

Francelino Neiva Rodrigues

GENÉTICA DA RESISTÊNCIA À VERMINOSE EM OVINOS SANTA INÊS

TERESINA, 2016

Francelino Neiva Rodrigues

GENÉTICA DA RESISTÊNCIA À VERMINOSE EM OVINOS SANTA INÊS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí, como requisito para a obtenção do grau de Mestre. Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Prof Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento

Teresina, 2016

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco
Serviço de Processamento Técnico

Rodrigues, Francelino Neiva
Genética da resistência à verminose em ovinos santa Inês. /
Francelino Neiva Rodrigues. – 2016.
61f.:il.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade
Federal do Piauí, Teresina, 2016.
Orientação: Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento.

1. Análise multivariada. 2. Famacha 3. *Haemonchus
contortus*. 4. Inferência Bayesiana 5. Nematoides
gastrointestinais. 6. Parâmetros genéticos I. Título

CDD: 519.53

Francelino Neiva Rodrigues

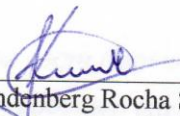
GENÉTICA DA RESISTÊNCIA À VERMINOSE EM OVINOS SANTA INÊS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí, como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

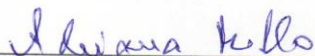
Área de Concentração: Produção Animal.

Dissertação aprovada em 02 de Março de 2016.

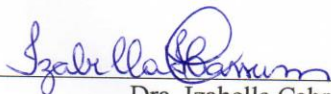
Banca examinadora:



Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento
DZO/CCA/UFPI Presidente/Orientador



Dra. Adriana Mello de Araújo
Embrapa Meio-Norte/Co-orientadora
Examinador Interno



Dra. Izabella Cabral Hassum
Embrapa Meio-Norte/
Examinador Externo

A Deus que não me deixou desistir e não me abandonou nos meus momentos de fraqueza.

Ao meu filho Emanuel que enche meus dias de felicidade, o maior presente que Deus me deu.

Aos meus pais Neta e Joci que fizeram até o impossível para criar e educar seus filhos.

Aos meus irmãos Francisco, Claerton, Rosangela, Reginelton, Afonso, e demais familiares por todo o apoio.

A minha amada esposa Skarlla, quem esteve comigo em todos os momentos. Um exemplo de apoio e amor .

A minha cunhada Snaylla, minha sogra Regina e meu sogro Fausto, que sempre me apoiaram em tudo.

A eles, DEDICO!

Agradecimentos

A Universidade Federal do Piauí e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pela oportunidade de crescer profissionalmente e conquistar esse título.

A Embrapa Meio-Norte por ter disponibilizado o rebanho para coletas de dados, e a infraestrutura de laboratório. E por todo o conhecimento adquirido dentro dessa instituição.

Ao CNPq pelo apoio através da bolsa.

Ao Professor Dr. José Lindenberg, por ter me orientado. Obrigado pela paciência e amizade. És exemplo de professor, orientador e pesquisador.

A Dra. Adriana Mello, pela co-orientação, apoio e paciência, e pela contribuição na realização dessa pesquisa.

A Dra Tânia Leal, que viabilizou a coleta dos dados. Obrigado pela amizade e conselhos. És uma profissional competente e um ser humano de coração gigante.

A Dra Izabella Hassum por ter aceitado participar da banca e contribuir com o nosso trabalho.

Aos amigos e parceiros da Embrapa Meio-Norte Ozires, Antônio Carlos, Ataíde, Flávio, Sr. Gaudêncio, Sr. Raimundo pela enorme contribuição na coleta de dados ao longo desses três anos. Em especial ao Ozires, quem realizou todas as análises de OPG. Afinal, foram mais de 15kg de fezes processadas em amostras de dois gramas, e mais de 51 mil ovos contados no microscópio.

A minha esposa Skarlla, pela colaboração na digitação dos dados, pois foram diversas noites alimentando o bando de dados. Agradeço por aturar na minha ausência, quando eu estava estudando, e por me apoiar sempre.

Aos amigos Joelton, Marcônio, Yane e Usman, que também ajudaram nas coletas.

Aos colegas do GEMA, Gleyson, Tatiana, Luiz, Natanael e Daniel, pela colaboração.

Ao Prof Max Brandão, pela contribuição nas análises estatísticas.

Aos amigos do Instituto Federal de Educação de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - Campus Paulistana, pelo apoio e incentivo nessa reta final.

A todos, meu muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Resistência genética à verminose	11
1.2 Helmintos parasitas de ovinos	12
1.3 Métodos de classificação quanto à resistência a verminose	13
1.4 Influência da raça na resistência à verminose	15
1.5 Fatores ambientais que afetam a resistência à verminose	16
1.6 Inferência Bayesiana na estimação de parâmetros genéticos ligados à verminose	16
1.7 Uso de modelos de limiar na análise de dados categóricos	18
1.8 Análise uni e multicaracterísticas na estimação de parâmetros genéticos	19
1.9 Parâmetros genéticos de características ligadas à resistência à verminose em ovinos	35
2. CAPÍTULO I. Avaliação da análise de agrupamento multivariada para determinação da resistência a verminose em ovinos Santa Inês	21
3. CAPÍTULO II. Parâmetros genéticos para a resistência à verminose em ovinos Santa Inês utilizando modelo animal Bayesiana	36
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

RESUMO

Objetivou-se avaliar a análise multivariada para determinação da característica de resistência à verminose em ovinos Santa Inês, e estimar os parâmetros genéticos associados a essas características. A característica resistência foi definida a partir da análise de agrupamento pelo método K-means, utilizando os dados de número de ovos por grama de fezes (OPG), hematócrito, escore da condição corporal (ECC) e Famacha®, coletados do rebanho Santa Inês da Embrapa Meio-Norte, no período de agosto de 2012 a julho de 2015. O grupo que apresentou menor OPG, maior hematócrito, maior escore corporal e menor Famacha foi classificado como grupo de resistentes, pois esses resultados diferiram significativamente ($P < 0,05$) do grupo que apresentou valores opostos, e esse foi classificado como grupo sensível. O terceiro grupo foi classificado como intermediário, pois apresentou características de ambos. A análise genética foi realizada utilizando a inferência Bayesiana, por meio do Amostrador de Gibbs, utilizando o modelo animal linear e, de limiar com análises unicaracterísticas e multicaracterísticas. A herdabilidade, para a característica resistência foi alta, com valor de 0,44 nas análises unicaracterística e 0,85 nas análises multicaracterísticas, superior à herdabilidade para as variáveis OPG, hematócrito, ECC e Famacha que foram respectivamente, 0,05; 0,08; 0,12 e 0,15, que apresentaram-se muito baixas, havendo um discreto aumento nas análises multicaracterísticas. O aumento das informações nas análises multicaracterísticas, permitiu melhor separar a variação genética aditiva da variância de ambiente. A análise de agrupamento multivariada, proporcionou a classificação dos ovinos quanto à resistência a verminose, e essa característica apresentou uma herdabilidade alta, permitindo o melhoramento através da seleção.

Palavras-chave: Análise multivariada, Famacha, *Haemonchus contortus*, inferência Bayesiana, nematoides gastrointestinais, parâmetros genéticos

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the multivariate analysis to determine the parasitism resistance characteristic in Santa Ines sheep, and estimate genetic parameters associated with this feature. The characteristic resistance was defined from the clustering analysis by K-means method, using the data of the number of eggs per gram of feces (FEC), hematocrit, body condition score (BCS) and Famacha® collected the flock Santa Inês Embrapa Mid-North, from August 2012 to July 2015. the group had lower OPG, increased hematocrit, increased body and lower Famacha score was classified as a group of tough, because those results were significantly different ($P < 0, 05$) the group with opposing values, and this was classified as sensitive group. The third group was classified as intermediate, as presented characteristics of both. Genetic analysis was performed using the Bayesian inference through Gibbs sampling, using animal linear model and threshold with analysis single-trait and mult-trait. The heritability, for the characteristic resistance was high, with a value of 0.44 and 0.85 in analysis single-trait and mult-trait respectively, higher than the heritability for FEC variables, hematocrit, BCS and Famacha that were, respectively, 0.05; 0.08; 0.12 and 0.15, which had to be very low, with a slight increase in mult-trait analysis. The increase in information in mult-trait analysis, allowed better to separate the additive genetic variation of environment variance. Multivariate clustering analysis, provided the classification of sheep for resistance to parasitism, and this trait showed high heritability, allowing the improvement through selection.

Keywords: Multivariate analysis, Bayesian inference, Famacha, gastrointestinal nematodes, genetic parameters, *Haemonchus contortus*.

1. INTRODUÇÃO

A ovinocultura é explorada em todas as regiões brasileiras e, em todas elas, a verminose é uma doença causadora de grandes prejuízos na atividade, devido provocar baixo desempenho, elevar os custos de produção e até ocasionar a morte dos animais. Verminose é o nome genérico atribuído às doenças causadas por helmintos parasitas gastrointestinais dos animais, também chamadas de helmintoses. No controle da doença é comum o uso de drogas anti-helmínticas, porém, os parasitas possuem a capacidade de desenvolver resistência às drogas utilizadas para essa função (MELO et al., 2003; VILA NOVA et al., 2014), que ocorre principalmente pelo uso indiscriminado e intensivo de princípio ativo.

O uso indiscriminado e frequente de drogas anti-helmínticas tem outros agravantes. Os resíduos dessas drogas são eliminados nas fezes dos animais e podem causar impacto para a fauna do solo (FLOATE, 2006; MARTÍNEZ; LUMARET, 2006). Resíduos de anti-helmínticos, também podem trazer riscos à segurança alimentar, devido a possível existência dessas substâncias nos produtos oriundos de animais tratados e destinados a alimentação humana (CERQUEIRA et al., 2014).

Muitos métodos de controle não químico da verminose têm sido estudados, tais como o controle biológico, a suplementação energética e proteica, o pastejo misto e alternado, e a seleção de ovinos geneticamente resistentes à verminose. Resistência a verminose é a habilidade do animal de impedir o estabelecimento e/ou subsequente desenvolvimento da infecção parasitária. Essa habilidade é uma característica herdável, ou seja, é transmitida aos descendentes.

Em ovinos existe uma grande variação individual na resposta à infecção. Enquanto alguns animais apresentam-se com número elevado de ovos por grama de fezes (OPG), anêmicos e caquéticos. Outros animais quando submetidos a um ambiente com alta carga parasitária, exibem baixo ou até zero OPG, sem quadro de anemia e com bons índices produtivos (SOTOMAIOR et al., 2007), sendo considerados resistentes. Essa variação torna a característica de resistência à verminose, passível de ser melhorada nos rebanhos ovinos.

Para o melhoramento genético de ovinos para resistência à verminose, e demais estudos a respeito desta característica, é necessário, primeiramente, identificar os indivíduos portadores da característica resistência. Para tanto, a contagem de ovos por grama de fezes é a característica mais utilizada nos programas de seleção. Porém, mesmo sendo o único método, que faz referência direta com a carga parasitária, este tem

sido bastante questionado em virtude da grande variabilidade entre as coletas, mesmo quando estas coletas são realizadas no mesmo dia e no mesmo animal (UENO; GONÇALVES, 1998). A técnica do OPG apresenta vantagens, dentre elas a de ser um exame relativamente barato, porém, mais aplicável para pequenos rebanhos, já que grandes rebanhos demandam muita mão de obra durante as coletas e a análise do material em laboratório. Como alternativa ao OPG, tem sido apontado o uso de vários marcadores fenotípicos passíveis de serem analisados, como o Método Famacha®, hematócrito, e escore da condição corporal (ECC).

A avaliação do escore corporal e Famacha tem como vantagens a fácil execução, pois se trata de avaliações clínicas que podem ser realizadas mesmo por pessoas de pouca escolaridade, desde que treinadas por profissional capacitado. O hematócrito é um método que exige análise laboratorial mais mas de custo relativamente baixo, esse têm sido utilizados com o objetivo de auxiliar na classificação mais acurada dos animais resistentes. Assim, o desenvolvimento de uma metodologia confiável com o uso dessas variáveis combinadas ou isoladas, irá contribuir positivamente para o melhoramento genético dos ovinos para resistência a verminose.

1.1. Resistência genética à verminose

Resistência a verminose é definida como a habilidade de evitar a infecção, reduzir a carga parasitária ou recuperar-se de uma infecção (HAYWARD et al., 2014), essa habilidade é controlada geneticamente e varia substancialmente entre as diferentes raças, bem como entre os indivíduos de uma mesma raça (STEAR; MURRAY, 1994), e é muito influenciada pelo ambiente (AMARANTE, 2004a).

A seleção para resistência a verminose é uma saída promissora, pois pode alavancar a produção de ovinos, uma vez que essa doença é causadora das maiores perdas na produção de ovinos (COSTA et al., 2009). Ovinos resistentes tem maior desempenho comparado com sensíveis (BISSET et al., 1997), **maior peso adulto (BASSETO et al., 2009)**, menor mortalidade ao desmame (FERNANDES et al., 2011), e necessitam de menor número de vermifugações, resultando em maior economia com antihelmínticos e mão de obra (AMARANTE et al., 2004b).

Quanto a resistência à verminose, os ovinos podem ser classificados como resistentes, sensíveis e resilientes (AMARANTE et al., 2004a). Resistência é quando a interação entre parasita e hospedeiro resulta na morte ou eliminação do parasita, nesses

animais o parasitismo não causa danos ou esses danos são pouco aparentes, sem causar prejuízo a saúde do animal. Os animais sensíveis são o oposto, nesses os parasitas permanecem aparentemente intactos, o que pode levar o animal a manifestar os sintomas da verminose, prejudicar o desempenho e até leva-los a morte. Em situação intermediária onde os ovinos persistem com a infecção, ocasionando prejuízos a sobrevivência e fecundidade dos nematoides, e prejudicando a saúde do hospedeiro são os chamados animais resilientes, nesses animais a infecção subclínica pode ocasionar grandes perdas na produtividade.

1.2. Helmintos parasitas de ovinos

A verminose é uma das principais enfermidades que acometem ovinos, e requer muita atenção dos produtores, devido sua alta frequência (COSTA et al., 2009). Os ovinos podem ser parasitados por diversos gêneros, tais como *Strongyloides*, *Bunostomum*, *Trichostrongylus*, *Ostertagia*, *Cooperia*, *Chabertia*, *Oesophagostomum*, *Trichuris*, *Nematodirus* e *Haemonchus* (FORTES, 2004). Em clima tropical a maior prevalência é dos gêneros *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, e *Oesophagostomum*, sendo o *Haemonchus* o mais prevalente entre os três (BASSETO et al., 2009), em virtude de suas larvas apresentarem um alto desenvolvimento em temperaturas relativamente altas (URQUHART, 1996) e a alta fecundidade das fêmeas, que podem produzir de 1.000 a 5.000 ovos por dia (UENO; GONÇALVES, 1998).

O ciclo evolutivo do *Haemonchus contortus*, principal espécie parasita de ovinos é direto. Os ovos são lançados no pasto junto com as fezes onde ocorre a eclosão liberando larvas de primeiro estágio (L1), as larvas se desenvolvem no ambiente passando para o estágio secundário (L2) e chegando ao estágio infectante (L3) em um período curto de cinco a sete dias, mas o desenvolvimento pode ser retardado por semanas ou meses em temperaturas baixas. As L3 sobem na pastagem, e são ingeridas junto com o pasto, após ingestão e o desencapsulamento no rúmen, a larva chega até o abomaso onde desenvolve a lanceta perfurante, o que permite sugar sangue dos vasos da mucosa, e então vai tornar-se um parasita adulto (URQUHART, 1996).

