

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA-UNESP
CÂMPUS JABOTICABAL

**ESTUDO GENÉTICO-QUANTITATIVO DE
CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO PRÉ-DESMAMA
EM BOVINOS DE CORTE DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES
RACIAIS**

Záfia Cristina Pottmaier Caetano
Médica Veterinária

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA-UNESP
CÂMPUS JABOTICABAL**

**ESTUDO GENÉTICO-QUANTITATIVO DE
CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO PRÉ-DESMAMA
EM BOVINOS DE CORTE DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES
RACIAIS**

Discente: Záfia Cristina Pottmaier Caetano

Orientador: Dr. Maurício Mello de Alencar

Coorientador: Prof. Dr. Danísio Prado Munari

Coorientadora: Dra. Patricia Tholon

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento Animal.

2020

C128e

Caetano, Záfia Cristina Pottmaier

Estudo Genético-Quantitativo de características de crescimento pré-desmama de bovinos de corte de diferentes composições raciais / Záfia Cristina Pottmaier Caetano. -- Jaboticabal, 2020

67 p. + 1 CD-ROM

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Maurício Mello de Alencar

Coorientador: Danísio Prado Munari

Coorientadora: Patrícia Tholon

1. Melhoramento Genético. 2. Genética Animal. 3. Genética Quantitativa. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ESTUDO GENÉTICO-QUANTITATIVO DE CARACTERÍSTICAS DE
CRESCIMENTO PRÉ-DESMAMA EM BOVINOS DE CORTE DE
DIFERENTES COMPOSIÇÕES RACIAIS

AUTORA: ZÁFIA CRISTINA POTTMAIER CAETANO

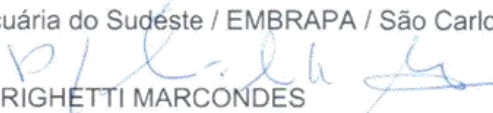
ORIENTADOR: MAURICIO MELLO DE ALENCAR

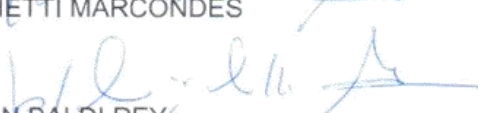
COORDINADORA: PATRICIA THOLON

COORDINADOR: DANISIO PRADO MUNARI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em GENÉTICA E
MELHORAMENTO ANIMAL, pela Comissão Examinadora:


Pesquisador Dr. MAURICIO MELLO DE ALENCAR
Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste / EMBRAPA / São Carlos/SP


Pesquisadora Dra. CINTIA RIGHETTI MARCONDES
EMBRAPA / São Carlos/SP


Prof.Dr. FERNANDO SEBASTIAN BALDI REY
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 21 de setembro de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Záfia Cristina Pottmaier Caetano, filha de Edson de Oliveira Caetano e Zélia Cristina Pottmaier Caetano, nasceu em Tubarão- Santa Catarina em 25 de março de 1988. Iniciou o curso de Bacharelado em Medicina Veterinária na FMU (Faculdades Metropolitanas Unidas), em junho de 2012, obtendo o título de Bacharala em Medicina Veterinária em 24 de julho de 2017. Durante a graduação foi bolsista FAPESP de iniciação científica sob orientação da Prof^a Dra. Andrea Roberto Bueno Ribeiro, com o projeto: “Desenvolvimento de metodologia e avaliação de características de glândulas sudoríparas de ovinos de diferentes grupos genéticos”. Em março de 2018 iniciou o Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho- Faculdades de Ciências Agrárias e Veterinárias” (FCAV/UNESP), campus Jaboticabal, sob a orientação do Dr. Maurício Mello de Alencar. Foi bolsista CAPES (Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) durante a realização do curso de Mestrado.

EPIÍGRAFE

**“Na vida,
não existe nada a temer,
mas a entender”
(Marie Curie)**

**“O que sabemos é uma gota;
o que ignoramos é um oceano”
(Isaac Newton)**

**“Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas.
Muito conhecimento,
com que se sintam humildes”
(Leonardo da Vinci)**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP), pela oportunidade de realização deste curso.

Aos professores do Programa de Pós Graduação de Genética e Melhoramento Animal.

À Embrapa Pecuária Sudeste (São Carlos), por conceder toda sua estrutura e banco de dados utilizado nesse estudo, e a todas as pessoas que conheci nesse local (Dr. Godoy, Dra. Patrícia, Silvia, Dr. Frederico, Dr. Gusmão, Dr. Felipe, Dr. Sérgio, Sra. Rita, enfim todos que participaram desse processo de desenvolvimento).

Ao meu orientador Dr. Maurício Mello de Alencar, pela oportunidade, pelos ensinamentos, pelo companheirismo e por ser um profissional excepcional.

Aos membros da Banca Examinadora do Exame Geral de Qualificação e da Banca de Defesa, Prof. Dr. Fernando Sebastián Baldi Reys, Prof. Dr. Humberto Tonhati e Dra. Cintia Righetti Marcondes, pela ajuda, correções e sugestões que engrandeceram esse trabalho.

À minha mãe Zélia e minhas irmãs Érica e Isabela pelo amor, carinho e por estarem sempre ao meu lado nos bons e maus momentos.

Aos companheiros e amigos, Hayala, Ivan, Maurício Gatti, Matheus Oliveira, Rafael Nakamura, Wellington Bizarria, e Samla Marques do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal (FCAV/UNESP), pelos momentos de descontração, apoio mútuo e ensinamentos durante a execução deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

	Páginas
Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
CAPÍTULO 1 - Considerações Gerais.....	1
Introdução.....	1
Revisão de Literatura.....	2
Raças Bovina.....	2
Sistemas de Acasalamentos.....	5
Sistemas de Cruzamento.....	8
Heterose.....	10
Bases Genéticas da Heterose.....	11
Tipos de Heterose.....	12
Características de Crescimento Pré-desmama.....	13
Parâmetros Genéticos.....	13
Referências.....	16
CAPÍTULO 2 - Efeitos genéticos sobre características de crescimento pré-desmama em bovinos de corte de diferentes composições raciais.....	22
Resumo.....	22
Abstract	23
Introdução.....	24
Material e Métodos.....	25
Resultados e Discussão.....	32
Conclusões.....	37
Referências.....	38
CAPÍTULO 3 - Estimativas de parâmetros genéticos para características de crescimento pré-desmama em bovinos de corte de diferentes composições raciais.....	41
Resumo.....	41
Abstract	42
Introdução.....	43
Material e Métodos.....	44
Resultados e Discussão.....	48
Conclusões.....	54
Referências.....	55

ESTUDO GENÉTICO-QUANTITATIVO DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO PRÉ-DESMAMA DE BOVINOS DE CORTE DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES RACIAIS

RESUMO- O cruzamento entre raças é uma estratégia de melhoramento importante, pois permite explorar as diferenças genéticas entre as raças e adequar o tipo de animal ao ambiente. Contudo, é necessário que se estimem efeitos aditivos e não-aditivos de raças sobre características de produção nas populações de animais cruzados, tanto para delinear programas de cruzamento entre raças como para a obtenção de parâmetros genéticos e valores genéticos de animais no processo de seleção. Este trabalho teve o objetivo de avaliar efeitos genéticos sobre características de crescimento pré-desmama de animais provenientes do cruzamento entre raças bovinas de corte. Foram utilizados dados de pesos ao nascimento (PN) e à desmama (PD) e ganho de peso do nascimento à desmama (GDP) de animais Nelore e de vários grupos genéticos cruzados envolvendo a raça Nelore (Zb) e raças taurinas britânicas (Tb; Angus e Hereford), continentais (Tc; Charolesa, Limousin, Pardo Suíço tipo carne e Simental) e adaptadas (Ta; Bonsmara e Senepol), e raças compostas Canchim (5/8 Charolês + 3/8 Zebu) e Brangus (5/8 Angus + 3/8 Zebu). Foram avaliados os efeitos de classe de grupo genético do bezerro (CGG; combinação de raças taurinas britânicas, continentais e adaptadas com a raça Nelore) sobre as características estudadas, estimados os efeitos aditivos diretos e heteróticos individuais dos vários grupos de raças envolvidos e obtidos parâmetros genéticos (herdabilidade e correlações genéticas) para as características. Os resultados mostraram que houve efeito significativo de CGG sobre todas as características e que, em geral, os animais cruzados foram mais pesados e ganharam mais peso do que os Nelore, indicando que o cruzamento da raça Nelore com raças taurinas pode ser usado para produzir bezerros bem desenvolvidos até o desmame. Os efeitos aditivos diretos de raças taurinas adaptadas, britânicas e continentais, em relação ao Nelore, bem como seus efeitos heteróticos individuais em combinação com a raça Nelore e entre si, sugerem a utilização dessas raças no sistema de produção em cruzamento com a raça Nelore. As estimativas de herdabilidade foram iguais a: $0,33 \pm 0,04$ (PN); $0,32 \pm 0,04$ (PD) e $0,28 \pm 0,03$ (GDP), sugerindo a possibilidade de obtenção de resposta à seleção para essas características. As estimativas de correlações genéticas foram iguais a: 0,33 para PN e GDP; 0,47 para PN e PD e 0,94 para PD e GDP, sugerindo que a seleção para qualquer uma das características deverá resultar em progresso nas outras, principalmente para PN e PD e PD e GDP.

Palavras chave: cruzamento, heterose, herdabilidade, pesos, taurino, zebuíno

QUANTITATIVE GENETIC STUDY OF PREWEANING GROWTH TRAITS OF BEEF CATTLE OF DIFFERENT BREED COMPOSITIONS

ABSTRACT- Crossbreeding is an important strategy to improve beef production, since it allows to explore the genetic differences among breeds and to fit animal type to environmental resources. However, it is necessary to estimate additive and nonadditive breed effects on economic traits in crossbred populations, to build crossbreeding programs and to obtain accurate genetic parameters for selection purposes. The objective of this study was to evaluate genetic effects on preweaning growth traits of crossbred beef cattle. Data on birth (BW) and weaning (WW) weight and average daily gain from birth to weaning (ADG) of animals of several genetic groups involving indicine (Nellore) and British (Angus and Hereford), Continental (Charolais, beef type Brown Swiss, Limousin and Simmental) and Sanga (Bonsmara and Senepol) taurine breeds, and the composite Canchim (5/8 Charolais + 3/8 Zebu) and Brangus (5/8 Angus + 3/8 Zebu) breeds were used. The effects of class of genetic group (CGG; combination of British, Continental and Adapted Sanga taurine breeds with Nellore) of calf on the traits were evaluated, and additive direct and individual heterotic breed group effects and genetic parameters (heritability and genetic correlations) were estimated. The results showed that CGG had a significant effect on all traits studied, and that, in general, the crossbred calves were heavier and gained more weight than the Nellore ones. The additive direct effects of Adapted, British and Continental breeds were, in general, positive and significantly different from zero, mainly for WW and ADG, and the heterotic effects, both between taurine and indicine as between taurine and taurine breeds, were also positive and significantly different from zero. These results indicate that crossbreeding Nellore with taurine breeds can be used to produce heavier calves at weaning in southeastern Brazil, under pasture condition. The estimates of heritability, obtained from single trait analyses were equal to: 0.33 ± 0.04 (BW); 0.32 ± 0.04 (WW) and 0.28 ± 0.03 (ADG), suggesting the possibility of obtaining response to the selection for these traits. The estimates of genetic correlations, obtained from two-trait analyses, were equal to: 0.33 for BW and ADG; 0.47 for BW and WW; and 0.94 for WW and ADG. These estimates suggest that selection for any one of the traits should result in genetic responses in the others, mainly for BW and WW and WW and ADG.

Key words: crossbreeding, heterosis, heritability, indicine, taurine, weights

CAPÍTULO 1- Considerações Gerais

Introdução

As estratégias de melhoramento genético animal, seleção e cruzamento entre raças, têm contribuído para aumentar a eficiência produtiva da pecuária de corte do Brasil, tornando-a mais competitiva pela adequação de recursos genéticos, ambientais, de manejo e de mercado. O cruzamento entre raças é uma estratégia importante, pois permite explorar as diferenças genéticas entre as raças e adequar o tipo de animal ao ambiente (Trematore et al., 1998). Além disso, o cruzamento proporciona maior flexibilidade ao sistema de produção (Barbosa, 1990). De fato, de acordo com Lopes et al. (2010), no Brasil e em outros países, o uso de populações de múltiplas raças para fins comerciais vem crescendo, pela possibilidade de aumento na eficiência de produção em consequência da heterose e da complementaridade entre raças, acrescido da seleção de animais superiores.

De acordo com Alencar et al. (1995), pelo fato da superioridade dos animais cruzados em relação aos puros depender do ambiente e do tipo de manejo fornecido, da diversidade genética dos pais cruzados e dos efeitos de raça, é necessário que se identifiquem os cruzamentos que apresentam maior vigor híbrido e que combinem características desejáveis para os diferentes tipos de manejo e regiões do País. Os autores ainda apontam para a importância de se avaliar os efeitos genéticos aditivos e não-aditivos das diferentes raças, importante na determinação das combinações de raças, tanto para os sistemas convencionais de cruzamento como para a formação de populações compostas.

No processo de seleção, a precisão da estimativa do valor genético dos indivíduos depende, em grande parte, dos efeitos considerados no modelo estatístico usado na avaliação dos animais (Lopes et al., 2010). Vários autores (Trematore et al., 1998; Roso et al., 2005; Teixeira e Albuquerque, 2005; Carvalheiro et al., 2006; Pimentel et al., 2006; Cardoso, et al., 2008; Kippert et al., 2008; Barichello et al., 2010; Lopes et al., 2010; Bueno et al., 2011; Bueno et al., 2012; Bertoli et al., 2015; Leal et al., 2018) verificaram importantes efeitos aditivos diretos e maternos de raça e efeitos não-aditivos (heteróticos e de perdas epistáticas) diretos e maternos de raça sobre características de crescimento de bovinos cruzados no Brasil, muitos deles incluindo esses efeitos nos modelos estatísticos por ocasião da

obtenção de parâmetros genéticos. De fato, Carvalheiro et al. (2006), trabalhando com animais cruzados das raças Hereford e Nelore, mostraram que os modelos mais completos (incluindo efeitos aditivos e não aditivos) foram os melhores para a obtenção de estimativas de parâmetros genéticos para o ganho de peso pré-desmama. Observa-se, portanto, a importância de se estimar efeitos aditivos e não-aditivos de raças sobre características de produção nas populações de animais cruzados, tanto para delinear programas de cruzamento entre raças como para a obtenção de parâmetros genéticos (herdabilidade e correlações genéticas) e valores genéticos de animais no processo de seleção.

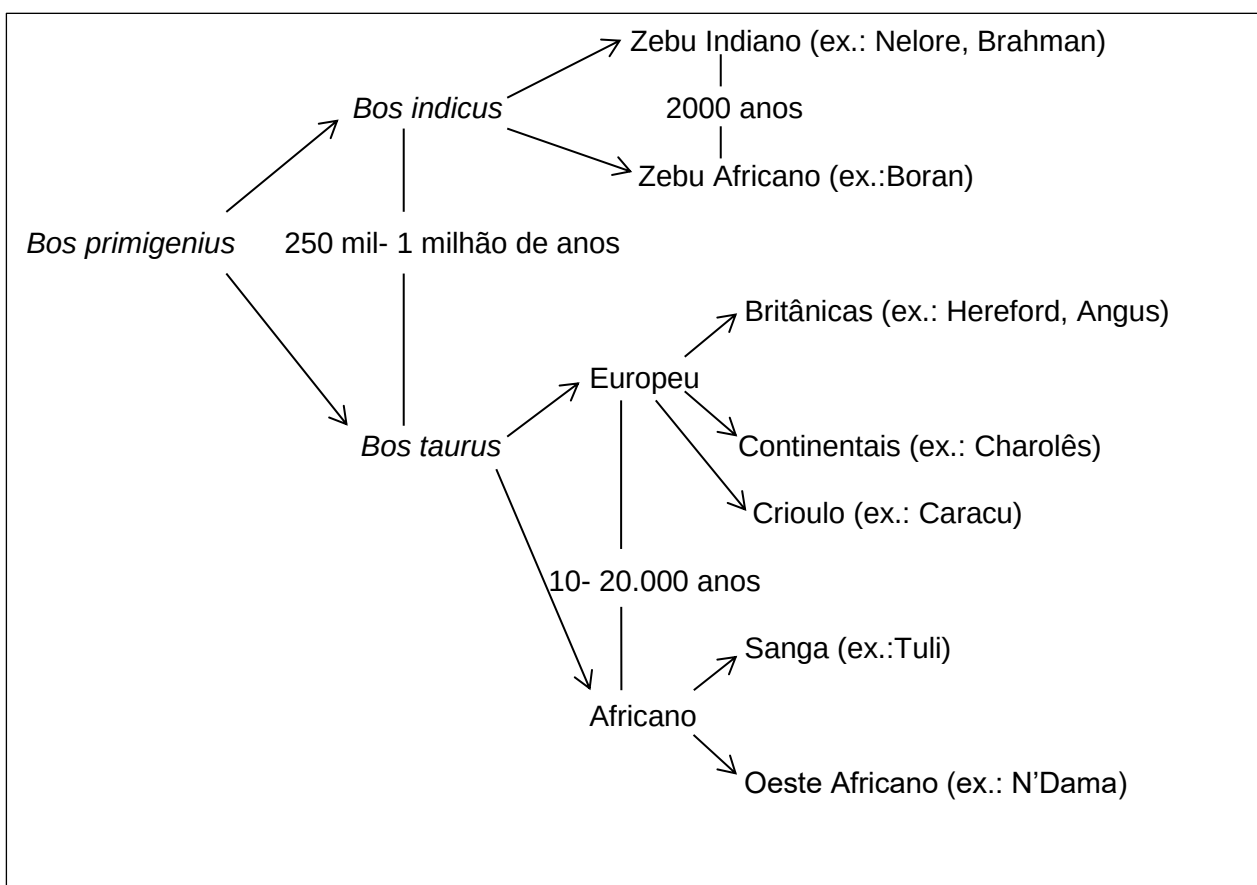
O objetivo geral desse trabalho foi avaliar efeitos genéticos sobre características de crescimento pré-desmama de animais provenientes do cruzamento entre raças bovinas de corte, oriundos de vários projetos de pesquisa, envolvendo a parceria de várias instituições, mas todos produzidos na Embrapa Pecuária Sudeste. Os objetivos específicos foram: avaliar o efeito do grupo genético sobre os pesos ao nascimento (PN) e à desmama (PD) e ganho de peso diário do nascimento à desmama (GDP) de animais provenientes do cruzamento entre raças taurinas (*Bos taurus*; Britânicas e Continentais), zebuínas (*Bos indicus*; Nelore) e compostas (Bonsmara, Brangus, Canchim e Senepol); avaliar os efeitos aditivos e não-aditivos (heteróticos) de raças sobre PN, PD e GDP de animais dos vários grupos genéticos provenientes dos cruzamentos citados; e avaliar a possibilidade de seleção em uma população de animais cruzados, por meio de estimativas de parâmetros genéticos (herdabilidade e correlações genéticas) para PN, PD e GDP de animais dos vários grupos genéticos provenientes dos cruzamentos citados.

