

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA



DISSERTAÇÃO

**RESISTÊNCIA GENÉTICA À INFESTAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL POR
RHIPICEPHALUS (BOOPHILUS) MICROPLUS EM BOVINOS DAS RAÇAS
HEREFORD E BRAFORD**

Patrícia Biegelmeier

Pelotas, 2012

PATRÍCIA BIEGELMEYER

**RESISTÊNCIA GENÉTICA À INFESTAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL POR
RHIPICEPHALUS (BOOPHILUS) MICROPLUS EM BOVINOS DAS RAÇAS
HEREFORD E BRAFORD**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências, área de concentração em Melhoramento Animal.

Orientador:
Prof. Dr. Nelson José Laurino Dionello

Co-orientadores:
PhD. Fernando Flores Cardoso
Prof. Dr. Leandro Quintana Nizoli

Pelotas, 2012

Dados de catalogação na fonte:

(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

B586r Biegelmeyer, Patrícia

Resistência genética à infestação natural e artificial por *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* em bovinos das raças Hereford e Braford / Patrícia Biegelmeyer; orientador Nelson José Laurino Dionello, co-orientadores Fernando Flores Cardoso e Leandro Quintana Nizoli - Pelotas, 2012. 96f. ; il.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012

1.Bovinocultura 2.Carrapatos 3.Eficiência reprodutiva de teleóginas 4.Parâmetros genéticos 5.Seleção
I.Dionello, Nelson José Laurino (orientador) II.Título.

CDD 636.2

Banca examinadora:

Prof. Dr. Nelson José Laurino Dionello

Profa. Dra. Isabella Dias Barbosa Silveira

Dr. Maurício Morgado de Oliveira

PhD. Vanerlei Mozaquatro Roso

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a meus pais Leani e Adalberto Biegelmeyer, pelo apoio incondicional a todas minhas decisões, pela confiança inabalável e pela compreensão que dispensaram, nestes dois anos, às minhas ausências em aniversários, dias das mães, dias dos pais, confraternizações familiares... Sou e sempre serei muito grata a vocês por tudo que fazem e já fizeram por mim.

A Roberto Biegelmeyer, que mesmo à distância sempre exerceu muito bem seu papel de irmão, tanto nos momentos agradáveis como nos momentos em que o grau de parentesco parecia ser inexplicável.

Ao meu namorado Iuri Vladimir Pioly Marmitt, pelo carinho, paciência, companheirismo, risadas e uma lista infindável de outras coisas boas que agregou à minha vida ao longo da reta final deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Nelson José Laurino Dionello, pela constante disponibilidade em me ajudar e oportunidades oferecidas.

Ao pesquisador Ph.D Fernando Flores Cardoso, pela contribuição em meu processo de amadurecimento profissional e por permitir a abertura de novos caminhos.

À pesquisadora Dra. Claudia Cristina Gulias Gomes, pela parceria nos trabalhos a campo e por gentilmente me acolher em sua casa durante as minhas estadias em Bagé.

Ao Dr. Leandro Quintana Nizoli, pelos sábios conselhos e por transmitir uma parcela de sua calma nos momentos em que precisei.

Ao professor MSc. Sergio Silva da Silva, pelo voto de confiança e pelas valiosas conversas e sugestões que enriqueceram meu trabalho.

À Dra. Tânia Regina Bettin dos Santos, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas (PPGZ/UFPel) e à Embrapa Pecuária Sul pela possibilidade de realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

À Conexão Delta G, por permitir o acesso e a utilização do seu banco de dados para as análises.

Aos colegas de trabalho na Embrapa Pecuária Sul, Bernardo, Paulo, Jonas, Adriano, Ariovaldo, Cledion, Ricardo e Márcio, pela participação, colaboração e paciência prestadas durante as coletas de dados a campo.

Ao Laboratório de Doenças Parasitárias da UFPel (LADOPAR), por fornecer a infra-estrutura necessária e uma excelente equipe de estagiários, imprescindíveis para a conclusão de muitas etapas deste trabalho.

Aos colegas de mestrado e amigos cultivados nesses dois anos, agradeço pelos momentos de cooperação em trabalhos e de descontração compartilhados!

RESUMO

BIEGELMEYER, Patrícia. **Resistência genética à infestação natural e artificial por *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* em bovinos das raças Hereford e Braford**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas.

O objetivo geral do presente estudo foi abordar diferentes perspectivas sobre a resistência genética de bovinos ao carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Para tanto, foi dividido em três trabalhos. Primeiramente, foi realizado um estudo de revisão que abrangeu alguns aspectos relacionados à resistência, como resultados de trabalhos que avaliaram a resistência de bovinos, fatores ambientais capazes de afetar os fenótipos de resistência e algumas descobertas na área da biologia molecular que poderão ser úteis no processo de identificação de animais geneticamente resistentes. O segundo trabalho objetivou estimar parâmetros genéticos para a resistência mensurada por dois métodos de avaliação em bovinos Hereford e Braford, e as correlações genéticas entre a resistência e características de crescimento dos animais. Os bovinos que participaram das avaliações foram provenientes de rebanhos controlados pelo programa de melhoramento da Conexão Delta G, localizados no estado do Rio Grande do Sul e criados a campo sobre pastagens naturais e artificiais. Foram avaliados dados de 6.462 bovinos com idade média de 18 meses, naturalmente infestados, sendo as contagens realizadas na região do entrepernas (ENT) em 3.413 animais entre 2001 e 2008, e 7.813 registros de contagens na lateral do corpo (LAT) de 3.049 bovinos realizadas entre 2009 e 2011. Foram utilizados também 109.566 dados de peso ao nascimento (PN), 112.815 registros de ganho de peso do nascimento à desmama (GPD) e 55.843 dados de ganho da desmama ao sobreano (GDS). Para as análises, os dados de contagens sofreram transformação logarítmica. As estimativas de herdabilidade dos métodos de avaliação obtidas por análise bicaracterística foram ENT = $0,152 \pm 0,043$ e LAT = $0,235 \pm 0,063$, e a correlação genética entre ambos foi de $0,575 \pm 0,220$. A análise unicaráter da LAT apontou uma repetibilidade de $0,312 \pm 0,014$. As associações genéticas entre a ENT e a LAT e as características de desenvolvimento avaliadas apontaram associações significativas entre ENT e PN ($0,220 \pm 0,102$), e favoráveis correlações negativas e entre LAT e GPD ($-0,211 \pm 0,099$) e LAT e GDS ($-0,650 \pm 0,125$) ($P < 0,05$). O terceiro trabalho objetivou analisar o efeito da resistência dos bovinos sobre características biológicas dos carrapatos. As teleóginas analisadas foram coletadas em 40 novilhas Braford classificadas como geneticamente resistentes (R) ou suscetíveis (S), de acordo com os valores genéticos obtidos para a característica de contagem de carrapatos, calculados com base em um banco de dados com registros de 9.036 animais das raças Hereford e Braford. Após a classificação, as novilhas selecionadas foram encaminhadas à Embrapa Pecuária Sul (Bagé, RS), onde foram submetidas a quatro infestações artificiais, com intervalos de 14 dias. Os pesos médios iniciais das teleóginas e os

pesos das quenóginas não diferiram entre os grupos de novilhas resistentes e suscetíveis. Fêmeas ingurgitadas em novilhas geneticamente suscetíveis apresentaram maior capacidade de postura ($R = 0,097 \pm 0,021g$ e $S = 0,109 \pm 0,030g$) e maiores índices de eficiência reprodutiva ($R = 47,23 \pm 5,85\%$ e $S = 53,27 \pm 3,74\%$) e nutricional ($R = 54,33 \pm 4,36\%$ e $S = 65,62 \pm 8,84\%$) que teleóginas ingurgitadas em novilhas resistentes.

PALAVRAS-CHAVE: bovinocultura, carrapatos, eficiência reprodutiva de teleóginas, parâmetros genéticos, seleção.

ABSTRACT

BIEGELMEYER, Patricia. **Genetic resistance to *Rhipicephalus* (Boophilus) *microplus* natural and artificial infestation in Hereford and Braford cattle.** Dissertation (Master of Science) – Pos Graduation Program in Zootechny, Federal University of Pelotas.

The overall aim of this study was to analyze different perspectives of *Rhipicephalus* (Boophilus) *microplus* genetic resistance. Therefore, the present study was divided into three manuscripts. Firstly, a literature review was conducted to present some aspects of tick resistance, like results of previous studies of bovine resistance, environmental effects on this triat, and some findings in molecular biology that will help to identify resistant animals. The second trial was conducted to estimate genetic parameters for tick resistance measured by two assessment methods in Hereford and Braford cattle, and genetic correlations between tick resistance and growth of animals. The animals belonging to the Delta G Connection genetic improvement consortium, were raised on nature and artificial pastures in Southern Brazil, and the age at the evaluation period was about 18 months. Data were analyzed from 6,462 bovines naturally exposed to ticks. The number of ticks was counted at inner hind legs region (IHL) of 3,413 animals between 2001 and 2008, and was recorded up to three consecutive counts at one side of body (LAT) in 3,049 bovines between 2009 and 2010, a total of 7,813 records. In addition, the database contained data of 109,566 birth weights (BW), 112,815 records of weight gain from birth to weaning (ADG) and 54,843 data of weight gain from weaning to yearling (PWG). For the analyses, tick count data was transformed using a logarithmic function. Heritability estimates obtained by bivariate analysis were IHL = 0.152 ± 0.043 and LAT = 0.235 ± 0.063 and genetic correlation between both methods was 0.575 ± 0.220 . Single-trait analysis of LAT indicated a repeatability of 0.312 ± 0.014 . Genetics association analysis between IHL and LAT and the development characteristics evaluated indicated significant associations between IHL and BW (0.220 ± 0.102), and favorable negative correlations between LAT and ADG (-0.211 ± 0.099) and LAT and PWG (-0.650 ± 0.125) ($P < 0.05$). The objective of third trial was to analyze the bovine genetic resistance effect on tick biological traits. The engorged female ticks analyzed were collected from 40 Braford heifers classified as genetically resistant (R) or susceptible (S), according to the breeding values for tick count, calculated based on a database with 9,036 records of Hereford and Braford bovines. After classification, the selected heifers were moved to an experimental area in Embrapa Pecuária Sul, located in the city of Bagé, in the Brazilian state of Rio Grande do Sul, and subjected to four artificial infestations, 14 days apart each one. Weights of engorged female ticks and of female ticks after oviposition did not differ between resistant and susceptible heifers. Female ticks engorged in genetically susceptible heifers showed higher capacity of posture (R = $0.097 \pm 0.021g$ and S = $0.109 \pm 0.030g$) and higher values of reproductive efficiency index (R = $47.23 \pm 5.85\%$ and S = $53.27 \pm 3.74\%$)

and of nutritional efficiency index ($R = 54.33 \pm 4.36\%$ and $S = 65.62 \pm 8.84\%$) than females ticks engorged in resistant heifers.

KEY WORDS: cattle production, cattle ticks, genetic parameters, selection, tick reproductive efficiency.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Média de carrapatos apresentada por novilhas Braford geneticamente resistentes e suscetíveis nos dias de maior infestação apresentada pelos animais (22º dia após a primeira infestação, e 21º dias nas demais) 82
- Figura 2 – Médias de peso de teleóginas (PT), peso da massa de ovos (PO), peso de quenógina (PQ), índice de eficiência reprodutiva (IER) e índice de eficiência nutricional (IEN) de teleóginas ao longo de quatro infestações artificiais (IA) em novilhas Braford resistentes e sensíveis ao carrapato 84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Cronograma de execução das atividades referentes ao projeto.....	26
---	----

LISTA DE TABELAS

2 PROJETO DE PESQUISA

Tabela 1 – Relação de custos dos materiais e serviços necessários para a execução do projeto	28
--	----

3 ARTIGO 2

Tabela 1 – Número de observações (N), média (Média), desvio-padrão (DP), mínimo (MÍN) e máximo (MÁX) das características de contagem de carrapatos na região do entrepernas (ENT), contagem na lateral do corpo (LAT), peso ao nascimento (PN), ganho de peso do nascimento à desmama (GND) e ganho de peso da desmama ao sobreano (GDS) de bovinos Hereford e Braford	62
Tabela 2 – Médias <i>a posteriori</i> das estimativas de herdabilidade (diagonal principal) e correlações genética (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) entre as contagens de carrapatos na região do entrepernas (ENT) e na lateral (LAT) do corpo de bovinos Hereford e Braford e respectivos componentes de (co) variância obtidos a partir de análise bicaráter bayesiana	69
Tabela 3 – Componentes de variância, herdabilidade e repetibilidade do número de carrapatos na lateral (LAT) do corpo de bovinos Hereford e Braford obtidos por análise unicaracterística	71
Tabela 4 – Estimativas de herdabilidade (diagonal principal) e correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) para características de crescimento até o sobreano e a contagem de carrapatos no entrepernas e na lateral do corpo de bovinos Hereford e Braford obtidos por análise multicaracterística	72

4 ARTIGO 3

Tabela 1 – Média e Desvio-Padrão do peso inicial de teleóginas (PT), peso de massa de ovos (MO), peso de quenóginas (PQ), e índices de eficiência reprodutiva (IER) e nutricional (IEN) de fêmeas ingurgitadas em novilhas Braford geneticamente resistentes ou sensíveis ao carrapato, infestadas artificialmente	81
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2 PROJETO DE PESQUISA	18
2. 1 Caracterização do problema	19
2. 2 Objetivos e Metas	21
2. 3 Metodologia e Estratégia de ação	22
2. 4 Resultados e Impactos esperados	24
2. 5 Cronograma, Riscos e Dificuldades	25
2. 6 Aspectos Éticos	27
2. 7 Orçamento	27
2. 8 Referências Bibliográficas	28
3 REVISÃO DE LITERATURA	30
3. 1 O carrapato <i>Rhipicephalus</i> (<i>Boophilus</i>) <i>microplus</i>	30
3. 2 Resistência genética dos bovinos ao carrapato	31
3. 3 Avaliação genética da resistência ao carrapato	34
4 RELATÓRIO DO TRABALHO DE CAMPO	38
4. 1 Local	38
4. 2 Período experimental	38
4. 3 Animais avaliados	38
4. 4 Coletas de dados	39
4. 5 Análises estatísticas	40
4. 6 Resultados	40
5 ARTIGO 1: ASPECTOS DA RESISTÊNCIA DE BOVINOS AO CARRAPATO RHIPICEPHALUS (BOOPHILUS) MICROPLUS	41
RESUMO	41

SUMMARY	42
5. 1 Introdução	42
5. 2 Variabilidade genética da resistência a <i>R. (B.) microplus</i>	44
5. 3 Fatores ambientais que afetam a resposta imune a carrapatos	46
5. 4 Marcadores moleculares e resistência	48
5. 5 Considerações finais	51
5. 6 Bibliografia	52
6 ARTIGO 2: Parâmetros genéticos para a característica de resistência ao carrapato avaliada por dois métodos em bovinos das raças Hereford e Braford	58
RESUMO	58
ABSTRACT	59
6. 1 Introdução	60
6. 2 Materiais e Métodos	61
6. 3 Resultados e Discussão	69
6. 4 Conclusões	73
6. 5 Referências	73
7 ARTIGO 3: Efeito da resistência genética de bovinos de corte sobre características biológicas do carrapato <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	76
RESUMO	76
ABSTRACT	77
7. 1 Introdução	77
7. 2 Materiais e Métodos	78
7. 3 Resultados e Discussão	81
7. 4 Conclusão	85
7. 5 Referências	85
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

1 INTRODUÇÃO GERAL

Com um rebanho estimado em cerca de 209 milhões de cabeças de gado em 2011, o Brasil detém o maior rebanho comercial do mundo e, desde 2004, a posição de maior exportador mundial de carne bovina (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2011). Para chegar à primeira posição, ultrapassou os Estados Unidos, que era, e ainda é, o maior produtor mundial e exportava em 2002 8,9% da sua produção. No mesmo ano, a Austrália era o maior exportador e colocava no comércio mundial 67,3% de sua produção, enquanto o Brasil exportava 12,4% do que produzia. Os Estados Unidos foram ultrapassados em 2003, e a Austrália em 2004, sendo que em 2007 o Brasil chegou a superar as exportações dos Estados Unidos e da Austrália somadas (CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA, 2009).

O Brasil tem grandes vantagens para a criação de bovinos, como a disponibilidade de grandes áreas de terras com custo relativamente baixo, clima favorável e baixa remuneração de mão de obra. Devido ao clima tropical predominante em várias regiões, é favorecido também com um maior número de dias de pastejo e com uma vasta variedade de espécies forrageiras, permitindo a adaptação de diversas raças (BRAGATTO, 2008). O chamado “boi verde” brasileiro, criado exclusivamente a pasto, tornou-se um produto muito valorizado no mercado exterior, principalmente após os episódios de encefalopatia espongiforme (“mal da vaca louca”). Além dos prejuízos ocasionados pelo surto da doença entre 2003 e 2004, os Estados Unidos têm maiores custos com o sistema de produção utilizado (confinamento), e a Austrália apresenta limitações devido à questão da escassez de água no país (CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA, 2009).

Apesar destas vantagens naturais para a produção de bovinos no território nacional, os índices zootécnicos observados nos plantéis brasileiros são inferiores àqueles que poderiam garantir a pecuária como uma atividade competitiva e sustentável. O importante papel desempenhado pelo Brasil no cenário mundial da

carne bovina tem impulsionado a condução de um número cada vez maior de pesquisas que estudam estratégias para o fortalecimento do país como produtor e exportador de produtos cárneos. Além disso, a abertura de novos mercados e a expansão de países produtores concorrentes reforçam o desafio de consolidação da posição de destaque do Brasil neste panorama. Segundo FIGUEIREDO (2005), a concorrência imposta por outras carnes de outras espécies, a dificuldade de inclusão de novas áreas para a exploração pecuária e a necessidade de estruturação de sistemas de produção competitivos e sustentáveis também têm induzido mudanças no perfil tecnológico da pecuária de corte brasileira.

O rebanho brasileiro é constituído basicamente por animais zebuínos (*Bos taurus indicus*) e seus cruzados (*Bos taurus taurus x Bos taurus indicus*), e em menor proporção por gado europeu (*Bos taurus taurus*). Cerca de 80% do rebanho é composto por bovinos de raças zebuínas, sendo que 90% desta parcela é formada por animais da raça Nelore (ABIEC, 2012), que apresentam maior rusticidade e capacidade de adaptação às condições trópicas brasileiras, tanto ao ambiente quanto ao sistema de produção. Por outro lado, os animais de origem taurina, mais exigentes nutricionalmente e menos adaptados a ambientes adversos, encontraram na região Sul do Brasil, caracterizada pelo clima mais frio e pastagens com maior valor nutritivo, condições mais favoráveis para seu desenvolvimento.

Como forma de atender às crescentes exigências dos mercados interno e externo, se faz necessária a busca por animais que apresentem características de alto potencial produtivo, precocidade e eficiência reprodutiva, aliadas a uma alta capacidade de adaptação ao ambiente. Em pecuária, o termo adaptação descreve a habilidade manifestada por um determinado genótipo em se ajustar às condições ambientais, sem afetar sua produção ou com o menor comprometimento possível de suas características produtivas (TURNER, 1980).

A disponibilidade de vastas áreas de terras permitiu por muitos anos que os sistemas de produção extensivos se caracterizassem pela baixa densidade animal. No entanto, o acelerado desenvolvimento agrícola e a crescente necessidade de implementação de sistemas mais produtivos em menores áreas de terra induziram mudanças marcantes nos tipos de criação. Na década de 40, a densidade animal média nos rebanhos era inferior a 0,4 cabeça/ha/ano, ultrapassando a densidade média de 0,8 cabeça/ha/ano no final da década de 80 (LEITE, 1988), média que se mantém até os dias atuais.

Concomitantemente a este aumento na densidade animal, ocorreram ainda melhorias expressivas em relação à qualidade das pastagens e crescimento na seleção por raças mais produtivas, desconsiderando-se, na maioria das vezes, as características de resistência a endo e ectoparasitas. Com a evolução observada nos sistemas de produção, alcançada pela criação de raças mais especializadas, pelo aumento da quantidade e da qualidade de pastagens e pelo aumento nas densidades animais por unidade de área, os efeitos deletérios dos parasitismos multiplicam-se, resultando em perdas consideráveis nos sistemas produtivos (LEITE et al., 2010). Neste sentido, o carrapato *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* se destaca como um dos maiores causadores de prejuízos na criação de bovinos, tanto de carne como de leite.

A inclusão da característica de resistência ao carrapato *R. (B.) microplus* como critério de seleção em programas de melhoramento vem sendo estudada como uma promissora alternativa para minimizar os prejuízos inerentes ao parasitismo nos rebanhos. Nesse sentido, é fundamental a condução de trabalhos que analisem a variabilidade genética desta característica em diferentes populações, através de diferentes métodos estatísticos e/ou mensurada através de diferentes métodos de avaliação fenotípica. Além disso, estudos paralelos que demonstrem os impactos do parasitismo sobre o desempenho dos animais reforçam o importante papel que a resistência genética dos animais ao carrapato pode exercer nos sistemas de produção.

2 PROJETO DE PESQUISA

**Resistência genética à infestação natural e artificial por *Rhipicephalus*
(*Boophilus*) *microplus* em bovinos de corte**

Responsável/Executora: Patrícia Biegelmeier (*Méd. Vet., Mestranda*)

Orientador: Nelson José Laurino Dionello, *Dr. (DZ/FAEM/UFPel)*

Co-orientadores:

Fernando Flores Cardoso, *Ph.D (Embrapa Pecuária Sul)*

Leandro Quintana Nizoli, *Dr. (FV/UFPel)*

Colaboradores:

Claudia Cristina Gulas Gomes, *Dr^a. (Embrapa Pecuária Sul)*

Sergio Silva da Silva, *MSc. (FV/UFPel)*

Tânia Regina Bettin dos Santos, *Dr^a (FV/UFPel)*

**Parecer favorável pela Comissão de Ética e Experimentação Animal (CEEA)
sob o número de registro 9409.**

Pelotas, janeiro de 2011.

2. 1 Caracterização do problema

O carrapato bovino *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* é um dos principais responsáveis pelas perdas econômicas nos sistemas de produção dos países tropicais e subtropicais. Os prejuízos causados pelo parasita são decorrentes tanto de sua ação direta sobre o hospedeiro, como anemias provocadas pelo hematofagismo e desvalorização do couro pela ocorrência de lesões e miíases, bem como de perdas indiretas relacionadas à transmissão dos patógenos responsáveis pela babesiose e anaplasmose, hemoparasitoses que caracterizam o complexo da Tristeza Parasitária Bovina. Diminuição na produção de leite e carne e altos custos com tratamentos químicos, equipamentos, instalações e mão de obra contribuem para compor o quadro de agravantes deste parasitismo.

Os carrapaticidas desempenham uma função indispensável no controle desse parasito, mas podem ocasionar a presença de resíduos na carne e leite, comprometendo a segurança alimentar. O uso indiscriminado de acaricidas também tem culminado no aparecimento de populações de *R. microplus* resistentes aos produtos, gerando grandes despesas com tratamentos ineficazes e a necessidade de altos investimentos para descoberta de novas drogas.

Sabe-se que bovinos *Bos indicus* são naturalmente mais resistentes que *Bos taurus* às infestações por *R. microplus*, e a existência de variabilidade genética para resistência ao ácaro demonstra que há potencial para o melhoramento dessa característica através da seleção de animais tolerantes ao carrapato (FRAGA et al., 2003). Assim, o conhecimento do grau de resistência dos indivíduos dentro de uma mesma raça, entre raças diferentes e em indivíduos cruzados torna-se uma importante alternativa para a implantação de práticas de melhoramento dos rebanhos.