O *Haemonchus contortus* é um parasita hematófago e altamente patogênico. Nas baixas infecções a doença causa perda no desempenho produtivo e reprodutivo e, nas altas infecções, pode causar anemia severa que se manifesta por palidez das mucosas e edema da região submandibular, muitas vezes progredindo até a morte (AMARANTE, 2004a).

1.3. Métodos de classificação quanto à resistência a verminose

A identificação de ovinos resistentes à verminose tem sido realizada, principalmente, por meio do exame de do OPG (AMARANTE et al., 2009; ORTOLANI et al., 2013). O uso da contagem do OPG, para diagnóstico da verminose, é possível somente de 20 a 30 dias após a ingestão da larva, que é o tempo necessário para a larva evoluir até a fase adulta e produzir ovos, já a sucção de sangue começa de 30 a 36 horas após a ingestão da larva (ALMEIDA, 1934). Devido a esse comportamento do parasita, um animal pode apresentar OPG baixo, ou até mesmo negativo e estar sofrendo com a parasitose.

Utilizando os valores de OPG, Nieto et al. (2003) classificaram quanto à resistência a verminose atribuindo-se, aos animais resistentes, o valor 0 (zero), quando a contagem de OPG era ≤ 500 e 1 (um) aos animais que apresentavam valores de OPG > 500 quando eram vermifugados e classificados como sensíveis. Nesse estudo a herdabilidade estimada foi muito baixa, e os autores classificaram o método como inadequado, o que atribuíram ao referencial de OPG de 500 para vermifugação ter sido baixo, não permitindo que os animais expressassem a resistência. Classificação pelo OPG também foi relatado por Sotomaior et al. (2007), onde classificaram ovinos quanto a resistência a partir de agrupamento hierárquico utilizando o OPG. Dentre os 38 ovinos avaliados, 11 foram classificados como resistentes e 11 sensíveis, os demais não fizeram parte de nenhum grupo.

Com o objetivo de auxiliar na identificação de animais resistentes à verminose, muitos autores têm sugerido a associação do OPG, a indicadores de anemia (quantificação do hematócrito e Famacha®), marcadores imunológicos (contagem de eosinófilos sanguíneos, dosagem de anticorpos específicos) e dosagem de proteínas plasmáticas (AMARANTE et al., 2009; ORTOLANI et al., 2013). A quantificação do hematócrito é uma técnica simples e barata, que auxilia no diagnóstico da hemonose, devido o *H. contortus* causar uma anemia essencialmente hemorrágica, em virtude da perda sanguínea que provoca, com consequente redução do hematócrito (BIRGEL, 2013), com isso essa técnica pode ser utilizada para se avaliar métodos subjetivos de indicação de anemia, como exemplo o Famacha.

A anemia não é sintoma patognomônico da hemonose, porém o parasitismo por *H. contortus* é a causa mais comum de anemia em ovinos (BIRGEL, 2013). O tempo de aparecimento depende da carga parasitária e suscetibilidade do hospedeiro. Al-Quaisy et

al. (1987) verificaram ocorrência de anemia já no décimo primeiro dia e redução do hematócrito de 29,5% para 15,5% no vigésimo dia pós-infecção, com carga infectante experimental de 500 larvas de *H. contortus* por quilo de peso vivo. Em situações de infecção hiperaguda e, principalmente em cordeiros que são mais sensíveis a anemia aparece ainda mais cedo, sete dias pós-infecção, o que pode levar o animal a morte súbita (BRICARELLO et al., 2004).

O método Famacha consiste em um cartão que apresenta cinco cores correspondentes ao grau de coloração da mucosa ocular (MOLENTO et al., 2004). O Famacha foi desenvolvido por Van Wyk et al. (1997) na África do Sul. Para desenvolver o método, os pesquisadores associaram os valores de hematócrito com diferentes colorações da conjuntiva ocular, com o auxílio de computação gráfica, representando cinco graus de anemia com pequenas variações em cada grau. Os autores comprovaram que os diferentes graus de anemia apresentam correlação fenotípica de 0,8 com confiabilidade de 95% para infecções causadas por *H. contortus*. A mesma correlação foi observada por Molento et al. (2004).

A realização do exame pelo método Famacha é simples e rápida, podendo ser executado até mesmo por pessoas de baixa escolaridade. O exame consiste em pressionar a pálpebra superior com um dedo e abaixar a pálpebra inferior com o outro dedo, expondo a mucosa ocular e comparando a coloração da mucosa com a cor de cada grau do cartão, atribuindo nota de 1 a 5, sendo 1 a melhor e 5 a pior (VAN WYK; BATH, 2002). O método Famacha recomenda vermifugar apenas os animais que apresentam anemia clínica (notas de 3 a 5), o que leva a redução no uso de anti-helmínticos (BATH; VAN WYK, 2001).

Abrão et al. (2010) observaram redução de 87,3% no número de tratamentos com anti-helmínticos, utilizando o Famacha como critério de identificação individual de ovinos acometidos por verminose. Malan et al. (2001) relatam que, durante sua pesquisa, 90% das ovelhas que não estavam em periparto permaneceram sem tratamento, mesmo em condições de alta exposição a larvas, em pastagem irrigada. Como os animais com notas Famacha 1 e 2 não recebem tratamento, o método possibilita selecionar ovinos resistentes a infecção (SOTOMAIOR et al., 2007).

O método Famacha deve ser associado a outros métodos como o OPG na identificação de animais resistentes (MOLENTO, 2013), uma vez que seu uso isolado não distingue os resistentes dos resilientes, devido os animais resilientes poderem receber a mesma nota dos animais resistentes (1 e 2), pois são animais que conseguem

suportar altas cargas parasitárias (MOLENTO et al., 2004). A distinção de resilientes e resistentes é importante, não havendo dúvida que se deve selecionar os resistentes, uma vez que selecionar animais resilientes no caso de infecções por *H. contortus*, seria o mesmo que selecionar animais capazes de sobreviver com hemorragia permanente (AMARANTE, 2004).

A avaliação do escore corporal e do peso vivo podem ajudar na identificação dos animais resistentes, devido a verminose ser a principal causa de perda de peso nos ovinos (VIEIRA, 2008). O escore corporal apresenta correlação fenotípica positiva com o volume globular e correlação negativa com Famacha e OPG, sendo o mesmo comportamento apresentado pelo peso vivo (ABRÃO et al., 2010; QUIRINO et al., 2011).

1.4. Influência da raça na resistência à verminose

No Brasil as raças apontadas como mais resistentes à doença são as raças Santa Inês (AMARANTE et al., 2004b; BRICARELLO et al., 2004; MEXIA et al., 2011), uma raça brasileira, distribuída em todo o território nacional, e a Crioula Lanada, que é uma raça mais explorada no Rio Grande do Sul, e tem sido considerada como raça resistente (BRICARELLO et al., 2004).

Comparando ovinos das raças Santa Inês, Suffolk e Ile de France submetidos à infecção natural, Amarante et al. (2004) apontaram a raça Santa Inês como a mais resistente, pois apresentou menor OPG e maior volume globular comparado com as outras duas raças. Nessa mesma pesquisa os autores avaliaram, em cada raça, o percentual de animais que precisaram de tratamento e verificaram que, na raça Santa Inês, aproximadamente 70% dos indivíduos não necessitaram de tratamento e por volta de 30% necessitaram somente de 1 a 2 tratamentos com anti-helmínticos. Já nas raças Suffolk e Ile de France apenas 10% dos animais não necessitaram de tratamento, sendo que 80% dos ovinos Suffolk e 60% dos ovinos Ile de France necessitaram de 3 a 6 tratamentos durante o período experimental.

Mexia et al. (2011) compararam as raças Santa Inês, Bergamácia e Texel, e verificaram uma média de OPG, nos ovinos da raça Santa Inês de 838,58, que diferiu significativamente das raças Texel e Bergamácia, onde as contagens de OPG detectados foram 1.240,31 e 1.821,33, respectivamente.

A raça Santa Inês manifesta maior resistência à verminose, mesmo em cruzamentos como apresentado por Navarro et al. (2009), ao comparar a resposta à

infecção de ovinos ½ sangue Santa Inês e ½ sangue Dorper, ambos cruzados com fêmeas sem padrão racial definido (SPRD). Durante a pesquisa, os autores relataram menor OPG nos animais mestiços de Santa Inês, que apresentaram OPG igual a 1.108,05 contra 3.132,05 dos mestiços de Dorper. Essa maior resistência, apresentada pela raça, é decorrente da maior capacidade dos indivíduos em montarem uma resposta imune específica à infecção (AMARANTE et al., 2009).

1.5. Fatores ambientais que afetam a resistência à verminose

A resistência à verminose é uma característica muito influenciada pelo ambiente (AMARANTE, 2004a). Os fatores ambientais que afetam a resistência são: idade, estado fisiológico, sistema de criação, manejo e outras doenças associadas. Animais jovens são mais susceptíveis devido à menor capacidade de montar uma resposta imune contra os parasitos (SCHALLIG, 2000). A idade de manifestação da resistência varia de acordo com o genótipo e, animais com genótipos mais resistentes, podem apresentar resposta imunológica efetiva ainda muito jovens (BARGER, 1989).

O estado fisiológico influencia a manifestação da resistência. No periparto, período que compreende o último mês de gestação e a lactação, ocorre aumento no OPG (SOTOMAIOR et al., 2007). Esse fenômeno ainda não bem compreendido, é atribuído a uma interação endócrina, nutricional e imunológica. Durante o periparto ocorre uma imunossupressão de origem endócrina, decorrente da variação hormonal no final do período de gestação e durante a lactação (COSTA et al., 2011). A baixa imunidade está associada também a fatores nutricionais, pois nessa fase a exigência de proteína e energia, das fêmeas aumenta (NRC, 2007) e, diante de uma suplementação inadequada, ocorre diminuição da resposta imune das ovelhas (DONALDSON; VAN HOURTERT; SYKES, 1997). Quando é observado diminuição nos níveis de eosinófilos e imunoglobulinas G, M e E, sendo reestabelecidos após o desmame (BEASLEY et al., 2010). No periparto ocorre ainda maior desenvolvimento de larvas e maior fecundidade das fêmeas adultas, o que acarreta aumento no OPG (STEAR et al., 1997).

A nutrição influencia no grau de infecção dos animais, visto que animais bem alimentados tem maior capacidade de montar uma resposta imunológica, para limitar o desenvolvimento dos parasitas e/ou eliminá-los (HOUDIJK et al., 2000; VELOSO et al., 2004).

A carga parasitária dos cordeiros é influenciada pelo tipo de parto e idade da matriz. Como relataram Coltman et al. (2001) onde cordeiros nascidos de parto simples

apresentaram menor OPG quando comparados com cordeiros nascidos de parto duplo, sem diferenças entre os sexos. Assim como cordeiros filhos de fêmeas de meia idade, apresentaram menor OPG comparado com cordeiros filhos de fêmeas mais jovens ou velhas.

1.6. Inferência Bayesiana na estimação de parâmetros genéticos ligados à verminose

Na avaliação de parâmetros genéticos de características ligadas à verminose, duas situações são comumente encontradas, dados que não apresentam distribuição normal e variáveis categóricas. Para análise de características que não apresentam distribuição normal, a inferência Bayesiana tem se mostrado adequada, uma vez que dispensa a normalidade dos dados. Essa metodologia descreve todos os erros que podem existir em torno de um parâmetro, usando como medida do erro, a probabilidade de que o parâmetro tome determinados valores (FARIA et al., 2007). A inferência permite que informações sejam incluídas na análise, por meio de uma distribuição *a priori* dos parâmetros a serem analisados, juntamente com a incerteza sobre os mesmo, podendo-se calcular uma função de densidade de probabilidade (distribuição *a posteriori*) sobre todos os possíveis vetores dos parâmetros (YOKOO et al., 2013).

A inferência Bayesiana oferece respostas a problemas antes não resolvidos por outros métodos, como os métodos frequentistas, que é o caso da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), onde se obtém estimativas pontuais da variância (GIANOLA; FERNANDO, 1986). Nesses métodos, diante de uma simples medida de erro que só teria sentido em amostras muito grandes, dados com distribuição normal e em análises em que não há o conhecimento das médias e variâncias, haveria de se utilizar as estimativas da máxima verossimilhança como se fossem os parâmetros verdadeiros, ignorando seu erro (FARIA et al., 2007). Já as análises Bayesianas permitem calcular a densidade marginal posterior do parâmetro de interesse e com tal distribuição quantifica-se exatamente o erro em torno de um parâmetro desconhecido, apresentando maior precisão na estimação dos parâmetros genéticos.

Os métodos probabilísticos se baseiam no Teorema de Bayes, onde um vetor não observável 'q' e um vetor de dados observáveis 'y', com distribuições de densidade de probabilidade conjunta $p(U, q)$ da teoria básica de probabilidades, tem-se:

$$p(Y|q).p(q)=p(Y,q)=p(q|Y).p(Y)$$

em que $p(q)$ e $p(Y)$ são as densidades de probabilidades marginais de q e Y , respectivamente.

A $p(Y)$ não é uma função de q , logo o Teorema de Bayes assume a seguinte forma:

$$P(q|Y) \propto p(q) p(Y|q)$$

em que $p(q)$ é a densidade de probabilidade *a priori* de q , a qual reflete o grau de conhecimento acumulado sobre os possíveis valores de q , antes de obtenção de informações de Y ; $p(Y|q)$ - função de verossimilhança de Y , representando a contribuição de Y para obtenção de q ; e $p(q|Y)$ – densidade de probabilidade *a posteriori* de q , que inclui o grau de conhecimento prévio de q considerando a contribuição das informações adicionais contidas em Y .

Dessa forma, uma vez que os resultados se apresentam em forma de distribuição, o paradigma Bayesiano foi viabilizado com a introdução e o desenvolvimento de Métodos de Monte Carlo, baseados em cadeias de Markov - MCMC (SORENSEN et al., 1995). O método MCMC consiste em uma família de processos iterativos para aproximar a geração de amostras de distribuições multivariadas. Dentre esses métodos iterativos tem-se a amostragem de Gibbs, que é um procedimento de integração numérica, usada na estimação das distribuições conjunta e marginal de todos os parâmetros do modelo, por meio de reamostragem de todas as distribuições condicionais da cadeia de Markov (BLASCO, 2001). Sendo uma técnica de obtenção indireta de variáveis aleatórias de uma distribuição, sem a necessidade de calcular sua densidade de probabilidade (FARIA et al., 2007).

Na estimação dos componentes de variância para as características categóricas, a inferência Bayesiana pode ser utilizada com modelos de limiar.

1.7. Uso de modelos de limiar na análise de dados categóricos

A teoria dos modelos de limiar assume que existe uma variável subjacente de distribuição contínua, em relação à variável discreta, e que as estimativas referentes a uma determinada categoria, são observadas se os valores da escala subjacente, estiverem localizados entre os limiares que definem essa categoria (PIRES-et al., 2010). A distribuição de probabilidade das estimativas, para dados categóricos, depende da posição da média da distribuição subjacente contínua, em relação aos limiares fixos. Assim, a variável é descrita pelo modelo linear, mas a relação da subjacente com a escala observada é não-linear, o que caracteriza o modelo de limiar.

O uso de modelos de limiar apresenta maior habilidade para detecção da variabilidade genética, ao assumir uma variável não observável com distribuição normal

e subjacente à variável discreta, sendo que a conexão da variável discreta com a escala subjacente contínua é conseguida por um conjunto de limiares fixos (LUO et al., 2002). No modelo de limiar, as características categóricas são determinadas por variáveis contínuas não observáveis, em escala subjacente, e são fixados valores iniciais de limiares, em que $t_1 < t_2, \dots < t_{j-1}$, com $t_0 = -\infty$ e $t_j = \infty$, onde j é o número de categorias.

