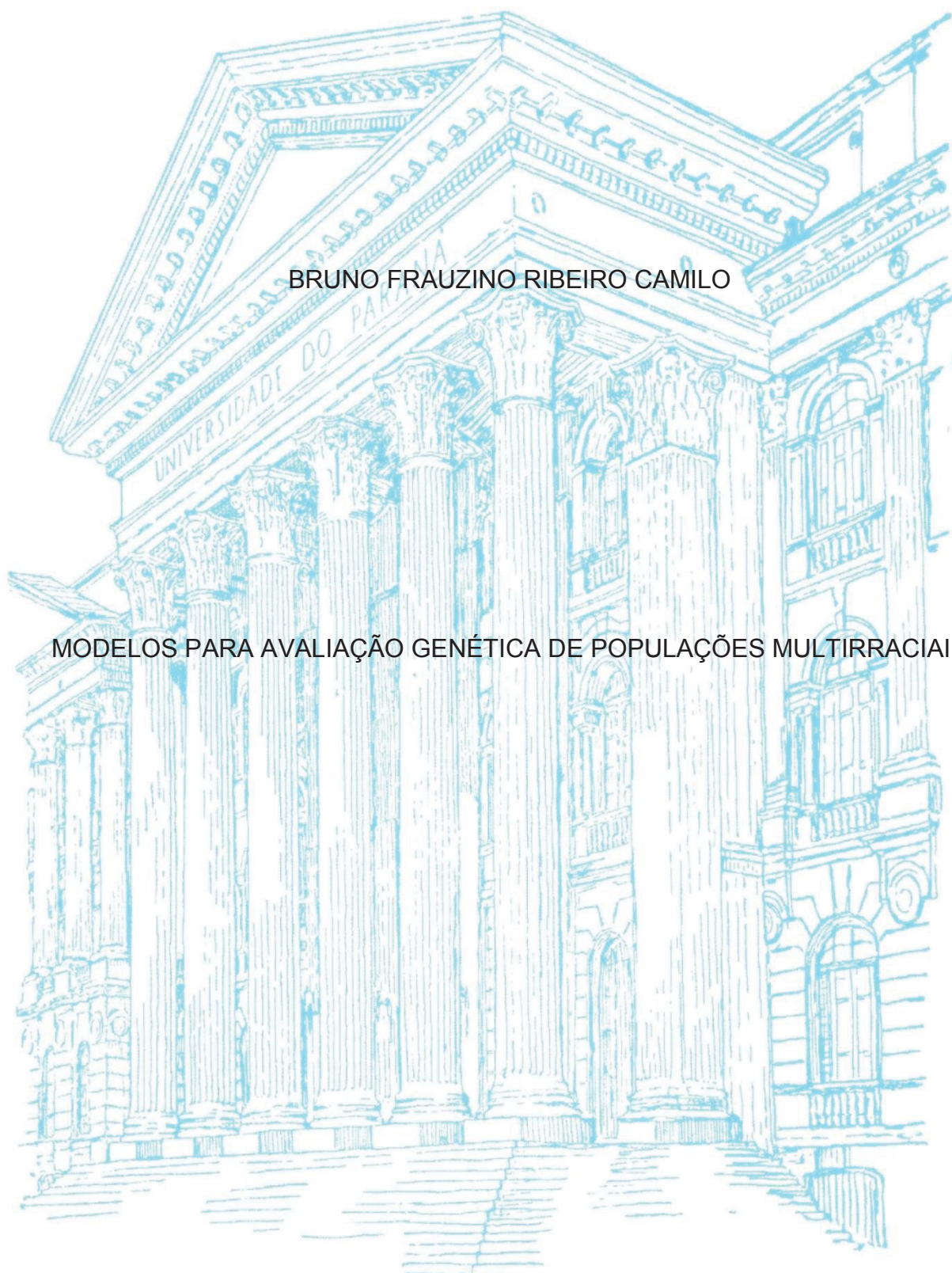


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ



BRUNO FRAUZINO RIBEIRO CAMILO

MODELOS PARA AVALIAÇÃO GENÉTICA DE POPULAÇÕES MULTIRRACIAIS

CURITIBA

2019

BRUNO FRAUZINO RIBEIRO CAMILO

MODELOS PARA AVALIAÇÃO GENÉTICA DE POPULAÇÕES MULTIRRACIAIS

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Zootecnia, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Laila Talarico Dias

Coorientador: Dr. Daniel Perotto

CURITIBA

2019

C183m Camilo, Bruno Frazino Ribeiro
Modelos para avaliação genética de populações multirraciais
/ Bruno Frazino Ribeiro Camilo. - Curitiba, 2019.
119 p.: il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Setor
de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia.