O mecanismo da resistência é um fenômeno complexo e ainda pouco compreendido. Muitos estudos têm associado os fenótipos de resistência a mecanismos imunológicos adquiridos, após a exposição dos animais a infestações (KASHINO et al., 2005). Sabe-se que moléculas farmacologicamente ativas presentes na saliva do carrapato são capazes de modular ou evadir a resposta imune dos bovinos, de forma que o parasita consiga se manter e se alimentar sobre os hospedeiros (FRANCISCHETTI et al., 2009). Os mecanismos de defesa desenvolvidos pelos hospedeiros aos carrapatos incluem vias efetoras, como

anticorpos, sistema complemento e células, e vias regulatórias, como citocinas, células apresentadoras de antígenos e linfócitos T (LAMOREAUX et al, 2000; VALENZUELA, 2005). Assim, anticorpos que neutralizem a atividade destas proteínas salivares podem ser parcialmente responsáveis pelos fenótipos de resistência dos hospedeiros. A indução da produção de anticorpos por estas moléculas salivares podem indicar, ainda, a possibilidade de serem utilizadas na formulação de vacinas.

Além da utilidade no desenvolvimento de vacinas mais eficientes, a identificação dos mecanismos responsáveis por mediar a resistência aos carrapatos em bovinos é essencial no desenvolvimento de marcadores fenotípicos e/ou genéticos que permitam uma rápida identificação de indivíduos resistentes. Os genes que contribuem para os fenótipos de resistência permanecem desconhecidos, e parâmetros imunológicos envolvidos na resistência ainda não foram completamente descritos (PIPER et al., 2009).

A despeito das diferentes respostas imunes desencadeadas por bovinos contra o *R. microplus*, poucos trabalhos descrevem estas reações a nível sistêmico, sendo o maior enfoque direcionado ao estudo dos mecanismos locais (cutâneos) de defesa. A reação do sistema imunológico frente a desafios impostos pelo ambiente é uma das estratégias de defesa desenvolvidas pelos organismos para garantir sua sobrevivência e adaptação a situações adversas. Esta resposta a um agente estressor é chamada de estresse (CARRASCO; VAN DE KAR, 2003; NEGRÃO et al., 2004). O estado de estresse estimula a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, aumentando a concentração do hormônio cortisol na circulação sanguínea. Um dos efeitos deste glicocorticoide é o imunossupressor, capaz de inibir a resposta a infecções ou danos nos tecidos, atuando sobre neutrófilos, macrófagos e linfócitos (BLECHA, 2000; O'CONNOR et al., 2000; TIZARD, 2002; HICKEY et al., 2003), aumentando assim a suscetibilidade dos animais a enfermidades. Apesar do expressivo impacto sobre o desempenho geral de bovinos, e a observação de animais mais resistentes entre raças e dentro dos rebanhos, raros trabalhos encontrados na literatura avaliam o efeito das infestações sobre indicadores metabólicos como o cortisol e suas possíveis interações com indicadores do sistema imunológico e parâmetros hematológicos.

2. 2 Objetivos e Metas

Objetivos gerais:

Verificar os possíveis efeitos da utilização da contagem de carrapatos como critério de seleção de bovinos Hereford e Braford em um programa de melhoramento, e contribuir para o aumento de informações referentes às diferentes respostas imunológicas ao carrapato desenvolvidas por animais resistentes e suscetíveis.

Objetivos específicos:

- Determinar parâmetros genéticos (herdabilidade e repetibilidade) para a contagem de carrapatos em bovinos Hereford e Braford submetidos a infestações naturais;
- Verificar as correlações genéticas entre a característica de resistência ao carrapato e características de importância econômica;
- Obter o valor genético dos animais, determinando quais os indivíduos resistentes e os suscetíveis;
- Quantificar a frequência de anticorpos anti-saliva de carrapato específicos em bovinos Braford resistentes e suscetíveis infestados artificialmente;
- Analisar a dinâmica da produção de cortisol ao longo das infestações artificiais, comparando com os fenótipos de resistência e suscetibilidade;
- Acompanhar possíveis alterações sistêmicas (através de parâmetros hematológicos) ao longo das infestações;
- Verificar se há interação entre os indicadores de resposta imune avaliados (produção de anticorpos, de cortisol e parâmetros hematológicos) e os fenótipos de resistência;
- Preparar resumos e artigos científicos, que serão publicados em congressos nacionais e internacionais e em periódicos da área;
- Elaborar uma dissertação de mestrado.

2.3 Metodologia e Estratégia de ação

Os animais que fornecerão dados para as análises deste projeto pertencem a rebanhos das raças Hereford e Braford, criados no Rio Grande do Sul e que participam do programa de melhoramento Conexão Delta G. A infestação por carrapatos será monitorada através de contagens das fêmeas adultas do parasita com tamanho superior a 4,5mm em um dos lados do corpo do animal, realizadas nas fazendas participantes por técnicos e produtores. As contagens serão efetuadas nos meses de maior incidência do parasita e o grau de infestação será avaliado pela média de pelo menos duas contagens consecutivas, com intervalos de aproximadamente 30 dias, conduzidas no sobreano dos animais. Durante o período de contagens, os animais não receberão anti-parasitários com efeito acaricida prolongado. Se necessário, receberão tratamento com produtos de baixo efeito residual, que não impedirão a reinfestação dos animais após poucos dias, permitindo uma nova contagem de teleóginas cerca de 30 dias após o tratamento.

As informações coletadas em nível de campo serão armazenadas em uma base de dados contendo, além de registros de contagem de carrapatos, dados de desempenho (como pesos, ganhos de pesos, perímetro escrotal, etc.) e informações genealógicas. As avaliações serão feitas dentro de grupos contemporâneos, com registros sobre o manejo sanitário e alimentar, informações de genealogia, controle de nascimento e produção. O banco de dados gerado será analisado para obtenção da herdabilidade e da repetibilidade para a contagem de carrapatos, informando se a contagem responderia de forma eficaz à seleção, e quantas contagens são necessárias para determinar com maior precisão se um animal apresenta resistência ou suscetibilidade às infestações.

A correlação das contagens com outras características produtivas serão analisadas, como forma de verificar se a seleção pela contagem prejudicaria algum desempenho dos animais. A partir destes parâmetros será possível calcular o valor genético dos animais para a contagem de carrapatos, possibilitando a execução da próxima etapa do projeto.

O modelo a ser usado nas análises será o seguinte:

$$y = Xb + Za + Wp + e$$

em que

y = vetor das observações;

X = matriz de incidência dos efeitos fixos e da covariável idade;

b = vetor dos efeitos fixos (grupo de contemporâneos e idade como covariável);

Z = matriz de incidência do efeito genético aditivo dos animais;

a = vetor dos efeitos genéticos aditivos dos animais;

W = matriz de incidência dos efeitos de ambiente permanente;

p = vetor dos efeitos aleatórios ambientais permanentes;

e = vetor dos efeitos aleatórios residuais.

As pressuposições adotadas para o modelo acima são:

$$\mathbf{a} \mid \mathbf{A}, \sigma_a^2 \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{A}\sigma_a^2)$$

$$\mathbf{p} \mid \mathbf{I}, \sigma_p^2 \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{I}\sigma_p^2)$$

$$\mathbf{e} \mid \mathbf{I}, \sigma_e^2 \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{I}\sigma_e^2)$$

em que

A = numerador da matriz de parentesco;

I = matriz identidade;

σ_a^2 , σ_p^2 e σ_e^2 = componentes de variância genética aditiva, de ambiente permanente e residual, respectivamente.

A herdabilidade (h^2) e a repetibilidade (r) serão calculadas por:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_p^2 + \sigma_e^2} \quad r = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_p^2}{\sigma_a^2 + \sigma_p^2 + \sigma_e^2}$$

Os efeitos incluídos no modelo e os componentes de (co)variância serão estimados por meio do programa *Intergen* (CARDOSO, 2008), usando uma abordagem bayesiana.

Para um total de cerca de 2 mil animais que participarão das contagens, 42 fêmeas da raça Braford serão selecionadas conforme o valor genético para contagem de carrapatos apresentado (21 extremos de resistência e suscetibilidade).

Estes animais serão transportados das fazendas de origem para a Embrapa Pecuária Sul, em Bagé/RS, onde serão submetidos às mesmas condições de manejo e a infestações artificiais com larvas de *B. microplus* preparadas em laboratório e obtidas a partir de cepas não contaminadas por *Babesia sp.* Serão realizadas quatro infestações, com intervalos de 15 dias entre cada desafio.

Amostras de sangue serão coletadas antes, durante e após o período de infestações, por punção da veia jugular utilizando tubos *Vacutainer*® com e sem anticoagulante. As amostras dos tubos sem anticoagulante serão centrifugadas para separação dos soros, que serão acondicionados em tubos de *ependorf* e armazenados a -20°C até o momento da realização dos testes sorológicos. Estes testes fornecerão informações sobre o perfil de anticorpos e cortisol produzidos pelo grupo de animais resistentes e do grupo de animais suscetíveis. Hemogramas serão realizados a partir dos tubos com anticoagulante, como forma de verificar a ocorrência de alterações nos parâmetros hematológicos (como hematócrito, contagem total e diferencial de leucócitos, e fibrinogênio, entre outros), e correlacioná-las com as demais variáveis relacionadas à resposta imune dos animais (produção de anticorpos e cortisol) e os fenótipos de resistência expressos.

Os exames laboratoriais serão realizados no Laboratório de Parasitologia da Embrapa Pecuária Sul de Bagé e no Laboratório de Doenças Parasitárias da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal de Pelotas. As análises de cortisol serão realizadas em laboratório terceirizado.

2. 4 Resultados e Impactos esperados

Indicadores de resultados ao final do projeto:

- Obtenção das estimativas de herdabilidade e repetibilidade da característica de contagem de carrapatos, e sua correlação com características produtivas;
- Caracterização da resposta imune de bovinos ao carrapato de acordo com o nível de resistência dos animais;
- Publicação dos resultados;
- Definição das estratégias de uso das informações geradas;
- Defesa da dissertação.

Repercussão e/ou impactos dos resultados:

O projeto propõe-se a demonstrar a validade da contagem de carrapatos como critério de seleção de bovinos mais resistentes. Desta forma, a característica de resistência poderá ser incluída em estratégias de melhoramento genético dos rebanhos, proporcionando, no médio e longo prazo, a criação de animais que necessitem de menos tratamentos químicos, diminuindo, conseqüentemente:

- Os custos dos tratamentos com drogas acaricidas;
- A presença de resíduos químicos na carne e derivados;
- A contaminação do ambiente pelo manejo dos banhos de imersão e pulverização;
- As chances de intoxicação dos trabalhadores que aplicam os tratamentos altamente tóxicos;
- A necessidade de constantemente buscar novos princípios ativos pelo recorrente desenvolvimento de resistência do parasito.

Além disso, o projeto visa estudar os diferentes padrões de resposta imunológica desenvolvidos pelos hospedeiros, contribuindo para:

- Aumentar a quantidade e qualidade das informações a respeito das diferenças entre animais resistentes e suscetíveis ao carrapato;
- Uma melhor compreensão dos mecanismos imunes envolvidos na expressão de fenótipos de resistência;
- Auxiliar e estimular novos estudos que busquem elucidar as bases imunológicas e moleculares responsáveis pelas diferenças genéticas apresentadas pelos animais em relação à característica de resistência ao carrapato.

2. 5 Cronograma, Riscos e Dificuldades

A estruturação do projeto e as condições de trabalho são adequadas para atingimento de seus objetivos e metas e a obtenção dos resultados esperados; todavia, possíveis dificuldades estão relacionadas à dependência de parceiros

2.6 Aspectos Éticos

Durante o período de contagens de carrapatos, os animais não receberão tratamento anti-parasitário de efeito carrapaticida prolongado, como forma de possibilitar a contagem de teleóginas ingurgitadas. Não serão submetidos a esta infestação natural os animais que previamente ao período de contagens se apresentarem debilitados.

Animais que durante o período de contagens apresentarem elevada infestação serão tratados com carrapaticidas de baixo efeito residual após a contagem, como os usados em banheiros de aspersão ou imersão, ou pulverização. Estes acaricidas de contato possuem efeito residual de aproximadamente cinco a dez dias, período após o qual os animais começarão a se infestar novamente por larvas do parasita. As larvas levam em torno de 21 dias para se desenvolverem até a fase adulta, quando, então, poderá ser realizada uma nova contagem de fêmeas ingurgitadas. Desta forma, neste sistema de tratamento haverá um intervalo médio de 30 dias entre as contagens.

Animais que apresentarem intensa infestação acompanhada de quaisquer sinais clínicos de doença receberão tratamento adequado e serão excluídos do processo de infestações e contagens.

2.7 Orçamento

Os orçamentos abaixo referem-se aos materiais que serão adquiridos para realização das coletas de sangue dos animais, e às análises de cortisol sérico que serão efetuadas em laboratório terceirizado.

Fonte financiadora: CAPES/PROAP

Tabela 1 – Relação de custos dos materiais e serviços necessários para a execução do projeto.

Material (Especificação Técnica)	Unid.	Quant.	Valor Unitário	Total
Tubos Vacutainer 5ml com EDTA – Vacuplast	Cxa.	04	R\$ 28,40	R\$ 113,60
Tubos Vacutainer 5ml sem EDTA – Vacuplast	Cxa.	04	R\$ 28,90	R\$ 115,60
Agulhas Vacutainer Múltipla 25x8 Multipla	Cxa.	04	R\$ 23,90	R\$ 95,60
Aplicador p/ Vacutainer Plast Cral – BD	Un.	400	R\$ 0,80	R\$ 320,00
Placas de Petri 90x15 cm – Perfecta	Un.	10	R\$ 2,44	R\$ 24,40
Seringas descartáveis 3mL não agulhadas - Embramac	Un.	100	R\$ 0,17	R\$ 17,00
Lâminas Histológicas 26x76 mm Foscas - Exacta	Cxa.	12	R\$ 1,85	R\$ 22,20
Luvras procedimento – Supermax	Cxa.	04	R\$ 28,40	R\$ 113,60
Análises de cortisol	Un.	120	R\$ 29,60	R\$ 3.552,00
TOTAL			R\$ 4.327,90	

2. 8 Referências Bibliográficas

BLECHA, F. Immune system response to stress. In: MORBERG, G.P.; MENCH, J.A. **The biology of animals stress: basic principles and implications for animal welfare**. New York: CABI Publishing, 2000. p.111-121.

CARDOSO, F. F. **Manual de utilização do programa INTERGEN – Versão 1.0 em estudos de genética quantitativa animal**. Embrapa Pecuária Sul, Bagé, 2008. 74p.

CARRASCO, G.A.; VAN DE KAR, L.D. Neuroendocrine pharmacology of stress. **European Journal of Pharmacology**, v.463, p.235-272, 2003.

FRAGA, A.B.; ALENCAR, M.M.; FIGUEIREDO, L.A.; RAZOOK, A.G.; J.N.G. CYRILLO, J.N.G. Análise de Fatores Genéticos e Ambientais que Afetam a Infestação de Fêmeas Bovinas da Raça Caracu por Carrapatos (*Boophilus microplus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.578-1586, 2003.

FRANCISCHETTI, I.M.; SA-NUNES, A.; MANS, B.J.; SANTOS, I.M.; RIBEIRO, J.M. The role of saliva in tick feeding. **Frontiers in Bioscience**, v.14, p.2051-2088, 2009.

HICKEY, M.C.; DRENNAN, M.; EARLEY, B. The effect of abrupt weaning of suckler calves on the plasma concentrations of cortisol, catecholamines, leukocytes, acute-

phase proteins and in vitro interferon-gamma production. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2847-2855, 2003.

KASHINO, S.S.; RESENDE, J.; SACCO, A.M.; ROCHA, C.; PROENCA, L.; CARVALHO, W.A.; FIRMINO, A.A.; QUEIROZ, R.; BENAVIDES, M.; GERSHWIN, L.J.; DE MIRANDA SANTOS, I.K. *Boophilus microplus*: the pattern of bovine immunoglobulin isotype responses to high and low tick infestations. **Experimental Parasitology**, v.110, p.12-21, 2005.

LAMOREAUX, W.J.; NEEDHAM, G.R.; COONS, L.B. Evidence that dilatation of isolated salivary glands ducts from the tick *Dermatocenter varibialis* (Say) is mediated by nitric oxid. **Journal of Insect Physiology**, v.46, p.959-964, 2000.

NEGRÃO, J.A.; PORCIONATO, M.A.F.; De PASSILLÉ, A.M.; RUSHEN, J. Cortisol in saliva and plasma of cattle after ACTH administration and milking. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.1713-1718, 2004.

O'CONNOR, T.M.; O'HALLORAN, D.J.; SHANAHAN, F. The stress response and the hypothalamic-pituitary-adrenal axis: from molecule to melancholia. **Quarterly Journal of Medicine**, v.93, p.323-333, 2000.

PIPER, E.K., JONSSON, N.N., GONDRO, C., LEW-TABOR, A.E., MOOLHUIJZEN, P., VANCE, M.E., JACKSON, L.A. Immunological profiles of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle infested with the cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Clinical and Vaccine Immunology**, v.16, p.1074-1086, 2009.

TIZARD, I.R. O fenômeno da imunidade. In: TIZARD, I.R. **Imunologia Veterinária – Uma introdução**. 6ed. São Paulo: Editora Roca, 2002. p.271-274.

VALENZUELA, J.G. Blood-feeding arthropod salivary glands and saliva. In: MARQUART, W.C.; BLACK, W.C.; FREIER, J.E.; HAGEDORN, H.H.; HEMINGWAY, J.; HIGGS, S.; JAMES, A.A.; KONDRATIEFF, B.; MOORE, C.G. (editors). **Biology of Disease Vectors**, 2ed. San Diego: Elsevier, 2005. p.377-386.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

Em países de clima tropical e subtropical, um dos fatores ambientais que mais afetam a produção de bovinos e que acarretam grandes quedas na produtividade dos animais são as infestações parasitárias, principalmente as causadas por ectoparasitas (ALENCAR et al., 2005). A ocorrência do carrapato *R. (B.) microplus* na América do Sul iniciou entre os séculos XVI e XVII através da chegada de colonizadores, e a importação de bovinos zebuínos da Ásia é considerada a causa mais provável de sua introdução no Brasil (NUÑES et al., 1982). A espécie encontra-se distribuída entre os paralelos 32°N, passando pelo sul dos Estados Unidos, região mediana do México e norte da África, e 32°S, cortando o sul do Brasil, centro do Uruguai e da Argentina e sul da Austrália (GONZALES, 1995).

O *R. (B.) microplus* é um ectoparasita hematófago monoxeno, ou seja, depende de apenas um hospedeiro (bovinos) para realizar seu ciclo evolutivo. Seu ciclo de vida se divide em duas fases: uma de vida parasitária, que ocorre no corpo do hospedeiro e dura aproximadamente 21 dias; e uma de vida livre, ou não parasitária, que ocorre no solo e vegetação e é bastante afetada pelas condições ambientais. Além de ser favorecido por fatores como temperatura, umidade, radiação solar e precipitação pluvial, a melhoria das áreas de pastagens com a utilização de novas variedades e espécies de gramíneas para pastejo, ao mesmo tempo em que permitem uma maior lotação animal por área, também favorecem a multiplicação, sobrevivência e desenvolvimento do carrapato (FURLONG, 1992; FURLONG et al., 2002)

O prejuízo direto promovido pelo parasitismo está associado à redução dos índices produtivos dos animais, sendo que perdas de peso e diminuição na produção de leite são apenas alguns dos efeitos decorrentes da irritabilidade e da espoliação sanguínea causadas pela fixação e alimentação dos parasitas sobre os hospedeiros. Depreciação do couro, capacidade de transmissão de agentes

patogênicos e os gastos demandados por tratamentos e controle químico reforçam a importância da ação direta e indireta do *R. (B.) microplus* sobre bovinos.

Apesar dos vários estudos que buscam demonstrar a eficiência de métodos alternativos de controle, como a imunização e o controle biológico (RODRÍGUEZ VALLE et al., 2004; WILLADSEN, 2006, 2008; LEEMON et al., 2008; SAMISH et al., 2008; SANTI et al., 2009), tradicionalmente o método mais empregado é o químico, através da aplicação de diferentes formulações comerciais, que variam em seu princípio ativo e/ou métodos de aplicação. Os acaricidas comercialmente disponíveis são classificados de acordo com o princípio ativo componente e, desde o lançamento dos arsênicos em 1910, foram utilizados sequencialmente produtos a base de compostos arsenicais, organoclorados, organofosforados, piretroides sintéticos, amidinas, benzoilfenilurétrias, fenilpirazol e lactonas macrocíclicas (MARTINS, 2006).

Os inconvenientes da utilização contínua dos carrapaticidas são amplamente descritos na literatura, como os altos custos com os tratamentos e a possibilidade de contaminação dos alimentos e do ambiente com resíduos químicos. Além disso, o uso em larga escala e indiscriminado dos produtos promove uma rápida disseminação de populações de carrapatos resistentes, prejudicando o controle químico futuro dos ectoparasitas nas propriedades.

Considerando tais aspectos, é fundamental que métodos complementares de controle do *R. (B.) microplus* sejam investigados, a fim de oferecer aos produtores opções eficientes que auxiliem no manejo sanitário dos rebanhos. Uma das alternativas apontadas por FRISCH et al. (2000) é a prática de seleção de animais geneticamente resistentes às infestações e a introdução de genes relacionados à resistência nos rebanhos.

3. 2 Resistência genética dos bovinos ao carrapato

As diferentes pressões de seleção às quais foram submetidas as raças bovinas ao longo do processo evolutivo são responsáveis por muitas das diferenças fenotípicas, fisiológicas e zootécnicas observadas nos tipos raciais atuais. Animais *B. indicus*, originados da Ásia, conviveram por muitos anos com o carrapato *R. (B.) microplus*, de maneira que a seleção natural atuou sobre estes indivíduos no sentido

de preservar os genótipos favoráveis à resistência ao ectoparasita, perpetuando, ao longo de inúmeras gerações, muitos genes de pequeno efeito individual. Ao mesmo tempo, a seleção natural favoreceu aqueles carrapatos com certa capacidade de evadir as defesas montadas pelos hospedeiros, de forma que a interface parasita/hospedeiro é baseada em uma relação de equilíbrio. Assim, tanto os zebuínos se adaptaram aos carrapatos, como os parasitas ao sistema imune dos zebuínos.

A mesma relação de equilíbrio não foi estabelecida entre o *R. (B.) microplus* e bovinos *B. taurus*, originados de regiões livres de carrapatos e que quando introduzidos em áreas de estabilidade enzoótica¹ não são capazes de montar uma resposta imunológica eficiente contra o ectoparasita e os agentes por ele veiculados, sendo comum nestas situações a ocorrência de surtos do complexo denominado Tristeza Parasitária Bovina (TPB). De acordo com GOMES et al. (1989), a introdução de genes taurinos eleva os níveis de infestação nos rebanhos, proporcionalmente à composição genética dos animais. Ainda de acordo com os autores, bovinos da raça Nelore produzem uma população anual de três a quatro fêmeas do ectoparasita por dia, média suficiente para a manutenção do equilíbrio enzoótico da TPB. Já bovinos cruzados “meio sangue” (1/2 *B. indicus* x 1/2 *B. taurus*) apresentam uma população média anual de 20 a 25 fêmeas por dia, enquanto animais da raça Ibagé (3/8 Nelore x 5/8 Angus) apresentam população média anual de 60 fêmeas por dia.