A acurácia das estimativas dos componentes de variância, aumenta com o acréscimo de informações da característica, quando a distribuição se apresenta mais próxima da normalidade quando os dados categóricos são balanceados (ABDEL-AZIM; BERGER, 1999). Luo et al., (2002) relataram que o modelo de limiar são adequados para análises categóricas, e que os resultados melhores foram apresentados nas análises multicaracterísticas.

1.8. Análise uni e multicaracterísticas na estimação de parâmetros genéticos

A maioria das variáveis que se deseja melhorar em um animal, apresenta algum grau de correlação, onde uma variável exerce algum tipo de força sobre a outra. Na estimação dos parâmetros genéticos, quanto maior o número de informações a respeito de uma característica, maior será a probabilidade para distinguir a origem das variâncias. Assim, modelos estatísticos que considerem todas as informações existentes a respeito de uma variável, aumentam a acurácia na estimação dos parâmetros genéticos dessas variáveis.

Diante da exigência de informações mais acuradas na estimação de parâmetros genéticos, e do desenvolvimento de tecnologias da computação, os modelos multicaracterísticas tem ganhado adesão, porém os modelos uni e bicaracterísticas ainda são muito utilizados (PEDROSA et al., 2014). Os modelos unicaracterística possibilitam apenas, que seja estudada a variação existente dentro de uma característica, já nos multicaracterísticas permite o estudo das covariâncias, ou seja, o quanto que uma variável varia em função de outra e isso é o que torna as análises mais seguras (RAMÍREZ-VALVERDE et al., 2007; BOLIGON et al., 2009).

Quando se compara as análises uni e multicaracterísticas, os valores de herdabilidade encontradas na multicaracterísticas são maiores (SANTOS et al., 2013; PEDROSA et al., 2014). Isso ocorre devido ao aumento da variância genética aditiva nas análises multicaracterísticas, reflexo da remoção do vício decorrente da seleção sequencial devido ao maior número de informações, além das relações entre as

características, o que possibilitaram resgatar parte da variância aditiva direta, levando a estimativas maiores de herdabilidade (SARMENTO et al., 2006).

1.9. Parâmetros genéticos de características ligadas à resistência a verminose em ovinos

Herdabilidade baseada no OPG é relatada em diferentes intensidades, variando de baixa à moderada. Coltman et al. (2001) ao avaliarem ovelhas Soay na Escócia, utilizando o método de Máxima Verossimilhança, estimaram a herdabilidade de 0,11 a 0,14 para animais de ambos os sexos. Assenza et al. (2014), utilizaram o método de Máxima Verossimilhança Restrita pelo algoritmo AIREML para estimar parâmetros genéticos de ovinos provenientes de um cruzamento entre Martinique Black Belly e Romane na França, e relataram herdabilidade de 0,21 a 0,55 para o OPG.

A metodologia de Máxima Verossimilhança exige que a característica possua distribuição normal, para tanto os autores que tem utilizado essa metodologia a fim de estimar parâmetros genéticos ligados à resistência a partir do OPG, realizaram transformação para normalização dos dados. Coltman et al. (2001) realizaram a transformação utilizando logaritmo ($\log(OPG+1)$), Assenza et al. (2014) realizaram a transformação utilizando a quarta raiz.

O uso da inferência Bayesiana já foi descrito para estimação de parâmetros genéticos ligados à resistência a verminose. Goldenberg et al. (2012) também utilizaram a inferência Bayesiana para estimação de parâmetros genéticos ligados à resistência de cordeiros e ovelhas no periparto e, a partir do OPG, relataram valores de herdabilidade de 0,08 a 0,25 e repetibilidade variando de 0,018 a 0,34, respectivamente.

A herdabilidade para o hematócrito foi relatada Albers et al. (1987) que, ao avaliarem ovinos Merinos no Uruguai, estimaram a herdabilidade de 0,34 para o OPG e 0,45 para o hematócrito. Os autores verificaram correlações genéticas entre OPG x hematócrito de -0,82; OPG x ganho de peso de -0,68; e ganho de peso x hematócrito de 0,33. Assenza et al. (2014) observaram ovinos diante de duas infecções experimentais e relataram estimativas de herdabilidade moderada de 0,21 a 0,38 na primeira infecção, e alta de 0,48 a 0,55 na segunda infecção.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a análise multivariada por meio de fenótipos intermediários para a determinação da resistência a verminose em ovinos Santa Inês e estimar os parâmetros genéticos associados a resistência.

2. CAPÍTULO I

Artigo científico a ser submetido à Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária

Título: Avaliação da análise de agrupamento multivariada para determinação da resistência a verminose em ovinos Santa Inês

1 **Avaliação da análise de agrupamento multivariada para determinação da**
2 **resistência a verminose em ovinos Santa Inês**

3
4 Multivariate clustering analysis of evaluation to determine resistance to worms in
5 Santa Inês sheep

6
7 Francelino Neiva Rodrigues^{1*}, Tânia Maria Leal², Adriana Mello de Araújo², Max
8 Brandão de Oliveira³, José Lindenberg Rocha Sarmiento⁴

9
10 ¹Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, Brasil

11 ²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Teresina, Piauí, Brasil

12 ³Departamento de Estatística, Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, Brasil

13 ⁴Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, Brasil

14
15 **Resumo**

16 Objetivou-se avaliar a análise multivariada de agrupamento, para classificação dos
17 ovinos quanto às características de resistência a verminose utilizando a contagem de ovos
18 por grama de fezes (OPG), o hematócrito, o escore da condição corporal (ECC) e o escore
19 Famacha. A análise de agrupamento foi realizada pelo método não hierárquico K-means, onde foi
20 estipulada a formação de três grupos. Após o agrupamento foi realizada análise de variância e
21 testes de médias, para verificar a existência de diferenças entre os grupos estudados. O grupo que
22 apresentou menor OPG, maior hematócrito, maior ECC e menor Famacha foi classificado como
23 grupo de animais resistentes (50,7% do rebanho), já o grupo que apresentou resultados contrários
24 aos verificados no primeiro grupo, para as mesmas variáveis, foi classificado como grupo sensível
25 (13,4% do rebanho). O terceiro grupo foi classificado como intermediário, pois se verificou, neste
26 grupo, respostas semelhantes às observadas nos ovinos do primeiro e segundo grupos, nas
27 características ligadas a verminose. A análise de agrupamento multivariada por meio do OPG,
28 hematócrito, ECC e Famacha possibilitou a classificação de ovinos Santa Inês em resistentes,
29 sensíveis e intermediários quanto à infecção desses animais por helmintos.

30 **Palavras-chave:** Famacha, *Haemonchus contortus*, K-means, OPG, resistência intermediária

31
32 **Abstract**

33 This study aimed to assess the multivariate cluster analysis to classify sheep and the worms
34 resistance characteristics, using the eggs per gram of feces (FEC), hematocrit, body condition
35 score (BCS) and the Famacha method. Clustering analysis was performed by non-hierarchical
36 method K-means, where the formation of three groups was set. After the clustering was conducted
37 analysis of variance and tests average to check if there was difference between cluster. The cluster
38 presented the lowest FEC, increased hematocrit, higher BCS and smaller Famacha has been
39 classified as the cluster of resistant animals (50.7% of the herd). Already the cluster that
40 presented results contrary to those seen in the first cluster, for the same variables, it was classified
41 as sensitive group (13.4% of the herd). The third group was classified as intermediary, because
42 was found in this cluster responses similar to observed in the sheep of the first and second cluster,
43 how much evaluations of resistance to worms. The multivariate grouping analysis by FEC,
44 hematocrit, BCS and Famacha allows the classification of breed Santa Ines sheep in tough,
45 sensitive and intermediaries about the infestation of these animals for worms.

46 **Keywords:** Famacha, *Haemonchus contortus*, K-means OPG, intermediate resistance

Introdução

47

48 O parasitismo por *Haemonchus contortus* é indiscutivelmente um agravante na
49 produção de ovinos em todo o mundo. O uso de drogas anti-helmínticas é o principal
50 método empregado no controle dos nematoides gastrointestinais, o que acarreta custos
51 de aquisição do vermífugo e mão de obra para aplicação. Comumente os vermífugos são
52 empregados de forma indiscriminada, com curtos intervalos de aplicação, com doses
53 inadequadas e grande rotação do princípio ativo, o que propicia o desenvolvimento de
54 resistência anti-helmíntica por parte do parasita (MOLENTO et al., 2004). As drogas
55 anti-helmínticas podem deixar resíduos nos produtos de origem animal (CERQUEIRA
56 et al., 2014), e serem importantes poluentes ambientais (FLOATE, 2006; MARTÍNEZ
57 & LUMARET, 2006).

58 Diante da resistência anti-helmíntica, da busca de alimentos mais saudáveis e
59 ecologicamente corretos, muitos métodos de controle não químicos vem sendo
60 estudados, dentre eles a seleção de animais geneticamente resistentes a verminose.
61 Resistência a verminose é definida como a capacidade de evitar a infecção, reduzir a
62 carga parasitária, ou recuperar-se de uma infecção (HAYWARD et al., 2014).
63 Suscetibilidade é o inverso da resistência, é quando o animal não tem a capacidade de
64 controlar a infecção, e desenvolve um quadro clínico que pode até levá-lo a morte
65 (AMARANTE, 2004). Os ovinos podem também apresentar uma relação hospedeiro-
66 parasita classificada como resiliência, onde animais resilientes têm a capacidade de
67 suportar os efeitos da infecção, mesmo com alta carga parasitária mantendo poucas
68 alterações em suas características físicas e hematológicas (ALBERS et al., 1987).

69 Para classificar as relações hospedeiro-parasita, a contagem de ovos por grama
70 de fezes (OPG) tem sido o método mais empregado (BISHOP, 2012). O OPG é um
71 exame direto, que faz referência à carga parasitária, porém apresenta grande
72 variabilidade entre as coletas, mesmo quando essas coletas são realizadas no mesmo dia
73 e no mesmo animal (UENO & GONÇALVES, 1998), e pode ser inaplicável em grandes
74 rebanhos em função da demanda de mão-de-obra. O uso do cartão Famacha, a avaliação
75 do escore corporal podem ser uma alternativa ou coadjuvante ao OPG na identificação
76 das relações dos ovinos com os parasitas. O uso do cartão Famacha foi apontado por
77 Molento et al. (2004) como método útil na identificação dos animais acometidos por
78 haemoncose clínica.

79 O valor do hematócrito é um método quantitativo indicador de anemia. Como a
80 haemoncose é a principal causa de anemia nos ovinos (BIRGEL, 2013), o método pode

81 ser uma variável interessante na identificação da anemia causada por *Haemonchus*
82 *contortus* em ovinos. O escore corporal pode ser aplicável devido a verminose ser a
83 principal causa de perda de peso em ovinos (VIEIRA. 2008), e apresentar correlação
84 fenotípica positiva com o volume globular e correlação negativa com Famacha e OPG, a
85 mesma apresentado comportamento apresentado pelo peso vivo (ABRÃO et al., 2010;
86 QUIRINO et al., 2011).

87 O uso associado das variáveis OPG, hematócrito, ECC e Famacha, na
88 classificação quanto à resistência a verminose nos ovinos, podem levar a resultados
89 mais confiáveis e efetivos, para tanto podem ser considerados os métodos de análise
90 multivariados. Diante disso, objetivou-se avaliar a análise multivariada de agrupamento,
91 para classificação dos ovinos quanto às características de resistência a verminose
92 utilizando fenótipos intermediários relacionados com a verminose.

93

94

Material e Métodos

95

O estudo foi realizado com dados coletados do rebanho Santa Inês mantido na
96 Fazenda Experimental Sol Posto, localizada no município de Campo Maior – PI, de
97 propriedade da Embrapa Meio-Norte, no período de agosto de 2012 a julho de 2015.
98 Esse rebanho consiste em um Banco Ativo de Germoplasma para Conservação da Raça
99 Santa Inês do Programa de Conservação de Recurso Genéticos da Embrapa. As coletas
100 foram realizadas sem nenhuma alteração no manejo utilizado na fazenda, por se tratar
101 de um rebanho de conservação onde o objetivo principal é a conservação da raça.

102

A base alimentar do rebanho era pastagem nativa onde predominava o Capim-
103 mimoso (*Axonopus purpusii*). A suplementação mineral foi realizada durante todo o
104 ano, utilizando-se suplemento mineral específico para a espécie. Na época mais seca do
105 ano quando ocorria escassez de alimento, o rebanho recebia suplementação com
106 volumoso e/ou concentrado.

107

A suplementação concentrada foi a base de milho e farelo de soja e, como fonte
108 de volumoso foi fornecido silagem de milho, capim elefante (*Penisetum purpureum*)
109 picado, e pastagens cultivadas de Campim-massai (*Panicum maximum* cv. **Massai**) e
110 Capim-Tanzânia (*Panicum maximum* cv. **Tanzânia**). Todo o rebanho foi submetido ao
111 mesmo manejo, exceto os machos adultos que permaneciam mais tempo em pastagens
112 cultivadas devido a necessidade de serem mantidos separados das fêmeas para
113 realização do manejo reprodutivo.

114 O manejo sanitário, no período experimental, constituiu-se de vermifugações,
115 vacinações e tratamentos de alguns animais que, isoladamente, adoeceram por motivos
116 variados. Todas as práticas de profilaxia foram adotadas seguindo recomendações
117 preconizadas na literatura para a espécie e tipo de criação. As vermifugações foram
118 realizadas a partir do resultado do OPG (ovos por grama de fezes). No período de
119 agosto de 2012 a dezembro de 2013, os animais foram vermifugados seletivamente,
120 quando apresentaram OPG igual ou superior a 1000, com hematócrito abaixo de 27, ou
121 animais com OPG igual ou superior a 3000 com qualquer valor de hematócrito. Já no
122 período de Janeiro de 2014 a Julho de 2015, o rebanho foi vermifugado quando a média
123 do rebanho foi igual ou superior a 800 OPG totalizando três vermifugações no período.
124 O vermífugo utilizado foi o Diantel® oral (Closantel 100 mg/ml, dose de 10 mg/kg)
125 com eficácia previamente testada.

126 Durante o período de avaliações com intervalo de aproximadamente 30 dias,
127 foram coletados os dados de número de ovos por grama de fezes (OPG), escore
128 Famacha®, escore da condição corporal (ECC) e hematócrito; todos tomados no
129 mesmo dia. No dia seguinte à coleta, após jejum de 12 horas, os animais foram pesados
130 individualmente. Quando ocorreram vermifugações, a nova coleta foi realizada com
131 prazo mínimo de 25 dias da data das vermifugações.

132 As contagens de OPG foram realizadas pelo método de Gordon e Whitlock
133 (1939), modificado por Ueno e Gonçalves (1998). A coprocultura foi realizada segundo
134 metodologia descrita por Roberts e O'Sullivan (1950).

135 O grau de anemia pelo método Famacha® foi avaliado por meio da observação
136 da coloração da mucosa ocular dos ovinos, atribuindo-se escore de 1 a 5 de acordo com
137 o cartão Famacha® (VAN WYK & BATH, 2002). As avaliações do escore de condição
138 corporal foram realizadas utilizando-se escala de 1 a 5, sendo 1 o mais magro e 5 o mais
139 gordo. O hematócrito foi determinado por meio da técnica do microhematócrito,
140 considerando-se normal os valores de 27 a 45% de acordo com Kaneko, Harvey e Bruss
141 (1997).

142 Em cada coleta os ovinos foram classificados de acordo com a idade e o estágio
143 fisiológico em seis categorias: matrizes em gestação (no primeiro terço da gestação),
144 matrizes em periparto (último mês de gestação e período de lactação), matrizes secas
145 (fêmeas após desmame e não prenhes), crias com idade inferior a seis meses, crias com
146 idade de seis meses a um ano e machos adultos.