Revisão de Literatura

Raças Bovinas

As raças bovinas são classificadas em duas subespécies: *Bos taurus* (taurinos) e *Bos indicus* (zebuínos). As duas subespécies compartilham o ancestral extinto auroque (*Bos primigenius*), sendo então os progenitores do gado zebu e do gado europeu. O *Bos primigenius* começou a diferenciar em *taurus* e *indicus* há aproximadamente 1,5 milhão de anos (Frisch, 1997; Frisch, 2001; Jorge, 2013). A

evolução histórica e a subdivisão dos bovinos em grupos e raças podem ser visualizadas no esquema abaixo:



Fonte: Manual Frisch, 2001.

Baseada na história da evolução, as raças bovinas foram classificadas em “com cupim” (*Bos indicus*) e “sem cupim” (*Bos taurus*). As raças taurinas são subclassificadas em: europeus (britânicos, continentais e crioulos) e africanos (sanga e oeste africano). As raças britânicas (ex.: Angus e Hereford) e as continentais (ex.: Charolês e Simental) evoluíram nas regiões de clima temperado. As raças Caracu e Romosinuano são as Crioulas das Américas ou também ditas europeias adaptadas, e as raças como N'Dama e o Muturu são originárias da África Ocidental (Frisch, 1997; Frisch, 2001, Sampaio, 2000).

Dentro da divisão de raças com cupim, existem as com cupim torácico que são as raças zebuínas (Zebu Africano e Zebu Indiano) e as com cupim cérvico-torácico que abrange as raças Africanas do grupo Sanga como, por exemplo, o Africânder e o Tuli e raças compostas provenientes de cruzamentos de indianas com

taurinas como o Brangus (chamados de *taurindicus*). A raça Boran seria Zebu Africana, já as raças Brahman e Nelore seriam Zebu Indianas. As raças Africanas do grupo Sanga apesar de apresentarem cupim cervico-torácico são classificadas como *Bos taurus* por terem o cromossomo “Y” tipicamente taurino (Frisch et al., 1997, Frisch, 1997, Frisch 2001; Jorge, 2013).

Nenhuma raça é excelente para todas as características de produção e nos mais diversos ambientes. Cada raça tem seus pontos positivos e pontos negativos, nenhuma raça é perfeita. Segundo Frisch (2001), cada raça é o produto das forças de seleção a que foi submetida no ambiente em que evoluiu. O Zebu indiano evoluiu nos trópicos, região de calor elevado, com doenças tropicais, variações na disponibilidade de alimento e incidência de parasitas internos e externos. Assim, a seleção natural levou a animais com elevada tolerância ou resistência a essas intempéries e de baixa exigência de manutenção, mas também com menor potencial de crescimento. As raças europeias evoluíram em clima temperado sem os estresses dos tópicos, portanto não são resistentes a esses estresses. Por outro lado, possuem intensidade metabólica elevada, resultando em elevada exigência de manutenção, porém com desempenho superior. As raças taurinas africanas evoluíram em regiões tropicais um pouco semelhantes àquelas das raças *B. indicus*, possuindo menor intensidade metabólica do que as europeias e menor exigência para manutenção.

As raças britânicas necessitam de um ambiente propício para seu desempenho reprodutivo e de crescimento para produzir carcaças de qualidade, apesar de serem animais de porte menor, quando comparados aos taurinos continentais, ou seja, menor peso quando adultos. Dentre as raças britânicas, podem ser citadas a Angus e a Hereford (Euclides Filho, 1997; Santos, 1999; CNPC, 2016).

As raças continentais possuem alto potencial de crescimento, alta conversão alimentar, altos pesos de abate e carcaça com pouca gordura, oposto às raças britânicas neste quesito. Por serem animais grandes, têm como desvantagens grande exigência de energia para a manutenção, alta incidência de partos distócicos e ainda baixa tolerância a parasitas. Exemplos de raças continentais são: Charolesa,

Limousin, Pardo Suíço e Simental (Euclides Filho, 1997; Santos, 1999; CNPC, 2016).

As raças taurinas africanas, por serem desenvolvidas em regiões tropicais em condições um pouco semelhantes às aquelas em que as raças indianas evoluíram, possuem melhor resistência ao calor, maior resistência aos carrapatos, melhor adaptadas a ambientes com menor disponibilidade de alimentos, e em relação às características relacionadas à qualidade de carne, estão mais próximas das raças europeias do que das raças zebuínas (Euclides Filho, 1997; Santos, 1999; Frisch, 2001).

Raças compostas ou sintéticas são obtidas do cruzamento entre raças existentes, obtendo-se a composição genética almejada de cada raça e, por acasalamentos “inter se”, iniciando o processo de seleção. Assim, como as raças “puras”, as raças compostas têm suas vantagens e desvantagens. Algumas desvantagens são: levam tempo e custo para sua obtenção; possuem menor grau de heterozigose do que sistemas de cruzamentos convencionais; não permitem utilizar as vantagens da complementaridade; e ocorrem maiores perdas da superioridade epistática em razão da recombinação nos gametas produzidos pelos pais cruzados (Alencar, 1997; Santos, 1999). As vantagens das raças sintéticas são: como devem ter na sua constituição genética genes de zebuínos, são bem versáteis em termos de adaptação ao clima tropical e ainda podem ser utilizados em monta natural com facilidade; facilitam o manejo, pois são manejadas como uma raça “pura”; permitem combinar características desejáveis de duas ou mais raças, mantendo considerável grau de heterozigose individual, materna e paterna; não requerem na sua formação a utilização de raças semelhantes em tamanho e habilidade leiteira; e as vacas do rebanho são do mesmo tamanho e os bezerros possuem genótipos semelhantes, o que implica gado mais uniforme (Alencar, 1997). Exemplos de raças sintéticas são a Canchim (5/8 Charolês + 3/8 Zebu) e a Brangus (5/8 Angus + 3/8 Zebu) (Mason, 1988; Alencar, 1997; Santos, 1999; CNPC, 2016).

Sistemas de Acasalamentos

O objetivo do melhoramento genético animal fundamenta-se na mudança da composição genética das populações e, para esse fim, são empregadas

basicamente duas ferramentas: seleção e sistemas de acasalamentos. Na seleção, elegem-se os indivíduos que irão gerar as próximas gerações e, assim, aumentar a frequência dos genes desejáveis. Nos sistemas de acasalamentos, o propósito é aumentar a frequência dos genótipos desejáveis (Trematore, 1996; Alencar e Barbosa, 2010).

Os sistemas de acasalamentos podem ser divididos em três: acasalamento ao acaso, endogamia ou consanguinidade e exogamia ou exocruzamento. O acasalamento ao acaso decorre em duas situações: a primeira é quando os animais se reproduzirão sem seleção prévia e, na segunda situação, os animais são pré-selecionados e se acasalarão aleatoriamente. Na primeira situação não há mudança na média das características da população e, por esse motivo, não deve ser usado nos programas de melhoramento genético animal (Trematore, 1996; Bourdon, 2000).

O sistema endogâmico ou consanguíneo é o acasalamento de animais mais relacionados, ou seja, que têm um ou mais ancestrais em comum, do que a média da população à qual pertencem. Uma consequência da endogamia é o aumento de pares de genes em homozigose que poderiam estar ocultos anteriormente pela heterozigose de alelos dominantes, portanto genes recessivos em homozigose passam a se expressar. Esses genes recessivos podem ser indesejáveis, afetando negativamente características quantitativas como fertilidade, viabilidade e habilidade materna, causando assim um declínio no mérito fenotípico do animal (Lush, 1945; Crow e Kimura, 1970; Trematore, 1996).

Falcão et al. (2001), estudando um rebanho Pardo-Suíço para características de crescimento (peso ao nascimento e peso à desmama) e os valores genéticos direto e materno para peso ao nascimento (PN), concluíram que a endogamia direta provocou redução no mérito genético individual para o peso ao nascer, possivelmente, em razão da redução na variância genética aditiva. Na raça Gir, apesar da porcentagem de animais endogâmicos e as estimativas das médias de endogamia, obtidas nos estudos de Queiroz et al. (2000) terem sido de baixa magnitude, foram observadas evidências de depressão endogâmica nas características de PN e peso ao ano (PA).

No entanto não se pode afirmar que a endogamia é somente negativa, ela é uma ferramenta que pode ser utilizada no melhoramento genético animal. A

consanguinidade pode ser empregada para: detectar genes recessivos deletérios eliminando os animais portadores; desenvolvimento de linhagens ou famílias dentro de uma raça (Phillips, 1947; Crow e Kimura, 1970), aumentando a variação na população (Trematore, 1996); produção de animais superiores por meio do acasalamento de linhagens distintas, e assim obtendo heterose; e aumentar a prepotência, ou seja, a aptidão que um indivíduo tem de transmitir suas características para seus filhos (Phillips, 1947; Trematore, 1996).

A exogamia, antagônica à endogamia, é o sistema de acasalamento de indivíduos não relacionados, ou seja, tem um grau de parentesco menor que a média de sua população de origem. Assim como a endogamia possui suas vantagens e desvantagens. O aumento da heterozigose na população pode ocultar a presença de genes recessivos deletérios e diminuir a prepotência, que seriam desvantagens da exogamia. Entre as vantagens tem-se o aumento do vigor híbrido (heterose), aumento do mérito fenotípico e a complementaridade das raças ou linhagens (Trematore, 1996; Bourdon, 2000).

Por esses motivos, para uma produção de animais eficiente, os dois sistemas se complementam e precisam coexistir, pois em gerações avançadas de animais mestiços que são cruzados ou retrocruzados pode existir um decréscimo da heterose (Euclides Filho, 1999 b; Alencar e Barbosa, 2010). Esse decréscimo da heterose vai depender das raças envolvidas no cruzamento e o sistema de cruzamento adotado, por exemplo, em um sistema de acasalamento contínuo a geração F1 tem 100% de heterozigose, já na geração F2 esse valor cai para 50%. O decréscimo da heterozigose ou/e sua manutenção vai depender do número de raças e qual sistema de cruzamento utilizado (Euclides Filho, 1997; Weaber, 2008).

Em raças compostas é essencial para a retenção da heterozigose, manter um tamanho de rebanho suficientemente grande para que a vantagem inicial pelo aumento da heterozigose não seja dissipada por acasalamentos endogâmicos. Então, para manter baixa a taxa de endogamia em uma população composta ou em uma raça, é necessária uma introdução periódica de plasma germinal novo, ou seja, introduzir novos exemplares das mesmas raças que contribuíram inicialmente na formação da raça ou incluir contribuição de raças adicionais (Gregory e Cundiff, 1997).

Sistemas de Cruzamentos

Ao escolher um sistema de cruzamento para determinada propriedade, tem-se que planejar as ações não somente para alguns anos e sim para várias gerações, e levar em consideração alguns aspectos, como: número e área de pastagens que precisará para a criação; como serão geradas as novilhas de reposição; tamanho ótimo de rebanho; fonte das raças e dos touros; fonte da alimentação necessária; mão de obra necessária; e uso potencial da inseminação artificial no rebanho (Gosey, 1991).

Existem vários tipos de sistemas de cruzamentos que podem ser utilizados pelo produtor de carne bovina. A escolha de um sistema dependerá dos objetivos do programa de cruzamentos, das raças envolvidas, das condições de manejo, ambiente, mercado e comercialização, da propriedade e do próprio produtor (Alencar e Barbosa, 2010).

Os sistemas de cruzamentos podem ser divididos em: contínuos ou absorventes; rotacionais ou alternados; industrial ou terminal e compostos (Santos, 1999; Pires, 2010). Cada sistema resulta em diferentes graus de heterose (Alencar e Barbosa, 2010). O cruzamento contínuo ou absorvente tem basicamente o intuito de substituir uma raça ou composição racial por outra, pelo uso frequente da segunda raça. Assim, a heterose é decrescente nos sucessivos cruzamentos até produzir os animais chamados “puros por cruzar” (Santos, 1999; Pires, 2010).

Nos cruzamentos rotacionados ou alternados, touros de duas raças são mantidos em lotes separados. Assim, as filhas de uma raça são acasaladas com o touro da outra raça, e vice-versa (Santos, 1999; Pires, 2010). Esse sistema permite a manutenção de níveis médios elevados de heterose, produção das fêmeas de reposição, uso de fêmeas mestiças, exploração efetiva da heterose e que ambos sexos sejam adaptados ao ambiente onde eles e suas progênies serão criadas (Euclides Filho, 1999 b).

Importante ressaltar que a escolha de touros de duas raças ou de três raças influencia na heterose. Em um sistema rotacionado com duas raças de touros espera-se que o nível de heterose em algumas gerações estabilize em 67%, no máximo, tanto para componentes individuais quanto para maternos, e quando são

utilizadas três raças de touros, o nível de heterose aumenta substancialmente para 86% no máximo da heterose individual e materna (Gosey, 1991).

Os cruzamentos industriais ou terminais baseiam-se no acasalamento de duas (ou três) raças puras com produção, na primeira geração de mestiços (F1), e as progênes são comercializadas ou abatidas (Euclides Filho 1999 a; Pires, 2010). Este sistema de duas raças tem a vantagem de ser simples, possibilitar a exploração da complementaridade das raças e obter máxima heterose individual na progênie. Sua desvantagem é não produzir fêmeas de reposição, sendo necessário produzir um rebanho paralelo com essa finalidade ou adquirir as fêmeas de outro produtor. Para explorar a heterose materna o produtor pode optar por realizar um cruzamento terminal de três raças, mas o manejo desse sistema pode ser um pouco mais difícil, pois existirão touros de duas raças e vacas de dois grupos genéticos no sistema (Alencar, 2004).

Nos cruzamentos que geram os bovinos compostos ou sintéticos, o termo sintético é usado para descrever novas linhagens ou grupos genéticos de bovinos. Resumidamente, são populações constituídas por duas ou mais raças com a finalidade de preservar a heterose nas gerações futuras, sem cruzamento, constituindo assim uma população pura (Pires, 2010; Barham, 2013). Só é justificável o desenvolvimento de uma nova raça ou tipo se as raças existentes não apresentam desempenho satisfatório em determinado ambiente, dado que sua obtenção demanda muito tempo e altos custos (Alencar, 2004).

Os sistemas de cruzamentos têm como objetivo usar simultaneamente os efeitos dos genes, tanto os não aditivos (explorando a heterose), quanto os aditivos, por intermédio da complementaridade das raças utilizadas (Gregory, 1997). Quanto mais complementares forem as raças envolvidas no cruzamento, maior é a produtividade e superioridade dos animais cruzados (Zadra, 2001). Assim, os efeitos de complementaridade das raças devem ser estudados; e a formação de novos grupos genéticos ou raças compostas por meio de raças puras (Santos, 1999; Pires, 2010).

Para a produção comercial de bovinos de corte, os cruzamentos são essenciais para um sistema de produção mais eficiente, tendo como base a utilização de animais puros selecionados. Para a escolha das raças que participarão

do programa de cruzamento, leva-se em consideração a complementaridade das características alvo da seleção, e assim produzir uma prole mais eficiente (Animal Science, 2001).

Os sistemas de cruzamentos devem ser explorados com a finalidade de atender as demandas crescentes de produtividade e competitividade dos sistemas de produção de carne bovina no Brasil. Os genótipos obtidos deverão ser adequados ao ambiente e ao manejo, levando-se em consideração as diferenças nos sistemas de produção distribuídos pelo país (Alencar e Packer, 2005).

Heterose

Segundo Buchanan e Northcutt (1914), Barbosa (1995) e Pereira (2008), a heterose é a superioridade média dos filhos em relação à média dos pais. Pode-se dizer que é uma medida de desempenho dos animais cruzados (provenientes de linhagens ou raças diferentes), que, de forma geral, possui magnitude superior em relação à média dos pais puros envolvidos no cruzamento (Van Vleck, 1993; Pereira, 2008). A heterose pode ser medida, pode ser positiva, negativa ou nula, e pode ser calculada por (Lasley, 1978):

$$\% \text{ heterose} = \frac{\text{Média dos cruzados} - \text{Média das raças paternas}}{\text{Média das raças paternas}} \times 100$$

Características de herdabilidade baixa apresentam alta heterose, já que são controladas por genes de ação não-aditiva, como por exemplo, habilidade materna, reprodução, longevidade da fêmea e adaptabilidade. Características de herdabilidade alta apresentam heterose mais baixa, dado que são controladas por genes de ação aditiva, como por exemplo, medidas de carcaça, mensurações esqueléticas e peso na maturidade. Características produtivas como a taxa de crescimento, pesos anteriores à maturidade e produção de leite, apresentam heterose média (Lasley, 1978; Pereira, 2008; Mota et al., 2010; Queiroz, 2012).

Quanto mais afastadas geneticamente forem as raças ou linhagens utilizadas no cruzamento, maior será a heterose resultante e, conseqüentemente, maior será a superioridade do animal comparado aos puros (Freitas et al., 2010; Lopes et al., 2010). Entretanto, para maximizar os benefícios do cruzamento deve-se levar em

consideração não somente maior heterose, mas também a manutenção da adaptação do animal (Zadra, 2001). Com isso, sabendo que o período de separação mais longo ocorreu entre as raças *Bos indicus* e *Bos taurus*, a heterose é maior em cruzamentos taurus x indicus (Frisch, 2001).

Bases Genéticas da Heterose

Os genes podem ter ação aditiva e não aditiva. A ação gênica aditiva é um tipo de ação gênica em que cada um dos genes que constituem o genótipo do indivíduo provoca um pequeno efeito na manifestação da característica. O efeito é provocado pela ação independente de cada um dos genes que adiciona aos efeitos dos demais na determinação do valor fenotípico. Já a ação gênica não aditiva é resultante da interação entre os alelos em que o valor expresso pelo genótipo heterozigoto é diferente da soma dos efeitos independentes de cada gene. Esta interação pode ser de três tipos: dominância, sobredominância e epistasia. Uma característica pode ser determinada pela ação aditiva, outra pode envolver ação aditiva somada à ação não aditiva (Eler, 2017).

A teoria da dominância presume que os alelos dominantes apresentam efeitos favoráveis no desempenho e valor adaptativo dos animais, enquanto os alelos recessivos fazem com que indivíduos homozigotos sejam menos vigorosos. Logo, genótipos AA e Aa, por exemplo, produzem os mesmos fenótipos. A teoria da sobredominância tem por princípio que os genótipos heterozigotos (Aa) são superiores aos homozigotos AA e aa (Pereira, 2008; Queiroz, 2012; Snustad e Simmons, 2017).

De forma geral, a heterose é atribuída à interação gênica entre alelos, no entanto, a complementaridade seria decorrente da epistasia (Queiroz, 2012). Dentre os mecanismos genéticos citados que podem explicar a heterose, a justificativa mais habitual envolve efeitos de dominância e a suposição de que, em alguns locos, genes diferentes foram fixados para diferentes raças. Portanto, a maior parte das vezes a causa provável da heterose deve-se à combinação de genes de diferentes raças, sobrepondo os efeitos dos genes inferiores. A heterose pode derivar em um cruzamento melhor do que a raça parental ou simplesmente melhor que a média das duas raças. Por exemplo, um bezerro mestiço Angus x Hereford pode crescer mais

rapidamente que os pais Angus ou Hereford (Buchanan, Northcutt, 1914; Van Vleck, 1993).

