance or resilience to gastro-intestinal nematode parasites. **International Journal for Parasitology**, v. 37, p. 1589–1597, 2007.

PINTO, J. M. D. S.; DE OLIVEIRA, M. A. L.; ÁLVARES, C. T.; COSTA-DIAS, R.; DOS SANTOS, M. H. Relação entre o Periparto e a eliminação de ovos de nematóides

gastrintestinais em cabras Anglonubiana naturalmente infectadas em sistema semi-extensivo de produção. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.17, n.1, p.138-143, 2008.

PIWCZYŃSKI, D.; KOWALISZYN, B. Heritability and breeding value of sheep fertility estimated by means of the gibbs sampling method using the linear and threshold models. **Journal of Central European Agriculture**, v. 14, p. 23-32, 2013.

PIWCZYŃSKI, D.; KOWALISZYN, B.; MROCZKOWSKI, S. Heritability and repeatability of the number of lambs born and reared estimated using linear and threshold models. **Archiv Tierzucht**, v. 54, p. 271-279, 2011.

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, n. 10, p. 2852-2864, 2004.

R&D BRIEF 33: Breeding sheep with resistance to nematode infection. **Microelectronics Journal**, v. 19, n. 1, p. 58–59, 1999.

RAHMAN, Wahab A.; COLLINS, G. H. An association of faecal egg counts and prolactin concentrations in sera of periparturient Angora goats. **Veterinary Parasitology**, v. 43, n. 1-2, p. 85-91, 1992.

RASHIDI, A.; BISHOP, S. C.; MATIKA, O. Genetic parameter estimates for pre-weaning performance and reproduction traits in Markhoz goats. **Small Ruminant Research**, v. 100, n. 2-3, p. 100-106, 2011.

REGO NETO, A. D. A.; SARMENTO, J. L. R.; SANTOS, N. P. D. S.; BIAGIOTTI, D.; dos SANTOS, G. V.; SENA, L. S.; GUIMARÃES, F. F. Efeitos ambientais sobre características reprodutivas em ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 1, 2014.

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, n. 1, p. 44-52, 2009.

RINALDI, L.; CRINGOLI, G. Parasitological and pathophysiological methods for selective application of anthelmintic treatments in goats. **Small ruminant research**, v. 103, n. 1, p. 18-22, 2012.

SAYERS, G.; GOOD, B.; HANRAHAN, J. P.; RYAN, M.; SWEENEY, T. Intron of the interferon gama gene: It's role i nematode resistance in Sulffolk and Texel sheep breeds. **Research in Veterinary Science**. Oxford. v. 79. p. 191-196. 2005.

SCHMIDOVÁ, J.; MILERSKI, M.; SVITAKOVÁ, A. et al. Estimation of genetic parameters for litter size in Charollais, Romney, Merinolandschaf, Romanov, Suffolk, Sumava and Texel breeds of sheep. **Small Ruminant Research**, v. 119 p. 33-38, 2014.

SHAW, R. J.; MORRIS, C. A.; GREEN, R. S.; WHEELER, M.; BISSET, S.A.; VLASSOFF, A.; DOUCH, P. G. C. Genetic and phenotypic relationships among *Trichostrongylus colubriformis*-specific immunoglobulin E, anti-*Trichostrongylus colubriformis* antibody, immunoglobulin G1, faecal egg count and body weight traits in grazing Romney lambs. **Livestock Production Science**, v. 58, p. 25–32, 1999.

SILVA, M. V. B.; SONSTEGARD, T. S.; HANOTTE, O.; MUGAMBI, J. M.; GARCIA, J. F.; NAGDA, S.;... BOETTCHER, P. J. Identification of quantitative trait loci affecting resistance to gastrointestinal parasites in a double backcross population of Red Maasai and Dorper sheep. **Animal genetics**, v. 43, n. 1, p. 63-71, 2012.

SILVA, P.O. Resistência e Tolerância de Fêmeas Anglonubianas a Infecção Por Nematóides Gastrintestinais. **Tese de Doutorado**, 2015.

SIMMS, L. Defining tolerance as a norm of reaction. **Evolutionary Ecology**, v. 14, n. 4-6, p. 563-570, 2000.

SIMPLÍCIO, A. A.; AZEVEDO, H. C. Manejo reprodutivo: Foco na taxa de reprodução. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 8, Supl. 2, p. 320-331, 2014.

SOLAIMAN, S. G. 2007. Assessment of the Meat Goat Industry and Future Outlook for US Small Farms. Tuskegee University, Tuskegee, AL, August 2007.

SOTOMAIOR, C. S.; DE CARLI, L. M.; TANGLEICA, L.; KAIBER, B. K.; DE SOUZA, F. P. Identificação de ovinos e caprinos resistentes e susceptíveis aos helmintos gastrintestinais. **Revista Acadêmica**, v. 5, n. 4, p. 397-412, 2007.

SOUSA JÚNIOR, S. C. et al. Aplicação de modelos de regressão aleatória utilizando diferentes estruturas de dados. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p. 2058-2063, 2014.