147 Para determinar a resistência a verminose, três grupos foram formados a partir
148 da combinação das características OPG, hematócrito, ECC e Famacha®, por meio de
149 análise multivariada. O agrupamento foi realizado com os dados padronizados,
150 utilizando o algoritmo K-means por meio do pacote skmeans disponível em linguagem
151 R (R Development Core Team, 2011). Após a formação dos grupos, os dados foram
152 submetidos a análise de variância, a fim de verificar se havia diferença nas variáveis
153 estudadas entre os grupos formados. A análise de variância também foi utilizada para
154 verificar a existência de diferenças entre as categorias dos animais. As médias das
155 variáveis OPG, Hematócrito e peso foram testadas pelo teste t de Student, e as médias
156 de Famacha e ECC pelo teste de Kruskal-Wallis utilizando o Statistical Analysis
157 System (2002).

158 Para a análise de variância e teste de média, o valor de OPG foi transformado em
159 $\log_{10}(\text{OPG}+1)$, a variável transformada foi chamada de LOPG. Devido ao grande
160 número de valores de OPG igual a zero, foi adicionado 1 (um) no OPG para possibilitar
161 a transformação. Os valores utilizados para o teste de médias foi da variável
162 transformada, porém a apresentação dos resultados e na discussão utilizou-se a variável
163 original. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk por meio do
164 software R.

165

166

Resultados

167 As análises de coprocultura demonstraram predominância do gênero *Haemonchus*
168 sp. em todas as coletas, em média representaram 83% (variação de 72 a 95%) das larvas
169 infectantes recuperadas com a técnica de coprocultura. O segundo gênero prevalecente
170 foi *Trichostrongylus sp.* com 12%, seguido de *Oesophagostomum sp.* com 5%; outros
171 trichostrongilídeos não foram encontrados.

172 O OPG não apresentou distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$)
173 (Figura 1). O valor de OPG apresentou o valor modal igual a zero, e alguns valores
174 extremamente elevados, o que proporciona esse tipo de distribuição. A transformação
175 logarítmica não foi suficiente para a normalização dos dados (Figura 2).

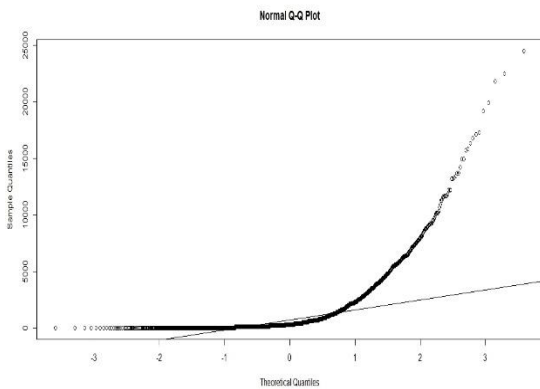


Figura 1. Gráfico de distribuição de probabilidade normal da variável OPG.

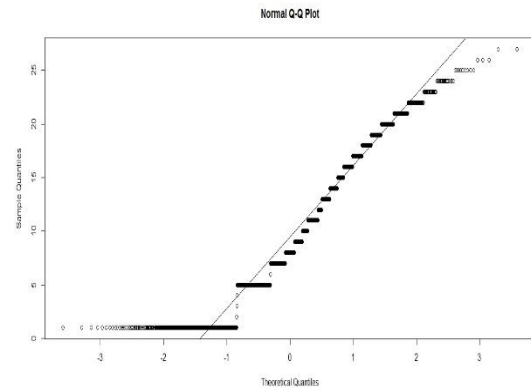
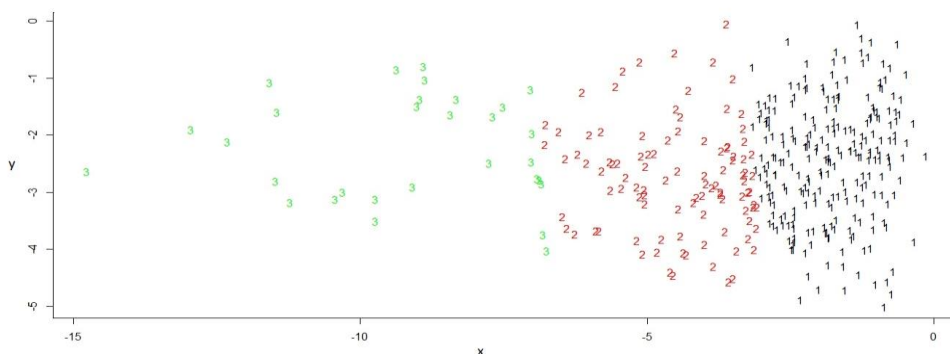


Figura 2. Gráfico de distribuição de probabilidade normal dos valores de OPG após transformação logarítmica.

177

178 A classificação quanto à resistência a verminose foi realizada a partir da análise
 179 de agrupamento (Figura 3). Dois grupos apresentaram diferenças significativas entre
 180 todos os parâmetros analisados, o grupo que apresentou os melhores resultados, ou seja,
 181 menor OPG, maior hematócrito, maior escore corporal e menor escore Famacha® foi
 182 classificado como resistente; o grupo apresentou resultados inversos, ou seja, piores,
 183 então foi classificado como sensível O terceiro grupo apresentou resultados variados,
 184 onde o OPG foi igual ao grupo resistente, o escore corporal foi igual aos sensíveis,
 185 hematócrito e Famacha foram diferentes de ambos, então devido apresentar
 186 características comuns a ambos, esse grupo foi classificado como de resistência
 187 intermediária (Tabela 1).



188

189 Figura 3. Gráfico de dispersão formado pela análise de agrupamento multivariada
 190 utilizando os valores da contagem de ovos por grama de fezes (OPG),
 191 hematócrito, escore da condição corporal e Escore Famacha de ovinos Santa
 192 Inês por meio do algoritmo K-means

193

194 Tabela 1. Número de animais (N) por grupo, valores médios da contagem de ovos por grama
195 de fezes (OPG), hematócrito, escore da condição corporal (ECC), Famacha e peso
196 corporal de ovinos Santa Inês classificados quanto à resistência a verminose em
197 resistentes, sensíveis e de resistência intermediária

Número na figura 3	Classificação	N	OPG(mínimo:máximo)LO PG	Hematócrito (%)	ECC	Famacha	Peso (kg)
3	Resistentes	189	873,2 (0:10900) 2,10B	31,26A	2,66A	1,96C	39,42C
2	Resistência Intermediária	134	1059,5(0:19200) 2,15B	28,31C	2,16B	2,69A	45,92A
1	Sensíveis	50	2906,6(0:24500) 2,77 ^a	28,78B	2,10B	2,39B	44,18B

198 LOPG- variável OPG transformada por logaritmo

199 Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste t de Student a 5% de
200 probabilidade para as variáveis OPG, hematócrito e peso, e pelo teste de Kruskal-Wallis
201 para ECC e Famacha.

202

203 O menor número de animais foi agrupado como sensíveis, o que correspondeu a
204 apenas 13,4% do rebanho. Nesse grupo a média de OPG foi de 2.906,6 com valor
205 máximo e mínimo variando de 0 a 24.500, diferindo significativamente ($P<0,05$) dos
206 outros grupos. O grupo resistente concentrou 50,7% do rebanho, apresentando média de
207 OPG de 873,2, valor 70% menor comparado com o grupo sensível, o valor máximo
208 também foi menor, nesse grupo a variação foi de 0 a 10.900. O OPG no grupo
209 intermediário ficou entre o valor dos outros grupos, porém, sem diferença significativa
210 para o grupo de resistente.

211 Os valores médios de hematócrito apresentado pelos três grupos se situam dentro
212 dos limites normais para a espécie, que é de 27 a 45% (KANEKO et al., 1997), porém,
213 foi observado grandes variações entre e dentro dos grupos. No grupo resistente, o valor
214 do hematócrito ficou em média 2,7 pontos percentuais acima dos demais grupos
215 ($P<0,05$), havendo também menor variação entre os animais. No grupo de sensíveis, que
216 tiveram a maior média de OPG, estes apresentaram maior média do volume globular e
217 menor escore Famacha® comparado com o grupo de tolerância intermediária. Houve
218 diferença no peso corporal entre os grupos. O grupo resistente apresentou o menor peso,
219 diferente ($p<0,05$) do grupo sensível. O ECC foi significativamente superior no grupo

220 dos animais resistentes; 2,66 contra 2,16 e 2,10 para os animais dos grupos
221 intermediário e sensíveis, respectivamente.

222 As médias dos valores de OPG, hematócrito, ECC e Famacha do rebanho estudado
223 apresentaram diferenças em função da categoria animal (Tabela 2).

224 Tabela 2. Valores médios da contagem de ovos por grama de fezes (OPG) e log de OPG,
225 hematócrito, escore da condição corporal (ECC) e Famacha de ovinos Santa Inês em
226 função da categoria animal

Categoria	LOPG(OPG)	Hematócrito (%)	ECC	Famacha
Matrizes em gestação	1,61 (471,4)D	30,54 AB	2,76 A	2,25 B
Matrizes no periparto	2,61 (1794,7)A	29,61 B	2,17 C	2,59 A
Matrizes secas	2,14 (1178,9)C	29,82 AB	2,42 B	2,41 B
Crias até 6 meses	2,26 (1397,3)BC	29,35 B	1,73 E	1,94 C
Crias de 6 a meses a 1 ano	2,57 (1498,7)A	29,34 B	2,22 C	1,91 C
Machos adultos	2,40 (1092,5)AB	27,26 C	1,98 D	2,39 C

227 Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste t de Student a 5% para as variáveis OPG,
228 hematócrito e peso, e pelo teste de Kruskal-Wallis para ECC e Famacha.

229 Menor OPG foi apresentado por fêmeas em gestação. Fêmeas no periparto foi a
230 categoria que apresentou o maior OPG e maior Famacha, seguido logo das categorias de
231 crias de seis meses a um ano, e dos machos adultos. A comparação das médias dentro
232 dos grupos permitiu observar a manifestação de resistência pelos animais mais jovens
233 (Tabela 3).

234 Tabela 3. Valores médios da contagem de ovos por grama de fezes (OPG), e OPG
235 transformado por logaritmo natural de ovinos resistentes, sensíveis e de
236 resistência intermediária a verminose em função da categoria animal
237

Categoria	Resistentes	Resistência intermediária	Sensíveis
Matrizes em gestação	1,50(338,7) Db	1,60(366,9) Db	2,10 (1323,2) Ca
Matrizes no periparto	2,54(1279,3)Ab	2,55(1724,5) ABb	3,11 (3525,1) Aba
Matrizes secas	2,07(853,1) BCb	2,08(1080,4) Cb	2,67 (2818,7) Ba
Crias até 6 meses	1,94(633,7) DCb	2,16(1184,5) BCb	3,52 (4472,7) Aa
Crias de 6 a meses a 1 ano	2,45(999,8) Ab	2,57(1549,7) Ab	3,17 (4091,6) ABa
Machos adultos	2,35(1116,8) ABb	2,22(552,3) ABb	2,96 (2492,3) Ba

238 Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, e minúsculas nas linhas não diferem
239 estatisticamente pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

240

241

[

242

Discussão

A predominância de *Haemonchus sp.* com percentual acima de 80% é relatado por muitos autores (BASSETO et al., 2009; AMARANTE et al., 2004), o que se deve à grande adaptação, fertilidade e prolificidade desse parasita e sua capacidade de se desenvolver em ambientes tropicais (UENO & GONÇALVES, 1998).

A transformação logarítmica não foi suficiente para a normalização dos dados, porém gerou uma distribuição, aproximadamente, normal. Observando o gráfico de probabilidade normal, gerado utilizando os comandos *qqnorm* e *qqline* no software R, observou que a distribuição do LOPG (Figura 2) mais próxima a uma reta comparado com a distribuição do OPG (Figura 1). Nessa situação a variável aleatória em questão pode ser considerada aproximadamente normal (MELLO & PETERNELLI, 2013).

O método de agrupamento não hierárquico K-means foi adequado para classificar os animais em resistentes e sensíveis, uma vez que esse método separou os grupos com diferença significativa em todos os parâmetros e com correspondência entre os parâmetros associados à verminose. A utilização do conceito de resistência intermediária em vez de resiliência, foi porque, esse método de agrupamento não permitiu a classificação em resilientes como conceitua Amarante et al., (2004), visto que em nenhum dos grupos as médias dos animais apresentaram alto OPG e hematócrito normal.

O menor número de animais agrupados como sensíveis, representando 13,4% do rebanho e apresentando maior OPG, reforça a informação de que uma pequena parcela do rebanho é responsável pela elevação da média de OPG do mesmo. Dessa forma, tratamento em massa onde todo o rebanho é vermifugado, em função da média do rebanho, é desnecessário (MOLENTO et al., 2013).

O percentual de 50,7% do rebanho, apresentando pelo grupo resistente, foi próximo ao relatado por Amarante et al. (2004), onde 70% dos animais do rebanho Santa Inês estudado foram classificados como resistentes. No grupo intermediário a relação parasita-hospedeiro apresentada no grupo intermediário foi complexa e difícil de ser compreendida, talvez outras variáveis possam ser consideradas no método de classificação utilizado para ocorrer melhor separação e entendimento desse grupo de animais.

O grupo dos resistentes apresentou melhores valores nos indicadores de anemia, hematócrito e Famacha, mesmo apresentando médias de OPG diferente de zero, ou seja, esses animais também estavam infectados, porém, em geral, demonstraram a capacidade

277 de limitar o desenvolvimento do parasita e não desenvolverem a doença, como
278 conceituado por Hayward et al. (2014).

279 Quanto ao peso corporal, o grupo dos resistentes apresentou menor peso
280 corporal, no entanto atingiu melhor escore da condição corporal. Isso pode se tratar de
281 animais de menor estatura, com menor peso, mas com maior capacidade em manter uma
282 boa condição corporal.

283 A maior média de OPG apresentada no periparto ocorreu devido à
284 imunossupressão de origem endócrina (COSTA et al., 2011), e a carências nutricionais
285 quando a suplementação não é eficaz, pois, nessa fase, as demandas de nutrientes pelo
286 organismo do animal encontram-se aumentadas (NRC, 2007). Foi observada redução no
287 ECC nas fêmeas em periparto, mostrando que estavam em situações de carências
288 enutricionais, o que reduz a capacidade dos animais nessa fase, em montar uma resposta
289 imunológica eficiente para limitar o desenvolvimento dos parasitas ou eliminá-los
290 (VELOSO et al., 2004).

291 Comparando os valores de OPG no periparto, entre os grupos (Tabela 3),
292 observou-se diferença significativa entre o grupo resistente e o grupo sensível, o que
293 demonstra que mesmo em situação adversa como no periparto, os animais resistentes
294 ainda conseguem desenvolver a capacidade de limitar a elevação do OPG. O mesmo foi
295 relatado por Sotomaior et al. (2007), comparando o valor de OPG, de fêmeas ovinas, no
296 periparto, entre resistentes e sensíveis, onde o OPG do grupo resistente foi menor.

297 As categorias de animais jovens, em geral, apresentaram médias de OPG
298 elevadas, porém quando os valores de OPG da categoria foram comparados entre os
299 grupos, observou-se comportamento igual à categoria periparto, onde a média do grupo
300 sensível foi significativamente maior que no grupo resistente. Essa categoria é muito
301 susceptível a verminose, já que o sistema imunológico se desenvolve com o avanço da
302 idade (MILLER & HOROHOV, 2006), entretanto animais de raças resistentes, como os
303 ovinos da raça Santa Inês (AMARANTE et al., 2009), são capazes de montar uma
304 resposta imunológica muito precoce (BARGER, 1989).