Orientadora: Laila Talarico Dias

Coorientador: Daniel Perotto

1. Cruzamento (genética). 2. Bovino de corte –
melhoramento genético. 3. Melhoramento genético. I. Dias, Laila
Talarico. II. Perotto, Daniel. III. Título. IV. Universidade Federal
do Paraná.

CDU 636.082.26



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOTECNIA -
40001016082P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **BRUNO FRAUZINO RIBEIRO CAMILO** intitulada: **Modelos para avaliação genética de populações multirraciais**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 25 de Fevereiro de 2019.

DANIEL PEROTTO

Presidente da Banca Examinadora (IAPAR)

RODRIGO DE ALMEIDA TEIXEIRA

Avaliador Interno (UFPR)

JOSE LUIS MOLETTA

Avaliador Externo (IAPAR)

ARTHUR DOS SANTOS MASCIOLI

Avaliador Externo (UFG)

Dedico aos meus pais, José Eduardo e Márcia, e a minha irmã, Nayma.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, José Eduardo e Márcia, que respeitaram o meu sonho mesmo não gostando muito da ideia de morar longe e de fazer o doutorado. Vocês são meu alicerce e agradeço pelos ensinamentos e educação. À Tia Walquiria, que sempre esteve do meu lado. À minha irmã, Nayma, e ao Compadre Daniel, por estarem sempre presentes e pelo companheirismo. Obrigado ainda pelo presente e a confiança de batizar a minha sobrinha Helena, minha linda afilhada. Aos Frauzino's que estiveram sempre ao meu lado me incentivando e me apoiando, em especial, aos que foram me visitar em Curitiba: Aline, Paula e Compadre André.

À minha orientadora, professora e doutora Laila Talarico Dias, que foi além de todas as minhas expectativas, exemplo de pessoa e de profissional. Foi excelente orientadora, amiga e acima de tudo Mamy's GAMA que abraça a todos os GAMA's como bons filhos de orientação. Obrigado por me aceitar no GAMA, pelas sábias palavras nos momentos certos. Foram 4 anos de muito aprendizado e agradeço imensamente por tudo.

Ao meu coorientador, doutor Daniel Perotto, com sua humildade e educação esteve sempre presente contribuindo na condução dos trabalhos. Não só agradeço em aceitar em me coorientar e fornecer os dados, como o parabenizo pela condução do projeto do composto Purunã, juntamente com o Dr. José Luis Moletta e demais colaboradores do IAPAR.

Ao professor, doutor Rodrigo de Almeida Teixeira, que com paciência e disposição sempre contribuiu para a minha formação. As tardes de café e prosa no GAMA, momentos de descontração e discussão de assuntos diversos, inclusive sobre a tese. Meu muito obrigado.

Aos doutores Arthur dos Santos Mascioli e José Luis Moletta por aceitarem participar prontamente da banca examinadora e contribuírem com meu trabalho de tese. Devo ressaltar e agradecer a disposição da professora, doutora Cristina Santos Sotomaior e do professor, doutor Patrick Schmidt ao por terem aceito o convite para serem membros suplentes da banca examinadora.

Aos meus amigos GAMA's, que participaram destes 4 anos de aprendizado. Momentos tristes e alegres, de "gordices" diversas e descontração no RU, juntamente com nosso Kit RU, salvação diária. Amauri, Bárbara, Cláudia, Fernanda, Francisco, Gisele, Lorena, Rodrigo, Simone, Susana, e aos que concluíram seus trabalhos no GAMA, Álida, Altair e Juliana, obrigado por estarem sempre presentes, ajudando com palavras de incentivo ou sugestões para a condução do meu trabalho.

Aos amigos de rodas de conversas, chopps e "batatas" Cláudia, Juliana, Jean e Mylena, obrigado por fazerem com que a minha estadia em Curitiba fosse mais amistosa, com palavras de incentivos, bons papos e risadas.