Frente a isso, muitos produtores já optam por criar raças consideradas mais resistentes ou aumentar a frequência de genes zebuínos nos rebanhos. Apesar de minimizar os impactos decorrentes dos altos níveis de infestação, esta prática acaba se opondo ao que poderia ser uma alternativa para incrementar a produtividade de muitos sistemas de criação de bovinos de corte e tornar o setor mais competitivo, através do aumento da participação de animais *B. taurus* nos plantéis como forma de melhorar características como as relacionadas à qualidade da carne, por exemplo. Já foi demonstrado, no entanto, a existência de variabilidade genética para

¹ Do ponto de vista epidemiológico, existem três situações distintas para a TPB no Brasil: áreas livres da doença, onde as condições climáticas não favorecem o desenvolvimento do carrapato; áreas de instabilidade enzoótica, onde, devido às condições climáticas adversas em certas épocas, o ciclo de vida do carrapato é interrompido por alguns meses; e áreas de estabilidade enzoótica, onde o parasita consegue se desenvolver durante todo o ano. Nestas situações, os bezerras são infectados com os agentes da TPB já nos primeiros meses de idade, quando estão protegidos pelos anticorpos colostrais. A constante exposição ao carrapato estimula o desenvolvimento da imunidade ativa, de forma que os animais não manifestam a forma clínica da doença.

a característica de contagem de carrapatos em animais de mesma composição genética, de forma que mesmo dentro de um rebanho de animais de uma raça considerada suscetível a seleção pela resistência poderia ser aplicada e resultar em progressos genéticos (CARDOSO et al., 2006).

Como forma de quantificar o efeito do parasitismo com a perda de peso em bovinos de origem taurina e zebuína, JONSSON (2006) relatou que cada carrapato foi responsável por reduzir em $1,37 \pm 0,25$ g/dia o peso de animais *B. taurus*, e em $1,18 \pm 0,21$ g/dia em animais *B. indicus*. Apesar de não ter sido observada diferença estatística entre os dois grupos, o autor constatou que bovinos de origem zebuína carregavam apenas de 10 a 20% do número total de ectoparasitas encontrados nos de origem europeia, de forma que as perdas em *B. indicus* seriam 5 a 10 vezes inferiores que em *B. taurus*.

Os processos imunológicos desenvolvidos pelos bovinos e que podem afetar o nível de resistência dos animais ainda não estão completamente esclarecidos, mas sabe-se que as formas pelas quais o hospedeiro expressa resistência podem variar de acordo com fatores ambientais e genéticos. Inúmeros trabalhos já foram conduzidos no sentido de elucidar algumas questões, e diferentes mecanismos de resistência já foram propostos. É seguro afirmar, no entanto, que o sucesso da relação parasito-hospedeiro é um balanço entre as limitações impostas ao parasito pelas defesas do hospedeiro e a habilidade do parasita em modular, evadir ou restringir esta resposta imune. O desequilíbrio entre o potencial imunológico dos animais e o potencial de evasão dos parasitas determina a maior suscetibilidade ou resistência apresentada pelos indivíduos.

As estratégias de resistência presentes nos bovinos são capazes de afetar não somente o grau de infestação por carrapatos, mas também características de desenvolvimento do parasita. Os efeitos da imunidade são observados em diferentes fases do ciclo biológico do carrapato, e parâmetros fisiológicos que podem ser comprometidos estão relacionados ao tamanho e eficiência reprodutiva das teleóginas, como diminuição no peso, produção e viabilidade de ovos, desprendimento prematuro, dificuldade em realizar a muda, redução nas taxas de fecundidade e eclodibilidade e morte de fêmeas ingurgitadas (OBEREM, 1984; MARADAY; GONZALES, 1984; WIKEL, 1996).

Os diferentes estágios parasitários dos carrapatos induzem diferentes reações de defesa nos hospedeiros, sendo que as respostas imunes são eficazes

principalmente contra as formas larvais do ectoparasita. Mais da metade das larvas que atingem os animais não conseguem se fixar e se desenvolver até a forma adulta, e apenas 12% das larvas que se fixam completa o ciclo de vida (ROBERTS, 1968; NUÑES et al., 1982).

Muitas das características de adaptabilidade que os zebuínos perpetuaram ao longo do processo de seleção natural podem contribuir para os atuais fenótipos resistentes observados nestes animais, por isso alguns investigadores acreditam que as manifestações de resistência ao *R. (B.) microplus* em bovinos pode ser mediada por mecanismos fisiológicos e celulares inatos. Atividade de autolimpeza, cor e espessura de pele, tipo de pelagem, área total de pele disponível para infestação, ou presença de substratos não compatíveis com enzimas digestivas dos carrapatos são citados como algumas das estratégias de defesa inata apresentadas pelos animais (TURNI et al., 2002; VERÍSSIMO et al., 2002; FRAGA et al., 2003). No entanto, mesmo que alguns estudos indiquem a possibilidade de ocorrência de mecanismos imunológicos inatos, outros pesquisadores consideram que animais *B. taurus* e *B. indicus* são igualmente suscetíveis na primeira exposição às larvas de *R. (B.) microplus*, de forma que a resistência apresentada pelos indivíduos é um fenômeno adquirido ao longo de repetidas infestações (SKALLOVÁ et al., 2008; PIPER et al., 2009, 2010; CARVALHO et al., 2008, 2011).

3.3 Avaliação genética da resistência ao carrapato

Frente ao atual panorama da bovinocultura no mundo, identifica-se a importância cada vez maior de uma produção eficiente, caracterizada pelo encurtamento do ciclo de produção e por produtos de melhor qualidade (QUEIROZ et al., 2009). Neste contexto, o melhoramento genético animal é uma das ferramentas que permitem alcançar estes objetivos, através do uso da seleção de reprodutores e/ou cruzamentos. Segundo FRISCH e O'NEILL (1998), o método mais eficiente para combinar altos níveis de adaptabilidade e potencial produtivo é a seleção simultânea de características que aumentem a adaptação e de características que aumentem o potencial produtivo

A produção de animais eficientes em ambientes diversos pode ser alcançada pela combinação das duas principais ferramentas do melhoramento genético:

seleção e cruzamentos. Na seleção, indica-se quais animais de uma geração serão os pais da geração seguinte, e quantos filhos eles deixarão. De modo geral, tem o objetivo de melhoria e/ou fixação de alguma característica de importância, ou seja, aumenta a frequência de alelos favoráveis na população. O cruzamento entre raças tem como metas a produção de heterose ou vigor híbrido, a combinação dos méritos genéticos de diferentes raças em um único indivíduo e a rápida incorporação do material genético desejado (EUCLIDES FILHO, 1999; EUCLIDES FILHO et al., 2000).

Apesar da maior tolerância ao clima tropical e resistência a endo e ectoparasitas, características relacionadas à produtividade de animais *B. indicus*, como ganhos de peso na fase pré e pós-desmama e fertilidade são consideradas inferiores em relação aos animais *B. taurus*. Segundo MORRIS (2007), quando fatores potencialmente estressores são removidos do ambiente, bovinos de origem europeia geralmente apresentam maiores taxas de crescimento que os de origem zebuína. No entanto, quando as condições ambientais se tornam mais desfavoráveis, como nos casos de desafios parasitários, a situação oposta é observada. Além disso, a qualidade de carne e carcaça dos taurinos é superior, principalmente em relação à maciez, característica organoléptica relacionada à qualidade da carne mais valorizada pelos consumidores (O'CONNOR et al., 1997). Para QUEIROZ et al. (2009), os cruzamentos são uma alternativa para aumentar a produtividade dos sistemas de produção, aliando o potencial genético das raças europeias, especializadas na produção de carne, à rusticidade e adaptabilidade das raças zebuínas.

Como demonstrado por diversos trabalhos (CARDOSO, 2000; SILVA et al., 2006; AYRES et al., 2009), a introdução de genes taurinos em um rebanho eleva o nível médio das infestações proporcionalmente à composição genética dos animais, podendo desestabilizar situações de equilíbrio enzoótico e ocasionar perdas econômicas devido aos custos com tratamentos e/ou morte de animais por tristeza parasitária. Assim, a estratégia de incrementar os índices zootécnicos dos rebanhos brasileiros (compostos em sua maioria por animais *B. indicus*), através da intensificação do uso de raças europeias em cruzamentos, se torna inviável na maioria do território nacional, onde as condições ambientais permitem a prevalência de zonas de estabilidade enzoótica.

Em programas de melhoramento animal, a condição essencial para que seja possível elaborar e conduzir estratégias para o incremento genético é a existência de variabilidade entre os indivíduos candidatos à seleção. Para tanto, os animais passam primeiramente por uma fase de avaliação fenotípica, onde são registradas as diferenças observáveis nos animais. No caso da característica de resistência ao *R. (B.) microplus*, o método tradicional para a avaliação fenotípica dos indivíduos é baseado nos trabalhos de VILLARES (1941), WILKINSON (1955) e WHARTON e UTECH (1970) é a monitoração da carga de carrapatos apresentada pelos bovinos através da contagem, em um dos lados do corpo do animal, das teleóginas (fêmeas ingurgitadas) com tamanho entre 4,5 e 8 mm de comprimento. Esta metodologia é adotada internacionalmente (FAO, 1984), e já foi demonstrado por WHARTON e UTECH (1970) que fornece estimativas confiáveis do número de fêmeas ingurgitadas que se desprenderão do animal e infestarão o ambiente 24 horas após a contagem.

No entanto, o fenótipo dos indivíduos é resultado dos efeitos de seus genes e também dos efeitos exercidos pelo ambiente. Apenas uma parcela da variabilidade fenotípica observada nos candidatos à seleção é de origem genética aditiva, ou seja, passível de ser herdada pela progênie. Assim, a eficiência de qualquer processo de avaliação genética dos animais e de seleção depende da obtenção de estimativas acuradas dos parâmetros genéticos das características de interesse na população, essenciais para a identificação precisa dos reprodutores geneticamente superiores. E esta geralmente corresponde a uma etapa complexa, fazendo-se necessária a definição do método estatístico mais adequado e que melhor reflita o comportamento biológico das características em estudo (FARIA et al., 2007).

Muitos métodos de estimação de componentes de variância já foram propostos para o melhoramento animal, sendo que atualmente a metodologia padrão para avaliação genética dos animais é baseada no método dos modelos mistos descrito por HENDERSON (1953). Basicamente, a metodologia consiste na predição dos valores genéticos (considerados aleatórios), ajustando-se as observações fenotípicas em relação aos efeitos fixos, geralmente associados a efeitos ambientais (YOKOO, 2009). Sendo um caso de inferência clássica, os fundamentos do método consideram que os parâmetros desconhecidos (que se quer estimar) apresentam valores fixos ou constantes, de forma que a inferência consiste

apenas em se observar como as estimativas dos parâmetros se distribuíram caso a experiência fosse repetida infinitas vezes (BLASCO, 2001).

Apesar de permitir a inclusão das informações da matriz de parentesco e, conseqüentemente, aumentar a acurácia das estimativas se comparada a outros métodos frequentistas desenvolvidos anteriormente, a utilização dos modelos mistos apresenta algumas limitações, como a alta demanda computacional e a necessidade de conhecimento prévio dos componentes de variância.

Como forma de contornar as limitações apresentadas pelos métodos clássicos, inúmeros trabalhos (GIANOLA; FERNANDO, 1986; WANG et al., 1994; VAN TASSEL et al., 1995; SCHENKEL et al., 2002) já foram desenvolvidos no sentido de apresentar a inferência Bayesiana como alternativa para a estimação de componentes de variância e avaliação genética em diferentes espécies animais.

A estatística Bayesiana está fundamentada no teorema de Bayes, desenvolvido pelo matemático Thomas Bayes, baseado no conceito de probabilidades condicionais (MOOD et al., 1974). Na inferência Bayesiana, os parâmetros são considerados variáveis aleatórias com distribuições *a priori* que refletem o nível de conhecimento sobre eles, mesmo antes de serem obtidos os dados (GIANOLA; FERNANDO, 1986; BEAUMONT; RANNALA, 2004). Objetiva-se, com isso, descrever toda a informação sobre o valor de determinado parâmetro, utilizando-se da probabilidade como uma medida condicional da incerteza (BLASCO, 2001; BERNARDO, 2002). Dessa forma, a principal diferença entre a inferência Bayesiana e a frequentista é que a Bayesiana considera o parâmetro uma variável aleatória, que apresenta uma distribuição de probabilidade. Na inferência frequentista, os parâmetros são valores fixos, não sendo possível atribuir a eles uma distribuição de probabilidade.

4 RELATÓRIO DO TRABALHO DE CAMPO

4.1 LOCAL

A primeira fase do estudo (infestações naturais) foi conduzida em diferentes propriedades localizadas no estado do Rio Grande do Sul. Participaram das avaliações desta fase: Agropecuária Caty S.A. (Santana do Livramento/RS), Estância Guatambu (Dom Pedrito, RS), Estância São Bento (Dom Pedrito, RS), Estância São Manoel (Alegrete, RS), Estância Silêncio (Alegrete, RS), Fazenda Nogueira (Dom Pedrito, RS) e Grupo Pitangueira (Itaqui, RS).

A segunda fase (infestações artificiais) foi desenvolvida em campos experimentais localizados na Embrapa Pecuária Sul, na cidade de Bagé, RS.

4.2 PERÍODO EXPERIMENTAL

As infestações naturais apresentadas pelos animais foram avaliadas entre novembro de 2009 e maio de 2011. As avaliações dos animais infestados artificialmente ocorreram entre fevereiro e abril de 2010.

4.3 ANIMAIS AVALIADOS

Participaram das avaliações bovinos das raças Hereford e Braford, provenientes de rebanhos controlados pelo programa de melhoramento da Conexão Delta G, uma associação de criadores de Hereford, Braford e Nelore com fazendas em sete estados do país (Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo) envolvendo aproximadamente 290.000 cabeças.

4.4 COLETAS DE DADOS

As avaliações das infestações naturais ocorreram nas fazendas de origem dos animais, sendo realizadas de uma a três contagens manuais de carrapatos em um dos lados do corpo dos animais mantidos em tronco de contenção. As avaliações foram realizadas em bovinos machos e fêmeas das raças Hereford e Braford ao sobreano.

Também foram utilizados dados históricos dos rebanhos, como forma de incluir nas análises a contagem de carrapatos na região do entrepernas dos animais. Tais avaliações foram, da mesma forma, realizadas em animais com idade média de 18 meses e expostos a infestações naturais nas fazendas de origem. As contagens no entrepernas foram realizadas entre 2001 e 2008.

Para avaliar a variabilidade dos bovinos para a característica de resistência ao carrapato, os produtores foram orientados no sentido de suspender os tratamentos com carrapaticidas de longa ação, tornando os animais suscetíveis às infestações provenientes dos campos. Nas situações em que fossem observadas infestações expressivas, após a contagem os bovinos poderiam receber tratamento com produtos com baixo poder residual, permitindo uma nova avaliação cerca de 30 dias após.

Para as análises da segunda etapa, 40 novilhas selecionadas a partir dos valores genéticos (20 resistentes e 20 sensíveis) calculados na primeira fase foram conduzidas à Embrapa Pecuária Sul, em Bagé, RS, onde foram expostas a quatro infestações artificiais com aproximadamente 20 mil larvas de *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. Do 19º ao 23º dia após cada infestação foram realizadas contagens de carrapatos no lado esquerdo do corpo dos animais. Em cada semana de contagem (no dia de maior infestação apresentada pelos animais) foram coletadas as amostras de teleóginas, que foram acondicionadas em recipientes plásticos perfurados e identificados, e encaminhadas ao Laboratório de Doenças Parasitárias da UFPeI (LADOPAR).

Os registros de pesos e temperaturas retais dos animais e as coletas de sangue foram realizados imediatamente antes das infestações (dias 0, 14, 28 e 42) e em mais duas ocasiões após o último desafio (dias 56 e 70, uma semana após a última contagem de carrapatos). As amostras foram obtidas por punção da veia coccígea em tubos a vácuo de 5mL com e sem solução anticoagulante EDTA (ácido

etilenodiaminotetra-acético tripotássico), e mantidas sob refrigeração até o processamento no Laboratório de Patologia Clínica da UFPel. As amostras dos tubos sem anticoagulante foram centrifugadas para separação dos soros, que foram acondicionados em tubos de *eppendorf* e armazenados em freezer, a -20°C .

4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para a obtenção dos parâmetros genéticos para a contagem de carrapatos e das correlações genéticas com outras características de importância econômica (peso ao nascimento e ganhos de peso do nascimento à desmama e da desmama ao sobreano) nas análises da primeira fase, as análises estatísticas foram realizadas sob diferentes modelos, utilizando inferência Bayesiana.

Os resultados referentes aos ganhos de pesos durante o período de avaliação dos animais na unidade da Embrapa Pecuária Sul, às análises hematológicas e às características biológicas dos carrapatos foram submetidos à análise de variância e as médias dos grupos foram comparadas pelo teste de Tukey ou de Duncan, ao nível de 5% de significância, através do programa estatístico *Statistical Analysis System* (2003).

Quando necessário, os dados sofreram transformação para aproximação a uma distribuição normal. Dados de contagens de carrapatos foram transformados utilizando uma função logarítmica, e dados em percentuais foram transformados em arco seno $\sqrt{\%/100}$.

4.6 RESULTADOS

Os resultados obtidos serão encaminhados para publicação em periódicos científicos na área de Zootecnia e Medicina Veterinária.

5 ARTIGO 1

ASPECTOS DA RESISTÊNCIA DE BOVINOS AO CARRAPATO *RHIPICEPHALUS* (*BOOPHILUS*) *MICROPLUS*²

BIEGELMEYER, P.¹; L.Q. NIZOLI²; F.F. CARDOSO^{3,4} E N.J.L. DIONELLO^{1,4}

¹Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, RS, Brasil.

²Departamento de Veterinária Preventiva, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, RS, Brasil.

³Pesquisador A Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS, Brasil.

⁴Bolsista de Produtividade CNPq

RESUMO: O parasitismo pelo carrapato *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* em países tropicais e subtropicais é associado a grandes quedas nos índices de produtividade dos rebanhos. O controle convencional do parasita, baseado na utilização de drogas carrapaticidas, há anos vem demonstrando sua ineficácia como estratégia de controle a longo prazo, através dos recorrentes relatos de populações de ectoparasitas resistentes às formulações comercialmente disponíveis. A ocorrência de variabilidade genética para resistência ao carrapato em bovinos indica a possibilidade de ganhos genéticos pela seleção de animais resistentes e o uso desta ferramenta como estratégia auxiliar no controle efetivo do parasita. O objetivo do presente estudo é apresentar resultados de estudos avaliando a resistência de bovinos ao carrapato, identificar fatores não genéticos que afetam os fenótipos de resistência, e descrever algumas descobertas na área da genética molecular que poderão auxiliar no processo de identificação de animais resistentes.

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS: Adaptabilidade. Bovinocultura. Marcadores Moleculares. Melhoramento genético.

² Artigo formatado conforme publicação na revista *Archivos de Zootecnia* (ISSN Online 1885-4494), v.61, p.1-11, 2012.

BOVINE RESISTANCE TO *RHIPICEPHALUS* (BOOPHILUS) *MICROPLUS* TICKS

SUMMARY: Parasitism by cattle ticks *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* in tropical and subtropical countries is responsible for decreased livestock production. Conventional control of parasites is based on the use of chemical products, but increased instances of resistance in ticks to commercially available products show the inefficiency of this method on the long run. Existence of genetic variability for tick resistance in cattle indicates the possibility of genetic gains through selection of resistant animals and the use of this approach as an effective strategy for tick control. The objectives of this study are to summarize results of previous studies of bovine resistance to the cattle tick, identify non genetic effects on this characteristic, and describe discoveries in molecular genetics that will help to identify resistant animals.

ADDITIONAL KEYWORDS: Adaptability. Cattle production. Genetic improvement. Molecular markers.

5.1 INTRODUÇÃO

O carrapato bovino *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* é apontado como um dos principais responsáveis por perdas econômicas nos sistemas de produção dos países tropicais e subtropicais. Os prejuízos causados pelo parasita são decorrentes tanto de sua ação direta sobre o hospedeiro, como anemias provocadas pelo hematofagismo e desvalorização do couro pela ocorrência de lesões e mífases, bem como de perdas indiretas relacionadas à transmissão dos patógenos responsáveis pela babesiose e anaplasnose, hemoparasitoses que caracterizam o complexo da Tristeza Parasitária Bovina. Diminuição na produção de leite e carne e altos custos com tratamentos químicos, equipamentos, instalações e mão de obra contribuem para compor o quadro de agravantes deste parasitismo. Diferentes formas de controle têm sido propostas, e pesquisas direcionadas à busca de alternativas de controle são diversas.

O controle biológico dos carrapatos engloba princípios apoiados no conhecimento da epidemiologia e ecologia destes ácaros, aliado a técnicas de manejo dos animais e das pastagens, dificultando a sobrevivência das fases de vida

livre do parasita. Entre as práticas preconizadas estão a rotação de pastagens, cultivo de espécies forrageiras com ação repelente ou carrapaticida sobre as larvas, alternância de pastoreio entre ovinos e bovinos, ação de predadores naturais e uso de microorganismos patogênicos aos carrapatos, como fungos e bactérias (ALVES-BRANCO *et al.*, 2000; SONENSHINE *et al.*, 2006; LEEMON *et al.*, 2008; SAMISH *et al.*, 2008; SANTI *et al.*, 2009).

Os avanços acumulados nas últimas décadas na área da biologia molecular permitiram incluir também o controle imunológico como ferramenta auxiliar no controle do *R. (B.) microplus*, destacando-se os trabalhos realizados com o desenvolvimento de vacinas contendo o antígeno recombinante Bm86 (RODRÍGUEZ VALLE *et al.*, 2004; WILLADSEN, 2006, 2008; de la FUENTE *et al.*, 2007). Estas vacinas diminuem o número e peso das fêmeas ingurgitadas, prejudicando a capacidade reprodutiva do parasita (ALMAZÁN *et al.*, 2010).

Historicamente, o método mais explorado de controle do carrapato bovino tem sido o químico, baseado na utilização de princípios ativos que atuam na fase de vida parasitária dos vetores. O uso indiscriminado de acaricidas tem, entretanto, culminado no aparecimento de populações de *R. (B.) microplus* resistentes aos produtos, gerando grandes despesas com tratamentos ineficazes e necessidade de altos investimentos para descoberta de novas drogas. O uso intensivo de carrapaticidas também apresenta como limitante de sua utilização a possibilidade de ocorrência de resíduos na carne, leite e meio ambiente, o que vai de encontro às novas exigências dos mercados consumidores, com demanda crescente por alimentos mais saudáveis obtidos através de uma produção sustentável e ecologicamente correta.

As limitações apresentadas pelos métodos de controle atualmente disponíveis indicam a necessidade de oferecer aos criadores novas alternativas, mas que ao mesmo tempo não imponham maiores gastos no processo de obtenção do produto final. A resistência genética dos bovinos ao carrapato atende a tais requisitos, podendo ser considerada o fator de maior influência sobre o custo do controle dos parasitas, por ser de baixo custo e oferecer benefícios permanentes.

Este trabalho objetiva abordar alguns aspectos da resistência genética de bovinos ao carrapato, apresentando evidências sobre a variabilidade genética observada nos animais, fatores ambientais que podem afetar esta característica,

bem como considerações sobre o uso de marcadores genéticos relacionados à resistência ao carrapato em bovinos.

5.2 VARIABILIDADE GENÉTICA DA RESISTÊNCIA A *R. (B.) MICROPLUS*

Fatores que afetam o nível de resistência de bovinos ao *R. (B.) microplus* são constantemente discutidos na literatura, sendo o fator *raça* o que apresenta maior consenso entre os autores. A maior tolerância de animais *Bos indicus* quando comparados a *Bos taurus* é amplamente reportada, e estudos envolvendo cruzamentos entre animais destes grupos apontam, inclusive, uma proporcionalidade entre o número de genes zebuínos e o grau de resistência dos hospedeiros (CARDOSO, 2000; SANTOS JR. *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2006_a; AYRES *et al.*, 2009).

As raças zebuínas apresentam maiores níveis de resistência quando comparadas a raças crioulas latino-americanas que, por sua vez, são mais tolerantes que as europeias, apesar de terem se originado destas (UTECH *et al.*, 1978a). Mesmo após repetidas infestações, hospedeiros suscetíveis sempre apresentam um maior número de parasitas quando comparados aos resistentes (MATTIOLI *et al.*, 2000).