305 Os machos adultos apresentaram elevadas contagens de OPG, o que foi atribuído
306 à permanência desses animais por mais tempo em pastagem cultivada irrigada, pois
307 nessas condições, o desenvolvimento larval é favorecido, principalmente em regiões de
308 clima quente, onde as larvas dispõem de temperatura e umidade favoráveis ao
309 desenvolvimento

310

311 **Conclusões**

312 A análise multivariada de agrupamento realizada considerando as características
313 de OPG, hematócrito, escore da condição corporal e Famacha possibilitou determinar a
314 resistência a verminose em ovinos, classificando-os como resistentes, sensíveis e em
315 resistência intermediária.

316 Ovinos resistentes possuem a capacidade de limitar o desenvolvimento
317 parasitário mesmo em condições adversas, como no parto.

318 **Referências Bibliográficas**

319 ABRÃO DC, ABRÃO S, VIANA CHC, VALLE CRD. Utilização do método Famacha
320 no diagnóstico clínico individual de haemonchoses em ovinos no Sudoeste do Estado de
321 Minas Gerais. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* 2010; 19(1): 68-70.

322 ALBERS GAA, GRAY GD, PIPER LR, BARKER JSF, JAMBRE LF, BARGER IA.
323 The genetics of resistance and resilience to *Haemonchus contortus* infection in young
324 merino sheep. *International Journal Parasitology* 1987; 17(7): 1355-1363.

325 AMARANTE AFT, BRICARELLO PA, ROCHA RA, GENNARI SM. Resistance of
326 Santa Ines, Suffolk and Ile de France sheep to naturally acquired gastrointestinal
327 nematode infections. *Veterinary Parasitology* 2004; 120: 91-106.

328 AMARANTE AFT, SUSIN I, ROCHA RA, SILVA MB, MENDES CQ, PIES AV.
329 Resistance of Santa Ines and Crossbred ewes to naturally acquired gastrointestinal
330 nematode infections. *Veterinary Parasitology* 2009, 165: 273-280.

331 BARGER, IA. Genetic resistance of hosts and its influence on epidemiology.
332 *Veterinary Parasitology* 1989, 32(1): 21-35.

333 BASSETO CC, SILVA BF, FERNANDES S. Contaminação da pastagem com larvas
334 infectantes de nematoides gastrintestinais após o pastejo de ovelhas resistentes ou
335 susceptíveis à verminose. *Revista Brasileira Parasitologia Veterinária* 2009; 18(4): 63-
336 68.

337 BIRGEL DB, MULLER AF, FANTINATO-NETO P, STORILLO VM, BENESI FJ,
338 BIRGEL JUNIOR EH. Avaliação do quadro eritrocitário e da repercussão do estado
339

340 anêmico no leucograma de caprinos com verminose gastrintestinal. *Pesquisa*
341 *Agropecuária Brasileira* 2014; 34(3) 199-204.

342 BISHOP SC. A consideration of resistance and tolerance for ruminant nematode
343 infections. *Frontiers in Genetics* 2012; 3(1) 1-7.

344 CERQUEIRA MMOP, SOUZA FN, CUNHA AF, PICININ LCA, LEITE MO, PENNA
345 CFAM et al. Detection of antimicrobial and anthelmintic residues in bulk tank milk
346 from four different mesoregions of Minas Gerais State - Brazil. *Arquivos Brasileiros de*
347 *Medicina Veterinária e Zootecnia* 2014; 66(2): 621-625.

348 COSTA VMM, SIMÕES SVD, RIET-CORREA F. Controle das parasitoses
349 gastrintestinais em ovinos e caprinos na região semiárida do Nordeste do Brasil.
350 *Pesquisa Veterinária Brasileira* 2011; 31: 65-71.

351 FLOATE, KD. Endectocide use in cattle and fecal residues: environmental effects in
352 Canada. *Canadian Journal Veterinary Research* 2006; 70: 1-10.

353 GORDON H, WHITLOCK HV. A new technique for counting nematode eggs in sheep
354 faeces. *Journal Council Science Industrial Research* 1939; 12(1): 50-58.

355 KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic**
356 **animals**. 5th ed. New York: Academic Press, 1997.

357 HAYWARD AD, NUSSEY DH, WILSON AJ, BERENOS C, PILKINGTON JG,
358 WATT KA et al. Natural Selection on Individual Variation in Tolerance of
359 Gastrointestinal Nematode Infection. *Plos Biology* 2014; 12(7): 1-13.

360 KANEKO JJ, HARVEY JW, BRUSS ML. *Clinical biochemistry of domestic animals*.
361 New York: Academic Press; 1997.

362 MARTÍNEZ MI, LUMARET JP. Las prácticas agropecuárias y sus consecuencias em la
363 entomofauna y el entorno ambiental. *Folia Entomológica Mexicana* 2006; 45(1): 57-
364 68.

365 MELLO MP, PETERNELLI LA. *Conhecendo o R: uma visão mais que estatística*.
366 Viçosa: Editora UFV; 2013.

367 MOLENTO MB, TASCA C, GALLO A, FERREIRA M, BONONI R, STECCA E.
368 Método Famacha como parâmetro clínico individual de infecção por *Haemonchus*
369 *contortus* em pequenos ruminantes. *Ciência Rural* 2004; 34(4): 1139-1145.

370 MOLENTO MB, VERÍSSIMO CJ, AMARANTE AT, VAN WYK JA, CHAGAS ACS,
371 ARAÚJO JVD et al. Alternativas para o controle de nematoides gastrintestinais de
372 pequenos ruminantes. *Arquivos Instituto Biológico* 2013; 80(2): 253-263.

373 MILLER JE, HOROHOV DW. Immunological aspects of nematode parasite control in
374 sheep. *Journal of Animal Science* 2014, 84: 124-132.

375 NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. *Nutrient Requeriments of Small*
376 *Ruminants*. Washington, DC, USA: National Academy Press; 2007. .

377 QUIRINO CR, CARNEIRO-SILVA RM, COSTA RID, MADELLA-OLIVEIRA AF.
378 Correlações entre peso, escore de condição corporal, famacha, volume globular e ovos
379 por grama de fezes em ovelhas Santa Inês. *Actas Iberoamericanas de Conservación*
380 *Animal* 2011; 1(1): 319-322.

381 *R Development Core Team R: A language and environment for statistical computing*
382 [online]. 2011 [citado em 10 jan 2016]. Disponível em: <http://www.R-project.org>.

383 ROBERTS IH, O'SULIVAN PJ. Methods for egg counts and larval cultures for
384 strongyles infesting the gastrointestinal tract of cattle. *Australian Journal of*
385 *Agricultural Reserch* 1950, 1: 99-102.

386 SAS. *Statistical analysis systems user's guide: Version 9.0*. Cary, NC, USA: SAS
387 Institute Inc., 2002.

388 SOTOMAIOR CS, CARLI LMD, TANGLEICA L, KAIBER BK, SOUSA FP.
389 Identificação de ovinos e caprinos resistentes e susceptíveis aos helmintos
390 gastrintestinais. *Revista Acadêmica* 2007; 5(4): 397-412.

391 UENO H, GONÇALVES PC. Manual para diagnóstico das helmintoses de ruminantes.
392 4.ed. Tóquio : Japan International Cooperation Agency, 145p, 1998.

393 VAN WYK JA, BATH GF. The FAMACHA system for managing haemonchosis in
394 sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. *Veterinary*
395 *Research* 2002; 33(5): 509-529.

- 396 VELOSO CDFM, LOUVANDINI H, KIMURA EA, AZEVEDO CR, ENOKI DR,
397 FRANÇA LD et al. Efeitos da suplementação protéica no controle da verminose e nas
398 características de carcaça de ovinos Santa Inês. *Ciência Animal Brasileira* 2004, 5(3):
399 131-139.
- 400 VIEIRA LS. Métodos alternativos de controle de nematoides gastrintestinais em
401 caprinos e ovinos. *Tecnologia & Ciência Agropecuária* 2008, 2(2): 49-56.

3. CAPÍTULO II

Artigo científico a ser submetido à Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal

Título: Parâmetros genéticos para a resistência a verminose em ovinos Santa Inês utilizando modelo animal Bayesiana

1
2 **Parâmetros genéticos para a resistência a verminose em ovinos Santa Inês**
3 **utilizando modelo animal Bayesiano**

4
5 **Genetic parameters for resistance to parasitism in Santa Inês sheep using**
6 **animal model Bayesian**

7 Francelino Neiva Rodrigues¹, Tânia Maria Leal², Adriana Mello de Araújo², Max
8 Brandão de Oliveira³, José Lindenberg Rocha Sarmiento⁴

9
10 ¹Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, Brasil

11 ²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Teresina, Piauí, Brasil

12 ³Departamento de Estatística, Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, Brasil

13 ⁴Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, Brasil

14
15 **RESUMO**

16 Objetivou-se estimar parâmetros genéticos para a resistência a verminose e
17 características associadas, utilizando modelo animal linear e de limiar via inferência
18 Bayesiana, em análises uni e multicaracterísticas. A característica resistência a
19 verminose, foi definida por meio da análise multivariada de agrupamento utilizando o
20 número de ovos por grama de fezes (OPG), hematócrito, escore da condição corporal
21 (ECC) e Famacha coletados de Ovinos Santa Inês naturalmente infectados. A
22 repetibilidade das características ligadas a verminose foram de magnitude baixa, o que
23 indica ser necessário realizar medições repetidas durante a vida do animal para poder se
24 estimar os genótipos com melhor precisão. Os valores médios estimados para
25 herdabilidade foram de magnitude de baixa a alta, entre 0,05 a 0,44. As características
26 OPG, hematócrito, ECC, Famacha e Peso corporal apresentaram herdabilidade maior no
27 modelo multicaracterísticas, devido ao aumento de informações sobre os parâmetros.

28 Porém, todas de magnitude baixa. A herdabilidade estimada para a característica
29 resistência a verminose foi alta, 0,44 no modelo unicaracterística, aumentando para 0,85
30 no modelo multicaracterísticas. No modelo multicaracterísticas o aumento das
31 informações a respeito da característica resistência, permitiu resgatar parte da variância
32 aditiva embutida na variância ambiental. Todas as características apresentaram
33 correlação genética significativa, variando de baixa a alta. Diante desses resultados
34 sugere-se que a seleção para resistência a verminose seja realizada por meio da
35 característica definida pela análise multivariada de agrupamento, uma vez que essa
36 proporcionará maiores ganhos genéticos comparados com qualquer uma característica
37 isolada.

38 **PALAVRAS CHAVE:** Análise multivariada, Famacha, *Haemonchus contortus*

39 herdabilidade, repetibilidade

40

41 **SUMMARY**

42 This study aimed to estimate genetic parameters for resistance to parasitism and
43 associated features using linear animal model and threshold via Bayesian inference in
44 single-trait and mult-trait analysis. The characteristic resistance to parasitism was
45 defined by cluster analysis using the number of eggs per gram of feces (FEC),
46 hematocrit, body condition score (BCS) and Famacha collected from naturally infected
47 Santa Ines sheep. The repeatability of the characteristics linked to worms were of low
48 magnitude, which indicates necessary to perform repeated measurements during the life
49 of the animal to be able to estimate the genotypes with improved accuracy. The
50 estimated average values for heritability were magnitude from low to high, between
51 0.05 and 0.44. The FEC characteristics, hematocrit, BCS, Famacha and body weight
52 had higher heritability mult-trait model, due to increased information about the

53 parameters. However, all of low magnitude. The heritability estimates for the
54 characteristic resistance to parasitism was high, 0.44 in single-trait model, rising to 0.85
55 in mult-trait model. In multivariable model the increase of information about the
56 characteristic resistance, allowed rescue of the embedded additive variance in
57 environmental variance. All features showed significant genetic correlation, ranging
58 from low to high. From these results it is suggested that selection for parasitism
59 resistance is performed by means of the characteristic defined by clustering analysis,
60 since this will provide greater genetic gains compared with any one characteristic.

61

62 **Key words:** Famacha, *Haemonchus contortus*, heritability, Multivariate analysis,
63 repeatability

64

65 **INTRODUÇÃO**

66 A seleção de ovinos geneticamente resistentes a verminose é uma alternativa
67 promissora no controle da doença, pois uma vez que essa característica é herdável, é
68 passível de ser melhorada em um rebanho. A resistência a verminose é a capacidade
69 que o animal possui de evitar a infecção, reduzir a carga parasitária ou recuperar-se de
70 uma infecção (HAYWARD et al., 2014). Essa capacidade é muito influenciada por
71 fatores ambientais (AMARANTE et al., 2004) e varia substancialmente entre raças
72 (GAULY et al., 2002).

73 O número de ovos por gramas de fezes (OPG) é a característica mais utilizada
74 para seleção de animais resistentes (BISHOP, 2012). O OPG é um referencial direto da
75 carga parasitária do hospedeiro, porém é muito variável (UENO & GONÇALVES,
76 1998). Devido esse comportamento, outras características podem ser associadas por
77 meio de métodos de análise multivariada, para auxiliar no processo de identificação de

78 animais resistentes, como o método Famacha (VAN WYK & BATH, 2002) e o
79 hematócrito, uma vez que a principal causa de anemia em ovinos é verminose causada
80 por *Haemonchus Contortus* (BIRGEL et al., 2014). A avaliação da condição corporal
81 também pode ser aplicada, devido a principal perda de peso nos ovinos é a verminose
82 (VIEIRA, 2008). Entretanto, a seleção para estas características depende do
83 conhecimento de parâmetros genéticos, como a herdabilidade.

84 Na estimação dos parâmetros genéticos para características ligadas a verminose
85 duas situações são comumente encontradas, dados que não apresentam distribuição
86 normal como é o caso do OPG, e variáveis categóricas a exemplo o Famacha. Para
87 estimação dos parâmetros genéticos com esse tipo de variáveis a inferência Bayesiana
88 por meio de um modelo animal de limiar tem disso demonstrado (FARIA et al, 2010;
89 PIRES et al., 2010).

90 A inferência Bayesiana dispensa a necessidade de distribuição normal dos dados,
91 uma vez que a partir de informações incluídas na análise por meio de uma distribuição *a*
92 *priori* dos parâmetros a ser analisados, juntamente com a incerteza sobre a mesma,
93 pode-se calcular uma função de densidade de probabilidade (distribuição *a posteriori*)
94 sobre todos os possíveis vetores de parâmetros (YOKOO et al., 2013).

95 O uso de modelos de limiar é recomendado para características que assumem
96 distribuição discreta, pois apresentam maior habilidade em detectar a variabilidade de
97 origem genética em comparação com modelos lineares (LUO et al, 2002), esses
98 modelos são baseados na suposição de que as classes de dados categóricos estão
99 relacionados a um delineamento de uma escala subjacente normal (GIANOLA &
100 SORENSEN, 2002).

101 Diante do exposto, objetivou-se estimar os componentes de variância e os
102 parâmetros genéticos para a resistência a verminose e características associadas,

103 utilizando modelo animal linear e de limiar via inferência Bayesiana, em análises uni e
104 multicaracterísticas.

105

106 MATERIAL E MÉTODOS

107 A pesquisa foi realizada com dados coletados no rebanho Santa Inês mantido na
108 Fazenda Experimental Sol Posto em Campo Maior – PI, de propriedade da Embrapa
109 Meio-Norte, no período de agosto de 2012 a julho de 2015. Esse rebanho consiste em
110 um Banco Ativo de Germoplasma para Conservação da Raça Santa Inês do Programa
111 de Conservação de Recursos Genéticos Animais da Embrapa. No período foi realizado
112 31 etapas de coleta de dados, nas coletas o número de animais do rebanho variou de 168
113 a 286. Considerando a adição de animais por meio de nascimentos, e saída por meio de
114 morte e descarte, totalizando 516 animais amostrados. Todas as coletas foram realizadas
115 com os animais submetidos as condições naturais de contaminação e sem nenhuma
116 alteração no manejo utilizado na fazenda, por se tratar de um rebanho de conservação
117 onde o objetivo principal é a conservação da raça.