Na teoria da epistasia, presume-se que exista interação entre genes não alélicos, resultando na interação entre dois ou mais genes (Pereira, 2008). As interações entre os genes podem ser favoráveis ou desfavoráveis, resultando em melhor desempenho da progênie ou não. Nos cruzamentos essas interações tendem a ser favoráveis, a não ser que ocorra uma seleção por longos períodos em uma determinada raça, aumentando a frequência de combinações não alélicas favoráveis, que podem ser desfeitas com o cruzamento de animais cruzados (Kock et al., 1985; Pimentel et al., 2005). Esse fenômeno se chama perda por recombinação gênica ou epistasigose (Pimentel et al., 2005).

Tipos de Heterose

A heterose obtida pelos acasalamentos foi classificada por Nitter (1978) em três tipos:

- (1) Heterose individual - conceituada como a superioridade do indivíduo mestiço em relação à média dos pais puros, que não é atribuída a efeitos maternos, paternos ou ligada ao sexo. É resultante de combinações gênicas presentes no animal (Buchanan e Northcutt, 1914; Barbosa, 1995; Queiroz, 2012);
- (2) Heterose materna - representa a superioridade da mãe mestiça sobre a média das mães de raça pura, que produz um efeito materno favorável sobre o desenvolvimento do bezerro nas fases pré- e pós-natal (Buchanan e Northcutt, 1914; Barbosa, 1995; Queiroz, 2012); e
- (3) Heterose paterna - definida como vantagem pela utilização de pais cruzados, em vez de pais puros. Em geral a heterose paterna tem efeito apenas na taxa de concepção e nos aspectos reprodutivos masculinos (Buchanan e Northcutt, 1914; Barbosa, 1995; Queiroz, 2012).

Características de Crescimento Pré-desmama

Os pesos corporais são de fácil mensuração, normalmente aferidos nas fases iniciais do desenvolvimento animal e, em geral, possuem correlação genética alta com pesos às idades futuras (Guaragna et al., 1990; Ferraz Filho et al., 2002). Os pesos ao nascimento e à desmama são os primeiros pesos de importância econômica em um sistema de produção, sendo registrados ao nascimento e ao redor dos 210 dias de idade em bovinos de corte (Nelore Qualitas, 2016).

Os pesos ao nascimento são utilizados em programas de seleção, importante particularmente para raças europeias, com a finalidade de reduzir ou eliminar os partos distócicos. Isso não é uma preocupação relevante nas raças zebuínas, independente da reprodução decorrer por monta natural ou inseminação artificial. Ainda assim, é aconselhável o uso de touros com Diferença Esperada na Progenie (DEP) de baixa magnitude ou até mesmo negativa para peso ao nascer, a fim de evitar problemas relacionados ao parto (Nieto et al., 2013).

Alguns fatores como sexo do bezerro, duração da gestação, idade da vaca, ano e mês de nascimento são considerados importantes fontes de variação do peso do bezerro ao nascimento (Guaragna et al., 1990).

O peso à desmama e o ganho de peso pré-desmama são resultado do potencial de crescimento do próprio indivíduo (efeito direto) e da capacidade da mãe em prover um ambiente favorável ou, seja, o efeito materno (Nieto et al., 2013), que contempla o maior cuidado com a cria e maior produção de leite para o bezerro (Queiroz, 2012), influenciando a sobrevivência do bezerro (Weaber, 2008). O ganho de peso pós-desmama, portanto, seria o resultado do potencial genético do próprio indivíduo, uma vez que esse potencial sofre menos efeito materno (Nieto et al., 2013).

Parâmetros Genéticos

As estimativas de componentes de (co)variâncias e herdabilidade com boa precisão são fundamentais para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético animal. Os parâmetros genéticos são característicos de cada população, portanto podem sofrer alterações, em consequência de seleção, mudanças no manejo, métodos e modelos de estimação, entre outras causas (Yokoo et al., 2007).

A estimativa de herdabilidade possui caráter preditivo, ou seja, indica a confiabilidade do fenótipo (desempenho produtivo do animal) na determinação do valor genético de determinada característica na população (Eler, 2017). A herdabilidade é específica para cada população, pois, segundo Nepomuceno et al. (2013), as progênes de um mesmo touro em ambientes diferentes apresentaram desempenhos diferentes, em decorrência da interação genótipo-ambiente. O parâmetro é utilizado para medir o grau de semelhança entre os desempenhos fenotípicos dos filhos e dos pais. A herdabilidade para a característica de interesse pode ser alta ou baixa; se for alta, os animais com desempenho elevado tendem a produzir filhos igualmente produtivos e os animais com baixo desempenho tendem a produzir filhos com desempenho também baixo. A herdabilidade destaca quanto da variabilidade fenotípica de uma característica é atribuída à variabilidade genética aditiva (Euclides Filho, 1999 a; Eler, 2017).

A variabilidade entre os indivíduos é medida pela variância de seus desempenhos, ou seja, pela variância de seus valores fenotípicos. A variância fenotípica é decomposta em variância pela ação aditiva dos genes, da variância atribuída aos efeitos da dominância e da epistasia, além da variância em decorrência dos efeitos do ambiente (Eler, 2017).

Para eficiência da seleção, faz-se necessário o conhecimento de estimativas de herdabilidade das características de importância econômica, bem como, estimativas de correlações genéticas entre as mesmas, uma vez que estes parâmetros não são constantes na população (Pereira, 2008). A correlação genética mede o grau de inter-relação entre as variáveis, o que se deve à pleiotropia e/ou ligação entre genes (Falconer, 1987).

Parâmetros como a herdabilidade podem indicar se a seleção para determinada característica será efetiva em determinada população. Albuquerque e Teixeira (2005), estudando as raças Nelore, Hereford, Angus e seus cruzados, concluíram que as estimativas de herdabilidade confirmam a possibilidade de se realizar efetiva seleção para ganho de peso médio diário pré-desmama. As estimativas de heterose obtidas indicaram que os animais cruzados *Bos taurus* × *Bos indicus* obtêm ganho médio diário pré-desmama superior à média dos animais

das raças puras. Animais cruzados são uma alternativa para aumentar o desempenho nas características de peso corporal.

Cyrillo et al. (2004), estudando pesos do nascimento à idade de seleção (378 dias) em animais da raça Nelore, observaram que as estimativas de herdabilidade decresceram do nascimento aos três meses de idade, permaneceram baixas até o desmame e voltaram a aumentar após o desmame.

Referências

Alencar MM (1997) Utilização de cruzamentos para produção de carne bovina. In: SEMANA DO ESTUDANTE, 9. **Anais...** São Carlos: EMBRAPACPPSE. p.37-46.

Alencar MM (2004) Utilização de cruzamentos industriais na pecuária de corte tropical. In: Simpósio sobre Bovinocultura de Corte, 5. **Anais...** Piracicaba: FEALQ p. 149-170.

Alencar MM, Packer IU (2005) Competitividade depende do cruzamento de raças. Disponível em: < <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va03-genetica02.pdf> > Acesso em 05 jan., 2020.

Alencar MM, Barbosa PF (2010) Melhoramento genético de gado de corte no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 8. Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica - **Anais...** Maringá: SBMA, 9 p.

ANIMAL SCIENCE. (2001) Breeds of Beef Cattle. Disponível em: < <http://www.appohigh.org/ourpages/auto/2010/12/8/52590465/breedsofbeef.pdf> > Acesso em: 14 out. 2018.

Barbosa PF (1990) Cruzamentos para produção de carne bovina no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Bovinocultura de Corte. Piracicaba: FEALQ, p.1-45.

Barbosa PF (1995) Heterose, heterose residual e efeitos da recombinação em sistemas de cruzamento de bovinos. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, n. 2, p. 135-243 (Série Monografias).

Barham B (2013) Composite Beef Breeds. Disponível em: < <https://www.uaex.edu/publications/PDF/FSA-3057.pdf> > Acesso em: 27 jul. 2018.

Barichello F, Alencar MM, Torres Junior RA, Silva LOC (2010) Herdabilidade e correlações quanto a peso, perímetro escrotal e escores visuais à desmama, em bovinos Canchim. **Pesq. agropec. bras.**, v.45, n.6, p.563-570.

Bertoli CD, Brancchini J, McManus C, Cobuci JA, Kern EL, Piccoli ML, Shenkel F, Roso V..(2015) Modeling breed additive and non-additive genetic effects using a Angus x Nellore crossbred population. **Livestock Science**, v. 176, p.1-13.

Bueno RS, Torres RA, Ferraz JBS, Lopes PS, Eler JP, Silva MA, Euclides RF, Mattos EC (2011) Inclusão da epistasia em modelo de avaliação genética de bovinos de corte compostos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, n.4, p.948-953.

Bueno RS, Torres RA, Ferraz JBS, Lopes PS, Eler JP, Mourão GB, Silva MA, Mattos EC (2012) Métodos de estimação de efeitos não-aditivos para características de

peso e perímetro escrotal em bovinos de corte mestiços. **R. Bras. Zootec.**, v. 41, n. 5, p.1140-1145.

Buchanan DS, Northcutt SL (1914) The Genetic Principles of Crossbreeding. Disponível em: <http://www.iowabeefcenter.org/bch/CrossbreedingGeneticsPrinciples.pdf> > Acesso em: 27 jul. 2018.

Bourdon RM (2000) Understanding animal breeding. Upper Saddle River: Prendice-Hall, 538p.

Cardoso V, Queiroz AS, Fries LA (2008) Estimativas de efeitos sobre os desempenhos pré e pós-desmama de populações Hereford x Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v. 37, n. 10, p.1763-1773.

Carvalho R, Pimentel ECG, Cardoso V, Queiroz SA, Fries LA (2006) Genetic effects on preweaning weight gain of Nelore-Hereford calves according to different models and estimation methods. **J. Anim. Sci.**, v.84, p.2925-2933.

CNPC. Conselho Nacional de Pecuária de Corte (2016). Disponível em: < <http://cnpc.org.br/pecuaria/racas-de-gado> > Acesso em: 10 jun. 2018.

Crow JF, Kimura M (1970) An Introduction to Population Genetics Theory. New York: Harper and Row. p. 61-111.

Cyrillo JNSG, Alencar MM, Razook AG, Mercadante MEZ, Figueiredo LA (2004) Modelagem e estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos para pesos do nascimento à seleção (378 dias) de machos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1405-1415.

Eler JP (2017) Teorias e métodos em melhoramento genético animal: Bases do Melhoramento Genético Animal. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. 239 p.

Euclides Filho K (1997) O melhoramento genético e os cruzamentos em bovino de corte. EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 63, 1997. 35 p.

Euclides Filho K (1999a) Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte. 63p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 75).

Euclides Filho K (1999b) Cruzamentos na Pecuária de Corte nos Trópicos. In: Simpósio Internacional de Genética e Melhoramento Animal. **Anais...** Viçosa: UFV. 25p.

Falcão AJS, Martins Filho R, Magnabosco CU, Bozzi R, Lima FAM (2001) Efeitos da endogamia sobre características de reprodução, crescimento e valores genéticos

aditivos de bovinos da raça Pardo-Suiça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p.83-92.

Falconer DS (1987) Introdução à genética quantitativa. Viçosa: UFV. 279 p.

Ferraz Filho PB, Ramos AA, Silva LOC, Souza JC, Alencar MM, Malhado CHM (2002) Tendência genética dos efeitos direto e materno sobre os pesos à desmama e pós-desmama de bovinos da raça Tabapuã no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 635-640.

Freitas AF, Pereira MC, Peixoto MGCD (2010) Melhoramento Genético. In: Manual de Bovinocultura de leite. Brasília: LK Editora. Belo Horizonte: SENAR-AR/MG. 608 p. (Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite)

Frisch JE (1997) Como criar productivamente ganado de carne en el sub-tropico. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AGROPECUARIA, 5. **Anais...** Assunción:CEA, p.137-162

Frisch JE, Drinkwater D, Harrison B, Johnson S(1997) Classification of the southern African sanga and east African shorthorned zebu. **Animal Genetics**,v. 28,p. 77–83.

Frisch JE (2001) **Manual Sistema Frisch**. Trad. André Bruzzi Corrêa; José Pereira Benza. [S.l.]: Alta Genetics do Brasil, 71 p.

Gregory K, Cundiff LV (1997) El Uso de la Heterosis Y La Complementación Entre Las Razas Para Mejorar La Eficiencia de Producción de Carne. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AGROPECUARIA, 5. **Anais...** Assunción:CEA, p. 27-45.

Gosey JA (1991) Crossbreeding Systems and the Theory Behind Composite Breeds. Disponível em: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1235&context=rangebeefcow symp> > Acesso em: 14 out. 2018.

Guaragna GP, Carneiro GG, Torres JR, Gambini LB (1990) Efeito de Fatores Ambientais e Genéticos no Peso ao Nascer de Bezerros da Raça Holandesa Preta e Branca. **Boletim De Indústria Animal**, v.47, n.1, p. 19-30.

Jorge W. (2013) A genômica bovina - origem e evolução de taurinos e zebuínos. **Revista Veterinária de Zootecnia**, v. 20, n. 2, p. 217–237.

Kippert CJ, Rorato PRN, Lopes JS, Weber T, Boligon AA (2008) Efeitos genéticos aditivos diretos e maternos e heterozigóticos sobre os desempenhos pré e pós-desmama em uma população multirracial Aberdeen Angus x Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v. 37, n. 8, p.1383-1391.

Koch RM, Dickerson GE, Cundiff LV, Gregory KE (1985) Heterosis retained in advanced generations of crosses among Angus and Hereford cattle. **J Anim Sci** , v.60, p.1117–1132.

Lasley JF (1978) Genetics of Livestock Improvement. 3 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 492 p.

Leal WS, MacNell MD, Carvalho HG, Vaz RZ, Cardoso FF (2018) Direct and maternal breed additive and heterosis effects on growth traits of beef cattle raised in southern Brazil. **J. Anim. Sci.**, v.96, p.1-9.

Lopes JS, Rorato PRN, Weber T, Araújo RO, Dornelles MA, Comin JG (2010) Avaliação do desempenho na pós-desmama para uma população bovina multirracial Aberdeen Angus x Nelore utilizando-se diferentes modelos genéticos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 6, p. 1439-1447.

Lush JL (1945) Animal breeding plans. 3 ed. Ames: Iowa State College Press. 443p.

Mason IL (1988) A world dictionary of livestock breeds types and varieties. 3 ed. Wallingford: CAB International, 348 p.

Mota MDS, Arrigoni MB, Silveira AC, Martins CL (2010) Utilização de cruzamentos na pecuária de corte. In: PIRES, A. V. (Ed.). Bovinocultura de corte. Piracicaba: Fealq, p. 715-760.

NELORE QUALITAS. Sumário de touros 2016. Ed. Montreal Office. Aparecida de Goiânia, p.94.

Nepomuceno LL, Lira TS, Lopes, FB, Lôbo RB, Ferreira JL (2013) Interação genótipo-ambiente para características sob efeito maternal na raça Nelore nos estados do Maranhão, Mato Grosso e Pará. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.14, n.2, p.269-276.

Nieto LM, Alencar MM, Rosa AN (2013) Critérios de Seleção. In: Melhoramento genético aplicado em gado de corte: Programa Geneplus-Embrapa. 1ed. Brasília, DF, Embrapa. p. 109-122.

Nitter G (1978) Breed Utilization for meat production in sheep. **Anim. Breed. Abstra.** Wallingford, v.46, p. 131-143.

Pereira JCC (2008) Melhoramento Genético Aplicado a Produção Animal. 5 ed. Belo Horizonte, FEPMVZ, UFMG. p. 95-97.

Pimentel ECG, Queiroz AS, Carvalheiro R, Fries LA (2005) Epistazigose: Definindo um coeficiente para efeitos epistáticos em animais cruzados. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 42. **Anais...** Goiânia: SBZ, p. 123-134.

Pimentel ECG, Queiroz AS, Carvalheiro R, Fries LA (2006) Estimativas de efeitos genéticos em bezerros cruzados por diferentes modelos e métodos de estimação. **R. Bras. Zootec.**, v. 35, n. 3, p.1020-1027.

Pires AV (2010) Bovinocultura de corte. Piracicaba; FEALQ. v. 1, p. 715-754.

Phillips RW (1947). Breeding better livestock. **Yearbook of Agriculture**, v.7; p. 33-60. U.S. Dep.

Queiroz SA, Albuquerque LG, Lanzoni, NA (2000) Efeito da Endogamia sobre características de crescimento de bovinos da raça Gir no Brasil. **R. Bras. Zootec.**, v. 29, n.4, p. 1014-1019.

Queiroz SA (2012). Introdução ao melhoramento genético de bovinos de corte. Guaíba, Agrolivros. 152p.

Roso VM, Schenkel FS, Miller SP, Wilton JW (2005) Additive, dominance, and epistatic loss effects on preweaning weight gain of crossbred beef cattle from different *Bos taurus* breeds. **J. Anim. Sci.**, v.83, p.1780-1787.

Sampaio AAM, Campos FP, Hernandez MR (2000) Métodos de seleção e cruzamentos mais utilizados na pecuária de corte. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, v. 1. 70 p.

Santos R (1999) Os cruzamentos na Pecuária Tropical. Uberaba, Agropecuária Tropical 672 p.

Snustad DP, Simmons MJ (2017) Fundamentos de genética. 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Kogan, p. 579.

Teixeira RA, Albuquerque LG (2005) Heteroses materna e individual para ganho de peso pré-desmama em bovinos Nelore x Hereford e Nelore x Angus. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.57, n.4, p.518-523.

Trematores RL (1996) **Estimativas de efeitos aditivos e heteróticos para características de crescimento até a desmama, em bovinos da raça Nelore e cruzados Charolês-Nelore.** 84p. Dissertação (Mestrado em Genética e Evolução)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

Trematore RL, Alencar MM, Barbosa PF, Oliveira JAL, Almeida MA (1998) Estimativas de efeitos aditivos e heteróticos para características de crescimento pré-desmama em bovinos Charolês- Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v. 27, n. 1, p.87-94.

Van Vleck LD (1993) Selection Index and Introduction to Mixed Model methods. CRC. Press Inc., Flórida. 483p.

Weaber B (2008) Crossbreeding for Commercial Beef Production. Disponível em: < <https://bladen.ces.ncsu.edu/files/library/9/chapter5%20Crossbreeding.pdf> > Acesso em: 14 out. 2018.

Yokoo MJ, Albuquerque LG, Lôbo RB, Sainz RD, Carneiro Júnior JM, Bezerra LAF, Araújo FRC (2007) Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v.36, n.6, p.1761-1768.

Zadra A (2001) Princípios de Melhoramento em Bovinos de Corte. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE: Novas Tendências e Perspectivas. Lavras: NEPEC/UFLA, p. 9-38.