Em infestações artificiais, onde se tem controle sobre o número de larvas que infestarão o animal, a resistência de bovinos aos carrapatos pode ser medida pelo percentual de larvas que não conseguem se desenvolver até a fase adulta. Nestas condições, animais *B. indicus* apresentam em torno de 99% de resistência, cruzados *B. indicus* x *B. taurus* têm resistência de 95-97%, e *B. taurus* de 85-90% (UTECH *et al.*, 1978_a).

O mecanismo responsável por essa resistência é um fenômeno complexo e ainda pouco compreendido. Muitos estudos têm associado os fenótipos resistentes a mecanismos imunológicos adquiridos, após a exposição dos animais a infestações (KASHINO *et al.*, 2005). Tal fato foi observado por Wagland (1975) em rebanhos australianos das raças Brahman (*B. indicus*) e Shorthorn (*B. taurus*), sem contato prévio com *R. (B.) microplus* e submetidos a infestações artificiais. Neste estudo, após a primeira exposição os dois grupos apresentaram resultados similares quanto ao número de fêmeas adultas do parasita presente no corpo dos animais.

Entretanto, após quatro infestações sucessivas, bovinos Shorthorn apresentaram-se significativamente mais infestados que os bovinos Brahman.

No Brasil, Veríssimo *et al.* (2002) compararam fêmeas das raças Holandês, Gir e mestiças, e atribuíram a menor resistência às vacas Holandês e a maior às vacas Gir. Analisando diferentes grupos genéticos, Silva *et al.* (2007) expuseram fêmeas bovinas a quatro infestações artificiais, atribuindo a menor suscetibilidade a novilhas Nelore, resistência intermediária a fêmeas Canchim x Nelore, e maior carga parasitária nos produtos do cruzamento entre Angus x Nelore e Simental x Nelore. Ayres *et al.* (2009) analisaram dados de contagens de carrapatos em bovinos Braford pertencentes a um programa de melhoramento e verificaram que o número de carrapatos diminuía à medida que a proporção de genes *B. indicus* aumentava.

Em um estudo comparativo entre as resistências demonstradas por diferentes raças de bovinos de corte na Austrália, Frisch e O'Neill (1989) apresentaram a seguinte classificação decrescente: Brahman e Boran (*B. indicus* indiano e africano, respectivamente), Belmont BX (Brahman x Hereford x Shorthorn), Belmont Red (Africander x Hereford x Shorthorn), Belmont Adaptur (Hereford x Shorthorn), Tuli (*B. taurus* sul-africano), e Charolês (*B. taurus* europeu), sendo a última apontada pelos autores como a raça mais suscetível.

Diferentes níveis de suscetibilidade são observados não apenas entre *B. indicus* e *B. taurus*, mas também entre raças de mesma origem e entre indivíduos de mesmo grupo racial. Entre as raças europeias, por exemplo, bovinos Jersey são apontados como mais resistentes quando comparados a outros grupamentos de *B. taurus*, enquanto na raça Brahman, considerada uma das mais resistentes entre as zebuínas, cerca de 10% dos animais apresentam apenas resistência intermediária ao carrapato (UTECH *et al.*, 1978_a).

A ocorrência de variabilidade genética demonstra que há potencial para o melhoramento desta característica através da seleção de bovinos resistentes, já que as estimativas de herdabilidade relatadas por diversos autores indicam que a seleção para resistência ao parasita pode ser altamente eficiente. Andrade *et al.* (1998) estimaram uma herdabilidade média de 0,26 para a contagem de carrapatos em rebanhos Gir, valor próximo dos encontrados por Fraga *et al.* (2003) em fêmeas da raça Caracu ($h^2=0,22$), e por Machado *et al.* (2010) em uma população F_2 resultante do cruzamento entre animais Gir e Holandês ($h^2=0,21$). A partir de dados de contagens de carrapatos em rebanhos australianos de *B. taurus*, Henshall (2004)

encontrou uma herdabilidade média de 0,41. Em bovinos Braford, Cardoso *et al.* (2006) observaram herdabilidade de 0,34, valor acima dos encontrados por Regitano *et al.* (2006), Silva *et al.* (2006b) e Ayres *et al.* (2009), que estimaram, respectivamente, herdabilidades de 0,15, 0,12 e 0,09 em bovinos cruzados. Biegelmeyer *et al.* (2011), analisando a herdabilidade da característica de contagem de carrapatos realizada na região do entrepernas e em um dos lados do corpo de bovinos Hereford e Braford registraram, respectivamente, valores de 0,16 e 0,24.

Na Austrália, onde as condições climáticas são semelhantes às do Brasil, a seleção genética de bovinos para resistência como estratégia de controle do carrapato já é utilizada, e experimentos realizados já demonstraram a eficiência desta característica como critério de seleção. Após um período de 15 anos de seleção para resistência em um rebanho Australian Illawara Shorthorn, Utech e Wharton (1982) relataram que o número de animais com fenótipos de alta resistência aumentou de 89,2% para 99%, sem reflexos negativos sobre a produção leiteira, o que sugere a possibilidade de melhoramento simultâneo de ambas as características.

5. 3 FATORES AMBIENTAIS QUE AFETAM A RESPOSTA IMUNE AOS CARRAPATOS

A expressão das características fenotípicas de um animal resulta da ação de seu conjunto de genes, dos efeitos ambientais e das interações genótipo x ambiente. Considerando que parte do ciclo de vida do carrapato ocorre no ambiente, as variações quanto aos níveis de infestações apresentados por bovinos podem ser atribuídas tanto a fatores genéticos como a efeitos ambientais, que em combinação determinam uma maior ou menor carga parasitária nos indivíduos. Tais influências devem ser levadas em consideração em estratégias de melhoramento dos rebanhos, como forma de aumentar a acurácia dos valores genéticos preditos dos animais e, conseqüentemente, a eficiência do processo de seleção para a característica de resistência.

Avaliando os fatores ambientais que poderiam contribuir para diferentes graus de parasitismo apresentados por bovinos, Silva *et al.* (2006a) verificaram que o sexo exerceu efeito significativo sobre o número de parasitas contados em animais de diferentes composições raciais, sendo os machos mais afetados que as fêmeas.

Utilizando bovinos cruzados Gir x Holandês, Martinez *et al.* (2006) também observaram maior suscetibilidade nos machos, o que pode ser resultado da interferência dos hormônios sexuais sobre a resposta imune desenvolvida por cada categoria.

Os hormônios sexuais também parecem estar envolvidos no grau de resistência ao carrapato de fêmeas em diferentes estados fisiológicos. Utech *et al.* (1978_b) e Fraga *et al.* (2003) observaram em um rebanho da raça Caracu que vacas não gestantes foram mais resistentes que vacas gestantes. Silva *et al.* (2010) também verificaram efeito do estágio fisiológico sobre a contagem de carrapatos em bovinos de quatro grupos genéticos, relatando maior infestação em novilhas prenhes que em novilhas vazias, e maior número de carrapatos em vacas pluríparas com bezerro que em pluríparas sem bezerro e primíparas. No final da gestação e ao longo da lactação, as fêmeas tendem a demonstrar maior vulnerabilidade às infestações, fato que está relacionado ao estresse da gestação e às oscilações hormonais nestes períodos. Um dos hormônios responsáveis por esta queda na imunidade é a prolactina, envolvido na produção de leite e que possui certo efeito depressor sobre o sistema imunológico. De acordo com Soulsby (1987), o aumento da prolactina no período periparto pode causar uma imunossupressão de origem endócrina, cujo mecanismo ainda não está completamente identificado.

Estudando o efeito da idade sobre as infestações, Utech *et al.* (1978_b) compararam fêmeas das raças Australian Illawara Shorthorn e Brahman submetidas a infestações artificiais, verificando que vacas com idade entre três e quatro anos se mostraram mais resistentes que vacas com cinco a seis anos de idade. Gomes (1992) e Andrade *et al.* (1998) verificaram um acréscimo linear no número de carrapatos com o aumento da idade dos animais, enquanto Fraga *et al.* (2003) relataram efeito quadrático desta variável, demonstrando que os animais mais velhos e os mais jovens foram mais resistentes quando expostos naturalmente ao parasita. Bezerras de diferentes grupos genéticos infestadas naturalmente no estudo de Silva *et al.* (2010) também apresentaram menor carga parasitária que as novilhas, o que possivelmente está associado à imunidade passiva adquirida pelos anticorpos colostrais. Este é um importante fator ambiental a ser considerado na prospecção dos níveis populacionais de *R. (B.) microplus* em animais de diferentes faixas etárias, pois pode, por exemplo, induzir a estimativas subestimadas dessas populações em bovinos jovens.

O efeito da época do ano sobre o grau de infestação pelo carrapato é descrito por diversos trabalhos, que apresentam resultados variados. Gomes (1992), em uma população de bovinos da raça Gir, descreveu a ocorrência dos picos das infestações durante o inverno, enquanto Andrade *et al.* (1998) registraram as maiores infestações durante o outono e as menores no verão, em animais da mesma raça. Por outro lado, Fraga *et al.* (2003) observaram que em animais da raça Caracu a maior incidência de carrapatos ocorreu nos meses de verão. Silva *et al.* (2010) também compararam o efeito da estação do ano sobre o número de carrapatos em bovinos de corte, demonstrando que os animais foram mais suscetíveis no outono e no inverno.

Em grande parte do território brasileiro, o parasitismo por *R. (B.) microplus* se manifesta nos rebanhos ao longo do ano inteiro, em decorrência das condições climáticas propícias ao seu desenvolvimento. Observam-se, no entanto, oscilações nas populações do parasita de acordo com o microclima específico de cada região. Desta forma, resultados divergentes quanto à estação de maior ocorrência destes ácaros são absolutamente compreensíveis, visto que a fase de vida livre destes vetores é altamente influenciada pelo ambiente, principalmente pela temperatura e umidade. Maiores populações de *R. (B.) microplus* no verão poderiam ser explicadas pelo maior estresse térmico ao qual os animais são submetidos, enquanto o aumento de carrapatos no outono pode ser atribuído à resposta fisiológica do hospedeiro ao encurtamento do fotoperíodo, que prejudica a capacidade imunológica dos bovinos (OLIVEIRA *et al.*, 1989). A disponibilidade diferenciada de forrageiras de qualidade ao longo do ano também pode afetar, indiretamente, o nível de resistência dos animais, visto que as deficiências nutricionais estão relacionadas a quedas na imunidade dos animais.

5. 4 MARCADORES MOLECULARES E RESISTÊNCIA

Os novos focos de pesquisa possibilitados pelos avanços na biologia molecular nos últimos anos consolidaram a importância do melhoramento genético como forma de aumentar a produtividade dos rebanhos. Os procedimentos clássicos de avaliação, que consideram os fenótipos individuais e de indivíduos aparentados, hoje já podem ser assistidos por informações obtidas diretamente do material genético dos animais, através dos marcadores moleculares. Considerando que a

identificação de genótipos de resistência a ectoparasitas através de métodos quantitativos convencionais depende da exposição prévia dos animais a infestações, o que pode acarretar prejuízos aos candidatos à seleção, a seleção genômica para resistência se mostra como uma poderosa ferramenta auxiliar aos atuais programas de melhoramento, pois possibilitaria antecipar a escolha dos genótipos superiores, sem a necessidade de exposição dos animais aos carrapatos.

A maioria das características de interesse econômico na pecuária é controlada por muitos genes de pequeno efeito individual, que estão sujeitos a influências ambientais. No entanto, alguns estudos já sugeriram a ocorrência de genes de efeitos maior para resistência ao carrapato, que poderiam ser explorados no processo de seleção de animais resistentes. Um destes genes foi identificado em bovinos da raça sintética Adaptur, produtos do cruzamento entre Hereford e Shorthorn. De acordo com Frisch (1994), vários anos de seleção demonstraram que o número médio de parasitas em animais com 0, 1 ou 2 cópias do gene foi de 128, 36 e 7, respectivamente, demonstrando a potencialidade da utilização de genes de grande efeito.

Os segmentos cromossômicos que controlam as características quantitativas, como a resistência a ectoparasitas, são denominados *Quantitative Trait Loci* (QTLs). As pesquisas no campo da genômica aplicada à produção animal têm constantemente divulgado resultados de QTLs e polimorfismos em genes relacionados a características de interesse econômico. Os marcadores disponíveis comercialmente para a espécie bovina estão associados principalmente a características de desenvolvimento ponderal, como pesos e ganhos de peso em diferentes idades. Apesar da importância assumida pelos transtornos causados pelo parasitismo por *R. (B.) microplus*, ainda existem poucos resultados sobre marcadores para resistência a este ectoparasita, o que pode ser explicado pela dificuldade de identificação em larga escala de indivíduos resistentes, e pelo fato de se tratar de um problema expressivo apenas em países de climas tropicais e subtropicais.

A identificação de QTLs no DNA pode ser baseada nos chamados genes candidatos, através da detecção de polimorfismos em genes diretamente relacionados à característica de interesse, ou no mapeamento genético. O mapeamento genético busca determinar polimorfismos relacionados a regiões genéticas de interesse, mesmo que o gene responsável pelo fenótipo desejável seja

desconhecido (WOMACK, 1993). Um dos tipos de marcadores moleculares mais polimórficos utilizados atualmente são os microssatélites, formados por uma sequência de até seis nucleotídeos repetidos em tandem. Os avanços tecnológicos e o recente sequenciamento do genoma bovino disponibilizaram nos últimos anos outra classe de marcadores, denominados SNPs (*Single Nucleotide Polimorphisms*), que constituem polimorfismos em um único par de bases, muito úteis na construção de mapas genéticos de alta resolução devido a sua alta frequência e distribuição homogênea ao longo de todo o genoma (BOVINE GENOME SEQUENCING AND ANALYSIS CONSORTIUM, 2009; LI *et al.*, 2009).

Entre os genes mais estudados do sistema imunológico e associados à resistência dos hospedeiros estão os genes do complexo maior de histocompatibilidade (*bovine lymphocyte antigen - BoLA*). Localizados no cromossomo 23, estes genes codificam glicoproteínas de superfície celular que atuam como receptores nas células apresentadoras de antígenos, acoplando e apresentando peptídeos antigênicos para os linfócitos T, responsáveis pelo início da resposta imune (TIZARD, 2008). Desta forma, variações nos genes de classe I e II deste complexo poderiam influenciar a capacidade imune dos animais (TAKESHIMA; AIDA, 2006), e os mecanismos de resistência e desenvolvimento da resposta imunológica poderiam ser elucidados a partir da compreensão da expressão destes genes. Avaliando rebanhos leiteiros mistos, Martinez *et al.* (2004) encontraram relação significativa entre a contagem de carrapatos e os alelos 10 e 42 do gene BoLA-DRB3.2. Associações entre a resistência e marcadores microssatélites na região de classe II do gene BoLA também foram relatadas por Acosta-Rodríguez *et al.* (2005), Martinez *et al.* (2005, 2006) e Untalan *et al.* (2007).

Estudos desenvolvidos por Gasparin *et al.* (2007), Regitano *et al.* (2008) e Machado *et al.* (2010) buscaram identificar QTLs para resistência ao carrapato em animais Gir x Holandês através da varredura do genoma com marcadores microssatélites, detectando QTLs nos cromossomos 2, 5, 7, 10, 11, 14, 23 e 27. Recentemente, Porto Neto *et al.* (2010a, 2011) confirmaram a ocorrência de QTLs nos cromossomos 3 e 10. Em um estudo de associação do genoma utilizando SNPs realizado por Barendse (2007), um grande número de polimorfismos de base única associados à característica de resistência ao *R. (B.) microplus* foi observado em diversas regiões genômicas. Também em um estudo de associação com SNPs, Turner *et al.* (2010) demonstraram a ocorrência de uma baixa correlação entre os

efeitos dos alelos envolvidos com a produção de leite e a contagem de carrapatos, indicando que uma seleção pela característica de resistência provavelmente não prejudicaria a produção leiteira do rebanho. Porto Neto *et al.* (2010b) utilizaram a metanálise para combinar os resultados dos estudos de associação de Turner *et al.* (2010) e os dados das análises de expressão de genes para resistência na pele de bovinos das raças Brahman e Holandesa realizadas por Piper *et al.* (2008), e indentificaram que ambos os trabalhos apresentaram regiões genômicas em comum nos cromossomos *Bos taurus* (BTA) de número 2, 10, 13 e 19, incluindo 20 genes.

Os genes que contribuem para os fenótipos de resistência ainda não estão completamente descritos, e muitos trabalhos já foram conduzidos no sentido de elucidar questões relativas tanto à imunidade inata do hospedeiro (MORAES *et al.*, 1992; ANDRADE *et al.*, 1998; TURNI *et al.*, 2002; VERÍSSIMO *et al.*, 2002; FRAGA *et al.*, 2003) como à imunidade adquirida após exposições ao carrapato (BECHARA *et al.*, 2000; SZABÓ *et al.*, 2003; KASHINO *et al.*, 2005; SKALLOVÁ *et al.*, 2008; PIPER *et al.*, 2008, 2009, 2010; CARVALHO *et al.*, 2008, 2011). Considerando os resultados obtidos pelas pesquisas com marcadores moleculares, Lôbo *et al.* (2010) destacam que a próxima fase no processo de compreensão dos mecanismos genéticos envolvidos na expressão da resistência será a identificação dos genes responsáveis pelos efeitos apresentados pelos QTLs mapeados.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os diferentes níveis de suscetibilidade de bovinos ao carrapato *R. (B.) microplus* indicam diferenças nos mecanismos imunológicos desenvolvidos pelos hospedeiros em resposta ao parasita. A compreensão destes mecanismos e a identificação de genes envolvidos na resistência são pontos chave tanto para os programas de melhoramento bovino atuais, cada vez mais assistidos por metodologias de análise molecular, como para a descoberta de novos antígenos com capacidade imunoprotetora, capazes de otimizar as vacinas já disponíveis.

A tecnologia dos marcadores genéticos aumenta as expectativas depositadas sobre a seleção de bovinos resistentes como estratégia de controle do carrapato, pois possibilitará a identificação mais precoce e pontual dos animais geneticamente superiores. A classificação dos indivíduos com base na avaliação direta de seu genótipo aumentará a acurácia das estimativas dos valores genéticos, contornando

os efeitos exercidos pelo ambiente sobre os fenótipos de resistência. Tais efeitos devem ser considerados nos métodos quantitativos clássicos de avaliação genética, como forma de possibilitar uma maior confiabilidade nos parâmetros estimados.

5.6 BIBLIOGRAFIA

Acosta-Rodríguez, R., R. Alonso-Morales, S. Balladares, H. Flores-Aguilar, Z. Garcia-Vazquez and C. Gorodezky. 2005. Analysis of BoLA class II microsatellites in cattle infested with *Boophilus microplus* ticks: class II is probably associated with susceptibility. *Vet. Parasit.*, 127: 313-321.

Almazán, C., R. Lagunes, M. Villar, M. Canales, R. Rosario-Cruz, F. Jongejan and J. De La Fuente. 2010. Identification and characterization of *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* candidate protective antigens for the control of cattle tick infestations. *Parasitol. Res.*, 106: 471-479.

Alves-Branco, F.P.J., A.C. Pinheiro and M.F.M. Sapper. 2000. Controle dos principais ectoparasitas e endoparasitas em bovinos de corte no Rio Grande do Sul. Série Documentos, Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS, n.18. 54p.

Andrade, A.B.F., R.G. Silva, A.J. Costa, U.F. Rocha and V.J.C. Landim. 1998. Genetic and environmental aspects of the resistance of zebu cattle to the tick *Boophilus microplus*. In: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 6., Armidale, Australia. *Proceedings...* Armildade. p.339-342.

Ayres, D.R., F. Baldi, I.D.P.S. Diaz, L.G. Albuquerque and V.M. Roso. 2009. Estimativas de parâmetros genéticos para números de carrapatos (*Boophilus microplus*) em bovinos da raça Braford, utilizando o método da máxima verossimilhança restrita e inferência Bayesiana. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 46., 2009, Maringá, PR. *Anais...* Maringá. CD-ROM.

Barendse, W. 2007. Assessing tick resistance in a bovine animal for selecting cattle for tick resistance by providing a nucleic acid from the bovine animal and assaying for the occurrence of a single nucleotide polymorphism (SNP). Patent application WO2007051248-A1. p.1-146.

Bechara, G.H., J. Morelli Jr. and M.P.J. Szabó. 2000. Skin test and tick immune status in susceptible and resistant cattle in Brazil. *Ann. NY Acad. Sci.*, 916: 570-575.

Biegelmeyer, P., F.F. Cardoso, C.C. Gúlias-Gomes, V.M. Roso and N.J.L. Dionello. 2011. Estimation of (co)variance components and genetic parameters for tick resistance in beef cattle measured by two different body regions. In: Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 22., 2011, Montevideo, Uruguay. *Proceedings...* Montevideo. p.228.

Bovine Genome Sequencing and Analysis Consortium. 2009. The genome sequence of taurine cattle: A window to ruminant biology and evolution. *Science*, 324(5926): 528-532.

Cardoso, V. 2000. Avaliação de diferentes métodos de determinação da resistência genética ao carrapato *Boophilus microplus* em bovinos de corte. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal. 108p.

Cardoso, V., L.A. Fries, V.M. Roso and F.V. Brito. 2006. Estimates of heritability for resistance to *Boophilus microplus* tick evaluated by an alternative method in a commercial Polled Hereford x Nelore population in Brazil. In: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 8., 2006, Belo Horizonte, MG. *Proceedings...* Belo Horizonte. CD-ROM.

Carvalho, W.A., P. Ianella, F.G.C. Arnoldi, A.R. Caetano, S.R. Maruyama, B.R. Ferreira, L.H.A. Conti, M.R.M. da Silva, J.O.F. Paula, A.A.M. Maia and I.K.F. de Miranda Santos. 2011. Haplotypes of the bovine IgG2 heavy gamma chain in tick-resistant and tick-susceptible breeds of cattle. *Immunogenetics*, 63(5) 319-324.

Carvalho, W.A., G.H. Bechara, D.D. Moré, B.R. Ferreira, J.S. da Silva and I.K.F. de Miranda Santos. 2008. *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*: Distinct acute phase proteins vary during infestations according to the genetic composition of the bovine hosts, *Bos taurus* and *Bos indicus*. *Exp. Parasitol.*, 118: 587-591.

de la Fuente J., C. Almazán, M. Canales, J.M. de la Lastra, K.M. Kocan and P. Willadsen. 2007. A ten-year review of commercial vaccine performance for control of tick infestations on cattle. *Anim. Health Res. Rev.*, 8: 23-28.

Fraga, A.B., M.M. Alencar, L.A. Figueiredo, A.G. Razook and J.N.G. Cyrillo. 2003. Análise de Fatores Genéticos e Ambientais que Afetam a Infestação de Fêmeas Bovinas da Raça Caracu por Carrapatos (*Boophilus microplus*). *R. Bras. Zootec.*, 32: 1578-1586.

Frisch, J.E. 1994. Identification of a major gene for resistance to cattle ticks. In: World Congress on Genetic Applied to Livestock Production, 4., 1994, Guelph, Ontario. *Proceedings...* Guelph. p.293-295.

Frisch, J.E. and C.J. O'Neill. 1989. Comparative evaluation of beef cattle breeds of African, European and Indian origins. II. Resistance to cattle ticks and gastrointestinal nematodes. *Anim. Sci.*, 67: 39-48.

Gasparin, G., M. Miyata, L.L. Coutinho, M.L. Martinez, R.L. Teodoro, J. Furlong, M.A. Machado, M.V.G.B. Silva, T.S. Sonstegard and L.C.A. Regitano. 2007. Mapping of quantitative trait loci controlling tick [*Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*] resistance on bovine chromosomes 5, 7 and 14. *Anim. Genet.*, 38: 453-459.