118 A base alimentar do rebanho é a pastagem nativa onde predomina o Capim-
119 mimoso (*Axonopus purpusii*). A suplementação mineral era realizada durante todo o
120 ano, utilizando-se suplemento mineral adequado para a espécie. Na época mais seca do
121 ano quando ocorria escassez de alimento, o rebanho recebia suplementação com
122 volumoso e/ou concentrado.

123 O manejo sanitário no período experimental constituiu-se de vermifugações,
124 vacinações e tratamentos de alguns animais que isoladamente adoeceram por motivos
125 variados. Todas as práticas de profilaxia foram adotadas corretamente. As
126 vermifugações foram realizadas a partir do resultado do OPG (ovos por grama de fezes)
127 e do hematócrito. No período de agosto de 2012 a dezembro de 2013 foram

128 vermifugados os animais que apresentaram OPG igual ou superior a 1000, com
129 hematócrito abaixo de 27, ou com OPG igual ou superior a 3000 com qualquer valor de
130 hematócrito. No período de Janeiro de 2015 a Julho de 2015 todo o rebanho foi
131 vermifugado quando a média do rebanho foi igual ou superior a 800 OPG, o que
132 possibilitou realizar as três vermifugações até o término do período experimental. O
133 vermífugo utilizado foi o Diantel® oral, (Closantel 10mg/kg).

134 Todas as coletas de dados foram realizadas com os animais submetidos a
135 infecção natural. Os dados coletados foram: número de ovos por grama de fezes (OPG),
136 escore Famacha®, escore da condição corporal (ECC), hematócrito, todos tomados no
137 mesmo dia. No dia seguinte a coleta, após jejum de 12 horas os animais eram pesados
138 individualmente. As contagens de OPG foram realizadas pelo método de Gordon e
139 Whitlock (1939), modificado por Ueno e Gonçalves (1998). A coprocultura foi
140 realizada segundo metodologia descrita por Roberts & O'Sullivan (1950).

141 O grau de anemia pelo método Famacha® foi avaliado por meio da observação
142 da coloração da mucosa ocular dos ovinos, atribuindo-se escore de 1 a 5 de acordo com
143 o cartão Famacha® (VAN WYK & BATH, 2002). As avaliações do escore de condição
144 corporal serão realizadas utilizando-se uma escala de 1 a 5, sendo 1 o mais gordo. O
145 hematócrito foi determinado por meio da técnica do microhematócrito.

146 Para definição da característica resistência, proposta nesta pesquisa, os animais
147 foram agrupados em três classes, resistentes, intermediários e sensíveis, por meio de
148 análise multivariada utilizando as características OPG, hematócrito, escore da condição
149 corporal e Famacha®. O agrupamento foi realizado com os dados padronizados,
150 utilizando o algoritmo K-means por meio do pacote skmeans disponível em linguagem
151 R (R Development Core Team, 2011). Após a formação dos grupos, os dados foram
152 submetidos a análise de variância para se verificar as diferenças entre as características

153 utilizadas no agrupamento as três classes atribuídas para a característica resistência a
154 verminose. Para a característica OPG foi utilizada a transformação $\log_{10}(OPG+1)$, a
155 qual passou a ser chamada de LOPG.

156 O banco de dados foi editado e formatado utilizando o software estatístico SAS
157 (2002). Animais com menos de três medidas repetidas foram descartados, assim como
158 animais que não apresentavam informações de pedigree. Os meses de coleta foram
159 agrupados em duas estações de coleta, ECO₁ e ECO₂, sendo ECO₁ de janeiro a julho,
160 período que compreende o período chuvoso e maior oferta de alimentos, e ECO₂ de
161 agosto a dezembro, época seca e de menor oferta de alimentos; os meses de nascimentos
162 foram agrupados igualmente a estação de coleta, em duas estações de nascimento, EN₁ e
163 EN₂. De acordo com a idade os animais foram agrupados em quatro classes de idade,
164 sendo CI₁ com idade menor que um ano, CI₂ com idade entre um e dois anos, CI₃ com
165 idade entre dois e quatro anos e CI₄ com mais de quatro anos. Em função do estado
166 fisiológico os animais foram agrupados em seis categorias (CAT), CAT₁ matrizes em
167 gestação (nos primeiros terços da gestação), CAT₂ matrizes em periparto (último mês de
168 gestação e período de lactação), CAT₃ matrizes secas (fêmeas após desmame e não
169 prenhes), CAT₄ crias com idade inferior a seis meses, CAT₅ crias com idade de seis
170 meses a um ano, e CAT₆ machos adultos.

171 Para a formação dos grupos contemporâneos (GC) foi considerado sexo, estação
172 de nascimento, classe de idade, ano de nascimento (ANON) e categoria (CAT). Grupos
173 com menos de 3 animais foram eliminados. Após análise de consistência editou-se um
174 arquivo contendo informações de animal, pai, mãe, grupo contemporâneo, ano de
175 coleta, estação de coleta, OPG, hematócrito, ECC, Famacha e peso corporal. Após as
176 formatações o arquivo continha 2.753 observações e 427 animais na matriz de
177 parentesco.

178 Os componentes de variância e os parâmetros genéticos para as características
179 resistência, OPG, hematócrito, ECC e Famacha foram estimados por meio de inferência
180 Bayesiana sob modelo animal linear e de limiar, utilizado o aplicativo THRGIBBSF190
181 (MISZTAL et al., 2002) em análise uni e multicaracterísticas, esta última conduzida
182 combinando-se quatro características, sendo que LOPG e VG foram utilizadas como
183 características ancora, variando-se resistência, FAMACHA e ECC. Para cada análise foi
184 gerada uma cadeia de Gibbs de 4.000.000 amostras, com descarte das primeiras
185 2.000.000 amostras (*burn-in*) e, intervalo de amostragem a cada 200 amostras geradas,
186 resultando em uma distribuição *a posteriori* com 10.000 amostras, a partir das quais as
187 inferências foram realizadas.

188 Os valores do *burn-in* e do intervalo de amostragem foram definidos com base
189 em análises preliminares, nas quais se avaliou a convergência e a distribuição das
190 amostras por meio dos programas POSTGIBBS1F90 (MISZTAL et al., 2002), que
191 utiliza o teste diagnóstico de Geweke (1992) tomando como base o teste Z de igualdade
192 de médias do logaritmo da distribuição condicional dos dados.

193 O modelo animal em notação matricial pode ser representado como segue:

$$194 \quad \mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha} + \mathbf{W}_y + \boldsymbol{\varepsilon}$$

195 em que: \mathbf{y} é o vetor de observações das características estudadas; \mathbf{X} é matriz n x f de
196 incidência (n número total de observações e f o número de classes de efeitos
197 sistemáticos) relacionando as observações aos efeitos sistêmicos; $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor para feitos
198 sistêmicos de GC (formado por sexo, CI, EN, ANOC e CAT); \mathbf{Z} matriz n x N de
199 incidência, relacionando efeitos genéticos aditivos diretos, sendo n o número total de
200 observações e N o número de indivíduos na matriz de parentesco (427); $\boldsymbol{\alpha}$ é o vetor de
201 efeitos aditivos diretos de cada animal (valor genético); \mathbf{W} matriz n x N de efeitos de

202 ambiente permanente de meio; γ é o vetor de efeitos de ambiente permanente de meio;
203 ε é o vetor de erros aleatórios residuais associados a cada observação.

204 Na análise Bayesiana os efeitos sistêmicos e aleatórios inclusos no modelo são
205 considerados variáveis aleatórias. Sob o enfoque bayesiano, as informações (\mathbf{y}) e dados
206 (β, α, γ e σ_ε^2), que assume distribuição normal multivariada aceita as pressuposições
207 como se segue:

208 $\mathbf{y}|\beta, \alpha, \gamma, \mathbf{R} \sim \mathbf{N}(\mathbf{X}\beta + \mathbf{Z}\alpha + \mathbf{W}\gamma + \mathbf{e}); \alpha|\mathbf{A}, \mathbf{G} \sim \mathbf{N}(\mathbf{0}, \mathbf{A} \otimes \mathbf{G}_0); \gamma|\mathbf{I}, \mathbf{P} \sim \mathbf{N}(\mathbf{0}, \mathbf{I} \otimes \mathbf{P}_0);$
209 $\mathbf{e}|\mathbf{I}, \mathbf{R} \sim \mathbf{N}(\mathbf{0}, \mathbf{I} \otimes \mathbf{R}_0),$

210 em que $\mathbf{G}_0, \mathbf{P}_0$ e \mathbf{R}_0 são, respectivamente, as matrizes de (co)variâncias genética aditiva
211 direta, ambiente permanente e residual, respectivamente; \mathbf{A} , é a matriz de numeradores
212 do coeficiente de parentesco de Wright e \mathbf{I} é a matriz identidade de ordem igual ao
213 número de animais com observações. Para \mathbf{b} assumiu-se *priori* não informativa, $P(\mathbf{b}) \propto$
214 constante.

215 O monitoramento da convergência foi realizado pelos critérios de Geweke
216 (1992) e erro de da Cadeia de Monte Carlo. Para obtenção do erro de Monte Carlo, a
217 variância das amostras retiradas para cada componente foi dividida pelo número de
218 amostras. Dessa maneira a raiz quadrada desse valor refere-se a aproximação do desvio-
219 padrão do erro associado o tamanho da cadeia de Gibbs (VAN TASSEL & VAN
220 VLECK, 1996).

221 Para o modelo de limiar, assumido para as características FAMACHA, ECC e
222 Resistência, a escala subjacente assumiu-se distribuição normal, representada como:

223 $U|\Theta \sim \mathbf{N}(\mathbf{W}\Theta, \mathbf{I}\sigma_\varepsilon^2);$

224 Em que: U é o vetor da escala base de origem r ; Θ (b , a) é o vetor dos parâmetros de
225 locação de ordem s com a (efeito aleatório aditivo direto); W é matriz de incidência de
226 ordem r por s ; σ_e^2 é a variância residual.

227

228 RESULTADOS E DISCUSSÃO

229 As análises de coprocultura demonstraram predominância do gênero *Haemonchus*
230 em todas as coletas, em média 83% com variação de 72 a 95%. O segundo prevalente
231 foi o *Trichostrongylus* com 12%, seguido de *Oesophagostomum* com 5%, outros
232 tricostrongilídeos não foram encontrados. Prevalência do gênero *Haemonchus* foi
233 apropriada ao trabalho, uma vez foi avaliado parâmetros indicadores de anemia e esse
234 parasita é o principal causador da anemia em ovinos (BIRGEL et al., 2014).

235 Na estatística descritiva foi observado que a média para todas as variáveis
236 apresentaram valores dentro da normalidade (Tabela 1). Nas variáveis OPG e
237 hematócrito a média apresentada foi dentro dos valores normais para as características,
238 porém, com grandes variações, demonstrada pelo os coeficientes de variação de médio a
239 muito alto. Já a moda apresentou valores normais, e até melhores para cada variável,
240 indicando que a variação nos resultados é em função de um menor número de animais.

241

242 Tabela 1. Estatística descritiva dos valores do número de ovos por grama de fezes (OPG),
243 Hematócrito, Escore da Condição Corporal (ECC), Famacha e Peso Corporal de
244 ovinos Santa Inês

Característica	Média	Moda	CV	Mínimo	Máximo	Amplitude
OPG	1217,4	0,0	189,9	0,0	24500,0	24500,0
Hematócrito	29,7	30,0	15,3	10,0	43,0	33,0
ECC	2,4	2,0	39,2	1,0	5,0	4,0
Famacha	2,4	3,0	38,1	1,0	5,0	4,0

245 CV – coeficiente de variação; s^2 – variância.

246

247 A classificação quanto ao nível de resistência foi realizada a partir dos resultados
248 da análise de agrupamento. Dois grupos apresentaram diferenças significativas entre
249 todos os parâmetros analisados, o grupo que apresentou os melhores resultados, ou seja,
250 menor OPG, maior hematócrito, maior ECC e menor escore Famacha foi classificado
251 como resistentes, o outro grupo apresentou resultados inversos, ou seja, piores, então foi
252 classificado como sensíveis. O terceiro grupo apresentou resultados variados, onde o
253 OPG foi igual ao grupo resistente, o escore corporal foi igual aos sensíveis, hematócrito
254 e Famacha foram diferentes de ambos, então devido apresentar características comuns
255 com ambos os grupos, esse grupo foi classificado como resistência intermediária
256 (Tabela 2).

257

258 Tabela 2. Número de animais por grupo, valores médios de ovos por grama de fezes (OPG),
259 OPG transformado por logaritmo (LOPG), hematócrito, escore da condição corporal
260 (ECC), Famacha e peso corporal de ovinos Santa Inês classificados quanto a
261 resistência a verminose em resistentes, sensíveis e de resistência intermediária

Classificação	OPG (LOPG)	Hematócrito (%)	ECC	Famacha	Peso (kg)
Resistentes	873,2 (2,10B)	31,26A	2,66A	1,96C	39,42C
Resistência Intermediária	1059,5 (2,15B)	28,31C	2,16B	2,69A	45,92A
Sensíveis	2906,6 (2,77A)	28,78B	2,10B	2,39B	44,18B

262 LOPG- variável OPG transformada por logaritmo

263 Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste t de Student a 5% de
264 probabilidade para as variáveis OPG, hematócrito e peso, e pelo teste de Kruskal-Wallis
265 para ECC e Famacha.

266

267 A convergência foi alcançada para todas características estudadas, assim como o
 268 tamanho da cadeia amostral utilizado foi suficiente para obtenção das estimativas *a*
 269 *posteriori* das distribuições marginais, como mostra o teste de Geweke a 5% e o Erro de
 270 Monte Carlo (Tabela 3).

271 Os parâmetros genéticos estimados para as características estudadas estão
 272 expostos na tabela 3.

273

274 Tabela 3. Estimativas das médias variância genética aditiva (σ_a^2), variância de ambiente
 275 permanente (σ_{pe}^2), variância residual (σ_e^2), variância fenotípica (σ_p^2),
 276 repetibilidade (r) e herdabilidade (h^2) de características ligadas a resistência a
 277 verminose em análise unicaracterística e multicaracterísticas

Característica	σ_a^2	σ_{pe}^2	σ_e^2	σ_p^2	r	h^2	Geweke (p-valor)	EMC
Unicaracterística								
Resistência	0,37	---	0,47	0,83	---	0,44	0,00	0,0043
OPG	0,18	0,15	3,44	3,76	0,09	0,05	-0,01	0,0171
Hematócrito	1,49	1,87	15,74	19,10	0,18	0,08	-0,01	0,0003
ECC	0,06	0,02	0,41	0,50	0,17	0,12	0,00	0,0003
Famacha	0,05	0,04	0,26	0,36	0,27	0,15	-0,05	0,0004
Peso corporal	8,72	31,02	33,11	72,85	0,55	0,12	0,04	0,1100
Multicaracterísticas								
Resistência	0,76		0,38	1,14		0,85	0,00	0,0043
OPG	0,07	0,02	0,67	0,75	0,12	0,10	-0,01	0,0171
Hematócrito	2,56	0,96	15,85	19,37	0,18	0,13	-0,01	0,0003
ECC	0,09	0,03	0,42	0,34	0,23	0,17	0,00	0,0003
Famacha	0,08	0,03	0,23	0,34	0,33	0,23	-0,05	0,0004
Peso	19,03	28,00	32,62	79,65	0,59	0,24	0,04	0,1100

278 OPG – ovos por grama de fezes; ECC – escore da condição corporal; EMC – Erro de
 279 Monte Carlo.

280

281 Os coeficientes de repetibilidade observados foram de magnitude baixa segundo
282 Rezende & Biele (2002), oscilando entre 0,09 e 0,27 para todas as características pelos
283 métodos uni e multicaracterísticas, exceto o Famacha que apresentou repetibilidade
284 moderada de 0,31. Valores de baixo a moderado para OPG e hematócrito também foram
285 relatados por Vanimisetti et al., (2004). Esses resultados indicam ser baixa a
286 probabilidade, de uma única medida do fenótipo de animal, ser representativa de seu
287 genótipo, uma vez que essas características sofrem muitas variações temporárias de
288 ambiente. O OPG foi a variável que apresentou menor repetibilidade (0,09), essa
289 característica sofre grandes variações na vida de um animal (UENO & GONÇALVES,
290 1998), e essa variância em sua maior parte está relacionada ao ambiente, como
291 encontrada nesse trabalho, onde 82,4% da variância fenotípica é de origem ambiental.