CAPÍTULO 2 - Efeitos genéticos sobre características de crescimento pré-desmama em bovinos de corte de diferentes composições raciais

RESUMO – O cruzamento entre raças é uma estratégia de melhoramento que pode ser usada para aumentar a eficiência dos sistemas de produção pecuária do Brasil. O objetivo neste trabalho foi avaliar o desempenho pré-desmame de animais de diferentes composições raciais e estimar efeitos aditivos diretos e heteróticos individuais para os pesos ao nascimento (PN) e à desmama (PD) e para o ganho de peso diário do nascimento à desmama (GDP). Foram utilizados dados de animais Nelore e cruzados de Nelore com raças taurinas adaptadas (Bonsmara e Senepol), britânicas (Angus e Hereford) e continentais (Charolesa, Limousin, Pardo Suíço tipo carne e Simental) e as raças sintéticas Brangus (5/8 Angus + 3/8 Zebu) e Canchim (5/8 Charolês + 3/8 Zebu). Os grupos genéticos foram classificados de acordo com sua composição de taurino adaptado (Ta), taurino britânico (Tb), taurino continental (Tc) e zebuínio (Zb). Os dados foram analisados pelo método da máxima verossimilhança restrita, com modelo estatístico que incluiu os efeitos fixos de ano e época de nascimento, sexo do bezerro, nível de intensificação (intensivo e não intensivo), idade da vaca ao parto e classe de grupo genético do bezerro (CGG), além da covariável idade à desmama para PD e GDP. Em uma segunda etapa, CGG foi substituído no modelo pelas covariáveis proporção de Ta, Tb e Tc no bezerro e proporção de locos em heterozigose Ta-Zb, Tb-Zb, Tc-Zb, Ta-Tb, Ta-Tc e Tb-Tc. Nesta segunda análise o nível de intensificação não foi incluído no modelo, pois foi não significativo na primeira análise. Os resultados mostraram que houve efeito significativo de CGG sobre todas as características e que, em geral, os animais cruzados foram mais pesados e ganharam mais peso do que os Nelore, principalmente os cruzados de Tc e os filhos de vacas F_1 . Os efeitos aditivos diretos de Ta, Tb e Tc foram, em geral, positivos e significativos, principalmente para PD e GDP, e os efeitos heteróticos individuais tanto entre taurino e zebuínio quanto entre taurino e taurino foram também significativos e positivos. Esses resultados indicam que o cruzamento da raça Nelore com raças taurinas (adaptadas, britânicas e continentais) pode ser usado para produzir bezerros bem desenvolvidos até o desmame na região sudeste do Brasil, sob regime de pasto.

Palavras-chave: cruzamento, efeitos aditivos diretos, efeitos heteróticos individuais, pesos, taurino, zebuínio

CHAPTER 2 - Genetic effects on preweaning growth traits in beef cattle of different breed composition

ABSTRACT – Crossbreeding is a strategy that can be used to increase beef production in Brazil. The objectives in this study were to evaluate preweaning performance of calves of different breed compositions and to estimate direct additive breed and heterotic effects for body weight at birth (BW) and at weaning (WW) and daily gain from birth to weaning (ADG). Data on Nellore (indicine) and crossbred Nellore with adapted (Bonsmara and Senepol), British (Angus and Hereford) and continental (Charolais, Limousin, beef type Brown Swiss and Simmental) taurine breeds, and the composite Brangus (5/8 Angus + 3/8 Zebu) and Canchim (5/8 Charolais + 3/8 Zebu) breeds, were used. Genetic groups were classified according to their taurine adapted (Ta), taurine British (Tb), taurine continental (Tc) and indicine (Zb) composition. The data were analyzed by the restricted maximum likelihood method, with a statistical model that included the fixed effects of year and season of birth, sex of calf, intensification level of production (intensive and not intensive), age of cow at calving, class of genetic group (CGG), and the covariate age at weaning for WW and ADG. In a second analysis, CGG was substituted by the covariates proportion of Ta, Tb and Tc in the calf, and proportion of loci heterozygous for Ta-Zb, Tb-Zb, Tc-Zb, Ta-Tb, Ta-Tc and Tb-Tc. In this second analysis, intensification level was not included in the model since it was not significant in the first analysis. The results showed that CGG had a significant effect on all traits studied, and that, in general, the crossbred calves were heavier and gained more weight than the Nellore ones, mainly the crossbred with Tc and the offspring of F_1 cows. The direct additive effects for Ta, Tb and Tc were, in general, positive and significant different from zero, mainly for WW and ADG, and the heterotic effects, both between taurine and indicine as between taurine and taurine, were also positive and significant different from zero. These results indicate that crossbreeding Nellore with taurine (adapted, British and continental) breeds can be used to produce heavier calves at weaning in southeastern Brazil, under pasture condition.

Keywords: additive direct effects, body weights, crossbreeding, heterotic individual effects, indicine, taurine

Introdução

As estratégias de melhoramento genético animal, tanto a seleção quanto o cruzamento entre raças, têm contribuído para aumentar a eficiência produtiva da pecuária de corte do Brasil, tornando-a mais competitiva, pela adequação de recursos genéticos, ambientais, de manejo e de mercado. Apesar da disponibilidade de várias raças bovinas, nenhuma delas atende a todos os parâmetros de produtividade e de qualidade do produto. Neste contexto, o cruzamento entre raças é uma estratégia importante, pois permite explorar as diferenças genéticas entre as raças e adequar o tipo de animal ao ambiente (Trematore et al., 1998), de maneira rápida, além de proporcionar maior flexibilidade (Barbosa, 1990) aos sistemas de produção, permitindo mudanças de direcionamento mais rápidas e menos impactantes.

De acordo com Alencar et al. (1995), pelo fato da superioridade dos animais cruzados em relação aos puros depender do ambiente e tipo de manejo fornecido, da diversidade genética dos pais cruzados e dos efeitos de raça, é necessário que se identifiquem os cruzamentos que apresentam maior vigor híbrido e que combinem características desejáveis para os diferentes tipos de manejo e regiões do País. Os autores ainda apontam para a importância de se avaliar os efeitos genéticos aditivos e não-aditivos das diferentes raças, importante na determinação das combinações de raças, tanto para os sistemas convencionais de cruzamento como para a formação de populações compostas.

O desenvolvimento do bezerro do nascimento à desmama, normalmente avaliado pelos pesos ao nascimento e à desmama e pelo ganho de peso do nascimento à desmama, pertence a um grupo de características muito importante para bovinos de corte, pois avalia tanto o potencial do próprio bezerro como também a habilidade materna da vaca. Borba (1999), Perotto et al. (2003) e Perotto e Moletta (2003), em revisões de literatura, e Alencar et al. (1998), Muniz e Queiroz (1998), Cubas et al. (2001), Teixeira et al. (2004), Kippert et al. (2008) e Leal et al. (2018), observaram, em geral, melhor desempenho até o desmame para animais cruzados europeu - zebu em comparação aos zebuínos. Teixeira et al. (2006), entretanto, observaram interação genótipo - ambiente significativa, em que as diferenças entre grupos genéticos dependeram da região de nascimento dos animais. No Brasil, para

características pré-desmama, Alencar et al. (1995), Muniz e Queiroz (1998), Trematore et al. (1998), Perotto et al. (1999), Teixeira e Albuquerque (2005), Kippert et al. (2008), Lopes et al. (2010) e Leal et al. (2018), entre outros, estimaram efeitos aditivos e heteróticos em bovinos de corte, com resultados às vezes conflitantes para os efeitos aditivos, mas, em geral, concordantes e positivos para os efeitos heteróticos.

As raças apresentam diferentes valores (méritos) para os efeitos aditivos (raças grandes, pequenas, férteis, adaptadas ou não, etc) e a combinação aditiva é importante na determinação do desempenho dos bovinos cruzados (Alencar, 2004). Pensando na complementaridade das raças bovinas de corte, as raças britânicas e continentais têm maior potencial de crescimento, as raças do grupo Sanga e do grupo Zebu Africano têm potencial de crescimento menor e, por fim, que o grupo Zebu Indiano tem potencial de crescimento intermediário (Frisch, 1997).

Nos cruzamentos, busca-se, entre outras coisas, combinar raças com maior potencial de crescimento com raças que sejam mais adaptadas ao ambiente em que esses animais serão criados. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi identificar cruzamentos mais eficientes para as características de crescimento pré-desmama de bovinos de carne, por meio da avaliação do desempenho de animais Nelore e cruzados de vários grupos genéticos e das estimativas de efeitos aditivos e não aditivos das raças estudadas.

Material e métodos

O trabalho foi realizado com informações do banco de dados de bovinos de corte da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP. Os dados são oriundos de vários projetos de cruzamento envolvendo a raça Nelore, raças taurinas exóticas (britânicas, continentais e adaptadas) e compostas (Canchim e Brangus), além do cruzamento de machos da raça Charolesa com fêmeas $\frac{1}{2}$ Canchim + $\frac{1}{2}$ Nelore, grupo genético denominado de MA, utilizado para formar novas linhagens de Canchim. Nos cruzamentos, as raças Angus e Hereford representaram as taurinas britânicas, as raças Charolesa, Limousin, Pardo Suíça tipo carne e Simental as taurinas continentais, as raças Bonsmara e Senepol as taurinas adaptadas, e a raça

Nelore representou as zebuínas. As raças Brangus e Canchim também utilizadas são 5/8 Angus + 3/8 Zebu e 5/8 Charolês + 3/8 Zebu, respectivamente.

Na Tabela 1 são apresentados os grupos genéticos disponíveis para as análises. Apesar de não haver nascimento de animais de todos os grupos genéticos em todos os anos, não há confundimento de ano com grupo genético. Além disso, animais da raça Nelore foram produzidos em todos os anos, ou seja, de 1998 a 2014. Todos os animais foram criados em regime de pasto do nascimento à desmama, mas houve dois níveis de intensificação, com variação no número de vacas por hectare (de uma a cinco vacas/ha), em que, neste último caso, houve suplementação com silagem durante a seca. Neste caso houve algum confundimento entre grupo genético do bezerro e nível de intensificação, entretanto, a adubação nas águas e a suplementação na seca compensaram a maior taxa de lotação daqueles sistemas intensivos. Além disso, nos anos de inverno mais rigoroso todas as vacas com bezerro ao pé recebiam alguma suplementação.

Os nascimentos foram agrupados por época: época 1 - nascimentos de janeiro a março; época 2 - nascimentos de abril a junho; época 3 - nascimentos de julho a setembro; e época 4 - nascimentos de outubro a dezembro. Nos anos de 1998 e 1999 ocorreram nascimentos somente na época 2 (dois). Nos anos de 2000 a 2004 aconteceram nascimentos em todas as épocas; de 2005 a 2009 nas épocas 1, 3 e 4; nos anos 2010 e 2011, nas épocas 1 e 4; e nos anos 2012 a 2014, os nascimentos ocorreram somente na época 4.

A análise de consistência dos dados foi feita utilizando-se os procedimentos FREQ, PRINT, MEANS, UNIVARIATE e SORT, contidos no SAS (2010). Foram excluídos das análises animais com problemas crônicos de saúde, assim como animais de gestações gemelares e animais com pesos ao nascimento e à desmama que não atendiam à amplitude de mais ou menos três desvios padrão da média, de acordo com o grupo genético do animal. Após esse descarte, o número de animais por grupo genético (GG) variou de 19 para animais 5/16 Angus + 11/16 Nelore a 1.888 para animais Nelore. Os animais eram filhos de 57, 20, 11, 80, 34, 7, 13, 72, 6, 13 e 27 touros das raças Angus, Bonsmara, Brangus, Canchim, Charolesa, Limousin, Hereford, Nelore, Pardo Suíço tipo carne, Senepol e Simental, respectivamente.

Tabela 1 - Grupo genético (GG) do pai, da mãe e do bezerro, e classe do grupo genético (CGG; Zb = Zebu; Ta = Taurus adaptado; Tb = Taurus britânico; Tc = Taurus continental) do pai, da mãe e do bezerro

GG ¹			CGG ¹		
Pai	Mãe	Bezerro	Pai	Mãe	Bezerro
Nelore (Ne)	Nelore	Nelore	Zb	Zb	Zb
Angus (An)	Ne	1An1Ne	Tb	Zb	1Tb1Zb
Bonsmara (Bo)	Ne	1Bo1Ne	Ta	Zb	1Ta1Zb
Charolês (Ch)	Ne	1Ch1Ne	Tc	Zb	1Tc1Zb
Hereford (He)	Ne	1He1Ne	Tb	Zb	1Tb1Zb
Pardo Suíço (Ps)	Ne	1Ps1Ne	Tc	Zb	1Tc1Zb
Senepol (Se)	Ne	1Se1Ne	Ta	Zb	1Ta1Zb
Simental (Si)	Ne	1Si1Ne	Tc	Zb	1Tc1Zb
An	1An1Ne	3An1Ne	Tb	1Tb1Zb	3Tb1Zb
An	1Se1Ne	2An1Se1Ne	Tb	1Ta1Zb	2Tb1Ta1Zb
An	1Si1Ne	2An1Si1Ne	Tb	1Tc1Zb	2Tb1Tc1Zb
Bo	1An1Ne	2Bo1An1Ne	Ta	1Tb1Zb	2Ta1Tb1Zb
Bo	1Se1Ne	2Bo1Se1Ne	Ta	1Ta1Zb	3Ta1Zb
Bo	1Si1Ne	2Bo1Si1Ne	Ta	1Tc1Zb	2Ta1Tc1Zb
Brangus (Br)	Ne	5An11Ne	5Tb3Zb	Zb	5Tb11Zb
Br	1An1Ne	9An7Ne	5Tb3Zb	1Tb1Zb	9Tb7Zb
Br	1Se1Ne	5An4Se7Ne	5Tb3Zb	1Ta1Zb	5Tb4Ta7Zb
Canchim (Ca)	Ne	5Ch11Ne	5Tc3Zb	Zb	5Tc11Zb
Ca	1An1Ne	5Ch4An7Ne	5Tc3Zb	1Tb1Zb	5Tc4Tb7Zb
Ca	5Ch11Ne	15Ch17Ne	5Tc3Zb	5Tc11Zb	15Tc17Zb
Ca	1Se1Ne	5Ch4Se7Ne	5Tc3Zb	1Ta1Zb	5Tc4Ta7Zb
Ca	1Si1Ne	5Ch4Si7Ne	5Tc3Zb	1Tc1Zb	9Tc7Zb
Ch	1An1Ne	2Ch1An1Ne	Tc	1Tb1Zb	2Tc1Tb1Zb
Ch	5Ch11Ne	21Ch11Ne	Tc	5Tc11Zb	21Tc11Zb
Ch	1Se1Ne	2Ch1Se1Ne	Tc	1Ta1Zb	2Tc1Ta1Zb
Ch	1Si1Ne	2Ch1Si1Ne	Tc	1Tc1Zb	3Tc1Zb
He	1An1Ne	2He1An1Ne	Tb	1Tb1Zb	3Tb1Zb
He	1Se1Ne	2He1Se1Ne	Tb	1Ta1Zb	2Tb1Ta1Zb
He	1Si1Ne	2He1Si1Ne	Tb	1Tc1Zb	2Tb1Tc1Zb
Limousin (Li)	1An1Ne	2Li1An1Ne	Tc	1Tb1Zb	2Tc1Tb1Zb
Li	1Si1Ne	2Li1Si1Ne	Tc	1Tc1Zb	3Tc1Zb
Ps	1An1Ne	2Ps1An1Ne	Tc	1Tb1Zb	2Tc1Tb1Zb
Ps	1Se1Ne	2Ps1Se1Ne	Tc	1Ta1Zb	2Tc1Ta1Zb

¹ Raça do pai e classe da raça do pai são identificadas pelo primeiro símbolo nos grupos cruzados. Os números nos GGs e nas CGGs representam a proporção de cada raça e classe de raça (ex.: 1An1Ne = 1/2 An + 1/2 Ne; 2Bo1An1Ne = 1/2 Bo + 1/4 An + 1/4 Ne; 2Bo1Se1Ne = 1/2 Bo + 1/4 Se + 1/4 Ne e 1Ta1Zb = 1/2 Ta + 1/2 Zb; 2Ta1Tb1Zb = 1/2 Ta + 1/4 Tb + 1/4 Zb; 3Ta1Zb = 3/4 Ta + 1/4 Zb).

Foram estudados os pesos ao nascimento (PN) e à desmama (PD) e o ganho de peso diário do nascimento à desmama (GDP). O GDP foi calculado dividindo-se o ganho de peso do nascimento à desmama pela idade à desmama, e, com base nesse GDP, PD foi padronizado para 240 dias de idade, média da idade à desmama.

O grupo genético do bezerro composto pelas raças (GG) foi transformado em classe do grupo genético (CGG) de acordo com a classificação do GG em termos de taurino britânico (Tb), continental (Tc) ou adaptado (Ta) e zebuino (Zb), ou seja, Nelore = Zb, $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Tb + $\frac{1}{2}$ Zb (1Tb1Zb), $\frac{1}{2}$ Hereford + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Tb + $\frac{1}{2}$ Zb (1Tb1Zb), $\frac{1}{2}$ Charolês + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Tc + $\frac{1}{2}$ Zb (1Tc1Zb), $\frac{1}{2}$ Bonsmara + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Ta + $\frac{1}{2}$ Zb (1Ta1Zb), $\frac{1}{2}$ Senepol + $\frac{1}{2}$ Nelore = $\frac{1}{2}$ Ta + $\frac{1}{2}$ Zb (1Ta1Zb), $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{4}$ Hereford + $\frac{1}{4}$ Nelore = $\frac{3}{4}$ Tb + $\frac{1}{4}$ Zb (3Tb1Zb), $\frac{1}{2}$ Charolês + $\frac{1}{4}$ Simental + $\frac{1}{4}$ Nelore = $\frac{3}{4}$ Tc + $\frac{1}{4}$ Zb (3Tc1Zb), etc., considerando-se as raças Angus e Hereford como taurinas britânicas, as raças Charolês, Limousin, Pardo Suíça e Simental como taurinas continentais, as raças Bonsmara e Senepol como taurinas adaptadas e a raça Nelore como zebuina. As raças Brangus e Canchim foram consideradas como $\frac{5}{8}$ Angus + $\frac{3}{8}$ Nelore (5Tb3Zb) e $\frac{5}{8}$ Charolês + $\frac{3}{8}$ Zebu (5Tc3Zb), respectivamente.

As análises de variância de PN, PD e GDP foram realizadas pelo método da máxima verossimilhança restrita, utilizando o procedimento MIXED (SAS Inst., Inc., Cary, NC), com modelo estatístico que incluiu os efeitos fixos de ano e época de nascimento, sexo do bezerro, nível de intensificação (intensivo e não intensivo), idade da vaca ao parto e classe de grupo genético do bezerro (CGG; Tabela 1). Para PD e GDP, o modelo incluiu a covariável idade do bezerro à desmama. O modelo matemático (Modelo I) usado foi o seguinte:

$$Y_{ijklmnop} = \mu + A_i + E_j + S_k + NI_l + IV_m + CGG_n + b_1(I_o - \bar{I}) + e_{ijklmnop},$$

em que $Y_{ijklmnop}$ = observação no indivíduo p, nascido no ano i e época j, do sexo k, do nível de intensificação l, filho de vaca de idade m, da classe de grupo genético n e da idade à desmama o; μ = média geral; A_i = efeito do i-ésimo ano de nascimento (i = 1998 a 2014); E_j = efeito da j-ésima época de nascimento (j = 1, ..., 4); S_k = efeito do k-ésimo sexo (k = 1, 2); NI_l = efeito do l-ésimo nível de intensificação (l = 1, 2); IV_m = efeito da m-ésima idade da vaca ao parto (m = 4, ..., 14); CGG = efeito da n-ésima classe de grupo genético (n = 1, ..., 21); b_1 = coeficiente de regressão linear sobre a idade à desmama (não considerado para PN); e $e_{ijklmnop}$ = erro aleatório de cada observação ijklmno.