Gomes, A. 1992. Resistência a infestação natural por larvas, ninfas e adultos de *Boophilus microplus* em vacas zebuínas da raça Gir, em função de sua idade, da gestação, da lactação e da seleção para produção leiteira, com e sem tratamento

carrapaticida, ao longo de 12 estações consecutivas de um triênio. Tese (Doutorado em Ciência). Universidade de São Paulo, São Paulo. 90p.

Henshall, J.M. 2004. A genetic analysis of parasite resistance traits in a tropically adapted line of *Bos taurus*. *Aust. J. Agric. Res.*, 55: 1109-1116.

Kashino, S.S., J. Resende, A.M. Sacco, C. Rocha, L. Proenca, W.A. Carvalho, A.A. Firmino, R. Queiroz, M. Benavides, L.J. Gershwin and I.K. de Miranda Santos. 2005. *Boophilus microplus*: the pattern of bovine immunoglobulin isotype responses to high and low tick infestations. *Exp. Parasitol.*, 110: 12-21.

Leemon, D.M., L.B. Turner and N.N. Jonsson. 2008. Pen studies on the control of cattle tick *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* with *Metarhizium amisopliae* (Sorokin). *Vet. Parasitol.*, 156: 248-260.

Li, R., Y. Li, X. Fang, H. Yang, J. Wang, K. Kristiansen and J. Wang. 2009. SNP detection for massively parallel whole-genome resequencing. *Genome Res.*, May 6. p.1124-1132.

Lôbo, R.B., T.C.B.S.C. Bittencourt and L.F.B. Pinto. 2010. Progresso científico em melhoramento animal no Brasil na primeira década do século XXI. *R. Bras. Zootec.*, 39: 223-235.

Machado, M.A., A.L.S. Azevedo, R.L. Teodoro, M.A. Pires, M.G.C.D. Peixoto, C. de Freitas, M.C.A. Prata, J. Furlong, M.V.G.B. da Silva, S.E.F. Guimarães, L.C.A. Regitano, L.L. Coutinho, G. Gasparin and R.S. Verneque. 2010. Genome wide scan for quantitative trait loci affecting tick resistance in cattle (*Bos taurus* x *Bos indicus*). *BMC Genomics*, 11: 1-11.

Martinez, M.L., M.A. Machado, C.S. Nascimento, M.V.G.B. Silva, R.L. Teodoro, J. Furlong, M.C.A. Prata, A.L. Campos, M.F.M. Guimarães, A.L.S. Azevedo, M.F.A. Pires and R.S. Verneque. 2006. Association of BoLA-DRB3.2 alleles with tick (*Boophilus microplus*) resistance in cattle. *Genet. Mol. Res.*, 5: 514-524.

Martinez, M.L., M.V.G.B. da Silva, M.A. Machado, C.S. do Nascimento, A.L. Campos, M.F.M. Guimarães, J. Furlong, M.F.A. Pires and R.L. Teodoro. 2004. Associação do gene candidato BoLA-DRB3.2 com resistência a ectoparasitas em bovinos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41., 2004, Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande. CD-ROM.

Martinez, R., R. Toro, F. Montoya, M. Burbano, J. Tobón, J. Gallego and F. Ariza. 2005. Caracterización del locus BoLA-DRB3 em ganado criollo colombiano y asociación com resistencia a enfermedades. *Arch. Zootec.*, 54: 349-356.

Mattioli, R.C., V.S. Pandey, M. Murray and J.L. Fitzpatrick. 2000. Immunogenetic influences on tick resistance in African cattle with particular reference to trypanotolerant N'Dama (*Bos taurus*) and trypanosusceptible Gobra zebu (*Bos indicus*) cattle. *Acta Trop.*, 75: 263-277.

- Moraes, F.R., J.R.E Moraes, A.J. Costa, U.F. Rocha and F.A. Ardisson. 1992. A comparative study of lesions caused by different parasitic stages of *Boophilus microplus* (Canestrini) in the skins of naturally infested taurine and zebuine hosts. The correlation of tick resistance with mast cell counts in the host's skin. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, 29: 378-383.
- Oliveira, G.P., M.M. Alencar and A.R. FREITAS. 1989. Resistência de bovinos ao carrapato *Boophilus microplus*. II. Infestação Natural. *Pesq. Agropec. Bras.*, 24(10): 1267-1271.
- Piper, E.K., L.A. Jackson, H. Bielefeldt-Ohmann, C. Gondro, A.E. Lew-Tabor and N.N. Jonsson. 2010. Tick-susceptible *Bos taurus* cattle display an increased cellular response at the site of larval *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* attachment, compared with tick-resistant *Bos indicus* cattle. *Int. J. Parasitol.*, 40: 431-441.
- Piper, E.K., L.A. Jackson, N.H. Bagnall, K.K. Kongsuwan, A.E. Lew and N.N. Jonsson. 2008. Gene expression in the skin of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle infested with the cattle tick, *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 126: 110–119.
- Piper, E.K., N.N. Jonsson, C. Gondro, A.E. Lew-Tabor, P. Moolhuijzen, M.E. Vance and L.A. Jackson. 2009. Immunological profiles of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle infested with the cattle tick, *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. *Clin. Vaccine Immunol.*, 16: 1074-1086.
- Porto Neto, L.R., R.J. Bunch, B.E. Harrison and W. Barendse. 2011. DNA variation in the gene ELTD1 is associated with tick burden in cattle. *Anim. Genet.*, 42: 50-55.
- Porto Neto, L.R., R.J. Bunch, B.E. Harrison, K.C. Prayaga and W. Barendse. 2010a. Haplotypes that include the integrin alpha 11 gene are associated with tick burden in cattle. *BMC Genet.*, 11: 55.
- Porto Neto, L.R., E.K. Piper, N.N. Jonsson, W. Barendse and C. Gondro. 2010b. Meta-analysis of genome wide association and gene expression studies to identify candidate genes for tick burden in cattle. In: World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, 9., 2010, Leipzig, Germany. *Proceedings...* Leipzig. p.664.
- Regitano, L.C.A., A.M.G. Ibelli, G. Gasparin, M. Miyata, A.L.S. Azevedo, L.L. Coutinho, R.L. Teodoro, M.A. Machado, M.V.G.B. Silva, L.C. Nakata, L.G. Zarus, T.S. Sonstergard, A.M. Silva and M.M. Alencar. 2008. On the search for markers of tick resistance in bovines. *Dev. Biologicals*, 132: 225-230.
- Regitano, L.C.A., M.C.S. Oliveira, M.M. Alencar, M.E. Carvalho, R. Andréo, I.C. Moreira, T. A. Néo, W. Barioni Jr. and A.M. Silva. 2006. Avaliação da resistência de bovinos de diferentes grupos genéticos ao carrapato e à babesiose. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP, n.9.* 48p.
- Rodríguez Valle, M., L. Méndez, M. Valdez, M. Redondo, C.M. Espinosa, M. Vargas, R.L. Cruz, H.P. Barrios, G. Seoane, E.S. Ramírez, O. Boué, J.L. Vigil, H. Machado, C.B. Nordelo and M.J. Piñeiro. 2004. Integrated control of *Boophilus microplus* ticks

in Cuba based on vaccination with the anti-tick vaccine Gavac. *Exp. Appl. Acarol.*, 34: 375-382.

Samish, M., H. Ginsberg and I. Glazer. 2008. Anti-tick biological control agents: assessment and future perspectives. In: Bowman, A.S. and P.A. Nutall. Ticks – Biology, Disease and Control. New York: Cambridge University Press. p.447-469.

Santi, L., W.O. Silva, A.F.M. Pinto, A. Schrank and M.H. Vainstein. 2009. Differential immunoproteomics enables identification of *Metarhizium anisopliae* proteins related with *Rhipicephalus microplus* infection. *Res. Microbiol.*, 160: 824-828.

Santos Jr., J.C.B., J. Furlong and E. Daemon. 2000. Controle do carrapato *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) em sistemas de produção de leite da microrregião fisiográfica fluminense do grande Rio. *Cienc. Rural*, 30(2): 305-311.

Silva, A.M., M.M. Alencar, L.C.A. Regitano, M.C.S. Oliveira and W. Barioni Jr. 2006a. Natural infestations of beef cattle females by external parasites in southern Brazil. In: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 8., 2006, Belo Horizonte, MG. *Proceedings...* Belo Horizonte. CD-ROM.

Silva, A.M., M.M. Alencar, L.C.A. Regitano and M.C.S. Oliveira. 2006b. Estimativas de herdabilidade e repetibilidade do grau de infestação por ectoparasitas em fêmeas de quatro grupos genéticos de bovinos de corte. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 43., 2006, João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa. CD-ROM.

Silva, A.M., M.M. Alencar, L.C.A. Regitano, M.C.S. Oliveira and W. Barioni Jr. 2007. Artificial infestation of *Boophilus microplus* in beef cattle heifers of four genetic groups. *Genet. Mol. Biol.*, 30: 1150-1155.

Silva, A.M., M.M. Alencar, L.C.A. Regitano and M.C.S. Oliveira. 2010. Infestação natural de fêmeas bovinas de corte por ectoparasitas na Região Sudeste do Brasil. *R. Bras. Zootec.*, 39: 1477-1482.

Skallová, A., G. Iezzi, F. Ampenberger, M. Kopf and J. Kopecky. 2008. Tick saliva inhibits dendritic cell migration, maturation and function while promoting development of Th2 responses. *J. Immunol.*, 180(9): 6186-6192.

Sonenshine, D.E., K.M. Kocan and J. de la Fuente. 2006. Tick control: further thoughts on a research agenda. *Trends Parasitol.*, 22: 550-551.

Soulsby, E.J.L. 1987. The evasion of the immune response and immunological unresponsiveness: parasitic helminthes infection. *Immunol. Lett.*, 16: 315-320.

Szabó, M.P.J., V.L. Aoki, F.P.S. Sanches, L.P.T.C.T. Aquino, M.V. Garcia, R.Z. Machado and G.H. Bechara. 2003. Antibody and blood leukocyte response in *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) tick infested dogs and guinea pigs. *Vet. Parasitol.*, 115: 49-59.

- Takeshima, S. and Y. Aida. 2006. Structure, function and disease susceptibility of the bovine major histocompatibility complex. *Anim. Sci. J.*, 77: 138-150.
- Tizard, I.R. 2008. *Imunologia Veterinária: Uma Introdução*. 8ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 587p.
- Turner, L.B., B.E. Harrison B.E., R.J. Bunch, L.R. Porto Neto, Y.T. Li and W. Barendse. 2010. A genome wide association study of tick burden and milk composition in cattle. *Anim. Prod. Sci.*, 50: 235-245.
- Turni, C., R.P. Lee and L.A. Jackson. 2002. Effect of salivary gland extracts from the tick, *Boophilus microplus*, on leucocytes from Brahman and Hereford cattle. *Par. Immunol.*, 24: 355-361.
- Untalan, P.M., J.H. Pruett and C.D. Steelman. 2007. Association of the bovine leukocyte antigen major histocompatibility complex class II DRB3*4401 allele with host resistance to the Lone Star tick, *Amblyomma americanum*. *Vet. Parasitol.*, 145: 190-195.
- Utech, K.B.W. and R.H. Wharton. 1982. Breeding for resistance to *Boophilus microplus* in Australian Illawara Shorthorn and Brahman x Australian Illawara Shorthorn cattle. *Aust. Vet. J.*, 58: 41-46.
- Utech, K.B.W., R.H. Wharton and D.J. Kerr. 1978_a. Resistance to *B. microplus* (Canestrini) in different breeds of cattle. *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 885-895.
- Utech, K.B.W., G.W. Seifert and R.H. Wharton. 1978_b. Breeding Australian Illawarra Shorthorn cattle for resistance to *Boophilus microplus*. I. Factors affecting resistance. *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 411-422.
- Veríssimo, C.J., C.V.J. Nicolau, V.L. Cardoso and M.G. Pinheiro. 2002. Haircoat characteristics and tick infestation on Gyr (Zebu) and crossbreed (Holstein x Gyr) cattle. *Arch. Zootec.*, 51: 389-392.
- Wagland, B.M. 1975. Host resistance to cattle tick (*Boophilus microplus*) in Brahman (*Bos indicus*) cattle. I. Response of previously unexposed cattle to four infestations with 20.000 larvae. *Aust. J. Agric. Res.*, 26: 1073-1078.
- Willadsen, P. 2008. Anti-ticks vaccines. In: Bowman, A.S. and P.A. Nutall. *Ticks – Biology, Disease and Control*. New York: Cambridge University Press. p.447-469.
- Willadsen, P. 2006. Tick control: thoughts on a research agenda. *Vet. Parasitol.*, 138: 161-168.
- Womack, J.E. 1993. The goals and status of the bovine gene map. *J. Dairy Sci.*, 76: 219-226.

6 ARTIGO 2

PARÂMETROS GENÉTICOS PARA A CARACTERÍSTICA DE RESISTÊNCIA AO CARRAPATO AVALIADA POR DOIS MÉTODOS EM BOVINOS DAS RAÇAS HEREFORD E BRAFORD³

Patrícia Biegelmeier¹, Fernando Flores Cardoso^{2,4}, Claudia Cristina Gulias-Gomes², Vanerlei Mozaquatro Roso³, Nelson José Laurino Dionello^{1,4}

¹Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, RS, Brasil. E-mail: patriciabiegel@gmail.com

²Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS, Brasil.

³Gensys Consultores Associados S/C Ltda

⁴Bolsista de Produtividade CNPq

RESUMO: Este trabalho foi conduzido com o objetivo de estimar parâmetros genéticos para a característica de contagem de carrapatos, utilizando dados de contagens na região do entrepernas (ENT) e na lateral do corpo (LAT) de bovinos Hereford e Braford. Foram avaliadas ainda as correlações genéticas entre os dois métodos de contagem e entre o número de carrapatos e as características de peso ao nascimento (PN), ganho de peso do nascimento à desmama (GPD) e da desmama ao sobreano (GPS). Os dados analisados foram provenientes de 6.462 bovinos com idade ao sobreano, e expostos naturalmente ao carrapato em sete fazendas no Rio Grande do Sul. O número de carrapatos na região do entrepernas foi avaliado através de uma contagem em 3.413 animais, entre 2001 e 2008, e de uma a três contagens na lateral do corpo de 3.049 bovinos foram realizadas entre 2009 e 2011, totalizando 7.813 registros. As estimativas de herdabilidade dos métodos de avaliação obtidos por análise bicaracterística foram ENT = $0,152 \pm 0,043$ e LAT = $0,235 \pm 0,063$, e a correlação genética entre ambos foi de $0,575 \pm 0,220$. A análise unicaráter da LAT apontou uma repetibilidade de $0,312 \pm 0,014$. As análises

³ Artigo formatado conforme normas do periódico *Revista Brasileira de Zootecnia* (ISSN 1516-3598).

de associações genéticas entre a ENT e a LAT e as características de desenvolvimento avaliadas apontaram associações significativas entre ENT e PN ($0,220 \pm 0,102$), e correlações negativas entre LAT e GPD ($-0,211 \pm 0,099$) e LAT e GDS ($-0,650 \pm 0,125$) ($P < 0,05$).

PALAVRAS-CHAVE: correlação genética, entrepernas, herdabilidade, repetibilidade, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

GENETIC PARAMETERS FOR TICK RESISTANCE MEASURED BY DIFFERENT METHODS IN HEREFERD AND BRAFORD CATTLE

ABSTRACT: This study was conducted to estimate genetic parameters for ticks resistance, using count data from the inner hind legs region (IHL) and on one side of body (LAT) of Hereford and Braford cattle. Genetic correlations between both counting regions and between ticks number and birth weight (BW), weight gain from birth to weaning (ADG) and post-weaning period (PWG) also was evaluated. Data were analyzed from 6,462 bovines naturally exposed to ticks in seven farms in Rio Grande do Sul and the age at the moment of evaluations was about 18 months. The number of ticks at inner hind legs region was counted in 3,413 animals between 2001 and 2008, and was recorded up to three consecutive counts at one side of body in 3,049 bovines between 2009 and 2010, for a total of 7,813 records. Heritability estimates obtained by bivariate analysis were IHL = 0.152 ± 0.043 and LAT = 0.235 ± 0.063 and genetic correlation between both methods was 0.575 ± 0.220 . Single-trait analysis of LAT indicated a repeatability of 0.312 ± 0.014 . Genetics association analysis between IHL and LAT and the evaluated growth traits indicated significant associations between IHL and BW (0.220 ± 0.102), and negative favorable correlations between LAT and ADG (-0.211 ± 0.099) and LAT and PWG (-0.650 ± 0.125) ($P < 0.05$).

KEY WORDS: genetic correlation, heritability, inner legs, repeatability, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, tick infestation

6.1 INTRODUÇÃO

A atual necessidade de inclusão de estratégias auxiliares no controle do carrapato, em decorrência dos graves problemas que o convencional controle químico vem apresentando e as limitações dos demais métodos atualmente disponíveis, tem estimulado as pesquisas por alternativas mais eficientes e ao mesmo tempo viáveis ao produtor. A resistência genética de bovinos ao carrapato *R. (B.) microplus* vem sendo cada vez mais estudada como alternativa de controle do parasita nos rebanhos, e a ocorrência de variabilidade para a característica de contagem de carrapatos dentro e entre rebanhos reportada por muitos autores indica a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos a partir da seleção de animais mais resistentes, e a potencialidade desta ferramenta como estratégia para reduzir os prejuízos ocasionados pelo parasitismo (Henshall, 2004; Cardoso et al., 2006; Machado et al., 2010).

O conhecimento acerca das correlações genéticas entre características é essencial para o planejamento e condução de qualquer programa de melhoramento genético. No caso da resistência ao carrapato, são escassos os resultados atuais disponíveis na literatura a respeito das associações com características de importância econômica, como pesos e ganhos de pesos, no caso de bovinos de corte. No entanto, alguns trabalhos pioneiros que investigaram possíveis correlações entre a característica de contagem de carrapatos e os ganhos de pesos já demonstraram a ausência de associações significativas (Wharton et al., 1970), indicando que a seleção por bovinos geneticamente resistentes não prejudicaria o desenvolvimento dos animais.

A metodologia tradicional de avaliação da resistência dos bovinos consiste na contagem de fêmeas do carrapato com tamanho superior a 4,5mm em um dos lados do corpo dos animais (Villares, 1941; Wharton & Utech, 1970). Ainda que a quantificação de carrapatos na lateral do corpo seja o método mais preciso para a identificação de indivíduos geneticamente resistentes, a contagem em regiões com maior facilidade de acesso poderia ser uma alternativa para facilitar a avaliação dos animais em propriedades com grandes rebanhos, estimulando a aplicação da seleção de indivíduos resistentes como forma de reduzir os prejuízos ocasionados pelo parasitismo.

Objetivou-se com este trabalho estimar parâmetros genéticos para a contagem de carrapatos realizada em duas regiões corporais de bovinos Hereford e Braford expostos naturalmente ao carrapato *R. (B.) microplus* em propriedades no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, e suas correlações genéticas com a capacidade de crescimento dos animais.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

Participaram das avaliações bovinos das raças Hereford e Braford expostos naturalmente ao carrapato entre 2001 e 2011, provenientes de sete rebanhos controlados pelo programa de melhoramento da Conexão Delta G localizados no estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

As infestações foram monitoradas através da contagem das fêmeas ingurgitadas do parasita com tamanho superior a 4,5mm na região do entrepernas (de 2001 a 2008) ou na lateral do corpo dos animais (de 2009 a 2011). Para cada animal avaliado, procedeu-se a uma contagem manual no entrepernas, ou de uma a três contagens consecutivas na lateral do corpo. As medidas foram repetidas no tempo, respeitando-se um período mínimo de 30 dias entre as contagens.

O conjunto total de dados analisado continha 11.226 registros de contagens realizadas em 6.462 animais com idade ao sobreano, sendo que 3.413 destes registros corresponderam a contagens no entrepernas, realizadas de 2001 a 2008, e 7.813 registros forneceram informações de contagens na lateral do corpo, realizadas entre 2009 e 2011 em 3.049 animais. O conjunto de dados continha ainda 109.566 registros de peso ao nascimento, 112.815 de ganho de peso do nascimento à desmama e 54.843 de ganho de peso da desmama ao sobreano. O arquivo de pedigree foi composto por 303.800 animais.

A formação dos arquivos e a análise de consistência dos dados foram realizadas através do programa SAS (*Statistical Analysis System*, v.9.1.3). A formação dos grupos de contemporâneos (GC) reuniu animais de mesma fazenda, ano e época de nascimento⁴, sexo e grupo de manejo. Os GC com menos de cinco observações e animais que apresentaram desvio padrão para a característica de

⁴ Foram consideradas três épocas de nascimento: abril a julho; agosto a novembro; e dezembro a março.

contagem acima ou abaixo de 3,5 desvios em relação à média da característica do grupo foram previamente descartados das análises.

Devido à falta de ajustamento a uma distribuição normal de seus valores, para as análises estatísticas a variável contagem foi transformada para $\log_{10}(n + 1,001)$, onde n representa o número de carrapatos contados somados a 1,001 em virtude da observação de valores nulos.

Na Tabela 1 são apresentadas as estatísticas descritivas das características analisadas, após a consistência dos dados.

Tabela 1 – Número de observações (N), média (Média), desvio-padrão (DP), mínimo (MÍN) e máximo (MÁX) das características de contagem de carrapatos na região do entrepernas (ENT), contagem na lateral do corpo (LAT), peso ao nascimento (PN), ganho de peso do nascimento à desmama (GND) e ganho de peso da desmama ao sobreano (GDS) de bovinos Hereford e Braford.

Característica	N	Média	DP	MÍN	MÁX
ENT	3.413	12,83	12,73	0	82
LAT	7.813	36,39	45,51	0	532
PN (kg)	109.566	32,80	5,32	15	60
GND (kg/dia)	112.815	0,71	0,16	0,20	1,48
GDS (kg/dia)	54.843	0,39	0,18	0,10	1,63

As análises estatísticas foram realizadas sob diferentes modelos: Modelo I (unicaracterística), Modelo II (bicaracterística) e Modelo III (multicaracterística).

Para análise da contagem de carrapatos com medidas repetidas na lateral do corpo, foi utilizado um modelo de repetibilidade descrito matricialmente como (Modelo I):

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_1\mathbf{a} + \mathbf{Z}_2\mathbf{p} + \mathbf{e} \quad [1]$$

onde

\mathbf{y} = vetor da variável dependente (contagem na lateral do corpo);

$\boldsymbol{\beta}, \mathbf{a}, \mathbf{p}$ e \mathbf{e} = vetores dos efeitos fixos de grupo de contemporâneos e covariáveis, do efeito genético aditivo, do efeito de ambiente permanente e dos efeitos residuais, respectivamente;

\mathbf{X} = matriz de incidência dos efeitos fixos de grupo de contemporâneos e das covariáveis;

\mathbf{Z} = matrizes de incidência dos efeitos genéticos aditivos e do efeito de ambiente permanente.

A primeira etapa para a implementação de um modelo hierárquico bayesiano para obter as estimativas de parâmetros genéticos é a especificação da distribuição de amostragem condicional dos dados. Para tanto, assume-se a seguinte distribuição normal:

$$\mathbf{y} | \boldsymbol{\beta}, \mathbf{a}, \mathbf{p}, \mathbf{R} \sim N(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_1\mathbf{a} + \mathbf{Z}_2\mathbf{p}, \mathbf{R}) \quad [2]$$

onde

$\boldsymbol{\beta}$, \mathbf{a} e \mathbf{p} = parâmetros posicionais da distribuição condicional das observações;

$\mathbf{R} = \mathbf{I}\sigma_e^2$; σ_e^2 = variância residual; e \mathbf{I} = matriz identidade $n \times n$.