292 Os valores médios estimados na análise unicaracterística para herdabilidade
293 foram de magnitude de baixa a alta, entre 0,05 a 0,44. O OPG, hematócrito, ECC,
294 Famacha e Peso corporal apresentaram herdabilidade baixa (Tabela 3), Já a
295 herdabilidade estimada para a característica resistência foi alta (0,44). Esse resultado
296 indica que a seleção para a resistência no rebanho estudado proporcionará maior ganho
297 genético para resistência a verminose, se realizada a partir da característica resistência,
298 determinada pelo agrupamento formado pelas variáveis OPG, hematócrito, ECC e
299 Famacha, do que pelas próprias variáveis, quando comparada a seleção para as
300 características isoladamente.

301 Para o OPG, Gutiérrez-Gil et al. (2009), também relatam baixos valores
302 estimados para a herdabilidade variando de 0,09 a 0,12, em amostragens realizadas com
303 intervalos de 60 dias. Outros trabalhos relataram herdabilidade variando de baixa a alta,
304 como Assenza et al. (2014), estudando ovinos provenientes de um cruzamento entre
305 Martinique Black Belly e Romane na França, e relataram herdabilidade de 0,21 a 0,55.

306 Gaulty & Erhardt (2001) relataram estimativas de 0,11 a 0,44. Diferentes valores para
307 herdabilidade citados deve se a diversos fatores, genéticos e ambientais. Como mostram
308 Gaulty et al. (2002), que relataram diferença entre raças, onde cordeiros Rhon
309 apresentaram herdabilidade de 0,54, e para cordeiros Merinoland em média 0,09. E
310 Bishop et al. (2004), onde mostram diferenças entre ovinos Texel criados em duas
311 fazendas, onde as estimativas de herdabilidade variaram de 0,17 a 0,38 em função do
312 mês de coleta e da fazenda, o que foi atribuído ao ambiente. Assenza et al. (2014) em
313 infecção experimental relataram aumento da herdabilidade para o OPG com o aumento
314 da carga parasitária, nessa situação de alto desafio e maior controle das condições
315 ambientais, fez reduzir a variância ambiental, aumentando o percentual da variância
316 fenotípica explicado pela variância genética aditiva.

317 Baixa herdabilidade estimada para o hematócrito como apresentada nesse
318 estudo, também foi relatada Gaulty & [Erhardt](#) (2001), estudando ovinos Rhon na
319 Alemanha, onde estimaram herdabilidade de 0,19. Herdabilidade moderada para o
320 hematócrito de 0,39 foi relatada em ovinos tricross 50%, Dorset, 25% Rambouillet e
321 25% Finn-sheep (VANIMISSETI et al., 2004) e de 0,34 em ovinos Merinos na
322 Inglaterra. Essas diferenças de magnitude entre as estimações da herdabilidade, pode ser
323 atribuída a variação entre raças. Como mostra Gaulty et al. (2002), onde observaram que
324 a herdabilidade baixa de 0,08 para ovinos Rhon e alta de 0,52 para ovinos Merinoland.
325 Parâmetros genéticos para o Famacha foram relatados por Ryley e Van Wyk (2009),
326 onde a herdabilidade estimada foi de 0,06 a 0,24, sendo semelhantes ao encontrado
327 nesse trabalho.

328 O peso corporal apresentou herdabilidade baixa de 0,12 e repetibilidade alta de
329 0,55. Valores de herdabilidade baixo também foi relatado por Sarmiento et al. (2006)

330 estudando modelos uni e multicaracterísticas onde aos 196 dias de idade a herdabilidade
331 variou de próximo de zero a 0,23.

332 Para a característica resistência, a herdabilidade apresentou maior valor na
333 análise multicaracterísticas em comparação com a análise unicaracterística, passando de
334 0,44 para 0,85 (Tabela 3). Isso ocorreu porque o aumento de informação a respeito da
335 característica resistência permitiu recuperar parte da variância genética aditiva que
336 estava embutida na variância residual. As variáveis OPG, hematócrito, ECC e Famacha
337 também tiveram um discreto aumento nos valores da herdabilidade (Tabela 3), com o
338 método multicaracterísticas. Porém, continuaram de magnitude baixa, mostrando
339 aproximação de eficiência entre os modelos para essas variáveis. Porém, a escolha pelo
340 modelo multicaracterísticas pode ser a melhor escolha, uma vez que permite a remoção
341 do viés causado pela seleção sequencial (SARMENTO et al., 2006) e permite conhecer
342 a correlação genética entre as características estudadas.

343 O aumento nas estimativas de herdabilidade para as variáveis OPG e
344 hematócrito, observados na análise multicaracterísticas é devido a diminuição na
345 variância de efeito permanente, e aumento na variância genética aditiva, dessa forma o
346 modelo proporcionou resgatar parte do efeito genético aditivo que estava classificado
347 como efeito genético de natureza não aditiva. Já nas variáveis ECC e Famacha, ocorreu
348 aumento da variância de efeito permanente, isso ocorreu porque, o modelo
349 multicaracterísticas utiliza nas análises todas as informações a respeito da característica
350 estudada, e porque o ECC e Famacha são fortemente influenciados pela carga
351 parasitária (MOLENTO, et al., 2013; VIEIRA, 2008). Esse resultado possibilitou,
352 observar que parte da variação na resposta animal a carga parasitária, expressada pelo
353 ECC e Famacha, tem natureza genética, porém, não aditiva.

354 As correlações genéticas foram significativas entre todas as variáveis (Tabela 4).
 355 A característica resistência apresentou correlação alta e favorável com as variáveis
 356 OPG, Famacha, hematócrito e ECC, indicando a possível utilização de qualquer uma
 357 das características via resposta correlacionada, para melhoramento da resistência a
 358 verminose em ovinos Santa Inês.

359 O OPG apresentou correlações baixas com as variáveis hematócrito, Famacha,
 360 ECC e peso corporal, corroborando com Lôbo et al. (2009), avaliando ovinos Santa Inês
 361 no estado brasileiro do Sergipe, onde as correlações foram próximas de zero. Baixas
 362 correlações entre essas variáveis pode estar relacionado ao fato de serem resposta ao
 363 OPG, porém, as alterações observadas não são imediatas, e sim na maioria das vezes
 364 tardia, o que dificulta a associação.

365 As correlações genéticas entre peso corporal e as demais variáveis foram
 366 desfavoráveis. Esses resultados indicam que o melhoramento para a resistência nesse
 367 rebanho irá provocar poucas alterações no peso corporal adulto dos animais. Também
 368 ocorrendo o inverso, caso a seleção seja realizada para peso corporal, não irá melhorar
 369 para resistência a verminose.

370 Tabela 4. Correlações genéticas entre número de ovos por grama de fezes (OPG), hematócrito,
 371 score da condição corporal (ECC), Famacha, peso corporal e da característica de
 372 resistência a verminose em ovinos Santa Inês

	Hematócrito	Famacha	ECC	Peso corporal	Resistência
OPG	-0,32	0,17	-0,16	0,25	-0,72
Hematócrito		-0,89	0,71	-0,09	0,68
Famacha			-0,54	0,40	-0,74
ECC				-0,23	0,64
Peso corporal					-0,35

373

374 Excetuando o peso corporal, o Famacha apresentou correlação favorável com
375 todas as variáveis, sendo a maior correlação encontrada com a característica resistência.
376 Esses resultados coloca o Famacha como uma variável interessante para ser inserida em
377 programas de melhoramento genético, visando selecionar ovinos resistentes a
378 verminose, por apresentar alta correlação com a característica resistência, e com o
379 hematócrito, e correlação mediana com o ECC, e por ser uma característica facilmente
380 mensurável e muito barata.

381 A correlação alta entre Famacha e hematócrito de -0,89, indica que os genes
382 associados a coloração das mucosas e volume globular são fortemente associados, e que
383 o método Famacha faz uma boa representação da anemia clínica nos ovinos. O Famacha
384 e o ECC apresentaram correlação genética de -0,54. Valores de correlação genética
385 entre essas variáveis são ausentes na literatura, havendo sido relatado por diversos
386 autores a existência de correlação amostral negativa, variando de baixa a média entre
387 essas variáveis (HAMMERSHMITT et al., 2012; YILMAZ et al, 2014; QUIRINO et
388 al., 2011). Porém, com esses dados de correlação genética, supõe-se que, o fato dos
389 animais de melhor condição corporal (maior ECC) apresentarem mucosa mais corada
390 (menor Famacha), não é devido somente a causas ambientais, como exemplo a nutrição,
391 mais também devido a efeito aditivo dos genes.

392 A correlação genética do ECC com a característica resistência de 0,64 foi
393 favorável. Esse resultado mostra que programas de seleção de que utilizam o ECC,
394 como exemplo para qualidade de carcaça, irá também melhorar para resistência a
395 verminose.

396 A característica resistência a verminose determinada por meio da análise
397 multivariada de agrupamento, apresentou herdabilidade estimada alta, sendo uma
398 característica possível de ser melhorada via seleção.

399 Dentre os fenótipos intermediários OPG, hematócrito, Famacha e ECC, o
400 Famacha é o mais recomendado, por ser fácil e barata sua mensuração, apresentar maior
401 herdabilidade e repetibilidade, e alta correlação genética com a característica de
402 resistência a verminose.

403 Devido à baixa herdabilidade e baixa repetibilidade apresentada pelo OPG. Não
404 se recomenda a seleção via essas características no rebanho estudado, e essas precisam
405 ser coletadas por várias vezes durante a vida do animal..

406 O modelo multicaracterísticas permitiu estimar de forma mais acurada os
407 parâmetros genéticos das características estudadas.

408

409 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

410 ALBERS, G. A. A. et al. The genetics of resistance and resilience to *Haemonchus*
411 *contortus* infection in young merino sheep. *Internacional Journal for Parasitology*, v. 17,
412 n. 7, p. 1355-1363. 1987.

413 AMARANTE, A.F.T.; BRICARRELO, P.A.; ROCHA, R.A.; GENNARI, S.M.
414 Resistance of Santa Ines, Suffolk and Ile de France sheep to naturally acquired
415 gastrointestinal nematode infections. ***Veterinary Parasitology***, v. 120, p. 91-106, 2004.

416 ASSENZA, F.; ELSÉN, J.; LEGARRA, A.; CARRÉ, C.; SALLÉ, G.; ROBERT-
417 GRANIÉ, C.; MORENO, C.R. Genetic parameters for growth and faecal worm egg
418 count following *Haemonchus contortus* experimental infestations using pedigree and
419 molecular information. ***Genetics Selection Evolution***, v.46, n.13, p. 1-9, 2014.

420 BIRGEL, D.B.; MULLER, A.F.; FANTINATO NETO, P.; STORRILLO, V.M.;
421 BENESI, F.J.; BIRGEL JUNIOR, E.H. Avaliação do quadro eritrocitário e da
422 repercussão do estado anêmico no leucograma de caprinos com verminose
423 gastrintestinal. ***Pesquisa Veterinária Brasileira***, v. 34, n.3, p. 199-204, 2014.

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

427 BISHOP SC. A consideration of resistance and tolerance for ruminant nematode
428 infections. *Frontiers in Genetics*, v. 3, n. 1, p. 1-7, 2012.

429 FARIA, C.U.; PIRES, B.C.; VOZZI, A.P.; MAGNOBOSCO, C.U.; KOURY FILHO,
430 W.; VIU, M.A.O.; OLIVEIRA, H.N.; LÔBO, R.B. Genetic correlations between
431 categorical morphological traits in Nelore cattle by applying Bayesian analysis under a
432 threshold animal model. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.127, n.5, p.377-
433 384, 2010.

434 GAULY, M.; ERHARDT, G. Genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites
435 in Rhön sheep following natural infection. **Veterinary Parasitology**, v.102, p.253-259,
436 2001.

437 GAULY, M.; KRAUS, M.; VERDELDE, L.; VAN LEEUWEN, M.A.W.; ERHARDT,
438 G. Estimating genetic difference in natural resistance in Rhon and Merilond sheep
439 following experimental *Haemonchus contortus* infection. **Veterinary Parasitology**,
440 v.106, p.55-67, 2002.

441 GEWEKE, J. Evaluating the Accuracy of Sampling- Based Approaches to Calculating
442 Posterior Moments. Bayesian Statistics, Oxford: **Oxford University Press**, v.4, 1992.

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

445 GORDON, H.; WHITLOCK, H.V. A new technique for counting nematode eggs in
446 sheep faeces. **Journal Council Science Industrial Research**, v.12, p.50-58, 1939.

447 GUTIÉRRES-GIL, B.; PÉREZ, J.; FUENTE, L.F de la.; MEANA, A.; MARTÉNEZ-
448 VALLADARES M.; SAN PRIMITIVO, F.; ROJO-VÁZQUEZ, F.A.; ARRANZ, J.J.
449 Genetic parameters for resistance to trichostrongylid infection in dairy sheep. **Animal**,
450 V.4, n.4, p.505-512, 2009.

451 HAMMERSSCHMIDT, J. et al. Avaliação do sistema integrado de controle parasitário
452 em uma criação semi-intensiva de caprinos na região de Santa Catarina. Arquivo
453 Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 64, n. 4, p. 927-934, 2012.

454 HAYWARD, A.D.; NUSSEY, D.H.; WILSON, A.J.; BERENOS, C.; PILKINGTON,
455 J.G.; WATT, K.A.; PEMBERTON, J.M.; GRAHAM, A.L. Natural selection on
456 individual variation in tolerance of gastrointestinal nematode infection. **Plos Biology**,
457 v.2 n.1, p.1-13, 2014.

458 LUO, M.F.; BOETTCHER, P.J.; SCKARFFER, L.R.; DEKKERS, J.C.M. Estimation of
459 genetic parameters of calving ease in first and second parities of Canadian Holsteins
460 using Bayesian methods. **Livestock Production Science**, v.74, p.175-184, 2002.

461 MISZTAL, J. 2002. **Fortran Programs**. Disponível em:
462 <http://nce.ads.uga.edu/wiki/doku.php?id=readme.gibbs1>. Acesso em 15 de fevereiro de
463 2015.

464 MOLENTO MB, VERÍSSIMO CJ, AMARANTE AT, VAN WYK JA, CHAGAS ACS,
465 ARAÚJO JVD et al. Alternativas para o controle de nematoides gastrintestinais de
466 pequenos ruminantes. *Arquivos Instituto Biológico*, v. 80, n. 2, p. 253-263, 2013.

467 PIRES, B.C.; FARIA, C.U.; VIU, M.A.O.; TERRA, J.P.; LOPES, D.T.;
468 MAGNABOSCO, C.U.; LÔBO, R.B. Modelos bayesianos de limiar e linear na
469 estimação de parâmetros genéticos para características morfológicas de bovinos da raça
470 Nelore. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.3, p.651-661, 2010.

471 QUIRINO CR, CARNEIRO-SILVA RM, COSTA RID, MADELLA-OLIVEIRA AF.
472 Correlações entre peso, escore de condição corporal, famacha, volume globular e ovos

473 por grama de fezes em ovelhas Santa Inês. *Actas Iberoamericanas de Conservación*
474 *Animal*, v. 1, n.1, p. 319-322, 2011.