Após essas análises, o CGG do bezerro foi substituído pela regressão de cada característica sobre os coeficientes apresentados na Tabela 2, para estimar os

efeitos aditivos diretos (g_{tb}^i : taurina britânica, g_{tc}^i : continental e g_{ta}^i : adaptada) de grupo da raça e heteróticos individuais (h_{bz}^i : taurina britânica - Zebu; h_{cz}^i : taurina continental - Zebu; h_{az}^i : taurina adaptada - Zebu; h_{bc}^i : taurina britânica - taurina continental; h_{ba}^i : taurina britânica - taurina adaptada e h_{ca}^i : taurina continental - taurina adaptada) dos grupos de raça, considerando-se o modelo genotípico como sendo aditivo dominante. Os efeitos heteróticos individuais também foram agrupados em taurino - zebuíno (h_{tz}^i) e taurino - taurino (h_{tt}^i). Uma vez que o somatório dos coeficientes dos efeitos aditivos dos grupos de raças é igual a 1 (um), é necessário impor algumas restrições para resolver as equações, estimando-se os efeitos aditivos como desvio de uma das raças. Neste trabalho os efeitos aditivos dos grupos de raças foram estimados como desvio da raça Nelore (Zebu). Essa metodologia, que utiliza regressão múltipla nos coeficientes de proporção de cada raça no indivíduo e na mãe e nos coeficientes de heterozigose, foi proposta por Koger et al. (1975). Os efeitos aditivos maternos e heteróticos maternos não podem ser considerados simultaneamente no modelo, uma vez que, no presente conjunto de dados, não havia independência entre esses efeitos, pois a soma dos efeitos maternos de grupo de raças é a metade dos efeitos heteróticos maternos totais (g^m e h_{tot}^m ; Tabela 2), portanto não foram considerados nos modelos. Não foram considerados também os efeitos de perdas epistáticas propostos por Dickerson (1973), por questões de falta de independência com outros efeitos incluídos no modelo.

Tabela 2 - Coeficientes utilizados para estimar os efeitos aditivos direto e materno e heteróticos individuais e total materno, de acordo com a classe do grupo genético do bezerro (CGG)

Efeitos aditivos ¹									Efeitos heteróticos ²								
CGG ³	g^i_{Zb}	g^i_{Ta}	g^i_{Tb}	g^i_{Tc}	g^m_{Zb}	g^m_{Ta}	g^m_{Tb}	g^m_{Tc}	h^i_{az}	h^i_{bz}	h^i_{cz}	h^i_{ab}	h^i_{ac}	h^i_{bc}	h^i_{tz}	h^i_{tt}	h^m_{tot}
Zb	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1Ta1Zb	1/2	1/2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2Ta1Tb1Zb	1/4	1/2	1/4	0	1/2	0	1/2	0	1/2	0	0	1/2	0	0	1/2	1/2	1
2Ta1Tc1Zb	1/4	1/2	0	1/4	1/2	0	0	1/2	1/2	0	0	0	1/2	0	1/2	1/2	1
3Ta1Zb	1/4	3/4	0	0	1/2	1/2	0	0	1/2	0	0	0	0	0	1/2	0	1
1Tb1Zb	1/2	0	1/2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
2Tb1Ta1Zb	1/4	1/4	1/2	0	1/2	1/2	0	0	0	1/2	0	1/2	0	0	1/2	1/2	1
2Tb1Tc1Zb	1/4	0	1/2	1/4	1/2	0	0	1/2	0	1/2	0	0	0	1/2	1/2	1/2	1
3Tb1Zb	1/4	0	3/4	0	1/2	0	1/2	0	0	1/2	0	0	0	0	1/2	0	1
5Tb4Ta7Zb	7/16	1/4	5/16	0	1/2	1/2	0	0	3/16	5/16	0	5/16	0	0	1/2	5/16	1
5Tb11Zb	11/16	0	5/16	0	1	0	0	0	0	5/8	0	0	0	0	5/8	0	0
9Tb7Zb	7/16	0	9/16	0	1/2	0	1/2	0	0	1/2	0	0	0	0	1/2	0	1
1Tc1Zb	1/2	0	0	1/2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
2Tc1Ta1Zb	1/4	1/4	0	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	1/2	0	1/2	0	1/2	1/2	1
2Tc1Tb1Zb	1/4	0	1/4	1/2	1/2	0	1/2	0	0	0	1/2	0	0	1/2	1/2	1/2	1
3Tc1Zb	1/4	0	0	3/4	1/2	0	0	1/2	0	0	1/2	0	0	0	1/2	0	1
5Tc11Zb	11/16	0	0	5/16	1	0	0	0	0	0	5/8	0	0	0	5/8	0	0
5Tc4Ta7Zb	7/16	1/4	1/4	5/16	1/2	1/2	0	0	3/16	0	5/16	0	5/16	0	1/2	5/16	1
5Tc4Tb7Zb	7/16	0	0	5/16	1/2	0	1/2	0	0	3/16	5/16	0	0	5/16	1/2	5/16	1
9Tc7Zb	7/16	0	0	9/16	1/2	0	0	1/2	0	0	1/2	0	0	0	1/2	0	1
15Tc17Zb	17/32	0	0	15/32	11/16	0	0	5/16	0	0	35/64	0	0	0	35/64	0	5/8
21Tc11Zb	11/32	0	0	21/32	11/16	0	0	5/16	0	0	11/16	0	0	0	11/16	0	5/8

¹ g_{Zb}^i , g_{Ta}^i , g_{Tb}^i , g_{Tc}^i , g_{Zb}^m , g_{Ta}^m , g_{Tb}^m e g_{Tc}^m = efeitos aditivos diretos das classes zebu e taurino adaptado, britânico e continental, e efeitos aditivos maternos das classes zebu e taurino adaptado, britânico e continental, respectivamente. g_{Zb}^i e g_{Zb}^m não foram incluídos nas análises.

² h_{az}^i , h_{bz}^i , h_{cz}^i , h_{ab}^i , h_{ac}^i , h_{bc}^i , h_{tz}^i , h_{tt}^i e h_{tot}^m = efeitos heteróticos individuais entre zebu e taurino adaptado, taurino britânico e taurino continental, entre taurino adaptado e britânico, adaptado e continental, e britânico e continental, entre cruzados taurino e zebuino e cruzados taurino e taurino, e efeito heterótico materno total, respectivamente.

³ Zb, Ta, Tb e Tc = Zebu, taurino adaptado, taurino britânico e taurino continental, respectivamente. A classe da raça do pai é identificada pelo primeiro símbolo nos grupos cruzados. Os números nas CGG representam a proporção de cada classe (ex.: 1Ta1Zb = 1/2 Ta + 1/2 Zb; 2Ta1Tb1Zb = 1/2 Ta + 1/4 Tb + 1/4 Zb; 3Ta1Zb = 3/4 Ta + 1/4 Zb).

Os coeficientes apresentados na Tabela 2, para estimar os efeitos aditivos diretos de grupo da raça (g^i), representam a proporção de genes de cada grupo de raça no bezerro, e os aditivos maternos (g^m) representam proporção de genes de cada grupo de raça na vaca. Já para os efeitos heteróticos individuais de raças, os coeficientes refletem as proporções esperadas no indivíduo de locos em heterozigose, ou seja, a proporção esperada de locos com um alelo de um grupo de raça e outro alelo de outro grupo de raça. Por exemplo, a proporção esperada no bezerro de locos em heterozigose com respeito aos grupos taurino britânico e zebuino, para estimar h^i_{bz} , foi calculado como $(Pg_{Tb}^{pai} \times Pg_{Zb}^{mãe}) + (Pg_{Zb}^{pai} \times Pg_{Tb}^{mãe})$, em que Pg_{Tb} e Pg_{Zb} são as proporções de taurino britânico e de zebuino no indivíduo, respectivamente. Para o efeito heterótico materno total os coeficientes refletem as proporções esperadas na vaca de locos em heterozigose

O modelo matemático II (Modelo II) passou a ser, então:

$$Y_{ijkmp} = \mu + A_i + E_j + S_k + IV_m + b_1(I_o - \bar{I}) + g^i_{Ta}K_{iT_a} + g^i_{Tb}K_{iT_b} + g^i_{Tc}K_{iT_c} + h^i_{az}K_{iaz} + h^i_{bz}K_{ibz} + h^i_{cz}K_{icz} + h^i_{ab}K_{iab} + h^i_{ac}K_{iac} + h^i_{bc}K_{ibc} + e_{ijkmp} \text{ em que, :}$$

g^i_{Ta} , g^i_{Tb} e g^i_{Tc} são os efeitos genéticos aditivos diretos (efeitos de raça) de raças taurinas adaptadas, britânicas e continentais em relação ao grupo zebuino, respectivamente; K_{iT_a} , K_{iT_b} e K_{iT_c} são as proporções de raças taurinas adaptadas, britânicas e continentais no bezerro; h^i_{az} , h^i_{bz} , h^i_{cz} , h^i_{ab} , h^i_{ac} e h^i_{bc} são os efeitos heteróticos individuais em razão da combinação das raças taurinas adaptadas e zebuína, taurinas britânicas e zebuína, taurinas continentais e zebuína, taurinas adaptadas e britânicas, taurinas adaptadas e continentais e taurinas britânicas e continentais no bezerro, respectivamente; e K_{iaz} , K_{ibz} , K_{icz} , K_{iab} , K_{iac} e K_{ibc} são as proporções de locos no bezerro com um gene de taurino adaptado e zebu, taurino britânico e zebu, taurino continental e zebu, taurino adaptado e britânico, taurino adaptado e continental e taurino britânico e continental, respectivamente. Neste modelo não foi considerado o efeito de nível de intensificação, pois não foi significativo na análise anterior.

Em outra análise (Modelo III) os efeitos h^i_{az} , h^i_{bz} , h^i_{cz} , h^i_{ab} , h^i_{ac} e h^i_{bc} foram substituídos pelos efeitos h^i_{tz} e h^i_{tt} , que são a soma dos efeitos heteróticos entre taurino - zebuino e taurino - taurino, respectivamente.

Resultados e discussão

Todos os efeitos fixos incluídos no modelo influenciaram as características significativamente ($P < 0,0001$ ou $P = 0,0005$), com exceção de sistema de manejo que não influenciou as características significativamente ($P = 0,1199$; $0,9829$; e $0,7611$ para PN, PD e GDP, respectivamente). Os efeitos significativos de ano e época de nascimento, classe de grupo genético e sexo do bezerro e idade da vaca ao parto eram esperados. Os efeitos não significativos de sistema de manejo também eram esperados, uma vez que houve compensação pela intensificação, pois as vacas em sistema com maior nível de intensificação receberam suplementação alimentar.

Observa-se que os animais que apresentaram menores pesos ao nascimento e à desmama e com menor ganho de peso do nascimento à desmama foram os Nelores (Zb) (Tabela 3), resultado similar ao encontrado por Cubas et al (2001) no qual a média de peso ao nascimento do Nelore foi de $28,5 \pm 0,38$ kg, peso à desmama $141,3 \pm 1,47$ kg e ganho do nascimento à desmama de $0,510 \pm 0,007$ kg/dia, quando comparados a animais cruzados Nelore x Guzerá, Nelore x Red Angus e Nelore x Marchigiana.

Em geral, os animais com maiores pesos ao nascimento foram aqueles cruzados de taurino continental e seguido de cruzados taurino continental e britânico, 3Tc1Zb e 2Tc1Tb1Zb principalmente, seguidos dos outros cruzados. Esses resultados são esperados considerando-se que as raças continentais são maiores. Resultados similares foram encontrados por Abdel-Aziz, Shoeman e Jordaan (2003), em que o cruzamento de animais das raças Charolesa (continental) x Africaner (taurina africana) e Simental (continental) x Africaner (taurina africana) apresentaram os maiores pesos ao nascimento de $40,06 \pm 0,54$ kg e $35,64 \pm 0,32$ kg, respectivamente.

Os maiores GDP, resultando em maiores PD, foram dos grupos 3Tc1Zb, 2Tb1Tc1Zb e 2Ta1Tc1Zb, todos originados de vacas cruzadas 1Tc1Zb. Os filhos de vacas cruzadas 1Ta1Zb (2Tb1Ta1Zb) e 1Tb1Zb (2Tc1Tb1Zb, 3Tb1Zb e 2Ta1Tb1Zb) também apresentaram bons ganhos de peso. Esses resultados concordam com o resultado encontrado por Gimeno et al. (2002), que mostram a superioridade do peso ao desmame de animais criados por vacas cruzadas, em que os filhos de

vacas cruzadas pesaram 20 kg a mais ao desmame quando comparado com vacas puras. Esses resultados são esperados, pois as vacas cruzadas normalmente apresentam boa habilidade leiteira. Entre os F₁, a tendência foi de os cruzados 1Ta1Zb serem mais leves, o que também é normal, pois as raças taurinas adaptadas são de menor porte.

Esses resultados concordam com aqueles obtidos por Alencar et al. (1998), Muniz e Queiroz (1998), Cubas et al. (2001), Teixeira et al. (2004), Kippert et al. (2008) e Leal et al. (2018), que observaram, em geral, melhor desempenho até o desmame para animais cruzados europeu - zebu em comparação aos zebuínos. Concordam também com a revisão de literatura feita por Borba (1999), em que foi observado melhor desempenho de animais cruzados e de filhos de vacas cruzadas.

Tabela 3 - Número de observações (N) e médias ajustadas ($\pm$ erros-padrão) dos pesos ao nascimento (PN) e à desmama (PD) e ganho em peso diário do nascimento à desmama (GDP), de acordo com a classe do grupo genético do bezerro (CGG)

CGG ¹	N ²	PN (kg)	PD (kg)	GDP (kg/dia)
Zb	1.881/1.729	31,69 $\pm$ 0,13	197,16 $\pm$ 0,80	0,689 $\pm$ 0,003
1Ta1Zb	194/181	31,84 $\pm$ 0,37	215,47 $\pm$ 2,18	0,766 $\pm$ 0,008
2Ta1Tb1Zb	137/127	34,47 $\pm$ 0,43	233,57 $\pm$ 2,54	0,829 $\pm$ 0,010
2Ta1Tc1Zb	88/83	34,67 $\pm$ 0,53	240,49 $\pm$ 3,06	0,856 $\pm$ 0,012
3Ta1Zb	26/24	33,19 $\pm$ 0,96	217,09 $\pm$ 5,63	0,766 $\pm$ 0,022
1Tb1Zb	539/516	33,19 $\pm$ 0,24	235,90 $\pm$ 1,39	0,844 $\pm$ 0,005
2Tb1Ta1Zb	62/58	32,58 $\pm$ 0,63	231,47 $\pm$ 3,69	0,828 $\pm$ 0,014
2Tb1Tc1Zb	207/192	35,21 $\pm$ 0,36	244,56 $\pm$ 2,10	0,872 $\pm$ 0,008
3Tb1Zb	288/273	34,29 $\pm$ 0,31	236,63 $\pm$ 1,82	0,842 $\pm$ 0,007
5Tb4Ta7Zb	30/29	32,22 $\pm$ 0,90	207,21 $\pm$ 5,16	0,728 $\pm$ 0,020
5Tb11Zb	19/18	31,79 $\pm$ 1,10	209,02 $\pm$ 6,40	0,737 $\pm$ 0,025
9Tb7Zb	29/27	33,48 $\pm$ 0,91	218,55 $\pm$ 5,32	0,770 $\pm$ 0,021
1Tc1Zb	409/393	34,70 $\pm$ 0,27	236,31 $\pm$ 1,56	0,840 $\pm$ 0,006
2Tc1Ta1Zb	63/59	35,27 $\pm$ 0,62	231,34 $\pm$ 3,64	0,818 $\pm$ 0,014
2Tc1Tb1Zb	147/140	37,00 $\pm$ 0,42	239,53 $\pm$ 2,47	0,844 $\pm$ 0,010
3Tc1Zb	104/100	38,30 $\pm$ 0,50	251,42 $\pm$ 2,88	0,888 $\pm$ 0,011
5Tc11Zb	554/522	33,30 $\pm$ 0,24	219,26 $\pm$ 1,41	0,774 $\pm$ 0,005
5Tc4Ta7Zb	171/160	34,81 $\pm$ 0,40	223,43 $\pm$ 2,33	0,786 $\pm$ 0,009
5Tc4Tb7Zb	461/427	35,74 $\pm$ 0,25	227,33 $\pm$ 1,49	0,798 $\pm$ 0,006
9Tc7Zb	280/251	36,65 $\pm$ 0,31	226,13 $\pm$ 1,83	0,790 $\pm$ 0,007
15Tc17Zb	353/326	34,09 $\pm$ 0,28	207,76 $\pm$ 1,65	0,723 $\pm$ 0,006
21Tc11Zb	150/125	34,91 $\pm$ 0,41	228,45 $\pm$ 2,58	0,805 $\pm$ 0,010

¹ Zb, Ta, Tb e Tc = Zebu, taurino adaptado, taurino britânico e taurino continental, respectivamente. A classe da raça do pai é identificada pelo primeiro símbolo nos grupos cruzados. Os números nas CGG representam a proporção de cada classe (ex.: 1Ta1Zb = 1/2 Ta + 1/2 Zb; 2Ta1Tb1Zb = 1/2 Ta + 1/4 Tb + 1/4 Zb; 3Ta1Zb = 3/4 Ta + 1/4 Zb).

² Número de PN/Número de PD e GND.

Na tabela 4 são apresentados alguns contrastes entre médias para as características estudadas. Confrontando os grupos genéticos, no C1 comparou-se bezerros F1 com 100% de heterozigose individual e 0% de heterozigose materna, com bezerros *threecross* com 100% de heterozigose individual e 100% de heterozigose materna, em que os bezerros F1 foram mais pesados ao nascimento e os *threecross* apresentaram maiores médias de PD e GDP. No C2, as comparações foram de animais com 100% de heterozigose individual e 0% de heterozigose materna, com animais 50% de heterozigose individual e 100% de heterozigose materna. Neste caso, os primeiros foram mais pesados ao nascimento e mais leves à desmama, apesar de não ter havido diferença significativa para GDP. Portanto, nos C1 e C2 houve superioridade dos bezerros *threecross* e retrocruzados para PD e GDP (apenas nos *threecross*), mostrando, provavelmente, a maior habilidade leiteira das fêmeas cruzadas, produzindo bezerros mais pesados à desmama (Alencar, 1997; Alencar, 2004). Já no C3 compararam-se bezerros com 50% ou 100% de heterozigose individual e ambos com 100% de heterozigose materna; entretanto, neste caso, os contrastes das médias para as características PN, PD e GDP não foram estatisticamente significativos.

Tabela 4- Contrastes entre médias dos pesos ao nascimento (PN) e à desmama padronizado para 240 (PD) e ganho de peso do nascimento à desmama (GDP)

Contraste	PN, Kg	PD, Kg	GDP, Kg/dia
C1 Bezerros F1 vs. Bezerros <i>threecross</i>	1,62 ± 0,27**	-7,60 ± 1,58**	-0,025 ± 0,006**
C2 Bezerros F1 vs. Bezerros retrocruzados	2,02 ± 0,42**	-5,82 ± 2,43*	-0,015 ± 0,009 ⁺
C3 Bezerros retrocruzados vs. Bezerros “three cross”	-0,39 ± 0,41 ⁺⁺	1,78 ± 2,43 ⁺⁺	0,009 ± 0,009 ⁺⁺

*P<0,05; **P<0,01; ⁺P<0,12; ⁺⁺P>0,30.