No segundo estágio de estruturação do modelo hierárquico são representadas as distribuições *a priori* dos parâmetros de posição:

$$\boldsymbol{\beta} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{V}_\beta), \quad \mathbf{V}_\beta = \text{diag}(10^{12}) \quad [3]$$

$$\mathbf{a} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{G}), \quad \mathbf{G} = \mathbf{A}\sigma_a^2 \quad [4]$$

$$\mathbf{p} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{P}), \quad \mathbf{P} = \mathbf{I}\sigma_p^2 \quad [5]$$

onde

\mathbf{A} = matriz que indica o grau de parentesco entre os indivíduos;

σ_a^2 = variância genética aditiva;

\mathbf{I} = matriz identidade;

σ_p^2 = variância do efeito de ambiente permanente;

Na terceira etapa do modelo são especificadas as distribuições *a priori* qui-quadrado escalonadas invertidas para as variâncias genéticas aditivas, de ambiente permanente e residuais:

$$\sigma_a^2 | \nu_a, \mathbf{s}_a^2 \sim \mathbf{s}_a^2 \chi_{\nu_a}^{-2} \quad [6]$$

$$\sigma_p^2 | \nu_p, \mathbf{s}_p^2 \sim \mathbf{s}_p^2 \chi_{\nu_p}^{-2} \quad [7]$$

$$\sigma_e^2 | \nu_e, \mathbf{s}_e^2 \sim \mathbf{s}_e^2 \chi_{\nu_e}^{-2} \quad [8]$$

onde

σ_a^2 , σ_p^2 e σ_e^2 = componentes da variância genética aditiva, de ambiente permanente e dos efeitos residuais da média de contagens de carrapatos na lateral;

\mathbf{s}_a^2 , \mathbf{s}_p^2 e \mathbf{s}_e^2 = valores *a priori* das variâncias genética, do efeito permanente e residual;

ν_a , ν_p e ν_e = graus de confiança nos valores prévios das *prioris* (ν_a , ν_p e ν_e = 5).

As estimativas de herdabilidade dos dois métodos de contagens de carrapatos e de correlação genética entre ambos foram obtidas através de análise bicaráter, sob um modelo animal (Modelo II) que considerou os mesmos efeitos fixos, covariáveis e efeitos aleatórios do Modelo I [1], com exceção do efeito de ambiente permanente, considerando-se para as análises do Modelo II as médias das contagens na lateral.

Em termos matriciais, o modelo pode ser descrito como:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{a} + \mathbf{e} \quad [9]$$

ou:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{\beta}_1 \\ \boldsymbol{\beta}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{Z}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{Z}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1 \\ \mathbf{a}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ \mathbf{e}_2 \end{bmatrix} \quad [10]$$

onde

\mathbf{y} = vetor de observações, com \mathbf{y}_1 sendo o sub-vetor da variável dependente 1 (contagem no entrepernas) e \mathbf{y}_2 da variável 2 (média das contagens na lateral);

$\boldsymbol{\beta}$, \mathbf{a} e \mathbf{e} = vetores dos efeitos fixos e covariáveis, do efeito genético aditivo e dos efeitos residuais, respectivamente, com partições em sub-vetores das variáveis 1 e 2 na Equação [10] análogas à apresentada para \mathbf{y} ;

\mathbf{X} = matriz de incidência associada aos vetores de efeitos fixos de grupos de contemporâneos e covariáveis das variáveis 1 (sub-matriz \mathbf{X}_1) e 2 (sub-matriz \mathbf{X}_2);

\mathbf{Z} = matriz de incidência associada aos vetores dos efeitos genéticos aditivos das variáveis dependentes 1 (sub-matriz \mathbf{Z}_1) e 2 (sub-matriz \mathbf{Z}_2).

Para o modelo bicaracterística também foi assumida distribuição normal para a amostragem condicional dos dados:

$$\mathbf{y} | \boldsymbol{\beta}, \mathbf{a}, \mathbf{R} \sim N(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{a}, \mathbf{R}) \quad [11]$$

onde

$\boldsymbol{\beta}$, e \mathbf{a} = parâmetros posicionais da distribuição condicional das observações;

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_0 \otimes \mathbf{I}; \quad \mathbf{R}_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{e_1}^2 & \sigma_{e_1 e_2} \\ \sigma_{e_1 e_2} & \sigma_{e_2}^2 \end{bmatrix} = \text{matriz de (co)variância residual; e } \mathbf{I} = \text{matriz}$$

identidade $n \times n$.

A seguir, são descritos os modelos com as distribuições *a priori* dos parâmetros de posição:

$$\boldsymbol{\beta} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{V}_\beta), \quad \mathbf{V}_\beta = \text{diag}(10^{12}) \quad [12]$$

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1 \\ \mathbf{a}_2 \end{bmatrix} \Bigg| \mathbf{G}_0 \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{G}), \quad \mathbf{G} = \mathbf{G}_0 \otimes \mathbf{A} \quad [13]$$

onde

\mathbf{A} = matriz que indica o grau de parentesco entre os indivíduos;

$$\mathbf{G}_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{a_1}^2 & \sigma_{a_1 a_2} \\ \sigma_{a_1 a_2} & \sigma_{a_2}^2 \end{bmatrix} = \text{matriz de (co)variância genética aditiva entre as características.}$$

As distribuições *a priori* Wishart invertidas para as matrizes de (co)variâncias genéticas aditivas e residuais:

$$\mathbf{G}_0 | \nu_a, \mathbf{S}_a \sim WI(\nu_a, \mathbf{S}_a) \quad [14]$$

$$\mathbf{R}_0 | \nu_e, \mathbf{S}_e \sim WI(\nu_e, \mathbf{S}_e) \quad [15]$$

onde

\mathbf{S}_a e \mathbf{S}_e = valores *a priori* das variâncias genética e residual;

ν_a e ν_e = graus de confiança nos valores prévios das *prioris* (ν_a , ν_p e $\nu_e = 5$).

Para obtenção das estimativas de correlações genéticas entre as cinco características avaliadas foi utilizada uma análise multicaracterística, considerando-se no modelo animal (Modelo III), além de todos os efeitos incluídos no Modelo I [1], o efeito materno.

O modelo multicaracterística é descrito na forma matricial como:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_1\mathbf{a} + \mathbf{Z}_2\mathbf{m} + \mathbf{Z}_3\mathbf{p} + \mathbf{e} \quad [16]$$

onde

\mathbf{y} = vetor de observações, com \mathbf{y}_1 sendo o sub-vetor da variável dependente 1 (contagem no entrepernas), \mathbf{y}_2 da variável 2 (média das contagens na lateral), \mathbf{y}_3 da variável 3 (peso ao nascimento), \mathbf{y}_4 da variável 4 (ganho de peso do nascimento à desmama), e \mathbf{y}_5 da variável 5 (ganho de peso da desmama ao sobreano);

$\boldsymbol{\beta}$, \mathbf{a} , \mathbf{m} , \mathbf{p} e \mathbf{e} = vetores dos efeitos fixos de grupo de contemporâneos e covariáveis, do efeito genético aditivo, do efeito materno, de ambiente permanente (individual, para a variável 2; e devido à vaca, para as variáveis 3 e 4) e dos efeitos residuais, respectivamente, com partições em sub-vetores das variáveis 1, 2, 3, 4 e 5 na Equação [16] análogas a apresentada para \mathbf{y} ;

\mathbf{X} = matriz de incidência que associa as observações aos efeitos fixos de grupo de contemporâneos e covariáveis sobre as variáveis 1 (sub-matriz \mathbf{X}_1), 2 (sub-matriz \mathbf{X}_2), 3 (sub-matriz \mathbf{X}_3), 4 (sub-matriz \mathbf{X}_4) e 5 (sub-matriz \mathbf{X}_5).

\mathbf{Z}_1 = matriz de incidência associada aos vetores dos efeitos genéticos aditivos das variáveis 1 (sub-matriz \mathbf{Z}_{11}), 2 (sub-matriz \mathbf{Z}_{12}), 3 (sub-matriz \mathbf{Z}_{13}), 4 (sub-matriz \mathbf{Z}_{14}) e 5 (sub-matriz \mathbf{Z}_{15}).

\mathbf{Z}_2 = matriz de incidência que associa as observações aos efeitos maternos das variáveis 1 (sub-matriz \mathbf{Z}_{21}), 2 (sub-matriz \mathbf{Z}_{22}), 3 (sub-matriz \mathbf{Z}_{23}), 4 (sub-matriz \mathbf{Z}_{24}) e 5 (sub-matriz \mathbf{Z}_{25}).

\mathbf{Z}_3 = matriz de incidência associada aos vetores dos efeitos de ambiente permanente da vaca das variáveis 1 (sub-matriz \mathbf{Z}_{31}), 2 (sub-matriz \mathbf{Z}_{32}), 3 (sub-matriz \mathbf{Z}_{33}), 4 (sub-matriz \mathbf{Z}_{34}) e 5 (sub-matriz \mathbf{Z}_{35}).

Da mesma forma que nos demais modelos, a amostragem condicional dos dados terá distribuição normal:

$$\mathbf{y} \mid \boldsymbol{\beta}, \mathbf{a}, \mathbf{m}, \mathbf{p}, \mathbf{R} \sim N(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_1\mathbf{a} + \mathbf{Z}_2\mathbf{m} + \mathbf{Z}_3\mathbf{p}, \mathbf{R}) \quad [17]$$

onde

$\boldsymbol{\beta}$, \mathbf{a} , \mathbf{m} , \mathbf{p} e \mathbf{e} = parâmetros posicionais da distribuição condicional das observações;

$\mathbf{R} = \mathbf{R}_0 \otimes \mathbf{I}$; com \mathbf{R}_0 sendo agora uma matriz com dimensão 5 x 5 para contemplar as cinco características avaliadas simultaneamente; e \mathbf{I} = matriz identidade $n \times n$.

Os modelos com as distribuições *a priori* dos parâmetros de posição serão:

$$\boldsymbol{\beta} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{V}_\beta), \quad \mathbf{V}_\beta = \text{diag}(10^{12}) \quad [18]$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{a} \\ \mathbf{m} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{a}_5 \\ \mathbf{m}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{m}_5 \end{bmatrix} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{G}), \quad \mathbf{G} = \mathbf{G}_0 \otimes \mathbf{A} \quad [19]$$

$$\mathbf{p} = \begin{bmatrix} \mathbf{p}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{p}_5 \end{bmatrix} \Bigg| \mathbf{P}_0 \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{P}), \quad \mathbf{P} = \mathbf{P}_0 \otimes \mathbf{I} \quad [20]$$

onde

\mathbf{A} = matriz que indica o grau de parentesco entre os indivíduos;

\mathbf{G}_0 = matriz de (co)variância genética aditiva com dimensão 10 x 10 para contemplar efeitos diretos e maternos entre as cinco características;

\mathbf{I} = matriz identidade;

\mathbf{P}_0 = matriz de (co)variância do efeito de ambiente permanente da vaca com dimensão 5 x 5;

No terceiro estágio do modelo são especificadas as distribuições *a priori* Wishart invertidas para as variâncias genéticas aditivas diretas e maternas, de ambiente permanente da vaca e residuais:

$$\mathbf{G}_0 | \nu_a, \mathbf{S}_a \sim WI(\nu_a, \mathbf{S}_a) \quad [21]$$

$$\mathbf{P}_0 | \nu_p, \mathbf{S}_p \sim WI(\nu_p, \mathbf{S}_p) \quad [22]$$

$$\mathbf{R}_0 | \nu_e, \mathbf{S}_e \sim WI(\nu_e, \mathbf{S}_e) \quad [23]$$

onde

\mathbf{S}_a , \mathbf{S}_p e \mathbf{S}_e = valores *a priori* das matrizes de (co)variâncias genética, de ambiente permanente e residual;

ν_a , ν_p e ν_e = graus de confiança nos valores prévios das *prioris* (ν_a , ν_p e ν_e = 5).

Para a obtenção da distribuição dos parâmetros genéticos por inferência bayesiana, foram utilizados os componentes de (co)variância *a posteriori* estimados por meio do programa GIBBS2F90 (Misztal et al., 2002), gerando-se uma cadeia de Gibbs com 30.000 ciclos de comprimento, a partir de um total de 315.000 ciclos, com descarte inicial de 15.000 e intervalo de amostragem de 10 ciclos. Os valores *a priori* para os componentes de (co)variância foram definidos a partir de estimativas obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), empregando-se o programa AIREMLF90 (Misztal, 2007). Posteriormente, através de uma subrotina no programa SAS (*Statistical Analysis System*, versão 9.1.3), foi verificada a convergência entre as amostras e obtidos a partir destas amostras médias, desvios

padrão, intervalos de probabilidade posterior, etc. para inferência a cerca dos parâmetros de interesse.

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de herdabilidade obtidos a partir da análise bicaracterística (Tabela 2) se encontram dentro do intervalo descrito por outros autores, em trabalhos para obtenção de estimativas de herdabilidade com diferentes métodos de avaliação da resistência ao carrapato. Em rebanhos de cruzados zebuínos e taurinos, com diferentes composições genéticas, Cardoso (2000) observou estimativas de herdabilidade de 0,32 para a contagem no entrepernas, obtidas por análise univariada. Fraga et al. (2003) relataram uma herdabilidade média de 0,21 para a contagem na lateral, em análise bicarater incluindo a característica de escore visual para o número de carrapatos, enquanto Henshall (2004) observou uma média de 0,44 em análise bicaracterística com a característica de resistência. Na região Sudeste do Brasil, Ayres et al. (2009) avaliaram a herdabilidade da contagem no entrepernas em bovinos Braford através de análise unicarater mediante inferência bayesiana e constataram um valor de 0,094, semelhante à média estimada pelo método da máxima verossimilhança restrita (0,09).

Tabela 2 – Médias *a posteriori* das estimativas de herdabilidade (diagonal principal) e correlações genética (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) entre as contagens de carrapatos na região do entrepernas e na lateral do corpo de bovinos Hereford e Braford e componentes de (co) variância obtidos a partir de análise bicarater bayesiana.

Região de contagem ¹	Entrepernas	Lateral do corpo
Entrepernas	0,152 ± 0,043	0,575 ± 0,220 *
Lateral do corpo	0,107 ± 0,048	0,235 ± 0,063
<i>Componentes de</i>		
<i>Variância</i>		
σ_a^2	0,013 ± 0,004	0,017 ± 0,005
σ_e^2	0,074 ± 0,004	0,054 ± 0,005
σ_t^2	0,087 ± 0,002	0,070 ± 0,002

σ_a^2 = variância genética aditiva; σ_e^2 = variância ambiental; σ_t^2 = variância fenotípica. ¹Análises realizadas com os dados transformados em log10 (contagem+1,001). * P<0,05.

Embora as duas estimativas de herdabilidade obtidas para as características de contagens indiquem a possibilidade de progresso genético através da seleção, a menor magnitude da herdabilidade da contagem no entrepernas aponta a possibilidade de um incremento genético mais lento em comparação à seleção dos animais através da avaliação na lateral do corpo. A contagem de carrapatos no entrepernas, apesar de representar uma região de maior facilidade de acesso para as avaliações fenotípicas dos animais, apresentou menor variação genética aditiva e maior variação residual que a contagem na lateral, demonstrando que o número de carrapatos no entrepernas é mais influenciado pelo ambiente se comparado à contagem na lateral.

Os resultados da correlação genética entre os métodos de avaliação apresentaram um grau de associação mediano, indicando que apenas cerca de 58% dos genes que atuam na expressão do número de carrapatos em todo um lado do animal atuam da mesma maneira sobre a quantidade de parasitas no entrepernas. Analisando a eficiência de diferentes métodos de avaliação de bovinos para resistência ao carrapato, Veríssimo & Oliveira (1994) observaram uma correlação genética de 0,91 entre a contagem em um dos lados do corpo e no terço anterior dos animais. No mesmo sentido, Cardoso (2000) verificou associação genética negativa (-0,35) entre a contagem na lateral do corpo e a avaliação por escores de infestação, contrariamente a Fraga et al. (2003), avaliando a resistência de bovinos da raça Caracu, que obtiveram uma correlação genética perfeita (1,00) entre estes dois métodos de avaliação da resistência, indicando que estas características podem ser consideradas iguais. De acordo com Robertson (1959), quando a correlação genética entre a mesma característica avaliada em ambientes diferentes é superiores a 0,8, a interação genótipo x ambiente não assume um papel importante na expressão da mesma, podendo ser tratada, portanto, como a mesma característica.

A herdabilidade da característica de contagem de carrapatos na lateral do corpo obtida por análise univariada apresentou um valor baixo comparativamente a outros trabalhos desenvolvidos com o mesmo objetivo (Tabela 3). Em rebanhos australianos de mestiços, Mackinnon et al. (1990) observaram uma estimativa de herdabilidade de 0,37 em animais AX ($\frac{1}{2}$ Africander, $\frac{1}{4}$ Hereford, $\frac{1}{4}$ Shorthorn), e de 0,35 em bovinos AXBX ($\frac{1}{4}$ Africander, $\frac{1}{4}$ Brahman, $\frac{1}{4}$ Hereford, $\frac{1}{4}$ Shorthorn). Cardoso (2000), em animais *B. taurus* x *B. indicus*, observou estimativas de

herdabilidade de 0,47 para a contagem na lateral, enquanto Fraga et al. (2003), em fêmeas da raça Caracu, relataram uma herdabilidade média de 0,22. Henshall (2004) observou um valor médio de 0,41 ao analisar bovinos Hereford x Shorthorn na Austrália. Por outro lado, a estimativa observada no presente trabalho foi próxima à obtida por Regitano et al. (2006) e Silva et al. (2006), em bovinos de diferentes composições genéticas, que verificaram uma herdabilidade de 0,15.

Tabela 3 – Componentes de variância, herdabilidade e repetibilidade do número de carrapatos na lateral do corpo de bovinos Hereford e Braford obtidos por análise unicaracterística.

Característica	σ_a^2	σ_p^2	σ_e^2	σ_t^2	h^2	R
Lateral do corpo ¹	0,012 ±	0,022 ±	0,075 ±	0,109 ±	0,109 ±	0,312 ±
	0,004	0,004	0,002	0,002	0,034	0,014

σ_a^2 = variância genética aditiva; σ_p^2 = variância de ambiente permanente; σ_e^2 = variância ambiental; σ_t^2 = variância fenotípica; h^2 = herdabilidade; R = repetibilidade. ¹Análises realizadas com os dados transformados em log10 (contagem+1,001).

O componente de variância do efeito de ambiente permanente (Tabela 3) demonstrou exercer importante efeito, pois somando-se ao efeito genético aditivo resultou em uma repetibilidade de 0,31, o que, segundo Fraga et al. (2003), indica que algum efeito hereditário e/ou de ambiente permanente pode estar atuando no sentido de promover as diferenças apresentadas pelos animais. A estimativa de repetibilidade da contagem de carrapatos na lateral do corpo obtida no presente estudo foi inferior ao valor de 0,45 estimado por Mackinnon et al. (1990), muito próximo à média de 0,29 relatada por Fraga et al. (2003), e superior à estimativa de 0,15 observada por Regitano et al. (2006) e Silva et al. (2006). Os resultados obtidos indicam que mesmo com o valor de repetibilidade de magnitude moderada, mais de uma contagem de carrapatos na lateral do corpo se faz necessária, como forma de se obter melhor avaliação do fenótipo.

Comparativamente aos outros modelos, observou-se na análise multicaracterística a herdabilidade da contagem em um dos lados do corpo dos animais apresentou um valor médio superior (Tabela 4). No entanto, o valor encontrado (0,363 ± 0,043) foi muito próximo ao relatado por Mackinnon et al. (1990) que observaram, em rebanhos australianos de mestiços, uma herdabilidade média

de 0,39, mediante modelo animal multivariado com características de crescimento e adaptativas.

Tabela 4 – Estimativas de herdabilidade (diagonal principal) e correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) para características de crescimento até o sobreano e a contagem de carrapatos no entrepernas e na lateral do corpo de bovinos Hereford e Braford obtidos por análise multicaracterística.

Característica ¹	ENT	LAT	PN (kg)	GND (kg/dia)	GDS (kg/dia)
ENT ²	0,102 ± 0,052	0,214 ± 0,455	0,229 ± 0,102 *	-0,051 ± 0,400	0,045 ± 0,586
LAT ²	0,047 ± 0,098	0,363 ± 0,043	-0,087 ± 0,096	-0,211 ± 0,099 *	-0,650 ± 0,125 *
PN (kg)	-0,003 ± 0,018	0,022 ± 0,021	0,334 ± 0,014	0,064 ± 0,047	0,556 ± 0,067 *
GND (kg/dia)	-0,020 ± 0,024	0,007 ± 0,019	0,060 ± 0,004 *	0,163 ± 0,028	0,446 ± 0,109 *
GDS (kg/dia)	0,003 ± 0,020	-0,029 ± 0,031	0,073 ± 0,006 *	-0,127 ± 0,011 *	0,026 ± 0,013

¹ENT = contagem de carrapatos na região do entrepernas; LAT = contagem de carrapatos na lateral do corpo; PN = peso ao nascimento; GND = ganho médio diário de peso do nascimento à desmama; GDS = ganho médio diário de peso da desmama ao sobreano. ²Análises realizadas com os dados transformados em log10 (contagem+1,001). * P<0,05

É importante destacar que muitos fatores podem atuar no sentido de interferir nos valores médios dos parâmetros genéticos obtidos em diferentes trabalhos. Autores como Fraga et al. (2003) e Silva et al. (2010) já relataram diversos fatores ambientais podem interferir na característica de resistência ao carrapato sendo, portanto, parte desta variabilidade apresentada em diferentes estudos, atribuída às diferentes condições ambientais inerentes a cada estudo. Além disso, deve-se considerar que parte desta variabilidade pode ser decorrente ainda da utilização de diferentes métodos estatísticos para obtenção de tais parâmetros, bem como pelo fato de serem estimados em diferentes populações, de regiões diversas ou com diferentes composições genéticas.

Considerando-se as correlações genéticas obtidas entre os dois métodos de avaliação para resistência dos animais e as características de desenvolvimento analisadas (Tabela 3), verificou-se a existência de associação significativa apenas entre a contagem de carrapatos na região do entrepernas e o peso ao nascimento ($0,229 \pm 0,102$), e entre a contagem em um dos lados do corpo e o ganho do nascimento à desmama ($-0,211 \pm 0,099$) e da desmama ao sobreano ($-0,650 \pm 0,125$), demonstrando a possibilidade de seleção simultânea para a característica de resistência ao carrapato e ganhos de peso em diferentes idades.

6.4 CONCLUSÕES

A seleção baseada na contagem de carrapatos na lateral do corpo apresentou potencial para a obtenção de progresso genético para a resistência mais rápido que a contagem no entrepernas. A repetibilidade para a característica de contagem em um dos lados do corpo dos animais aponta a necessidade de mais de uma avaliação consecutiva para aumentar a confiança das avaliações fenotípicas. O número de carrapatos na lateral do corpo dos bovinos apresentou correlações genéticas favoráveis para o progresso genético simultâneo da característica de resistência e dos ganhos de peso do nascimento à desmama e da desmama ao sobreano, indicando que a seleção por animais mais resistentes pode afetar favoravelmente o crescimento dos animais.