475 REZENDE, M.D.D. de; BIELE, J. Estimación e predição em modelos lineares
476 generalizados mistos com variáveis binomiais. **Revista Matemática e Estatística**, n.20,
477 p.39-65, 2002.

478 RYLEY, D. G.; VAN WYK, J. A. Genetic parameters for FAMACHA score and related
479 traits for host resistance/resilience and production at differing severities of worm
480 challenge in a Merino flock in South Africa. *Veterinary Parasitology*, v. 164, p. 44-52,
481 2009.

482 ROBERTS, I.H.; O'SULIVAN, P.J. Methods for egg counts and larval cultures for
483 strongyles infesting the gastrointestinal tract of cattle. **Australian Journal of**
484 **Agricultural Reserch**, v.1, p.99-102, 1950.

485 R Development Core Team R: A language and environment for statistical computing
486 [online]. 2011 [citado em 10 jan 2016]. Disponível em: <http://www.R-project.org>.

487 SARMENTO, J. L. R. et al. Estimación de parâmetros genéticos para características de
488 crescimento de ovinos Santa Inês utilizando modelo uni e multicaracterísticas. **Arquivo**
489 **Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.581-589, 2006.

490 UENO, H.; GONÇALVES, P.C. **Manual para diagnóstico das helmintoses de**
491 **ruminantes**. 4.ed. Tóquio : Japan International Cooperation Agency, 145p, 1998.

492 VAN TASSELL, C. P.; VAN VLECK, L. D. Multiple-trait Gibbs sampler for animal
493 models: flexible programs for Bayesian and likelihood-based covariance component
494 inference. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 2586-2597, 1996.

495 VANIMISSETTI, H. B. et al. Inheritance of fecal egg count and packed cell volume and
496 their relationship with production traits in sheep infected with *Haemonchus contortus*.
497 *Journal Animal Science*, v. 82, p. 1602-1611, 2004.

498 VAN TASSELL, C.P.; VAN VLECK, L.D. Multiple-trait Gibbs sampler for animal
499 models: flexible programs for Bayesian and likelihood-based covariance component
500 inference. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 2586-2597, 1996.

501 VAN WYK JA, BATH, G.F. The FAMACHA system for managing haemonchosis in
502 sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. **Veterinary**
503 **Research**, v. 33, p. 509- 529, 2002.

504 VIEIRA, L.S. Métodos alternativos de controle de nematóides gastrintestinais em
505 caprinos e ovinos. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 2, n. 2, p. 49-56, 2008.

506 YILMAZ, M. et al. Efect od body condition score on somo blood parameters for anemia
507 level in goats. V. 67, n. 89, p. 41-46, 2014.

508 YOKOO, M.J.; ROSA, G.J de M.; CARDOSO, F.F.; MAGNABOSCO, C. de U.;
509 ALBURQUEQUE, G. O uso da estatística Bayesiana no melhoramento genético
510 animal: uma breve explicação. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.12, n.4, p.247-257,
511 2013.

512

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A classificação de ovinos quanto à resistência a verminose pode ser realizada utilizando a análise multivariada de agrupamento, a partir dos dados de fenótipos intermediários e o algoritmo K-means. Ovinos resistentes apresentam menores valores de OPG, maior escore da condição corporal, maior valor de hematócrito e menor Famacha, quando comparados com animais sensíveis. Essas respostas são observadas até mesmo no periparto, onde ocorre diminuição nas defesas imunológicas do organismo, e também em animais que não possuem um sistema imunológico totalmente desenvolvido.

Na estimação de parâmetros genéticos para a verminose, a análise multicaracterísticas, por meio do modelo de limiar, mostra-se mais adequada por possibilitar o resgate da variância aditiva que estava incluída na variância ambiental em análise unicaracterística.

Os resultados encontrados mostra ser possível a inserção da característica resistência a verminose em programas de melhoramento genético. Dentre, os fenótipos utilizados, o Famacha apresentou as melhores características para ser adotado, por ser de fácil e barata mensuração, e apresentar maior correlação genética com a característica de resistência, e maior repetibilidade e herdabilidade.

Esse trabalho traz grandes contribuições para a ciência e para a ovinocultura, pois traz informações relevantes acerca da resistência genética a verminose, e da adequação e utilização de metodologias para classificação quanto a resistência e estimação de parâmetros genéticos associados a enfermidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-AZIM, G. A.; BERGER, P. J. Properties of threshold model predictions. **Journal Animal Science**, v. 77, p. 582-590, 1999.
- ABRÃO, D. C. et al. Utilização do método Famacha no diagnóstico clínico individual de haemoncose em ovinos no Sudoeste do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Parasitologia**, v. 19, p. 68-70, 2010.
- ALBERS, G. A. A. et al. 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.
- ALMEIDA, J. L. **Revisão do gênero *Haemonchus* Cobb, 1898**, Nematoda: Trichostrongylidae. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 1934.
- AL-QUAISY, H.; H, K. et al. The Pathogenicity of haemonchosis in sheep and goats in Iraq: Clinical, Parasitological and haematological findings. **Veterinary Parasitology**, v. 24, p. 221- 228, 1987.
- AMARANTE, A. F. T. et al. Resistance of Santa Ines and Crossbred ewes to naturally acquired gastrointestinal nematode infections. **Veterinary Parasitology**, v. 165, p. 273-280, 2009.
- AMARANTE, A. F. T. et al. Resistance of Santa Ines, Suffolk and Ile de France sheep to naturally acquired gastrointestinal nematode infections. **Veterinary Parasitology**, v. 120, p. 91-106, 2004b.
- AMARANTE, A. F. T. Resistência genética a helmintos gastrintestinais. SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL... **Anais...** Pirassununga-SP: SBMA, 2004a.
- ASSENZA, F. et al. Genetic parameters for growth and faecal worm egg count following *Haemonchus contortus* experimental infestations using pedigree and molecular information. **Genetics Selection Evolution**, v.46, n.13 p. 1-9, 2014.
- BARGER, I. A. Genetic resistance of hosts and its influence on epidemiology. **Veterinary Parasitology**, v.32, n.1, p.21-35, 1989.
- BASSETO, C. C. et al. Contaminação da pastagem com larvas infectantes de nematoides gastrintestinais após o pastejo de ovelhas resistentes ou susceptíveis à verminose. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 18, n. 4, p. 63-68, 2009.

BATH, G. F.; VAN WYK, J. A. Using the Famacha system on commercial sheep farms in South Africa. In: International Sheep Veterinary Congress, 1. 1992. Cidade do Cabo, África do Sul. **Anais...** Cidade do Cabo: University of Pretoria, v. 1, p. 3, 346 p, 2001.

BEASLEY, A. M. et al. The periparturient relaxation of immunity in Merino ewes infected with *Trichostrongylus colubriformis*: Parasitological and Immunological responses. **Veterinary Parasitology**, v. 168, p. 60-70. 2010.

BIRGEL, D. B. et al. Avaliação do quadro eritrocitário e da repercussão do estado anêmico no leucograma de caprinos com verminose gastrointestinal. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, p. 199-204, 2014.

BISSET, S. A. et al. Heritability of and genetic correlations among faecal egg counts and productivity traits in Romney sheep. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 35, p. 51-58, 1997.

BLASCO, A. The Bayesian controversy in animal breeding. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2023-2046, 2001.

BOLIGON, A.A. et al. Herdabilidades e correlações entre pesos do nascimento à idade adulta em rebanhos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2320-2326, 2009.

BRICARELLO, P. A. et al. Worm burden and immunological responses in Corriedale and Crioula Lanada sheep following natural infection with *Haemonchus contortus*. **Small Ruminant Research**, v. 51, p. 75-83, 2004.

CERQUEIRA, M. M. O. P et al. Detection of antimicrobial and anthelmintic residues in bulk tank milk from four different mesoregions of Minas Gerais State - Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 66, n. 2, pp. 621-625, 2014.

COLTMAN, D. W. et al. Positive genetic correlation between parasite resistance and body size in a free-living ungulate population. **Evolution**, v. 55, p. 2116-2125, 2001.

COSTA, V. M. M. et al. Controle das parasitoses gastrointestinais em ovinos e caprinos na região semiárida do Nordeste do Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, p. 65-71. 2011.

COSTA, V. M. M.; SIMÕES, S. V. D.; RIET-CORREA, F. Doenças parasitárias em ruminantes no semi-árido brasileiro. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v. 29, n. 7, p. 563-568, 2009.

DONALDSON, J.; VAN HOURTERT, M. F. J.; SYKES, A. R. The effect of protein supply on the periparturient parasite status of the mature ewe. **New Zealand Society of Animal Production online archive**. v. 57, p. 186-189, 1997.

FARIA, C.U. 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 L. H. et al. Desempenho produtivo e reprodutivo de ovelhas do grupo “Nativo Pantaneiro” selecionadas como resistentes e susceptíveis a verminose no Mato

Grosso do Sul. Resultados parciais, 5., 1996, In: Simpósio Internacional sobre Caprinos e Ovinos de Corte, João Pessoa. **Anais...**, João Pessoa, 2011.

FLOATE, K.D. Endectocide use in cattle and fecal residues: environmental effects in Canada. **Canadian Journal of Veterinary Research**, v.70, p.1-10, 2006.

FORTES, E. **Parasitologia Veterinária**. 1ed. Revista Ampliada e Atualizada, Ícone Editora, 2004. 607p.

GIANOLA, D.; FERNANDO, R.L. Bayesian methods in animal breeding theory. **Journal of Animal Science**, v.63, p.217-244, 1986.

GOLDENBERG, V.; CIAPPESONI, G.; AGUILAR, I. Genetic parameters for nematode resistance in periparturient ewes and post-weaning lambs in Uruguayan Merino sheep. **Livestock Science**, v. 127, p. 181-187, 2012.

HAYWARD A. D. et al. Natural Selection on Individual Variation in Tolerance of Gastrointestinal Nematode Infection. **Plos Biology**, v. 12, p. 1-13, 2014.

HOUDIJK, J. G. et al. Can an increased intake of metabolizable protein affect the periparturient relaxation in immunity against teladorsagia circumcincta in sheep?. **Veterinary Parasitology**, v. 24, p. 43-62, 2000.

LUO, M.F. et al. Estimation of genetic parameters of calving ease in first and second parities of Canadian Holsteins using Bayesian methods. **Livestock Production Science**, v.74, p.175-184, 2002.

MALAN, F. S. et al. Clinical evaluation of anaemia in sheep: early trials. **Onderstepoort Journal of Veterinarian**, v.68, p.165-174, 2001.

MARTÍNEZ M.I.; LUMARET, J.-P. Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias em la entomofauna y el entorno ambiental. **Folia Entomológica Mexicana**, v.45, n.1, p.57-68, 2006.

MELO, L. M. et al. Nematódeos resistentes a anti-helmínticos em rebanhos de ovinos e caprinos do estado do Ceará, Brasil. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 339-344, 2003.

MEXIA, A. A. et al. Susceptibilidade a nematóides em ovelhas Santa Inês, Bergamácia e Texel no Noroeste do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 1921-1928, 2011.

MOLENTO, M. B. et al. alternativas para o controle de nematoides gastrintestinais de pequenos ruminantes. **Arquivos Instituto Biológico**, v. 80, n. 2, p. 253-263, 2013.

MOLENTO, M. B. et al. Método Famacha como parâmetro clínico individual de infecção por *Haemonchus contortus* em pequenos ruminantes. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 1139-1145, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requeriments of Small Ruminants**. 1.ed. Washington, DC, USA: National Academy Press, 2007. 362p.

NAVARRO, A. M. D. C. et al. Resposta de ovinos das raças ½ sangue Santa Inês e ½sangue Dorper frente às infecções por nematódeos gastrintestinais. In: Simpósio

Internacional Sobre Caprinos e Ovinos de Corte, 4., 2009, João Pessoa, **Anais eletrônicos...** João Pessoa: SINCORTE, 2009. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/576260>>. Acesso em: 06 de dez. 2014.

NIETO, L. M et al. Utilização de um modelo de limiar na estimação da herdabilidade de resistência dos ovinos aos endoparasitos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.25, n.1, p.151-155, 2003.

ORTOLANI, E. L. et al. Effects of parasitism on cellular immune response in sheep experimentally infected with *Haemonchus contortus*. **Veterinary Parasitology**, v. 196, p. 230-234, 2013.

PEDROSA, V. B. et al. Utilização de modelos unicaracterística e multicaracterística na estimação de parâmetros genéticos na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 6, p. 1802-1812, 2014.

PIRES, B. C. et al. Modelos bayesianos de limiar e linear na estimação de parâmetros genéticos para características morfológicas de bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 3, p. 651-661, 2010.

QUIRINO, C. R. et al. Correlações entre peso, escore de condição corporal, fâmachas, volume globular e ovos por grama de fezes em ovelhas Santa Inês. **Actas Iberoamericanas de Conservación Animal**, v. 1, p. 319-322, 2011.

RAMÍREZ-VALVERDE R. et al. Análisis univariado vs multivariado en la evaluación genética de variables de crecimiento en dos razas bovinas. **Agrociencia**, v.41, p.271-282, 2007.

SANTOS, N. P. S. et al. Aspectos ambientais e genéticos da prolificidade em caprinos utilizando modelos bayesianos de limiar e linear. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 885-893, 2013.

SARMENTO, J. L. R. et al. Estimação de parâmetros genéticos para características de crescimento de ovinos Santa Inês utilizando modelo uni e multicaracterísticas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.581-589, 2006.

SCHARLLIN, H. D. F. H. Immunological responses of sheep to *Haemonchus contortus*. **Parasitology**, v. 120, p. 63-72, 2000.

SORENSEN, D. A. et al. Bayesian inference in threshold models using Gibbs sampling. **Genetics Selection Evolution**, v.27, p.229-249, 1995.

SOTOMAIOR, C. S. et al. Identificação de ovinos e caprinos resistentes e susceptíveis aos helmintos gastrintestinais. **Revista Acadêmica**, v. 5, n. 4, p. 397-412. 2007.

STEAR, M. J. et al. The genetic basis of resistance to *Ostertagia circumcincta* in lambs. **Veterinary Journal**, v. 154, n. 2, p. 111-119, 1997.

STEAR, M. J.; MURRAY, M. Genetic resistance to parasitic disease: particularly of resistance in ruminants to gastrointestinal nematodes. **Veterinary Parasitology**, v. 54, n. 13, p. 161-176, 1994.

- UENO, H.; GONÇALVES, P.C. **Manual para diagnóstico das helmintoses de ruminantes**. 4.ed. Tóquio : Japan International Cooperation Agency, 145p, 1998.
- URQUHART, G.M. **Parasitologia Veterinária**. Editora Guanabara Rio de Janeiro. 1996. 273p.
- VAN WYK JA, BATH, G.F. The FAMACHA system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. **Veterinary Research**, v. 33, p. 509- 529, 2002.
- VAN WYK, J. A. et al. How long before resistance makes it impossible to control some field strains of *Haemonchus contortus* in south Africa with modern anthelmintics. **Veterinary Parasitology**, v. 70, p. 11-22, 1997.
- VELOSO, C. D. F. M. et al. Efeitos da suplementação protéica no controle da verminose e nas características de carcaça de ovinos Santa Inês. **Ciência Animal Brasileira**, v. 5, p. 131-139, 2004.
- VIEIRA, L. S. Métodos alternativos de controle de nematóides gastrintestinais em caprinos e ovinos. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 2, n. 2, p. 49-56, 2008.
- VILA NOVA, L. E. et al. Resistência de nematídeos aos antihelmínticos nitroxinil 34% e ivermectina 1% em rebanho ovino no município de São João do Ivaí, Paraná. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 8, n. 1, p. 160-171, 2014.
- YOKOO, M.J. et al. O uso da estatística Bayesiana no melhoramento genético animal: uma breve explicação. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.12, n.4, p.247-257, 2013.