Pelo Modelo II, os efeitos aditivos diretos das raças taurinas britânicas e continentais foram positivos e altamente significativos (P = 0,0001) para PN (4,06 kg e 9,08 kg), PD (41,63 kg e 40,49 kg) e GDP (0,155 kg e 0,131 kg), indicando que quanto maior a proporção dessas raças nos bezerros, maiores serão seus pesos e ganho de peso do nascimento ao desmame (Tabela 5). Já para as raças adaptadas,

o efeito foi significativo ($P < 0,05$) apenas para PD (22,92 kg), aproximando do nível de significância ($P = 0,06$) para GDP (0,084 kg), mas cerca da metade dos efeitos das britânicas e continentais. Isso era esperado, pois as raças taurinas adaptadas são de pequeno porte, principalmente a Senepol, que é originária da raça N'Dama, raça de corte africana de frame pequeno. Quando o Modelo III foi utilizado, todos os efeitos das raças taurinas foram significativos ($P < 0,001$), porém com magnitudes bem próximas àsquelas do Modelo II. É possível que algum confundimento parcial entre os coeficientes dos efeitos heteróticos e os de raças tenham sido eliminados quando os efeitos heteróticos foram combinados em taurino – zebuínio e taurino – taurino. Alencar et al. (1995) e Trematore et al. (1998) também encontraram efeitos significativos e positivos das raças continentais Marchigiana e Charolesa, respectivamente, em relação à raça Nelore, sobre o desempenho pré-desmame de bezerros, fato não observado por Muniz e Queiroz (1998) para a raça Gelbvieh. Para raças britânicas (Angus e Hereford), Carvalheiro et al. (2006), Pimentel et al. (2006), Cardoso et al. (2008), Kippert et al. (2008) e Lopes et al. (2010) também verificaram efeito aditivo direto positivo sobre o desempenho pré-desmame de bezerros em relação à raça Nelore, o que não foi observado por Perotto et al. (1999) para a raça Red Angus. Leal et al. (2018) também não observaram efeitos diretos das raças Angus e Hereford em relação à raça Nelore, para o desempenho pré-desmame dos bezerros, mas observaram efeito aditivo direto positivo da raça taurina crioula Caracu para GDP. Entretanto, todos esses autores citados utilizaram modelos aditivos dominantes mais completos, ou seja, incluindo também os efeitos maternos.

Tabela 5- Estimativas (nível de significância em sobrescrito) dos efeitos aditivos direto (g^i) e heteróticos individuais (h^i) para os pesos ao nascimento (PN) e à desmama (PD) e ganho de peso do nascimento à desmama (GDP), de acordo com o modelo

Efeito ¹	Modelo II			Modelo III		
	PN	PD	GDP	PN	PD	GDP
Aditivo						
g_{Ta}^i	$2,49 \pm 1,94^{0,2010}$	$22,92 \pm 11,38^{0,0440}$	$0,084 \pm 0,045^{0,0608}$	$2,33 \pm 0,71^{0,0010}$	$20,19 \pm 4,15^{0,0001}$	$0,073 \pm 0,016^{0,0001}$
g_{Tb}^i	$4,06 \pm 0,62^{0,0001}$	$41,63 \pm 3,64^{0,0001}$	$0,155 \pm 0,014^{0,0001}$	$4,58 \pm 0,50^{0,0001}$	$43,88 \pm 2,94^{0,0001}$	$0,162 \pm 0,012^{0,0001}$
g_{Tc}^i	$9,08 \pm 0,68^{0,0001}$	$40,49 \pm 3,96^{0,0001}$	$0,131 \pm 0,016^{0,0001}$	$8,27 \pm 0,50^{0,0001}$	$39,10 \pm 2,93^{0,0001}$	$0,128 \pm 0,012^{0,0001}$
Heterótico						
h_{az}^i	$-0,99 \pm 1,08^{0,3606}$	$11,84 \pm 6,33^{0,0613}$	$0,054 \pm 0,025^{0,0306}$	-	-	-
h_{bz}^i	$-0,84 \pm 0,42^{0,0466}$	$18,05 \pm 2,46^{0,0001}$	$0,079 \pm 0,010^{0,0001}$	-	-	-
h_{cz}^i	$-1,82 \pm 0,47^{0,0001}$	$14,51 \pm 2,73^{0,0001}$	$0,068 \pm 0,011^{0,0001}$	-	-	-
h_{ab}^i	$0,31 \pm 0,18^{0,7906}$	$13,22 \pm 6,90^{0,0554}$	$0,055 \pm 0,027^{0,0443}$	-	-	-
h_{ac}^i	$-0,30 \pm 1,18^{0,8024}$	$21,20 \pm 6,94^{0,0023}$	$0,090 \pm 0,027^{0,0011}$	-	-	-
h_{bc}^i	$0,82 \pm 0,56^{0,1432}$	$11,83 \pm 3,28^{0,0003}$	$0,047 \pm 0,013^{0,0003}$	-	-	-
h_{tz}^i	-	-		$-1,19 \pm 0,31^{0,0002}$	$15,62 \pm 1,84^{0,0001}$	$0,070 \pm 0,007^{0,0001}$
h_{tt}^i	-	-		$0,63 \pm 0,51^{0,2190}$	$14,09 \pm 2,99^{0,0001}$	$0,057 \pm 0,012^{0,0001}$

¹ Ta, Tb e Tc = taurino adaptado, taurino britânico e taurino continental, respectivamente. az, bz, cz, ab, ac, bc, tz e tt = taurino adaptado – zebu, taurino britânico – zebu, taurino continental – zebu, taurino adaptado – taurino britânico, taurino adaptado – taurino continental, taurino britânico – taurino continental, taurino – zebu e taurino – taurino, respectivamente.

Quando estimados pelo Modelo II, apenas os efeitos heteróticos individuais entre as raças taurinas britânicas e continentais com a zebuína Nelore foram significativos para PN, mas foram negativos (Tabela 5). Para PD e GDP, todos os efeitos foram positivos e estatisticamente significativos ($P < 0,05$) ou próximos de 0,05% de significância, indicando que quanto maior a porcentagem de heterozigose taurina – zebuína ou taurina – taurina no bezerro, melhor o desempenho do bezerro. Pelo Modelo III os resultados foram semelhantes, com efeito significativo negativo para a heterose taurina – zebuína para PN e efeitos significativos positivos taurino – zebuíno e taurino – taurino para PD e GDP. Esses resultados mostraram que, apesar das raças taurinas serem mais próximas entre si do que são da raça Nelore, ainda há resposta positiva quando combinadas. Efeitos heteróticos individuais significativos e positivos entre raças taurinas britânicas e zebuínas para características de desempenho pré-desmama foram obtidos por Perotto et al. (1999), Carvalheiro et al. (2006), Pimentel et al. (2006), Cardoso et al. (2008), Kippert et al (2008) e Lopes et al. (2010). Muniz e Queiroz (1998) e Trematore et al. (1998), respectivamente, verificaram efeitos heteróticos significativos e positivos do cruzamento de Gelbvieh – Nelore e Charolês – Nelore para características de desempenho pré-desmame. Leal et al. (2018), entretanto, observaram efeito heterótico significativo apenas para o cruzamento taurino – zebuíno e não para taurino – taurino.

Conclusões

Sob manejo de pastejo, o cruzamento da raça Nelore com raças taurinas britânicas pode ser usado para produzir bezerros com peso ao nascimento não muito elevado, mas bem desenvolvidos até a desmama. Já nos cruzamentos da raça Nelore com raças taurinas continentais, os bezerros nascem maiores, mas se desenvolvem igualmente aos cruzados com britânicos, principalmente quando as vacas são F_1 . Os efeitos aditivos diretos de raças taurinas adaptadas, britânicas e continentais, em relação ao Nelore, bem como seus efeitos heteróticos individuais em combinação com a raça Nelore e entre si, sugerem ganhos para as características estudadas com a utilização dessas raças exóticas no sistema de produção em cruzamento com a raça Nelore.

Referências

- Abdel-Aziz M, Schoeman SJ, Jordaan GF (2003) Estimation of additive, maternal and non-additive genetic effects of preweaning growth traits in a multibreed beef cattle Project. **J. Anim. Sci.**, v.74, p.169-179.
- Alencar MM, Barbosa PF, Tullio RR, Corrêa LA (1995) Estimativa de efeitos aditivos e heteróticos para peso à desmama de bezerros cruzados Canchim x Nelore e Marchigiana x Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, v.32. Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, p. 679-680.
- Alencar MM (1997) Utilização de cruzamentos para produção de carne bovina. In: SEMANA DO ESTUDANTE, 9. **Anais...** São Carlos: EMBRAPACPPSE. p.37-46.
- Alencar MM, Trematore RL, Oliveira JAL, Almeida MA (1998) Características de crescimento até a desmama de bovinos da raça Nelore e cruzados Charolês x Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v.27, n.01, p. 40- 46.
- Alencar MM (2004) Utilização de cruzamentos industriais na pecuária de corte tropical. In: Simpósio sobre Bovinocultura de Corte, 5. **Anais...** Piracicaba: FEALQ p. 149-170.
- Barbosa PF (1990) Cruzamentos para produção de carne bovina no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Bovinocultura de Corte. Piracicaba: FEALQ, p.1-45.
- Borba LHF (1999) **Idade ao primeiro parto e características de crescimento de animais cruzados Blonde D'Aquitaine x Zebu**. 82 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Unesp, Jaboticabal.
- Bueno RS, Torres RA, Ferraz JBS, Lopes PS, Eler JP, Silva MA, Euclides RF, Mattos EC (2011) Inclusão da epistasia em modelo de avaliação genética de bovinos de corte compostos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, n.4, p.948-953.
- Cardoso V, Queiroz AS, Fries LA (2008) Estimativas de efeitos sobre os desempenhos pré e pós-desmama de populações Hereford x Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v. 37, n. 10, p.1763-1773.
- Carvalho R, Pimentel ECG, Cardoso V, Queiroz SA, Fries LA (2006) Genetic effects on preweaning weight gain of Nelore-Hereford calves according to different models and estimation methods. **J. Anim. Sci.**, v.84, p.2925-2933.
- Cubas, AC, Perotto D, Abrahão, JJS, Mella, SC (2001) Desempenho até a desmama de bezerros Nelore e cruzas com Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v.30, n.3, p.694-701.
- Dickerson GE (1973) Inbreeding and heterosis in animals. In: PROCEEDINGS OF THE ANIMAL BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM IN HONOR OF Dr. J. L. Lush. Am. Soc. Anim. Sci., p.54-77.

Frisch JE, Drinkwater D, Harrison B, Johnson S (1997) Classification of the southern African sanga and east African shorthorned zebu. **Animal Genetics**, v. 28, p. 77–83.

Gimeno D, Avendaño S, Navajas E, Lamas A (2002) Utilización de Cruzamientos como herramienta para el aumento del beneficio económico. In: Seminario de Actualización Técnica: Cruzamientos en Bovinos para Carnes. Tacuarembó: INIA. p. 5-10.

Kippert CJ, Rorato PRN, Lopes JS, Weber T, Boligon, AA (2008) Efeitos genéticos aditivos diretos e maternos e heterozigóticos sobre os desempenhos pré e pós-desmama em uma população multirracial Aberdeen Angus x Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v. 37, n. 8, p.1383-1391.

Koger M, Peacock FM, Kirk WG, Crockett JR (1975) Heterosis effects on weaning performance of Brahman-Shorthorn calves. **J. Anim. Sci.**, v.40, p.826-833.

Leal WS, MacNeil MD, Carvalho HG, Vaz RZ, Cardoso FF (2018) Direct and maternal breed additive and heterosis effects on growth traits of beef cattle raised in southern Brazil. **J. Anim. Sci.**, v.96, p.2536-2544.

Lopes JS, Rorato PRN, Weber T, Araújo RO, Dornelles MA, Comin JG (2010) Pre-weaning performance evaluation of a multibreed Aberdeen Angus x Nelore population using different genetic models. **R. Bras. Zootec.**, v. 39, n. 11, p.2418-2425.

Muniz, CASD, Queiroz SA (1998) Avaliação do peso à desmama e do ganho médio de peso de bezerros cruzados, no estado do Mato Grosso do Sul. **R. Bras. Zootec.**, v. 27, n.3, p. 504-512.

Perotto D, Abrahão JJS, Cubas AC (1999) Efeitos da raça e da heterozigose sobre características ponderais de bezerros Nelore e mestiços Red Angus x Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v.28, n.3, p.504-511.

Perotto D, Abrahão JJS, Moletta JL, Kroetz IA, Rocha JL (2003) Histórico e resultados de pesquisa em cruzamentos *Bos taurus* x *Bos indicus* no Noroeste do estado do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE CRUZAMENTO DE BOVINOS DE CORTE, 1. **Anais...** Londrina: IAPAR. 1 CD-ROM.

Perotto D, Moletta JL (2003) Histórico e resultados de pesquisa em cruzamentos de bovinos de corte no Sul do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE CRUZAMENTO DE BOVINOS DE CORTE, 1., **Anais...** Londrina: IAPAR. 1 CD-ROM.

Pimentel ECG, Queiroz AS, Carvalheiro R, Fries LA (2006) Estimativas de efeitos genéticos em bezerros cruzados por diferentes modelos e métodos de estimação. **R. Bras. Zootec.**, v. 35, n. 3, p.1020-1027.

SAS. Statistical Analyses Sistem Institute "SAS User's Guide: Statistic". SAS Institute INC., Cary, NC , 2010.

Teixeira RA, Albuquerque LG (2005) Heteroses materna e individual para ganho de peso pré-desmama em bovinos Nelore x Hereford e Nelore x Angus. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.57, n.4, p.518-523.

Teixeira RA, Albuquerque, LG, Alencar, MM (2004) Efeitos aditivos e não-aditivos que influenciam características de crescimento em bovinos de corte. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., **Anais...** Campo Grande: SBZ. 6p.

Teixeira RA, Albuquerque, LG, Alencar, MM, Dias, LT (2006) Interação Genótipo Ambiente em Cruzamentos de Bovinos de Corte. **R. Bras. Zootec.**, v. 4S, p. 1677-1683, 2006.

Trematore RL, Alencar MM, Barbosa PF, Oliveira JAL, Almeida MA (1998) Estimativas de efeitos aditivos e heteróticos para características de crescimento pré-desmama em bovinos Charolês- Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v. 27, n. 1, p.87-94.

CAPÍTULO 3- Estimativas de parâmetros genéticos para características de crescimento pré-desmama de bovinos de corte de diferentes composições raciais

RESUMO- Estimativas de parâmetros genéticos para características de crescimento são fundamentais para a realização de seleção em populações compostas. Este trabalho teve como objetivo estimar parâmetros genéticos para os pesos ao nascimento (PN) e à desmama padronizado para 240 dias (PD) e o ganho de peso diário do nascimento à desmama (GDP) de animais Nelore e de vários grupos genéticos cruzados envolvendo a raça Nelore e raças taurinas britânicas, continentais e do grupo Sanga. Foram utilizados os dados de 6.180 (PN), 5.760 (P240) e 5.760 (GDP) animais, nascidos de 1998 a 2014. As análises genéticas uni e bicaracterística foram realizadas pelo método da verossimilhança restrita sob modelo animal, utilizando modelo (modelo I) estatístico que incluiu os efeitos fixos de ano e época de nascimento, sexo do bezerro, idade da vaca ao parto, idade à desmama como covariável (efeito linear), classe de grupo genético (CGG) do bezerro, formada pela proporção de zebuíno (Zb; Nelore) e de taurino adaptado (Ta; Bonsmara e Senepol), britânico (Tb; Angus e Hereford) e continental (Tc; Charolês, Limousin, Pardo Suíço tipo carne e Simental), assim como os efeitos aleatórios aditivos direto e materno, de ambiente permanente e residual, dependendo da característica. Em uma segunda etapa, foram utilizados mais dois modelos estatísticos em que no modelo II o CGG foi substituído pelas covariáveis proporção de Ta, Tb e Tc no bezerro e proporção de locos em heterozigose Ta-Zb, Tb-Zb, Tc-Zb, Ta-Tb, Ta-Tc e Tb-Tc, que são os efeitos aditivos de raça e heteróticos individuais, respectivamente. No modelo III os efeitos heteróticos individuais do modelo II foram substituídos pelos efeitos h_{tz}^i e h_{tt}^i , que são os efeitos heteróticos entre taurino - zebuíno e taurino - taurino. As estimativas de herdabilidade, obtidas pelas análises unicaráter foram muito semelhantes para os três modelos, e pelo modelo III foram iguais a: $0,33 \pm 0,04$ (PN); $0,32 \pm 0,04$ (PD) e $0,28 \pm 0,03$ (GDP), sugerindo a possibilidade de obtenção de resposta à seleção para essas características. As estimativas de correlações genéticas, obtidas pelas análises bicaracterística, pelo modelo III foram iguais a: 0,33 para PN e GDP; 0,47 para PN e PD e 0,94 para PD e GDP. Essas estimativas sugerem que a seleção para qualquer uma das características deverá resultar em progresso nas outras, principalmente para PN e PD e PD e GDP.

Palavras-chave: correlações genéticas, cruzamentos, ganho em peso, herdabilidade, pesos, taurino

CHAPTER 3- Genetics parameters for preweaning growth traits of beef cattle of different breed compositions

ABSTRACT-This study aimed to estimate genetic parameters for birth weight (BW), and standardized 240 days weaning weight (WW) and daily weight gain from birth to weaning (ADG) of calves of Nellore and various crossbred genetic groups involving the Nellore and taurine British, continental and Sanga breeds. Data from 6,180 (BW), 5,760 (WW) and 5,760 (ADG) animals, born from 1998 to 2014, were used. Single and two traits analyses were performed using the restricted maximum likelihood method, using three different models. Model I included the fixed effects of year and season of birth, sex of calf, age of cow at calving, weaning age (linear effect), and class of genetic group of the calf (CGG), formed by the proportion of indicine (Zb: Nellore), and adapted (Ta; Senepol, Bonsmara), British (Tb; Angus and Hereford) and continental (Tc; Charolais, beef type Brown Swiss, Simmental and Limousin) taurine breeds, as well as the direct and maternal additive, permanent and residual environment effects, depending on the trait. In model II, the effect of CGG was substituted by the covariates proportions of Ta, Tb and Tc in the calf, and expected proportion of loci heterozygous for Ta-Zb, Tb-Zb, Tc-Zb, Ta-Tb, Ta-Tc and Tb-Tc in the calf, which are the additive breed and individual heterotic effects, respectively. In model III, the individual heterotic effects of model II were substituted by h_{tz}^i and h_{tt}^i , which are the heterotic taurine-indicine and taurine-taurine effects. The estimates of heritability, obtained by the single trait analyses were very similar by the three methods, and by method III they were equal to: 0.33 ± 0.04 (BW); 0.32 ± 0.04 (WW) and 0.28 ± 0.03 (ADG), suggesting the possibility of obtaining response to selection for these traits. The estimates of genetic correlations, obtained by two-trait analyses using model III, were equal to: 0.33 for BW and ADG; 0.47 for BW and WW and 0.94 for WW and ADG. These estimates suggest that selection for any of the traits should result in response in the same direction in the others.