6.5 REFERÊNCIAS

- AYRES, D.R.; BALDI, F.; DIAZ, I.D.P.S. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para números de carrapatos (*Boophilus microplus*) em bovinos da raça Braford, utilizando o método da máxima verossimilhança restrita e inferência Bayesiana. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá, PR. **Anais...** Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009. CD-ROM.
- CARDOSO, V. **Avaliação de diferentes métodos de determinação da resistência genética ao carrapato *Boophilus microplus* em bovinos de corte**. 2000. 108f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.
- CARDOSO, V.; FRIES, L.A.; ROSO, V.M. et al. Estimates of heritability for resistance to *Boophilus microplus* tick evaluated by an alternative method in a commercial Polled Hereford x Nelore population in Brazil. In: WORLD CONGRESS ON

- GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8., 2006, Belo Horizonte, MG. **Proceedings...** Belo Horizonte, 2006. CD-ROM.
- FRAGA, A.B.; ALENCAR, M.M.; FIGUEIREDO, L.A. et al. Análise de Fatores Genéticos e Ambientais que Afetam a Infestação de Fêmeas Bovinas da Raça Caracu por Carrapatos (*Boophilus microplus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1578-1586, 2003.
- HENSHALL, J.M. A genetic analysis of parasite resistance traits in a tropically adapted line of *Bos taurus*. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.55, p.1109-1116, 2004.
- MACHADO, M.A.; AZEVEDO, A.L.S.; TEODORO, R.L. et al. Genome wide scan for quantitative trait loci affecting tick resistance in cattle (*Bos taurus* x *Bos indicus*). **BMC Genomics**, v.11, p.1-11, 2010.
- MACKINNON, M.J. Genetic Relationships between Parasite Resistance, Growth and Fertility in Tropical Beef Cattle. In: AUSTRALIAN ASSOCIATION OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 8., 1990, New Zealand. **Proceedings...** New Zealand, p.155-161, 1990.
- MISZTAL, I.; TSURUTA, S.; STRABEL, T. et al. BLUPF90 and related programs (BGF90). In: WORLD CONGRESS OF GENETIC APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings...** Montpellier, 2002. CD-ROM.
- MISZTAL, I. **AIREMLF90 Program**. 2007. Disponível em: <<http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/numpub/blupf90/winbin/zs6/bin/>>. Acesso em: 20 out. 2011.
- REGITANO, L.C.A.; OLIVEIRA, M.C.S.; ALENCAR, M.M. et al. Avaliação da resistência de bovinos de diferentes grupos genéticos ao carrapato e à babesiose. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n.9, São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. 48p.
- ROBERTSON, A. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. **Biometrics**, v.15, p.469-472, 1959.
- SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS. **Statistical analysis systems user's guide**. 4ed. v.9.1.3, 2003.
- SILVA, A.M.; ALENCAR, M.M.; REGITANO, L.C.A. et al. Estimativas de herdabilidade e repetibilidade do grau de infestação por ectoparasitos em fêmeas de quatro grupos genéticos de bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, 2006. CD-ROM.
- SILVA, A.M.; ALENCAR, M.M.; REGITANO, L.C.A. et al. Infestação natural de fêmeas bovinas de corte por ectoparasitas na Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1477-1482, 2010.

- VERÍSSIMO, C.J; OLIVEIRA, A.A.D. Método simplificado de contagem para avaliar a resistência de bovinos ao carrapato *Boophilus microplus*. **Boletim da Indústria Animal**, v.51, n.2, p.169-73, 1994.
- VILLARES, J.B. Climatologia Zootécnica. III. Contribuição ao estudo da resistência e suscetibilidade genética dos bovinos ao *B. microplus*. **Boletim da Indústria Animal**, v.4, n.1, p.60-79, 1941.
- WHARTON, R.H.; UTECH, K.B.W. The Relation between engorgement and dropping of *B. microplus* (Canestrini) (Ixodidae) to the assesment of tick numbers on cattle. **Journal of the Australian Entomological Society**, v.9, p.171-182, 1970.
- WHARTON, R.H.; UTECH, K.B.W.; TURNER, H.G. Resistance to the cattle tick *Boophilus microplus* in a herd of Australian Illawarra Shorthorn cattle: Its assesment and heritability. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.21, p.163-181, 1970.

7 ARTIGO 3

Efeito da resistência genética de novilhas Braford sobre características biológicas do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*⁵

Effect of bovine genetic resistance on biological characteristics of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* ticks

Patrícia Biegelmeyer¹ Leandro Quintana Nizoli² Fernando Flores Cardoso^{3,4} Claudia Cristina Gulias-Gomes³ Sergio Silva da Silva² Tânia Regina Bettin dos Santos² Nelson José Laurino Dionello^{1,4}

¹Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, s/n. CEP: 96010-900. Capão do Leão, RS, Brasil.

²Departamento de Veterinária Preventiva, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, s/n. CEP: 96010-900. Capão do Leão, RS, Brasil.

³Pesquisador A Embrapa Pecuária Sul, BR 153, Km 603, Caixa postal 242, CEP: 96401-970. Bagé, RS, Brasil.

⁴Bolsista de Produtividade CNPq

RESUMO: Para verificar a influência da resistência genética de bovinos ao carrapato sobre características biológicas de fêmeas ingurgitadas dos parasitas, foram avaliadas amostras de teleóginas coletadas em 20 novilhas Braford classificadas como resistentes (R) e 20 como suscetíveis (S), de acordo com os valores genéticos obtidos para a característica de contagem de carrapatos, calculados com base em um banco de dados com registros de 9.036 animais das raças Hereford e Braford. Após a classificação, as 40 novilhas foram selecionadas e encaminhadas à unidade da Embrapa Pecuária Sul, em Bagé, RS, onde foram submetidas a quatro infestações artificiais, a cada 14 dias. Fêmeas ingurgitadas em novilhas geneticamente mais suscetíveis apresentaram maior capacidade de postura ($R = 0,097 \pm 0,021g$ e $S = 0,109 \pm 0,030g$) e maiores índices de eficiência reprodutiva (R

⁵ Artigo formatado conforme normas da revista *Ciência Rural* (ISSN 0103-8478).

= $47,23 \pm 5,85\%$ e $S = 53,27 \pm 3,74\%$) e nutricional ($R = 54,33 \pm 4,36\%$ e $S = 65,62 \pm 8,84\%$) que teleóginas ingurgitadas em novilhas resistentes.

Palavras-chave: índice de eficiência nutricional, índice de eficiência reprodutiva, peso de postura, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, teleóginas.

ABSTRACT: The objective of this study was to verify the bovine genetic tick resistance influence on biological traits of engorged female ticks. Samples of ticks analyzed were collected from 20 Braford heifers classified as resistant (R) and 20 classified as susceptible (S), according to their breeding values (BV) for tick count, calculated based on a database with 9,036 records of Hereford and Braford bovines. After ranking animals, the 40 were transferred to an experimental area in Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa Pecuária Sul), in the city of Bagé, in the Brazilian state of Rio Grande do Sul, where four artificial infestations were done, 14 days apart each one. Female ticks engorged in genetically susceptible heifers showed higher capacity of posture ($R = 0.097 \pm 0.021g$ and $S = 0.109 \pm 0.030g$) and higher values of reproductive efficiency index ($R = 47.23 \pm 5.85\%$ and $S = 53.27 \pm 3.74\%$) and of nutritional efficiency ($R = 54.33 \pm 4.36\%$ and $S = 65.62 \pm 8.84\%$) than females ticks engorged in resistant heifers.

Key words: egg weight, engorged females ticks, nutritional efficiency index, reproductive efficiency index, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*.

7.1 INTRODUÇÃO

A eficiência que um bovino apresenta em limitar o número de carrapatos que atinge os estágios adultos permite inferir sobre sua resistência genética ao parasita. A observação de diferentes níveis de resistência em animais de diferentes raças é amplamente reportada, de forma que já está bem estabelecida a relação entre determinadas composições genéticas e os níveis de infestação apresentados pelos hospedeiros. Muitos trabalhos já demonstraram, inclusive, que em animais produzidos a partir de cruzamentos entre *Bos taurus* e *Bos indicus* existe uma

proporcionalidade entre o número de genes zebuínos e o grau de resistência dos hospedeiros (AYRES et al., 2009).

Além de determinar uma menor quantidade de carrapatos sobre o corpo dos animais, alguns autores afirmam ainda que a resistência genética é capaz de exercer efeitos sobre características biológicas do *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. HEWETSON (1971) e WAGLAND (1975, 1978_b e 1979) demonstraram em condições experimentais que o peso de fêmeas ingurgitadas em animais mais sensíveis ao carrapato é maior que o peso de teleóginas de bovinos resistentes. WAGLAND (1978_a) e HEWETSON (1968) constataram, ainda, uma diminuição progressiva do peso das teleóginas à medida que os bovinos se tornavam mais resistentes ao carrapato, ao longo de sucessivas infestações.

Outras características, tais como diminuição na produção e viabilidade de ovos, desprendimento prematuro, dificuldade em realizar a muda, redução nas taxas de fecundidade e eclodibilidade e morte de fêmeas ingurgitadas também já foram apontadas como afetadas pela resistência dos hospedeiros (OBEREM, 1984; MARADAY & GONZALES, 1984; BARRIGA et al., 1993; WIKEL, 1996). Assim, além de representar maiores gastos ao produtor, seja pelo desempenho produtivo reduzido ou pela maior demanda por tratamentos, a permanência de animais vulneráveis às infestações nos rebanhos implica ainda maiores níveis de infestação ambiental, perpetuando a alta incidência de carrapatos na propriedade.

Como forma de contribuir para aumentar o conhecimento sobre a relação hospedeiro x parasita e atualizar as informações atualmente disponíveis, este trabalho objetivou investigar a relação entre a resistência genética e características biológicas de teleóginas ingurgitadas em bovinos da raça Braford, previamente classificados como geneticamente resistentes ou suscetíveis ao carrapato.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

Determinação da resistência genética dos bovinos

A formação dos grupos de bovinos resistentes e suscetíveis avaliados neste trabalho foi realizada considerando os valores genéticos aditivos para a característica de resistência ao carrapato de 974 fêmeas da raça Braford. Os componentes de variância necessários para o cálculo dos valores genéticos foram

estimados a partir de um banco de dados contendo informações de 9.036 animais da raça Hereford e Braford, criados em sistemas extensivos de manejo em fazendas localizadas no estado do Rio Grande do Sul, e pertencentes a rebanhos controlados pelo programa de melhoramento da Conexão Delta G. Os animais foram expostos a infestações naturais e avaliados fenotipicamente entre os anos de 2001 e 2010.

O modelo estatístico utilizado para obtenção dos componentes de (co)variância e dos valores genéticos incluiu o efeito fixo de grupo de contemporâneos (fazenda, ano e época de nascimento⁶, sexo e grupo de manejo), efeito linear da composição racial e da heterozigose, e efeitos linear e quadrático da idade do animal à contagem como covariáveis, e os efeitos aleatórios aditivos e residuais. O arquivo de pedigree foi composto por registros de 19.063 animais. Para as análises, foram consideradas as médias das contagens de carrapato na lateral do corpo.

Após a obtenção dos valores genéticos foram selecionados 20 animais extremos de resistência (menores valores genéticos) e 20 extremos de suscetibilidade (maiores valores genéticos), conduzidos a uma área experimental da Embrapa Pecuária Sul, na cidade de Bagé, RS.

Infestações artificiais

As fêmeas selecionadas foram submetidas a quatro infestações artificiais, com intervalos de 14 dias, nas quais cada novilha recebia cerca de 20 mil larvas espalhadas no dorso com auxílio de seringas adaptadas. As larvas foram obtidas a partir da incubação de teleóginas não contaminadas por *Babesia sp.* em estufa climatizada, com temperatura controlada de 27°C e umidade relativa superior a 80%.

Como forma de permitir a adaptação dos animais, provenientes de quatro fazendas diferentes, às mesmas condições ambientais e minimizar a influência de fatores não genéticos sobre as variáveis monitoradas neste estudo, antes do período de infestações os animais foram mantidos por aproximadamente três meses em uma área livre de carrapatos.

Após o primeiro desafio, as novilhas passaram a ocupar uma área de campo nativo, e para monitorar possíveis infestações decorrentes do ambiente, além das 40

⁶ Foram consideradas três épocas de nascimento: abril a julho; agosto a novembro; e dezembro a março.

fêmeas infestadas, três novilhas de mesma composição genética e originadas das mesmas fazendas foram mantidas no lote, não sendo, no entanto, submetidas às infestações artificiais.

Coleta das teleóginas

Entre o 19º e o 23º dia após as infestações, foram realizadas contagens das fêmeas do parasita com tamanho superior a 4,5 mm na lateral esquerda do corpo dos bovinos. As teleóginas consideradas nas análises deste trabalho foram coletadas manualmente nos dias de maior infestação apresentada pelos animais (22º dia pós-desafio na primeira semana de contagens e 21º dia nas demais). Os carrapatos coletados foram acondicionados em frascos individuais identificados e transportados até o Laboratório de Doenças Parasitárias da Universidade Federal de Pelotas para as avaliações objetivadas.

Depois de lavadas e secas em papel absorvente, as fêmeas ingurgitadas foram pesadas individualmente, fixadas em placas de Petry e encaminhadas para estufa climatizada (27,1°C e UR acima de 80%) para realização da postura. Devido às altas infestações apresentadas pelos animais do grupo suscetível, estipulou-se a avaliação de no máximo 10 teleóginas por bovino, em cada infestação. Após 14 dias de incubação, a massa de ovos produzida por cada parasita era pesada. A partir da segunda coleta de teleóginas, o peso das quenóginas remanescentes também passou a ser registrado, como forma de calcular a perda de peso das teleóginas.

O índice de eficiência reprodutiva (IER) e índice de eficiência nutricional (IEN) foram determinados conforme proposto por BENETT (1974):

$$\text{IER (\%)} = \frac{\text{massa de ovos} \times 100}{\text{peso inicial da teleóquina}}$$

$$\text{IEN (\%)} = \frac{\text{massa de ovos} \times 100}{\text{peso inicial da teleóquina} - \text{peso da quenóquina}}$$

Análises estatísticas

Para as análises estatísticas, os dados percentuais dos índices de eficiência reprodutiva e índice de eficiência nutricional foram transformados em arco seno $\sqrt{\%/100}$, e os dados de contagens de carrapatos em $\log_{10}(\text{contagem}+1)$, como forma de normalizar a distribuição dos dados. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento ANOVA do programa Statistical Analysis System (SAS, 2003), e a comparação entre as médias das características avaliadas foi realizada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características biológicas de teleóginas ingurgitadas em animais resistentes e sensíveis ao carrapato *R. (B.) microplus* ilustram a Tabela 1. Para facilitar a interpretação dos resultados, os percentuais dos índices de eficiência reprodutiva (IER) e nutricional (IEN) são apresentados sem transformação.

Tabela 1 – Média e Desvio-Padrão do peso inicial de teleóginas (PT), peso de massa de ovos (MO), peso de quenóginas (PQ), e índices de eficiência reprodutiva (IER) e nutricional (IEN) de fêmeas ingurgitadas em novilhas Braford geneticamente resistentes ou sensíveis ao carrapato, infestadas artificialmente.

Variável	Resistentes ¹	Suscetíveis
PT (g)	0,204±0,048 a	0,202±0,050 a
MO (g)	0,097±0,021 b*	0,109±0,030 a
PQ (g)	0,044±0,012 a	0,045±0,014 a
IER (%) ²	47,23±5,85 b**	53,27±3,74 a
IEN (%) ²	54,33±4,36 b**	65,62±8,84 a

¹Médias na linha seguidas por letras iguais não diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05). ²Comparações realizadas com os dados transformados em arco seno $\sqrt{\%/100}$. * P<0,05; ** P<0,0001

Verificou-se que os pesos iniciais médios das teleóginas (PT) coletadas de bovinos resistentes e suscetíveis foram semelhantes. As médias obtidas neste trabalho foram inferiores às relatadas por MARADAY & GONZÁLES (1984) em bovinos Aberdeen Angus (PT = 0,330g) e Santa Gertrudis (PT = 0,323g), expostos a

cinco infestações artificiais com 20 mil larvas em intervalos de 14 dias, e à média apresentada por bovinos Hereford (PT = 0,303g), expostos a seis desafios experimentais com 18 mil larvas de *R. (B.) microplus* em trabalho desenvolvido por BARRIGA et al. (1995).

Deve-se ressaltar que no presente estudo a quantidade de teleóginas coletas no grupo resistente foi muito inferior à quantidade coletada nos animais sensíveis (Fig. 1), demonstrando a validade das avaliações genéticas previamente realizadas e utilizadas para a classificação dos animais quanto à resistência.

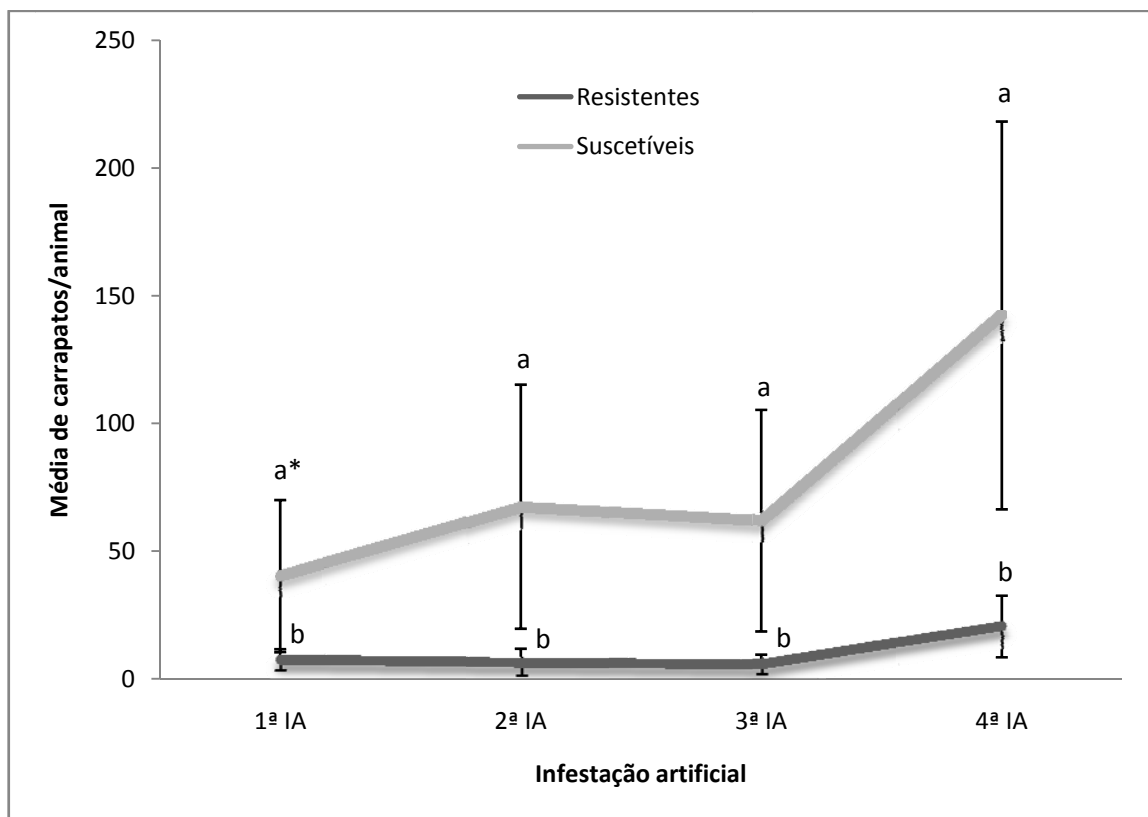


Figura 1 – Média de carrapatos apresentada por novilhas Braford geneticamente resistentes e suscetíveis nos dias de maior infestação apresentada pelos animais (22º dia após a primeira infestação, e 21º dias nas demais). *Comparações realizadas com os dados transformados em \log_{10} (contagem+1). Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Se considerarmos a teoria de que quanto maior a competição intra-específica entre os parasitas em um animal (ou seja, quanto maior o número de parasitas disputando pela fixação em locais do corpo do hospedeiro mais favoráveis ao seu desenvolvimento) menor o peso alcançado pelas fêmeas ingurgitadas (SANTOS & FURLONG, 2002), pode-se inferir que as teleóginas dos animais resistentes foram

menos eficientes no processo de fixação e ingurgitamento, visto que a competição intra-específica sobre os hospedeiros resistentes foi muito menor.

Na comparação entre as médias das massas de ovos (MO) produzidas pelas teleóginas de cada grupo, verificou-se que a resistência genética dos animais traduziu-se em uma capacidade reduzida de oviposição dos parasitas. Considerando-se que 1g de postura do *R. (B.) microplus* corresponde a cerca de 20 mil ovos (GONZÁLES, 1993; SUTHERST et al., 1978), pode-se afirmar que as teleóginas produzidas nas novilhas suscetíveis produziram, em média, 12% a mais de ovos que as alimentadas em novilhas resistentes. Isto, somado ao fato de que os hospedeiros sensíveis abrigam uma quantidade muito maior de carrapatos, evidencia o impacto que a resistência genética exerce sobre os níveis de infestação dos campos, de forma que a eliminação gradual dos indivíduos mais sensíveis dos rebanhos seria uma das alternativas para reduzir a população de carrapatos no ambiente e, assim, a necessidade de tratamentos acaricidas constantes e os demais prejuízos gerados pelo parasitismo.

Foi observada diferença também entre os índices de eficiência reprodutiva (IER) das teleóginas alimentadas sobre bovinos resistentes e suscetíveis, e, apesar de apresentarem pesos de quenóginas (PQ) similares, o índice de eficiência nutricional (IEN) também diferiu entre os dois grupos, apresentando maior valor médio nas novilhas classificadas como geneticamente sensíveis ao *R. (B.) microplus*. Considerando que o IER estima quanto do sangue ingerido foi convertido em ovos, e o IEN avalia quanto da perda de peso (peso inicial da teleóquina - peso da quenóquina) foi destinada à produção de ovos, é seguro afirmar que as fêmeas do parasita que se alimentaram sobre bovinos suscetíveis foram mais eficientes no processo de transformação do sangue ingerido em massas de ovos. Isso sugere que os mecanismos de defesa desenvolvidos contra o parasitismo pelos animais mais resistentes afetam estruturas internas dos parasitas, envolvidas neste processo de conversão.

A capacidade do sistema imune de bovinos em desenvolver mecanismos de defesa contra o carrapato ao longo de contatos subsequentes com o parasita sustenta o conceito de uma resistência adquirida defendido por muitos pesquisadores, e a ideia de que bovinos sem contato prévio com o carrapato são igualmente suscetíveis às infestações (WAGLAND, 1975). A Fig. 2 ilustra a evolução

dos parâmetros reprodutivos das teleóginas deste estudo ao longo das quatro infestações artificiais realizadas nas novilhas durante o experimento.