Aos meus amigos que fiz no PPGZ, em especial ao Elísio e Kheyciane. Ao meu amigo Eder, meu conterrâneo que estava morando em Curitiba e me auxiliou em vários momentos durante minha estadia. Aos amigos que fiz em Curitiba, em especial ao Manu e a Natii. Aos amigos da Zoo que mesmo distantes contribuíram com mensagens. As minhas amigas Larissa e Vera, por terem a disposição de estar em Curitiba no dia da minha defesa.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, por contribuírem com a minha formação, em especial ao Professor Rodrigo de Almeida, que fez parte do meu comitê de orientação.

Obrigado!

...” Hoje me sinto mais forte
Mais feliz, quem sabe
Só levo a certeza
De que muito pouco sei
Ou nada sei”

...” Penso que cumprir a vida
Seja simplesmente
Compreender a marcha
E ir tocando em frente

Como um velho boiadeiro
Levando a boiada
Eu vou tocando os dias
Pela longa estrada, eu vou
Estrada eu sou” ...

...” Cada um de nós compõe a sua história
Cada ser em si
Carrega o dom de ser capaz
E ser feliz”

Tocando Em Frente
Almir Sater e Renato Teixeira

RESUMO

O objetivo da tese foi comparar diferentes modelos estatísticos para estimar acuradamente valores genéticos de um rebanho de bovinos compostos. No Capítulo I foi apresentada a revisão sobre a formação da raça Purunã; a influência dos efeitos maternos que podem exercer impacto sobre a estimação de parâmetros genéticos das características de crescimento pré e pós-desmama; a obtenção da retenção de heterose em populações cruzadas e por fim, os modelos utilizados para a avaliação genética de rebanhos obtidos por cruzamento. No Capítulo II o objetivo foi avaliar os efeitos de idade da vaca (IDV) e dos grupos genéticos sobre as características de crescimento pré e pós-desmama de bovinos cruzados. Foram utilizados dados de 9345 animais, nascidos entre 1981 e 2017, resultando em 3 arquivos: 1) Canchim x Angus com 391 animais puros e bimestiços; 2) Charolês x Caracu com 502 animais puros e bimestiços e o 3) de animais quadrimestiços filhos dos animais bimestiços dos bancos anteriores com 1098 animais. As características avaliadas foram pesos ao nascer (PN), à desmama (P210), ao ano (P365) e ao sobreano (P420). Os grupos genéticos causaram grande variação nos pesos tomados em várias idades, bem como a origem daquele grupamento racial. A IDV teve forte influência sobre os pesos ($P < 0,01$) exceto no P365 de animais Canchim x Angus. Os efeitos de idade da vaca e grupamento genético devem ser considerados na avaliação. No Capítulo III objetivou-se estudar a inclusão dos efeitos maternos na população quadrimestiça utilizada no capítulo anterior. Foram usados dados de 1098 bovinos, como grupo genético (GG) ou considerando a origem identificada (GGI), filhos de 93 touros e 392 vacas. Os parâmetros genéticos foram estimados por um modelo animal usando AIREML, BLUPF90. Foram testados 3 modelos para análise: 1) efeito genético direto como aleatório, 2) além do efeito direto, o efeito de ambiente permanente materno foi considerado, e 3) além dos efeitos inclusos nos modelos anteriores, contemplou-se o efeito genético materno. Além dos efeitos aleatórios, os efeitos fixos de grupo genético (GG) ou grupo genético de origem identificada (GGI) foram considerados nas análises. Para todas as características, o modelo 3 foi indicado como mais adequado. Os efeitos maternos devem ser considerados nos modelos para estimação de parâmetros genéticos de animais quadrimestiços, independente da forma de considerar o grupo genético. No Capítulo IV foram comparados 4 modelos para estimar os valores genéticos da população de quadrimestiços dos capítulos anteriores. As análises foram realizadas por meio do procedimento GLM do software SAS. As comparações entre os modelos foram realizadas por meio do cálculo de redução na soma de quadrados dos resíduos e pelo critério de convergência AIC. Os valores genéticos foram estimados por meio do AIREML - BLUPF90. Os touros foram utilizados para estimar a correlação de Spearman e, posteriormente, foram ranqueados. O teste da redução na soma de quadrados dos resíduos indicou para todas as características o modelo 1, de grupo genético de origem identificada, como mais indicado, sendo que para o PN poderia também ser utilizado o modelo 2, grupo genético convencional, e para o P210 também o modelo que inclui todos os efeitos não aditivos (Modelo 4). Pelo AIC o modelo indicado foi o modelo mais parametrizado (modelo 4), que continha os efeitos epistáticos. A correlação de Spearman entre os modelos foram altas tanto para PN, quanto para P420. Para o P210 e P365 as correlações entre os modelos 2, 3 e 4 foram altas, ou seja, o ranqueamento dos touros foi semelhante. Apesar das altas correlações, observou-se mudanças importantes na classificação dos touros quadrimestiços pelos diferentes modelos.