Key-words: body weights, crossbreeding, genetic correlations, heritability, indicine, taurine

Introdução

A produção de carne bovina no Brasil nas últimas décadas vem constantemente se aprimorando e modernizando, resultando em melhorias na produtividade dos sistemas de produção e na qualidade do produto, tornando o país o maior exportador mundial de carne bovina, registrando no período de 2018 a 2019 aumento de 12,2 % nas exportações. Em 2019, o PIB da pecuária de corte representou 8,5% do PIB total brasileiro (ABIEC, 2020). Entretanto, é necessário ter competitividade para que o setor tenha bom desempenho e seja eficiente, para atender às crescentes demandas do mercado, assim como as exigências por um produto de qualidade a preços acessíveis. Sendo assim, as melhorias do potencial genético dos animais e sua adequação ao ambiente e ao manejo continuam sendo importantes para se alcançar maior eficiência do sistema de produção (Alencar e Barbosa, 2010).

No melhoramento genético animal duas estratégias são amplamente utilizadas com a finalidade de mudar a composição genética das populações: a seleção e os sistemas de acasalamento (Alencar, 2004). A combinação dessas duas pode maximizar a taxa de progresso genético (Cubas et al., 2001). O cruzamento entre raças permite explorar, de maneira rápida, as diferenças genéticas existentes entre as raças. Os ganhos em produtividade no cruzamento são provenientes da heterose e da complementaridade entre as raças (Alencar e Packer, 2005).

A seleção implica na escolha dos animais que serão pais da geração seguinte. As características de peso e ganho em peso tem orientado a maioria dos programas de seleção de bovinos de corte (Euclides, 2009), por serem de fácil mensuração e servirem como indicadores da vida futura do animal (Guaragna et al., 1990). Assim, pesos à desmama e ao sobreano e ganho de peso em diferentes idades são comumente usados como critérios de seleção, pois, além de apresentarem coeficientes de herdabilidade que variam de média a alta magnitude, o que pode proporcionar maiores ganhos genéticos por geração, são bons indicadores do potencial de crescimento dos animais em idades mais avançadas (Laureano et al., 2011).

Os animais cruzados não são utilizados apenas como produto final e cada vez mais no Brasil são utilizados como reprodutores e matrizes, seja em populações compostas (raças sintéticas), seja em sistemas de cruzamento, crescendo em importância a avaliação genética de animais mestiços (Alencar, 2004). Sendo assim, o primeiro passo para realizar uma avaliação genética em uma população multirracial seria estimar os componentes de variância nessas populações. Porém, os dados de populações multirraciais devem ser analisados utilizando-se procedimentos adequados por existir heterogeneidade de variâncias e co-variâncias entre os grupos de raças puras e cruzadas (Bocchi et al., 2008).

Por este motivo é necessário desenvolver procedimentos adequados para avaliação genética de populações multirraciais. Este trabalho teve como objetivo obter estimativas de parâmetros genéticos (herdabilidade e correlações genéticas) de características de crescimento pré-desmama de animais provenientes do cruzamento entre raças taurinas adaptadas, britânicas e continentais e a raça Nelore.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado com informações do banco de dados de bovinos de corte da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP. Os dados são oriundos de vários projetos de cruzamento envolvendo a raça Nelore, raças taurinas exóticas e compostas, além do cruzamento de machos da raça Charolesa com fêmeas $\frac{1}{2}$ Canchim + $\frac{1}{2}$ Nelore, grupo genético denominado de MA utilizado para formar novas linhagens de Canchim.

Foram utilizados dados de animais Nelore e cruzados de Nelore com raças taurinas adaptadas (Bonsmara e Senepol), britânicas (Angus e Hereford) e continentais (Charolesa, Limousin, Pardo Suíço tipo carne e Simental) e as raças sintéticas Brangus ($\frac{5}{8}$ Angus + $\frac{3}{8}$ Zebu) e Canchim ($\frac{5}{8}$ Charolês + $\frac{3}{8}$ Zebu). Os grupos genéticos foram classificados de acordo com sua composição de taurino adaptado (Ta), taurino britânico (Tb), taurino continental (Tc) e zebuino (Zb). Na Tabela 1 são apresentados os grupos genéticos do bezerro, do pai e da mãe e a classificação do grupo genético em zebuino, taurino britânico, taurino continental e taurino adaptado. Apesar de não haver nascimento de animais de todos os grupos

genéticos em todos os anos, não há confundimento de ano com grupo genético. Foram produzidos animais da raça Nelore todos os anos. Todos os animais foram criados em regime de pasto do nascimento à desmama, porém houve dois níveis de intensificação, em que houve variação no número de vacas por hectare (uma a cinco vacas/ha), em que, neste último caso, houve suplementação com silagem durante a seca.

Os nascimentos foram agrupados por época: época 1 - nascimentos de janeiro a março; época 2 - nascimentos de abril a junho; época 3 - nascimentos de julho a setembro; e época 4 - nascimentos de outubro a dezembro. Nos anos de 1998 e 1999 ocorreram nascimentos somente na época 2 (dois). Nos anos de 2000 a 2004 aconteceram nascimentos em todas as épocas; de 2005 a 2009 nas épocas 1, 3 e 4; nos anos 2010 e 2011, nas épocas 1 e 4; e nos anos 2012 a 2014, os nascimentos ocorreram somente na época 4.

A análise de consistência dos dados foi feita utilizando-se os procedimentos FREQ, PRINT, MEANS, UNIVARIATE e SORT, contidos no SAS (2010). Foram excluídos das análises animais com problemas crônicos de saúde, assim como animais de gestações gemelares e animais com pesos ao nascimento e à desmama que não atendiam à amplitude de mais ou menos três desvios padrão da média, de acordo com o grupo genético do animal. Após esse descarte, o número de animais por grupo genético (GG) variou de 19 para animais 5/16 Angus + 11/16 Nelore a 1.888 para animais Nelore. Os animais eram filhos de 57, 20, 11, 80, 34, 7, 13, 72, 6, 13 e 27 touros das raças Angus, Bonsmara, Brangus, Canchim, Charolesa, Limousin, Hereford, Nelore, Pardo Suíço tipo carne, Senepol e Simental, respectivamente.

Foram estudados os pesos ao nascimento (PN) e à desmama (PD) e o ganho de peso diário do nascimento à desmama (GDP). O GDP foi calculado dividindo-se o ganho de peso do nascimento à desmama pela idade à desmama, e, com base nesse GDP, PD foi padronizado para 240 dias de idade, média da idade à desmama.

Tabela 1 - Grupo genético (GG) do pai, da mãe e do bezerro, e classe do grupo genético (CGG; Zb = Zebu; Ta = Taurus adaptado; Tb = Taurus britânico; Tc = Taurus continental) do pai, da mãe e do bezerro

GG ¹			CGG ¹		
Pai	Mãe	Bezerro	Pai	Mãe	Bezerro
Nelore (Ne)	Nelore	Nelore	Zb	Zb	Zb
Angus (An)	Ne	1An1Ne	Tb	Zb	1Tb1Zb
Bonsmara (Bo)	Ne	1Bo1Ne	Ta	Zb	1Ta1Zb
Charolês (Ch)	Ne	1Ch1Ne	Tc	Zb	1Tc1Zb
Hereford (He)	Ne	1He1Ne	Tb	Zb	1Tb1Zb
Pardo Suíço (Ps)	Ne	1Ps1Ne	Tc	Zb	1Tc1Zb
Senepol (Se)	Ne	1Se1Ne	Ta	Zb	1Ta1Zb
Simental (Si)	Ne	1Si1Ne	Tc	Zb	1Tc1Zb
An	1An1Ne	3An1Ne	Tb	1Tb1Zb	3Tb1Zb
An	1Se1Ne	2An1Se1Ne	Tb	1Ta1Zb	2Tb1Ta1Zb
An	1Si1Ne	2An1Si1Ne	Tb	1Tc1Zb	2Tb1Tc1Zb
Bo	1An1Ne	2Bo1An1Ne	Ta	1Tb1Zb	2Ta1Tb1Zb
Bo	1Se1Ne	2Bo1Se1Ne	Ta	1Ta1Zb	3Ta1Zb
Bo	1Si1Ne	2Bo1Si1Ne	Ta	1Tc1Zb	2Ta1Tc1Zb
Brangus (Br)	Ne	5An11Ne	5Tb3Zb	Zb	5Tb11Zb
Br	1An1Ne	9An7Ne	5Tb3Zb	1Tb1Zb	9Tb7Zb
Br	1Se1Ne	5An4Se7Ne	5Tb3Zb	1Ta1Zb	5Tb4Ta7Zb
Canchim (Ca)	Ne	5Ch11Ne	5Tc3Zb	Zb	5Tc11Zb
Ca	1An1Ne	5Ch4An7Ne	5Tc3Zb	1Tb1Zb	5Tc4Tb7Zb
Ca	5Ch11Ne	15Ch17Ne	5Tc3Zb	5Tc11Zb	15Tc17Zb
Ca	1Se1Ne	5Ch4Se7Ne	5Tc3Zb	1Ta1Zb	5Tc4Ta7Zb
Ca	1Si1Ne	5Ch4Si7Ne	5Tc3Zb	1Tc1Zb	9Tc7Zb
Ch	1An1Ne	2Ch1An1Ne	Tc	1Tb1Zb	2Tc1Tb1Zb
Ch	5Ch11Ne	21Ch11Ne	Tc	5Tc11Zb	21Tc11Zb
Ch	1Se1Ne	2Ch1Se1Ne	Tc	1Ta1Zb	2Tc1Ta1Zb
Ch	1Si1Ne	2Ch1Si1Ne	Tc	1Tc1Zb	3Tc1Zb
He	1An1Ne	2He1An1Ne	Tb	1Tb1Zb	3Tb1Zb
He	1Se1Ne	2He1Se1Ne	Tb	1Ta1Zb	2Tb1Ta1Zb
He	1Si1Ne	2He1Si1Ne	Tb	1Tc1Zb	2Tb1Tc1Zb
Limousin (Li)	1An1Ne	2Li1An1Ne	Tc	1Tb1Zb	2Tc1Tb1Zb
Li	1Si1Ne	2Li1Si1Ne	Tc	1Tc1Zb	3Tc1Zb
Ps	1An1Ne	2Ps1An1Ne	Tc	1Tb1Zb	2Tc1Tb1Zb
Ps	1Se1Ne	2Ps1Se1Ne	Tc	1Ta1Zb	2Tc1Ta1Zb

¹ Raça do pai e classe da raça do pai são identificadas pelo primeiro símbolo nos grupos cruzados. Os números nos GGs e nas CGGs representam a proporção de cada raça e classe de raça (ex.: 1An1Ne= $\frac{1}{2}$ An+ $\frac{1}{2}$ Ne; 2Bo1Se1Ne= $\frac{1}{2}$ Bo + $\frac{1}{4}$ Se + $\frac{1}{4}$ Ne e 1Ta1Zb= $\frac{1}{2}$ Ta + $\frac{1}{2}$ Zb; 2Ta1Tb1Zb= $\frac{1}{2}$ Ta + $\frac{1}{4}$ Tb + $\frac{1}{4}$ Zb).

A estrutura e estatísticas descritivas das características estudadas podem ser observadas na Tabela 2. Observa-se que as distribuições das características PN, PDe GDP se aproximam da distribuição Normal, apresentando valores de assimetria e de curtose próximos a zero, indicando que as curvas de frequência desses valores são simétricas e mesocúrticas.

Tabela 2- Estrutura e estatísticas descritivas dos dados dos pesos ao nascimento (PN), e a desmama padronizado para 240 (PD) e ganho em peso do nascimento à desmama (GDP), de acordo com o arquivo de dados

Item	PN	PD	GDP
Animais em A^{-1}	12.183	12.183	12.183
Nº de vacas	1.591	1.567	1.567
Nº de vacas com mais de um bezerro	1.294	1.258	1.258
Média de bezerros/vaca	3,89	3,67	3,67
Nº de registros	6.192	5.760	5.760
Anos	17	17	17
Meses	12	12	12
Média ¹	33,25	217,66	0,768
Mediana ¹	33,00	217,87	0,769
Moda ¹	32,00	198,00	0,714
Mínimo ¹	18,00	92,88	0,275
Máximo ¹	58,00	347,71	1,274
Desvio-padrão	5,23	35,43	0,138
CV (%)	15,74	16,28	18,05
Assimetria	0,40	-0,05	-0,07
Curtose	0,74	0,11	-0,19

¹kg e kg/dia para pesos e ganho em peso, respectivamente.

Foram realizadas as análises de variância pelo método dos quadrados mínimos ou da máxima verossimilhança, utilizando o procedimento MIXED (SAS Inst., Inc., Cary, NC), para verificar as fontes de variação não genéticas sobre as características estudadas e considerá-las nas análises para obtenção dos componentes de (co) variância.

As estimativas dos componentes de (co) variância e os parâmetros genéticos foram obtidos pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita por intermédio do programa AIREMLF90 (Misztal et al., 2002). O modelo estatístico completo utilizado, descrito em termos matriciais, foi:

$$Y = Xb + Zg + Wm + Pp + e$$

em que,

Y= vetor de observações; X= matriz de incidência dos efeitos fixos; b= vetor de efeitos fixos; Z= matriz de incidência dos efeitos genéticos aditivos diretos; g= vetor de efeitos genéticos aditivos diretos; W= matriz de incidência dos efeitos genéticos aditivos maternos; m= vetor de efeitos genéticos aditivos maternos; P= matriz de incidência dos efeitos de ambiente permanente; p= vetor de efeitos de ambiente permanente; e e= vetor dos erros aleatórios residuais associados às observações.

Para as características estudadas PN, PD e GDP, o modelo estatístico utilizado incluiu os efeitos fixos de ano e época de nascimento, sexo, classe de grupo genético (CGG) e idade da vaca ao parto, além da covariável idade do animal à desmama (linear) para PD e GDP, e os efeitos aleatórios aditivos direto e materno, de ambiente permanente e residual, denominado modelo I. Em uma segunda análise foi criado o modelo II, no qual a CGG do modelo I foi substituída pelos efeitos g_{Ta}^i , g_{Tb}^i e g_{Tc}^i que são os efeitos genéticos aditivos diretos (efeitos de raça) de raças taurinas adaptadas, britânicas e continentais, e pelos efeitos h_{az}^i , h_{bz}^i , h_{cz}^i , h_{ab}^i , h_{ac}^i e h_{bc}^i que são os efeitos heteróticos individuais em razão da combinação das raças taurinas adaptadas e zebuína, taurinas britânicas e zebuína, taurinas continentais e zebuína, taurinas adaptadas e britânicas, taurinas adaptadas e continentais e taurinas britânicas e continentais no bezerro, respectivamente. Em uma terceira análise foi usado o modelo III no qual os efeitos h_{az}^i , h_{bz}^i , h_{cz}^i , h_{ab}^i , h_{ac}^i e h_{bc}^i do modelo II foram substituídos pelos efeitos h_{tz}^i e h_{tt}^i , que são a soma dos efeitos heteróticos entre taurino - zebuíno e taurino - taurino, respectivamente.

Foram realizadas análises unicaracterística para obter os componentes de variância e estimar a herdabilidade de cada característica, e análises bicaracterística para obter os componentes de (co) variância e estimar as correlações genéticas entre as características estudadas. A matriz de parentesco era composta de 12.183 animais.

Resultados e Discussão

Os componentes de (co) variância obtidos pelas análises unicaracterística das características de crescimento pré-desmama são apresentadas na Tabela 3 e os parâmetros genéticos são apresentados na Tabela 4.

Observa-se, Tabela 3, algumas diferenças nas estimativas dos componentes de (co) variância, de acordo com o modelo utilizado, principalmente para PD, em que as estimativas, em geral, foram maiores pelo modelo I, exceto para a variância do efeito permanente. Para PN, as variâncias dos efeitos aditivos maternos e de ambiente permanente e a covariância entre os feitos diretos e maternos foram diferentes também pelo modelo I. Para GDP, as estimativas foram muito parecidas pelos três modelos. Pelo critério AIC, os modelos II e III são melhores, com valores

próximos para as três características, e inferiores aos valores do modelo I, para PN e PD.

Tabela 3- Estimativas de (co) variâncias dos pesos ao nascimento (PN) e à desmama padronizado para 240 (PD) e ganho de peso do nascimento à desmama (GDP), obtidas por meio de análises unicaracterística, de acordo com o modelo

Característica	Modelo I				
	σ_a^2	σ_e^2	σ_m^2	σ_{pe}^2	σ_{am}
PN	7,779	13,573	0,855	0,596	0,223
PD	342,760	626,680	151,420	88,886	-157,580
GDP	0,005	0,009	0,002	0,001	-0,002

Característica	Modelo II				
	σ_a^2	σ_e^2	σ_m^2	σ_{pe}^2	σ_{am}
PN	7,142	12,696	1,318	0,215	0,522
PD	248,790	328,870	120,870	88,352	-59,359
GDP	0,005	0,009	0,003	0,001	-0,003

Característica	Modelo III				
	σ_a^2	σ_e^2	σ_m^2	σ_{pe}^2	σ_{am}
PN	7,250	12,625	1,3636	0,190	0,498
PD	254,890	326,070	113,670	92,251	-59,787
GDP	0,005	0,009	0,003	0,001	-0,003

$\sigma_a^2, \sigma_e^2, \sigma_m^2, \sigma_{pe}^2$ e σ_{am} = componentes de variância genética aditiva direta, residual, genética aditiva materna e de ambiente permanente e de covariância genética aditiva e materna, respectivamente.

Tabela 4- Estimativas ($\pm$ desvios-padrão) dos parâmetros genéticos dos pesos ao nascimento (PN) e a desmama padronizado para 240 (PD) e ganho em peso do nascimento à desmama (GDP), obtidas por meio de análises unicaracterística, de acordo com o modelo

Característica	Modelo I			
	h_a^2	h_m^2	c^2	r_{am}
PN	0,34 $\pm$ 0,04	0,04 $\pm$ 0,03	0,03 $\pm$ 0,02	0,10 $\pm$ 0,40
PD	0,28 $\pm$ 0,03	0,13 $\pm$ 0,03	0,10 $\pm$ 0,02	-0,69 $\pm$ 0,10
GDP	0,27 $\pm$ 0,03	0,13 $\pm$ 0,03	0,08 $\pm$ 0,02	-0,69 $\pm$ 0,10

Característica	Modelo II			
	h_a^2	h_m^2	c^2	r_{am}
PN	0,33 $\pm$ 0,04	0,06 $\pm$ 0,03	0,01 $\pm$ 0,02	0,17 $\pm$ 0,35
PD	0,32 $\pm$ 0,03	0,15 $\pm$ 0,04	0,11 $\pm$ 0,03	-0,34 $\pm$ 0,12
GDP	0,28 $\pm$ 0,03	0,15 $\pm$ 0,03	0,07 $\pm$ 0,02	-0,69 $\pm$ 0,08

Característica	Modelo III			
	h_a^2	h_m^2	c^2	r_{am}
PN	0,33 $\pm$ 0,04	0,06 $\pm$ 0,03	0,01 $\pm$ 0,02	0,16 $\pm$ 0,38
PD	0,32 $\pm$ 0,04	0,14 $\pm$ 0,04	0,12 $\pm$ 0,03	-0,35 $\pm$ 0,12
GDP	0,28 $\pm$ 0,03	0,15 $\pm$ 0,03	0,07 $\pm$ 0,02	-0,69 $\pm$ 0,08

h_a^2, h_m^2, c^2 e r_{am} = herdabilidade direta e materna, relação entre o componente de variância de ambiente permanente e o fenotípico total e correlação genética entre o efeito direto e efeito materno, respectivamente.