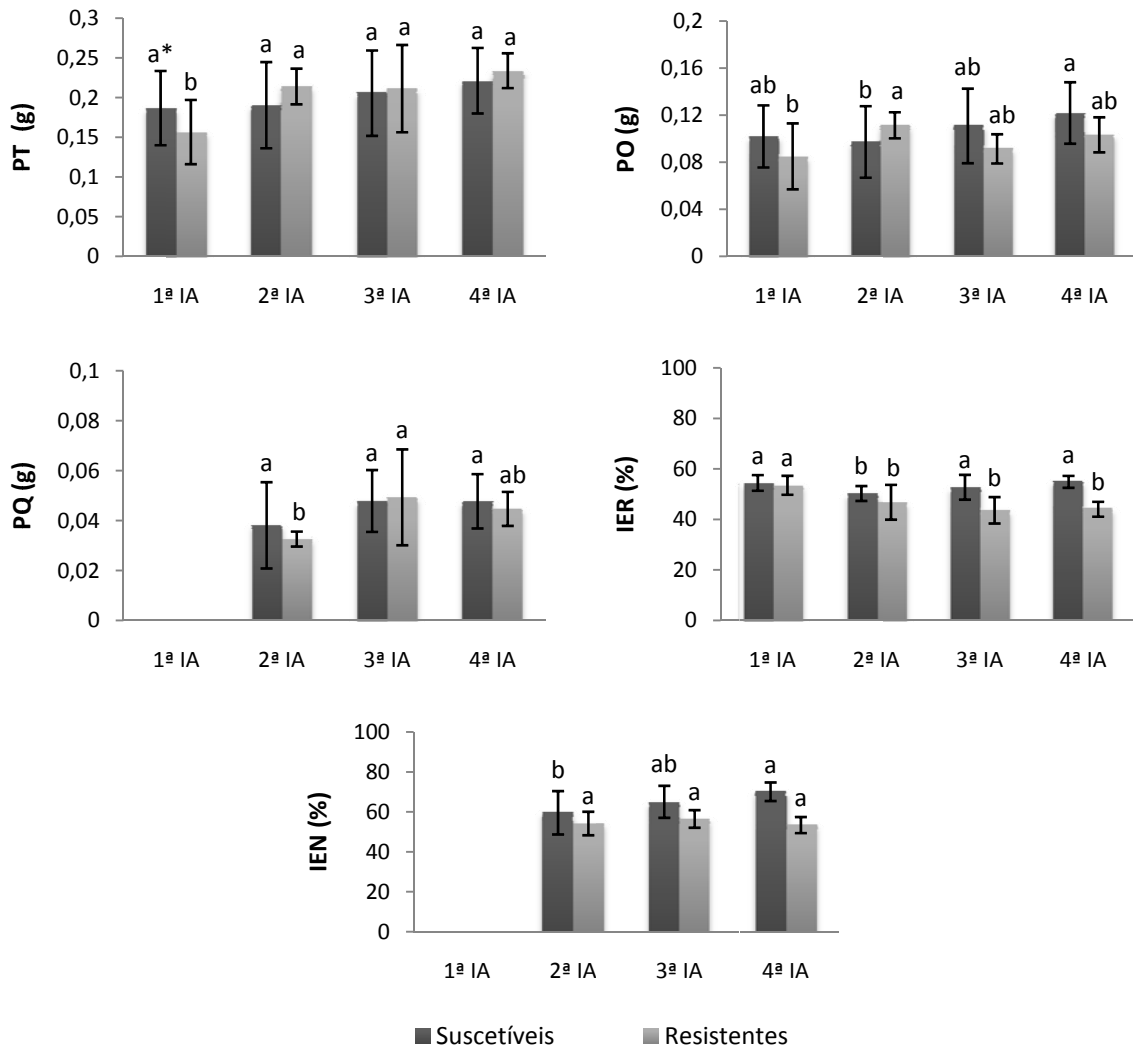


Figura 2 – Médias de peso de teleóginas (PT), peso da massa de ovos (PO), peso de quenógina (PQ), índice de eficiência reprodutiva (IER) e índice de eficiência nutricional (IEN) de teleóginas ao longo de quatro infestações artificiais (IA) em novilhas Braford resistentes e sensíveis ao carrapato. *Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença dentro do mesmo grupo, entre as infestações artificiais, pelo teste de Duncan (P < 0,05).

Com exceção do menor peso médio inicial nas teleóginas produzidas na primeira infestação pelas novilhas resistentes, não foram observadas diferenças no PT ao longo dos subsequentes desafios. Na Austrália, HEWETSON (1968), em rebanhos Sahiwal e Illawara Shorthorn, e WAGLAND (1978_a), em animais Brahman,

relataram que o peso médio das fêmeas ingurgitadas de *R. (B.) microplus* diminuía com o desenvolvimento da resistência dos bovinos.

Em relação IER, é interessante notar que as fêmeas ingurgitadas nas novilhas sensíveis apresentaram um menor valor médio apenas na segunda infestação, sendo que após o terceiro e quarto desafios as médias se reaproximaram do valor inicial. As teleóginas de novilhas resistentes, por outro lado, mantiveram médias de IER inferiores em todas as infestações após o primeiro desafio, indicando uma maior capacidade destes animais de manter uma resposta que limite a capacidade reprodutiva dos parasitas.

Em bovinos Hereford expostos a seis infestações artificiais, BARRIGA et al. (1995) verificaram que houve uma redução progressiva no peso inicial das teleóginas, no peso da massa de ovos e no índice de eficiência reprodutiva apenas do primeiro ao terceiro desafio, após o qual as características retornaram gradativamente às médias obtidas na primeira infestação.

7.4 CONCLUSÃO

A variabilidade genética para resistência ao carrapato observada em novilhas Braford não afetou somente o número de carrapatos produzido pelos animais, mas também a eficiência reprodutiva e nutricional das teleóginas, potencializando a capacidade de hospedeiros suscetíveis de infestar o ambiente.

7.5 REFERÊNCIAS

AYRES, D.R.; BALDI, F. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para números de carrapatos (*Boophilus microplus*) em bovinos da raça Braford, utilizando o método da máxima verossimilhança restrita e inferência Bayesiana. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá, PR. **Anais...** Maringá: SBZ, 2009. v.46. CD-ROM.

BARRIGA, O.O.; SILVA, S.S.; AZEVEDO, J.S.C. Relationships and influences between *Boophilus microplus* characteristics in tick-naive or repeatedly infested cattle. **Veterinary Parasitology**, v.56, p.225-238, 1995. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030440179400664X>>. Acesso em: 20 jun. 2011. PMID: 7732646.

BENNETT, G.F. Oviposition of *Boophilus microplus* (Canestrini, 1887) (Acarina: Ixodidae). I. Influence of tick size on egg production. **Acarologia**, v.16, n.1, p.52-61, 1974.

GONZALES, J.C. **O controle do carrapato do boi**. Porto Alegre: Mestre Jou, 1993. 79p.

HEWETSON, R.W. Resistance by cattle to cattle tick *Boophilus microplus*. II. The inheritance of resistance to experimental infestations. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.19, p.497-505, 1968. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/?paper=AR9680497>>. Acesso em: 20 out. 2011. Doi: 10.1071/AR9680497.

HEWETSON, R.W. Resistance by cattle to cattle tick *Boophilus microplus*. III. The development of resistance to experimental infestations by purebred Sahiwal and Australian Illawarra Shorthorn cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.22, p.331-342, 1971. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/?paper=AR9710331>>. Acesso em: 20 out. 2011. Doi: 10.1071/AR9710331.

MARADAY, J.A.O.; GONZALES, J.C. Efeitos das raças Santa Gertrudis e Aberdeen Angus em infestações de *Boophilus microplus* (Canestrini, 1887): I - Dimensões e peso das fêmeas ingurgitadas. **Arquivos da Faculdade de Veterinária**. UFRGS, Porto Alegre, v.12, n.12, p.127-38, 1984.

OBEREM, P.T. The immunological basis of host resistance to ticks: A review. **Journal of the South African Veterinary Association**, v.55, n.4, 215-217, 1984. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6398367>>. Acesso em: 20 out. 2011. PMID: 6398367.

SANTOS, A.P.; FURLONG, J. Competição intraespecífica em *Boophilus microplus*. **Ciência Rural**, v.32, n.6, p.1033-1038, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782002000600018>. Acesso em: 15 ago. 2011. Doi: 10.1590/S0103-84782002000600018.

SUTHERST, R.W.; WHARTON, R.H. et al. **Guide to studies on tick ecology**. Melbourne: Division of Entomology. 1978, p.1-59. (Technical Paper, 14).

WAGLAND, B.M. Host resistance to cattle tick (*Boophilus microplus*) in Brahman (*Bos indicus*) cattle. I. Response of previously unexposed cattle to four infestations with 20.000 larvae. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.26, p.1073-1078, 1975. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/paper/AR9751073.htm>>. Acesso em: 03 jan. 2012. Doi: 10.1071/AR9751073.

WAGLAND, B.M. Host resistance to cattle tick (*Boophilus microplus*) in Brahman (*Bos indicus*) cattle. II. The dynamics of resistance of previously unexposed and exposed cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.29, n.2, p.395-400, 1978_a. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/paper/AR9780395.htm>>. Acesso em: 03 jan. 2012. Doi: 10.1071/AR9780395.

WAGLAND, B.M. Host resistance to cattle tick (*Boophilus microplus*) in Brahman (*Bos indicus*) cattle. III. Growth on previously unexposed animal. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.29, n.2, p.401-409, 1978_b. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/paper/AR9780401.htm>>. Acesso em: 03 jan. 2012. Doi: 10.1071/AR9780401.

WAGLAND, B.M. Host resistance to cattle tick (*Boophilus microplus*) in Brahman (*Bos indicus*) cattle. IV. Age of ticks rejected. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.30, p.211-218, 1979. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/paper/AR9790211.htm>>. Acesso em: 03 jan. 2012. Doi: 10.1071/AR9790211.

WIKEL, S.K. Host immunity to ticks. **Annual Review of Entomology**, v.41, p.1-22, 1996. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.en.41.010196.000245>>. Acesso em: 10 jan. 2011. Doi: 10.1146/annurev.en.41.010196.000245.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estimativas de parâmetros genéticos da característica de contagem de carrapatos obtidas por diferentes modelos estatísticos indicaram a existência de variação genética aditiva suficiente para promover progressos genéticos nos rebanhos pela seleção de animais geneticamente mais resistentes. Entre os métodos de avaliação fenotípica analisados, a contagem na lateral do corpo dos animais forneceu estimativas médias de herdabilidade superiores à contagem na região do entrepernas, tanto na análise bicaracterística como na multicaracterística, que incluiu também as características de crescimento dos animais, indicando que ganhos genéticos para resistência seriam mais rapidamente alcançados utilizando a contagem em um dos lados do corpo como critério de seleção. A análise da repetibilidade desta característica demonstrou ser necessária mais de uma avaliação por indivíduo para aumentar a acurácia das estimativas.

Em relação às correlações genéticas da resistência ao carrapato com características de crescimento dos animais, não foram observadas correlações que desestimulassem a seleção por animais mais resistentes. Observaram-se, inclusive, associações favoráveis à seleção simultânea pela resistência, avaliada na lateral do corpo, e pelos ganhos de peso do nascimento à desmama e da desmama ao sobreano.

A partir deste estudo foi registrado ainda que bovinos geneticamente resistentes produziram teleóginas com índices de eficiência reprodutiva e nutricional inferiores às teleóginas ingurgitadas em indivíduos mais sensíveis às infestações. Este fator, aliado ao fato de que animais resistentes carregam um número expressivamente menor de carrapatos, atua diretamente sobre a capacidade de infestação do ambiente, de forma que além de sofrerem maiores perdas produtivas decorrentes dos maiores níveis de infestação que abrigam, animais suscetíveis acabam por contaminar mais os campos.

9 REFERÊNCIAS

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Rebanho Bovino Brasileiro. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/3_rebanho.asp>. Acesso em: 12 jan. 2012.

ALENCAR, M.M.; FRAGA, A.B.; SILVA, A.M. Adaptação de genótipos a ambientes tropicais: resistência à mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans*, Linnaeus) e ao carrapato (*Boophilus microplus*, Canestrini) em diferentes genótipos bovinos. **Agrociência**, v.9, n.1 e 2, p.579-585, 2005.

AYRES, D.R.; BALDI, F.; DIAZ, I.D.P.S.; ALBUQUERQUE, L.G.; ROSO, V.M. Estimativas de parâmetros genéticos para números de carrapatos (*Boophilus microplus*) em bovinos da raça Braford, utilizando o método da máxima verossimilhança restrita e inferência Bayesiana. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá, PR. **Anais...** Maringá. CD-ROM.

BEAUMONT, M.A.; RANNALA, B. The Bayesian revolution in genetics. **Nature Reviews/Genetics**, v.5, p.251-261, 2004.

BERNARDO, J.M. Una introducció a l'estadística bayesiana. **Butlletí de La Societat Catalan de Matemàtiques**, v.17, n.1, p.7-64, 2002.

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

BRAGATTO, S.A. Um estudo sobre a padronização na cadeia de carne bovina de corte brasileira. **Revista Produção Online**, v.8, n.4, 2008.

CARDOSO, V. **Avaliação de diferentes métodos de determinação da resistência genética ao carrapato *Boophilus microplus* em bovinos de corte**. 2000. 108f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.

CARDOSO, V.; FRIES, L.A.; ROSO, V.M.; BRITO, F.V. Estimates of heritability for resistance to *Boophilus microplus* tick evaluated by an alternative method in a commercial Polled Hereford x Nelore population in Brazil. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8., 2006, Belo Horizonte, MG. **Proceedings...** Belo Horizonte. CD-ROM.

CARVALHO, W.A.; BECHARA, G.H.; MORÉ, D.D.; FERREIRA, B.R.; SILVA, J.S.; DE MIRANDA SANTOS, I.K.F. *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*: Distinct acute phase proteins vary during infestations according to the genetic composition of the

bovine hosts, *Bos taurus* and *Bos indicus*. **Experimental Parasitology**, v.118, p.587-591, 2008.

CARVALHO, W.A.; IANELLA, P.; ARNOLDI, F.G.C.; CAETANO, A.R.; MARUYAMA, S.R.; FERREIRA, B.R.; CONTI, L.H.A.; SILVA, M.R.M.; PAULA, J.O.F.; MAIA, A.A.M.; DE MIRANDA SANTOS, I.K.F. Haplotypes of the bovine IgG₂ heavy gamma chain in tick-resistant and tick-susceptible breeds of cattle. **Immunogenetics**, v.63, n.5, p.319-324, 2011.

CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA. Carne Bovina – Desempenho de 2008 e perspectivas para 2009. Julho de 2009. Disponível em: <http://cepa.epagri.sc.gov.br/Informativos_agropecuarios/Carnes/Carnes_17.07.09.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2012.

EUCLIDES FILHO, K. **Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1999. 63p.

EUCLIDES FILHO, K.; SILVA, L.O.C.; ALVES, R.G.O. Tendência genética na raça Gir. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p.787-791, 2000.

FARIA, C.U.; MAGNABOSCO, C.U.; BORJAS, A.R.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F. Inferência bayesiana e sua aplicação na avaliação genética de bovinos da raça Nelore: revisão bibliográfica. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.1, p.75-86, 2007.

FIGUEIREDO, G.R. Cruzamentos na pecuária de corte. In: CURSO DE MELHORAMENTO DE GADO DE CORTE DA EMBRAPA, 15., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: EMBRAPA, 2005.

FAO. Food and Agriculture Organization. Ticks and tickborne disease control: a practical field manual. Roma, v.2, 1984.

FRAGA, A.B.; ALENCAR, M.M.; FIGUEIREDO, L.A.; RAZOOK, A.G.; CYRILLO, J.N.G. Análise de Fatores Genéticos e Ambientais que Afetam a Infestação de Fêmeas Bovinas da Raça Caracu por Carrapatos (*Boophilus microplus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1578-1586, 2003.

FRISCH, J.E.; O'NEILL, C.J. Comparative evaluation of beef cattle breeds of African, European and Indian origins. 2. Resistance to cattle ticks and gastrointestinal nematodes. **Animal Science**, v.67, p.39-48, 1998.

FRISCH, J.E.; O'NEILL, C.J.; KELLY, M.J. Using genetics to control cattle parasites - the Rockhampton experience. **International Journal for Parasitology**, v.30, p.253-264, 2000.

FURLONG, J. Controle do carrapato dos bovinos na região sudeste do Brasil. In: CHARLES, T.P.; FURLONG, J. **Doenças parasitárias dos bovinos de leite**. Coronel Pacheco: Embrapa/CNPGL, 1992. p.31-51.

FURLONG, J.; CHAGAS, A.C.S.; NASCIMENTO, C.B. Comportamento e ecologia de larvas do carrapato *Boophilus microplus* em pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.39, n.4, 2002.

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

GOMES, A.; HONER, M.R.; SCHENK, M.A.; CURVO, J.B.E. Populations of the cattle tick (*Boophilus microplus*) on purebred Nellore, Ibage and Nellore x European crossbreds in the Brazilian savanna. **Tropical Animal Health Production**, v.21, n.1, p.20-24, 1989.

GONZALES, J.C. **O controle do carrapato do boi**. Porto Alegre: Mestre Jou, 1995. 79p.

HENDERSON, C.R. Estimation of variance and covariance components. **Biometrics**, v.9, p.226-252, 1953.

JONSSON, N.N. The productivity effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation on cattle, with particular reference to *Bos indicus* cattle and their crosses. **Veterinary Parasitology**, v.137, p.1-10, 2006.

LEEMON, D.M.; TURNER, L.B.; JONSSON, N.N. Pen studies on the control of cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* with *Metarhizium amisopliae* (Sorokin). **Veterinary Parasitology**, v.156, p.248-260, 2008.

LEITE, R.C. **Boophilus microplus (Canestrini, 1887) - Susceptibilidade, uso atual e retrospectivo de carrapaticidas em propriedades das regiões fisiogeográficas da Baixada do Grande Rio e Rio de Janeiro. Uma abordagem epidemiológica**. 1988. 151p. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1988.

LEITE, R.C.; CUNHA, A.P.; BELLO, A.C.P.P; DOMINGUES, L.N.; BASTIANETTO, E. Controle de Ectoparasitos em Bovinocultura de Corte. In: VAZ PIRES, A.. (Org.). **Bovinocultura de Corte**. 1ed. Piracicaba: FEALQ, v.2, p.1171-1190, 2010.

MARADAY, J.A.O.; GONZALES, J.C. Efeitos das raças Santa Gertrudis e Aberdeen Angus em infestações de *B. microplus* (Canestrini, 1887): I - Dimensões e peso das fêmeas ingurgitadas. **Arquivos da Faculdade de Veterinária**. UFRGS, Porto Alegre, v.12, n.12, p.127-38, 1984.

MARTINS, J.R.S. **Carrapato *Boophilus microplus* (Can. 1887) (Acari: Ixodidae) resistente à ivermectina, moxidectina e doramectina**. 2006. 74p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

MOOD, A.M.; GRAYBILL, F.A.; BOES, D.C. **Introduction to the theory of statistics**. 3ed. New York: McGraw Hill, 1974. 480p.

MORRIS, C.A. A review of genetic resistance to disease in *Bos taurus* cattle. **The Veterinary Journal**, v.174, p.481-491, 2007.

MUÑOZ COBENAS, M.E.; MOLTEDO, H.L. **Boophilus microplus, la garrapata comun del ganado vacuno**. Buenos Aires: Hemisfério Sur, 1982. 184p.

O'CONNOR, S.F.; TATUM, J.D.; WULF, D.M.; GREEN, R.D.; SMITH, G.C. Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**. v.75, p.1822-1830, 1997.

OBEREM, P.T. The immunological basis of host resistance to ticks: A review. **Journal of the South African Veterinary Association**, v.55, n.4, 215-217, 1984.

PIPER, E.K.; JACKSON, L.A.; BIELEFELDT-OHMANN, H.; GONDRO, C.; LEW-TABOR, A.E.; JONSSON, N.N. Tick-susceptible *Bos taurus* cattle display an increased cellular response at the site of larval *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* attachment, compared with tick-resistant *Bos indicus* cattle. **International Journal for Parasitology**, v.40, n.4, p.431-441, 2010.

PIPER, E.K.; JONSSON, N.N.; GONDRO, C.; LEW-TABOR, A.E.; MOOLHUIJZEN, P.; VANCE, M.E.; JACKSON, L.A. Immunological profiles of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle infested with the cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Clinical and Vaccine Immunology**, v.16, p.1074-1086, 2009.

QUEIROZ, S.A.; COSTA, G.Z.; OLIVEIRA, J.A.; FRIES, L.A. Efeitos ambientais e genéticos sobre escores visuais e ganho de peso à desmama de animais formadores da raça Brangus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, 2009.

ROBERTS, J.A. Resistance of cattle to the tick *Boophilus microplus* (CANESTRINI). II. Stages of the life cycle of the parasite against which resistance is manifest. **Journal of Parasitology**, v.54, p.667-673, 1968.

RODRÍGUEZ VALLE, M.; MÉNDEZ, L.; VALDEZ, M.; REDONDO, M.; ESPINOSA, C.M.; VARGAS, M.; CRUZ, R.L.; BARRIOS, H.P.; SEOANE, G.; RAMÍREZ, E.S.; BOUÉ, O.; VIGIL, J.L.; MACHADO, H.; NORDELO, C.B.; PIÑEIRO, M.J. Integrated control of *Boophilus microplus* ticks in Cuba based on vaccination with the anti-tick vaccine Gavac. **Experimental Applied Acarology**, v.34, p.375-382, 2004.

SAMISH, M.; GINSBERG, H.; GLAZER, I. Anti-tick biological control agents: assessment and future perspectives. In: BOWMAN, A.S.; NUTALL, P.A. **Ticks – Biology, Disease and Control**. New York: Cambridge University Press, p.447-469, 2008.

SANTI, L.; SILVA, W.O.; PINTO, A.F.M.; SCHRANK, A.; VAINSTEIN, M.H. Differential immunoproteomics enables identification of *Metarhizium anisopliae* proteins related with *Rhipicephalus microplus* infection. **Research in Microbiology**, v.160, p.824-828, 2009.

SCHENKEL, F.S.; SCHAEFFER, L.R.; BOETTCHER, P.J. Comparison between estimation of breeding values and fixed effects using Bayesian and empirical BLUP

estimation under selection on parents and missing pedigree information. **Genetic, Selection, Evolution**, v.34, p.41-59, 2002.

SILVA, A.M.; ALENCAR, M.M.; REGITANO, L.C.A.; OLIVEIRA, M.C.S.; BARIONI JR., W. Natural infestations of beef cattle females by external parasites in southern Brazil. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8., 2006, Belo Horizonte, MG. **Proceedings...** Belo Horizonte. CD-ROM.

SKALLOVÁ, A.; IEZZI, G.; AMPENBERGER, F.; KOPF, M.; KOPECKY, J. Tick saliva inhibits dendritic cell migration, maturation and function while promoting development of Th₂ responses. **The Journal of Immunology**, v.180, n.9, p.6186-6192, 2008.

TURNER, J.W. Genetic and biological aspects of zebu adaptability. **Journal of Animal Science**, v.50, p.1201-1205, 1980.

TURNI, C.; LEE, R.P.; JACKSON, L.A. Effect of salivary gland extracts from the tick, *Boophilus microplus*, on leucocytes from Brahman and Hereford cattle. **Parasite Immunology**, v.24, p.355-361, 2002.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. Out. 2011. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2012.

VAN TASSEL, C.P.; CASELLA, G.; POLLAK, E.J. Effects of selection on estimates of variance components using Gibbs Sampling and restricted maximum likelihood. **Journal of Dairy Science**, v.78, p.678-692, 1995.

VILLARES, J.B. Climatologia zootécnica. III. Contribuição ao estudo da resistência e susceptibilidade genética dos bovinos ao *Boophilus microplus*. **Boletim Indústria Animal**, v.4, n.1, p.60-86, 1941.

VERÍSSIMO, C.J.; NICOLAU, C.V.J.; CARDOSO, V.L.; PINHEIRO, M.G. Haircoat characteristics and tick infestation on Gyr (Zebu) and crossbreed (Holstein x Gyr) cattle. **Archivos de Zootecnia**, v.51, p.389-392, 2002.

YOKOO, M.J.I. **Análise Bayesiana da área de olho do lombo e da espessura de gordura obtidas por ultrassom e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore**. 2009. 96p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento Animal) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2009.

WANG, C.S.; GIANOLA, D.; SORENSEN, D.A.; JENSEN, J.; CHRISTENSEN, A.; RUTLEDGE, J.J. Response to selection for litter size in Danish Landrace pigs: A Bayesian analysis. **Theoretical and Applied Genetics**, v.88, p.220-230, 1994.

WHARTON, R.H.; UTECH, K.B.W. The relation between engorgement and dropping of *Boophilus microplus* (Canestrini) (*Ixodidae*) to the assessment of tick numbers on cattle. **Australian Journal of Entomology**, v.9, n.3, p.171-182, 1970.

WIKEL, S.K. Host immunity to ticks. **Annual Review of Entomology**, v.41, p.1-22, 1996.

WILKINSON, P.R. Observations on infestations of undipped cattle of British breeds with the cattle tick, *Boophilus microplus* (Canestrini). **Australian Journal of Agricultural Research**, v.6, n.4, p.655-665, 1955.

WILLADSEN, P. Tick control: thoughts on a research agenda. **Veterinary Parasitology**, v.138, p.161-168, 2006.

WILLADSEN, P. Anti-ticks vaccines. In: BOWMAN, A.S; NUTALL, P.A. **Ticks – Biology, Disease and Control**. New York: Cambridge University Press, p.447-469, 2008.