SOUSA, W. D. S.; PEREIRA, C. S.; BERGMANN, J. A. G.; SILVA, F. D. Estimativas de componentes de variância e de parâmetros genéticos para características de reprodução por intermédio de modelos lineares e de limiar. **Revista Brasileira de Zootecnia (Brasil)**.(Nov-Dez, v. 29, n. 6, p. 2237-2247, 2000.

SOUZA, M. D. F. D.; PIMENTEL-NETO, M.; PINHO, A. L. S. D.; SILVA, R. M. D.; FARIAS, A. C. B.; GUIMARÃES, M. P. Seasonal distribution of gastrointestinal nematode infections in sheep in a semiarid region, northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 22, n. 3, p. 351-359, 2013.

SPENCER R. Overview of the U.S. meat goat industry. **Alabama Cooperative Extension System**. UNP-104. Disponível: <http://www.aces.edu/pubs/docs/U/UNP-0104/>, 2008.

STEAR, M.J.; BAIRDEN, K.; BISHOP, S.C.; DUNCAN, J.L.; KARIMI, S.K.; MCKELLAR, Q. A.; MURRAY, M. Different patterns of faecal egg output following infection of Scottish Blackface lambs with *Ostertagia circumcincta*. **Vet. Parasitol.** 59, 29–38, 1995.

STEAR, M.J.; MURRAY, M. Genetic resistance to parasitic disease: particularly of resistance in ruminants to gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology*, v. 54, p. 161-176, 1994.  
TAYLOR, M.A.; COOP, R.L.; WALL, R.L. **Veterinary parasitology**. 3.ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2007. 874p.

TORRES-ACOSTA, J. F. J.; HOSTE, H. Alternative or improved methods to limit gastrointestinal parasitism in grazing sheep and goats. **Small Ruminant Research**, v. 77, n. 2-3, p. 159-173, 2008.

TORRES-ACOSTA, J. F. J.; MENDOZA-DE-GIVES, P.; AGUILAR-CABALLERO, A. J.; CUÉLLAR-ORDAZ, J. A. Anthelmintic resistance in sheep farms: update of the situation in the American continent. **Veterinary parasitology**, v. 189, n. 1, p. 89-96, 2012.

TURNER, H. N.; YOUNG, S. S. Y. Genetic improvement of reproduction rate in sheep. *Animal Breeding Abstr.*, v. 37, p. 545-563, 1969.

URQUHART, G.M.; ARMOUR, J.; DUNCAN, J.L.; DUNN, A.M.; JENNINGS, F.W. **Parasitologia Veterinária**, Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 1990.

USDA, National Agricultural Statistics Service. Sheep and Goats (janeiro de 2018). ISSN: 1949-1611.

USDA, Veterinary Services: Centers for Epidemiology and Animal Health. **Animal and Plant Health** Inspection Service (março de 2012).

VANIMISSETTI, 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 Animal Science**, v. 82, p. 1602-1611, 2004.

VIEIRA, L. S. Alternativas de controle da verminose gastrintestinal dos pequenos ruminantes. Sobral: Embrapa Caprinos, Circular tecnico on line, n. 29, 10 p, 2003.

VIEIRA, L. S. Endoparasitoses gastrintestinais em caprinos e ovinos. Sobral: Embrapa Caprinos Documentos, 32p. 2005.

VIEIRA, L. S. Métodos alternativos de controle de nematóides gastrintestinais em caprinos e ovinos. **Tecnologia e Ciências Agropecuárias**, v.2, n. 2, p.49-56, 2008.

VIEIRA, L.S., CAVALCANTE, A.C.R., XIMENES, L.J.F. Epidemiologia e controle das principais parasitoses de caprinos nas regiões semi-áridas do Nordeste. **Embrapa Caprinos e Ovinos**, Circular Técnica, Sobral, CE. 49p, 1997.

WOOLASTON, R. R.; BAKER, R. L. Prospects of breeding small ruminants for resistance to internal parasites. **International Journal for Parasitology**, v. 26, n. 8-9, p. 845-855, 1996.

YAMAMURA, K. Transformation using  $(x+0.5)$  to stabilize the variance of populations. **Researches on Population Ecology**, v. 41, n. 3, p. 229-234, 1999.

ZAROS, L. G.; COUTINHO, L. L.; SIDER, L. H.; MEDEIROS, H. R. D.; NEVES, M. R. M. D., BENVENUTI, C. L.; ... VIEIRA, L. D. S. Evaluation of reference genes for real-time PCR studies of Brazilian Somalis sheep infected by gastrointestinal nematodes. **Genetics and molecular biology**, v. 33, n. 3, p. 486-490, 2010.

ZHANG, C. Y.; CHEN, S. L.; LI, X.; XU, D. Q.; ZHANG, Y.; YANG, L. G. Genetic and phenotypic parameter estimates for reproduction traits in the Boer dam. **Livestock Science**, v. 125, n. 1, p. 60-65, 2009.