As covariâncias genéticas materna foram positivas para PN, contrário ao encontrado na literatura científica (Pereira, 2003; Mourão et al., 2007; Ribeiro et al., 2007). Entretanto, quando se observa para PN a correlação genética entre o efeito direto e materno (Tabela 4), considerando-se o desvio padrão, a estimativa pode ser considerada como sendo zero. Para PD e GND as covariâncias negativas são semelhantes às reportadas na literatura (Pereira, 2003; Roso et al., 2005; Mourão et al., 2007; Barichello, 2010; Bueno et al., 2011).

As estimativas de herdabilidade direta obtidas neste estudo pelos três modelos, que variaram de 0,33 a 0,34 para PN, de 0,28 a 0,32 para PD e de 0,27 a 0,28 para GDP, são consideradas moderadas, e sugerem a possibilidade de ganhos genéticos pela seleção para essas características. As estimativas de herdabilidade direta para peso ao nascimento (PN) encontradas neste trabalho (0,33-0,34) concordam com as estimativas apresentadas na literatura que variam entre 0,21 a 0,38 (Gregory et al., 1995, Albuquerque e Meyer, 2001; Nobre et al., 2003; Cyrillo et al., 2004; Ribeiro et al., 2007; Weber et al., 2009; Faria et al., 2011), para as raças Brahman, Nelore, Tabapuã, e raças europeias britânicas e continentais e seus cruzamentos.

Para a raça Canchim, Pereira (2003) e Barichello et al. (2010) obtiveram estimativas de herdabilidade direta de 0,28 e 0,17 respectivamente, para peso à desmama. Mourão et al. (2007) e Bueno et al. (2011), em cruzamentos de bovinos *Bos indicus* x *Bos taurus* do projeto Montana Tropical, estimaram herdabilidades diretas variando de 0,25 a 0,36, para a característica peso à desmama ajustado para 205 dias. Estudando cruzamentos Nelore x Angus, Lopes et al. (2010) obtiveram estimativas de herdabilidade direta variando de 0,29 a 0,35 para peso à desmama. Cyrillo et al. (2004), Yokoo et al. (2007), Koury Filho et al. (2011) e Laureano et al. (2011), obtiveram estimativas de herdabilidade que variaram de 0,07 a 0,34, para PD, para a raça Nelore.

Gregory et al. (1995), estudando características de crescimento em bovinos das raças puras Red Poll, Braunvieh, Hereford, Angus, Simental, Limousin, Charolês, Gelbvieh e Pinzgauer e seus compostos, reportaram para GDP estimativas de herdabilidade direta variando de 0,30 a 0,35, ou seja, próximas aos valores de 0,27 a 0,28 estimados neste trabalho. Estudando raças *Bos taurus* e seus

cruzamentos, Roso et al. (2005), obtiveram herdabilidade direta de 0,32 para ganho de peso do nascimento à desmama. Em contrapartida, Teixeira e Albuquerque (2005) estimaram herdabilidade direta de 0,19 para ganho médio diário de peso no período pré-desmama (GDP), dos cruzamentos Nelore x Hereford e Nelore x Angus. Para a raça Nelore, Laureano et. al. (2011) apresentaram herdabilidade direta de 0,21, para GDP.

As estimativas de herdabilidade materna para as características pré-desmame obtidas pelos três modelos variaram de 0,04 a 0,06; de 0,13 a 0,15 e de 0,13 a 0,15, para PN, PD e GDP, respectivamente. Considerando-se os valores das estimativas de herdabilidade diretas obtidas neste trabalho, os valores de herdabilidade materna para PD e GDP podem ser considerados bons, entretanto, esses valores sugerem que os efeitos ambientais são mais importantes na expressão da habilidade materna do que os efeitos genéticos, tornando mais difícil melhorar a habilidade materna para essas características pela seleção. Marques et al. (2000), Pereira (2003) e Mourão et al. (2007) encontraram os mesmos valores para as estimativas de herdabilidade materna de 0,05, para peso ao nascimento, para as raças Simental, Canchim e para cruzamentos de animais *Bos indicus* x *Bos taurus* do projeto Montana Tropical, respectivamente. Entretanto, na literatura foram encontrados valores que variaram entre 0,01 a 0,21 (Albuquerque e Meyer, 2001; Nobre et al., 2003; Faria, 2006; Ribeiro et al., 2007 ; Weber et al., 2009), para as raças Nelore (dois primeiros estudos), Brahman, Tabapuã e Angus, respectivamente.

Cyrillo et al. (2004), Mourão et al.(2007) e Koury Filho et al.(2010), para a raça Nelore (primeiro e último trabalho) e cruzamentos de animais *Bos indicus* x *Bos taurus*, reportaram valores semelhantes ao obtido neste estudo para a estimativa de herdabilidade materna para peso à desmama. Já Barichello et al. (2010) e Lopes et al. (2010) encontram valores na amplitude de 0,09 a 0,16 e 0,15 a 0,26, respectivamente, em que o primeiro estudo apresenta amplitude com valores similares aos encontrados neste trabalho para PD. Albuquerque e Meyer (2001), Faria (2006), Ribeiro et al. (2007) e Weber et al. (2009) obtiveram os seguintes valores para herdabilidade materna: 0,20; 0,05; 0,17 e 0,07, para as raças Nelore, Brahman, Tabapuã e Angus, respectivamente.

Para a característica de ganho de peso do nascimento à desmama, Bochi et al. (2008) obtiveram as estimativas de herdabilidade materna na amplitude de 0,16 a 0,20, em que agruparam as raças em quatro tipos biológicos: Zebu, Adaptado, Britânico e Continental. Os valores encontrados por Pereira (2003), Roso et al. (2005), Teixeira e Albuquerque (2005), Weber et al. (2009) e Laureano et al. (2011), para essa característica, foram de 0,10; 0,20; 0,05; 0,21 e 0,06, para as raças Nelore, raças taurinas e seus cruzamentos, cruzamentos Hereford x Nelore e Angus x Nelore, Canchim e Angus, respectivamente. Portanto as estimativas obtidas neste trabalho concordam com os valores apresentados na literatura.

A correlação genética entre o efeito direto e o efeito materno para as características de PN, PD e GPD obtidas neste trabalho foram de 0,10 a 0,17, -0,24 a -0,35 e -0,69, respectivamente, indicando sinergia desses efeitos para PN, e antagonismo para PD e GPD.

Para PN, Nobre et al. (2003) obtiveram valores para a correlação genética entre os efeitos aditivos direto e materno na amplitude de -0,03 a -0,35, para a raça Nelore. Pereira (2003), Ribeiro et al. (2007) e Weber et al. (2009) obtiveram valores de -0,07, -0,10 e -0,30, para as raças Canchim, Tabapuã e Angus. Este trabalho está em antagonismo com a literatura citada, mas Dodenhoff et al. (1998) estimaram a correlação genética entre o efeito direto e materno em 0,15, para a raça Hereford, próxima aos valores de 0,10 a 0,17 obtidos neste estudo. A correlação genética positiva entre os efeitos direto e materno indica que animais transmitem efeitos diretos e maternos favoráveis, sugerindo que a seleção para essa característica com base somente nos efeitos diretos será efetiva.

Para PD, estimativas de correlação genética para os efeitos direto e materno apresentadas na literatura variaram de -0,42 a 0,62 (Ferraz Filho et al., 2002; Pereira, 2003; Ribeiro et al., 2007 e Weber et al., 2009), para as raças Canchim, Tabapuã e Angus, respectivamente.

Para GDP, estimativas de correlação genética para os efeitos direto e materno publicadas na literatura variaram -0,63 a -0,24, de acordo com Pereira (2003), Simonelli et al. (2004), Roso et al. (2005) e Weber et al. (2009), para as raças Canchim, Nelore, raças taurinas e seus cruzamentos e Angus, respectivamente. Este estudo encontrou valor aproximado ao estimado por Roso et

al. (2005). Muniz et al. (2005), encontraram para a correlação desses efeitos os valores de 0,23 a -0,30, para a raça Gir.

Para as características PD e GDP, as correlações dos efeitos aditivos diretos e maternos obtidas no presente estudo indicam que animais que transmitem efeitos diretos favoráveis também transmitem efeitos maternos desfavoráveis.

As estimativas das correlações genéticas entre os efeitos aditivos diretos das características estudadas, obtidas pelas análises bicaracterística, são apresentadas na Tabela 5. As estimativas de herdabilidade obtidas pelas análises foram de 0,34 a 0,35 para PN, de 0,32 para PD e de 0,29 a 0,32 para GDP. Para PD e GDP houve convergência, mas muitas vezes as estimativas, durante as iterações, estavam fora dos limites de definição deste parâmetro (-1,00 a +1,00) e, provavelmente, o sistema forçou as estimativas a permanecerem dentro do espaço paramétrico.

Tabela 5- Estimativas ($\pm$ desvios-padrão) de correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) e de herdabilidade (amplitude e média entre parênteses, na diagonal) dos pesos ao nascimento (PN), e a desmama padronizado para 240 (PD) e ganho em peso do nascimento à desmama (GDP), obtidas por meio de análises bi caráter, de acordo com o modelo

Caract.	Modelo I		
	PN	PD	GDP
PN	0,33-0,34	0,47 $\pm$ 0,08	0,33 $\pm$ 0,09
PD	0,37 $\pm$ 0,03	0,15-0,26	0,94 $\pm$ 0,03
GDP	0,22 $\pm$ 0,03	0,99 $\pm$ 0,007	0,17 - 0,26
Caract.	Modelo III		
	PN	PD	GDP
PN	0,34-0,35	0,38 $\pm$ 0,07	0,37 $\pm$ 0,08
PD	0,35 $\pm$ 0,03	0,32	0,97 $\pm$ 0,01
GDP	0,12 $\pm$ 0,03	0,90 $\pm$ 0,003	0,29 - 0,32

As estimativas da correlação genética direta entre as características estudadas foram todas positivas (0,33 a 0,97) e são similares às apresentadas por Castro-Pereira (2003), de 0,52 (PN e PD), 0,33 (PN e GDP) e 0,98 (PD e GDP), para a raça Canchim. Faria (2006), Ribeiro et al. (2007) e Faria et al. (2011) encontraram os valores, respectivamente, de 0,62, 0,51 e 0,46 para a correlação genética direta entre PN e PD, para as raças Brahman, Tabapuã e Brahman. De acordo com Laureano et al. (2011), a correlação genética direta obtida foi de 0,43 (PD e GDP), para a raça Nelore, diferentemente do apresentado no estudo em questão. As

estimativas de correlação genética direta das características pesos com a característica ganho em peso do nascimento à desmama obtidas por Mascioli et al. (2000), foram de 0,36 para (PN e GDP) e 0,97 (PD e GDP), para a raça Canchim.

As estimativas de correlações genéticas entre os efeitos aditivos diretos obtidas neste trabalho entre PN e PD e PD e GDP, indicam que a seleção para qualquer uma destas características deve resultar em progresso genético nas outras.

Conclusões

As estimativas de herdabilidade obtidas indicam a possibilidade de se alcançar progresso genético pela seleção para as características estudadas nessa população.

As correlações genéticas entre PN, PD e GDP sugerem que a seleção para qualquer uma dessas características nessa população deve resultar em resposta no mesmo sentido nas outras. Em relação à PN, essas correlações têm implicação negativa, pois não se deseja animais muito pesados ao nascimento, podendo resultar em partos distócicos.

Referências

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (2020). Perfil da Pecuária no Brasil. Disponível em: < <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/> > Acesso em 15 out., 2020.

Albuquerque LG, Meyer K (2001) Estimates of covariance functions for growth from birth to 630 days of age in Nelore cattle. **J. Anim. Sci.** v. 79, p.2776–2789

Alencar MM, Packer IU (2005) Competitividade depende do cruzamento de raças. Disponível em: < <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va03-genetica02.pdf> > Acesso em 05 jan., 2020.

Alencar MM, Barbosa PF (2010) Melhoramento genético de gado de corte no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 8. Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica - **Anais...** Maringa: SBMA, 9 p.

Alencar MM (2004) Utilização de cruzamentos industriais na pecuária de corte tropical. In: Simpósio sobre Bovinocultura de Corte, 5. **Anais...** Piracicaba: Fealq p. 149-170.

Barichello F, Alencar MM, Torres Junior RA, Silva LOC (2010) Herdabilidade e correlações quanto a peso, perímetro escrotal e escores visuais à desmama, em bovinos Canchim. **Pesq. agropec. bras.**, v.45, n.6, p.563-570.

Bocchi AL, Oliveira HN, Ferraz JBS, Eler JP (2008) Avaliação genética multirracial para ganho de peso pré-desmama em bovinos de uma população composta. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.7, p.1207-1215.

Bueno RS, Torres RA, Ferraz JBS, Lopes PS, Eler JP, Silva MA, Euclides RF, Mattos EC (2011) Inclusão da epistasia em modelo de avaliação genética de bovinos de corte compostos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, n.4, p.948-953.

Cyrillo JNSG, Alencar MM, Razook AG, Mercadante MEZ, Figueiredo LA (2004) Modelagem e estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos para pesos do nascimento à seleção (378 dias) de machos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1405-1415.

Cubas AC, Perotto D, Abrahão JJS, Mella SC (2001) Desempenho até a Desmama de Bezerros Nelore e Cruzas com Nelore. **Rev. bras. zootec.**, v.30, n.3, p.694-701.

Dodenhoff J, Van Vleck LD, Kachman SD, Koch RM (1998) Parameter Estimates for Direct, Maternal, and Grandmaternal Genetic Effects for Birth Weight and Weaning Weight in Hereford Cattle. **J. Anim. Sci.**, v.76, p. 2521–2527.

Euclides K (2009) Evolução do melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil. **Rev. Ceres, Viçosa**, v. 56, n.5, p. 620-626.

Faria LC (2006) **Estudo genético quantitativo de características de crescimento e reprodutivas em bovinos da raça Brahman no Brasil**. 117 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) – Unesp, Jaboticabal.

Faria LC, Queiroz AS, Vozzi PA, Lôbo RB, Bezerra LAF, Maganabosco CU, Oliveira EJA (2011) Estudo genético quantitativo de características de crescimento de bovinos da raça Brahman no Brasil. **ARS VETERINARIA**, v.27, n.1, p. 030-035.

Ferraz Filho PB, Ramos AA, Silva LOC, Souza JC, Alencar MM, Malhado CHM (2002) Tendência Genética dos Efeitos Direto e Materno sobre os Pesos à Desmama e PósDesmama de Bovinos da Raça Tabapuã no Brasil. **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.2, p.635-640.

Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM (1995) Genetic and Phenotypic (Co)Variances for Growth and Carcass Traits of Pure breed and Composite Populations of Beef Cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 73, p.1920-1926.

Guaragna GP, Carneiro GG, Torres JR, Gambini LB (1990) Efeito de Fatores Ambientes e Genéticos no Peso ao Nascer de Bezerros da Raça Holandesa Preta e Branca. **Boletim De Indústria Animal**, v.47, n.1, p. 19-30.

Koury Filho W, Albuquerque LG, Forni S, Silva JAV, Yokoo MJ, Alencar MM (2010) Estimativas de parâmetros genéticos para os escores visuais e suas associações com peso corporal em bovinos de corte. **R. Bras. Zootec.**, v.39, n.5, p.1015-1022.

Laureano MMM, Boligon AA, Costa RB, Forni S, Severo JLP, Albuquerque LG (2011) Estimativas de herdabilidade e tendências genéticas para características de crescimento e reprodutivas em bovinos da raça Nelore. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, n.1, p.143-152.

Lopes JS, Rorato PRN, Weber T, Araújo RO, Dornelles MA, Comin JG (2010) Pre-weaning performance evaluation of a multibreed Aberdeen Angus x Nelore population using different genetic models. **R. Bras. Zootec.**, v. 39, n. 11, p.2418-2425.

Marques, LFA, Pereira JCC, Oliveira HN, Silva MA, Bergmann JAG (2000) Análise de características de crescimento da raça Simental. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.52, n.5, p. 527-533.

Mascioli AS, Faro L, Alencar MM, Fries LA, Barbosa PF (2000) Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos e análise de componentes principais para as características de crescimento na raça Canchim. **R. Bras. Zootec.**, v.29, n.6, p.1654-1660.

Misztal I, Tsuruta S, Strabel T, Auvray B, Druet T, Lee DH (2002). Manual for BLUPF90 family of programs. Disponível em: < http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90_all2.pdf >. Acesso em 20 jun, 2020.

Mourão GB, Ferraz JBS, Eler JP, Balieiro JCC, Bueno RS, Mattos EC, Figueiredo LGG (2007). Genetic parameters for growth traits of a Brazilian *Bos taurus* x *Bos indicus* beef composite. *Genetics and Molecular Research*, v.6, n.4, p.1190-1200.

Muniz CASD, Carneiro R, Fries LA, Queiroz SA (2005) Dois Critérios de Seleção na Pré-Desmama em Bovinos da Raça Gir. 1. Estimativas de Parâmetros Genéticos. **R. Bras. Zootec.**, v.34, n.3, p.807-815.

Nieto LM, Alencar MM, Rosa AN (2013) Critérios de Seleção. In: Melhoramento genético aplicado em gado de corte: Programa Geneplus-Embrapa. 1ed. Brasília, DF, Embrapa. p. 109-122.

Nobre PRC, Misztal I, Tsuruta S, Bertrand JK, Silva LOC, Lopes EPS (2003) Analyses of growth curves of Nelore cattle by multiple-trait and Random Regression models. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 918-926.

Pereira VMC (2003) **Estudo genético de critérios de seleção ligados à eficiência reprodutivas e ao crescimento de machos e fêmeas da raça Canchim**. 71 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Unesp, Jaboticabal.

Ribeiro SHA, Pereira JCC, Verneque RS, Silva MA, Bergmann JAG, Marques FS (2007) Estudo genético-quantitativo de características de crescimento na raça Tabapuã. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.59, n.2, p.473-480.

Roso VM, Schenkel FS, Miller SP, Wilton JW (2005) Additive, dominance, and epistatic loss effects on preweaning weight gain of crossbred beef cattle from different *Bos taurus* breeds. **J. Anim. Sci.**, v.83, p.1780-1787.

Simonelli SM, Silva MA, Silva LOC, Pereira JCC, Souza JER, Ventura RV, Valente BD (2004) Critérios de seleção para características de crescimento em bovinos da raça Nelore. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.56, n.3, p.374-384.

Teixeira RA, Albuquerque LG (2005) Heteroses materna e individual para ganho de peso pré-desmama em bovinos Nelore x Hereford e Nelore x Angus. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.57, n.4, p.518-523.

Weber T, Rorato PRN, Lopes JS, Comin JG, Dornelles MA, Araújo RO (2009) Parâmetros genéticos e tendências genéticas e fenotípicas para características produtivas e de conformação na fase pré-desmama em uma população da raça Aberdeen Angus. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.5, p.832-842

Yokoo MJ, Albuquerque LG, Lôbo RB, Sainz RD, Carneiro Júnior JM, Bezerra LAF, Araújo FRC (2007) Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v.36, n.6, p.1761-1768.