Palavras-chave: cruzamento, valor genético, efeitos não genéticos, gado de corte, ranking

ABSTRACT

The objective of the thesis was to compare different statistical models to accurately estimate genetic values of a herd of crossbreeding cattle. In Chapter I was presented the revision on the formation of the Purunã breed; the influence of maternal effects that may have an impact on the estimation of genetic parameters of pre and post-weaning growth characteristics; obtaining retention of heterosis in cross populations and, finally, the models used for the genetic evaluation of crossbred herds. In Chapter II the objective was to evaluate the effects of age of dam (IDV) and genetic groups on pre and post-weaning growth characteristics of crossbred cattle. Data were used of 9345 animals, born between 1981 and 2017, resulting in 3 files: 1) Canchim x Angus with 391 pure and 2 cross breed; 2) Charolais x Caracu with 502 pure and 2 cross breed and 3) 4 cross breed children of the 2 cross breed of the previous data with 1098 animals. The evaluated characteristics were weights at birth (PN), weaning (P210), yearling (P365) and days at 420 (P420). Genetic groups caused great variation in the weights taken at various ages, as well as the origin of that racial grouping. IDV had a strong influence on weights ($P < 0.01$) except for P365 from Canchim x Angus animals. The effects of age of the cow and genetic grouping should be considered in the evaluation. Chapter III aimed to study the inclusion of maternal effects in the 4 cross breed population used in the previous chapter. Data from 1098 cattle, as a genetic group (GG) or considering the identified origin (GGI), were used, of 93 sires and 392 dams. The genetic parameters were estimated by an animal model using AIREML, BLUPF90. Three models were tested for analysis: 1) direct genetic effect as random; 2) besides the direct effect, the effect of maternal permanent environment was considered, and 3) besides the effects included in the previous models, maternal genetic effect was considered. In addition to the random effects, the fixed effects of genetic group (GG) or genetic group of identified origin (GGI) were considered in the analyzes. For all the characteristics, model 3 was indicated as more suitable. Maternal effects should be considered in the models for estimation of genetic parameters of 4 cross breed, regardless of how the genetic group is considered. In Chapter IV, four models were compared to estimate the genetic values of 4 cross breed population of previous chapters. The analyzes were performed using the GLM procedure of the SAS software. The comparisons between the models were performed by calculating the reduction in the sum of squares of the residues and by the AIC convergence criterion. Genetic values were estimated using AIREML - BLUPF90. Sires were used to estimate the Spearman correlation and were subsequently ranked. The test of the reduction in the sum of squares of residues indicated for all the characteristics the model 1, of identified genetic group of origin, as more indicated, being that for the PN could also be used the model 2, conventional genetic group, and for the P210 also the model that includes all non-additive effects (Model 4). The AIC model was the most parameterized model (model 4), which contained the epistatic effects. The Spearman correlation between the models was high for both PN and P420. For P210 and P365 the correlations between models 2, 3 and 4 were high, that is, sires rankings were similar. Despite the high correlations, we observed important changes in the classification of 4 cross breed sires by the different models.

Keywords: crossbreeding, breed value, non-additive effects, beef cattle, ranking

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 – RAÇAS FORMADORAS NA COMPOSIÇÃO DO COMPOSTO PURUNÃ.....	22
FIGURA 02 – ESQUEMA DE CRUZAMENTO PARA OBTER O COMPOSTO PURUNÃ (P1)	23
FIGURA 03 – EFEITO DA IDADE DA VACA (IDV) SOBRE PESOS AO NASCER (PN) À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420) DE ACORDO COM OS GRUPOS	57
FIGURA 04 – DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENÇAS ENTRE POSTOS DOS INDIVÍDUOS, ASSINALADOS EM FUNÇÃO DO POSTO DO MODELO 1 EM RELAÇÃO AOS MODELOS 2 (DIFAB), MODELO 3 (DIFAC) E MODELO 4 (DIFAD) PARA A CARACTERÍSTICA PESO AO NASCER (PN) E PESO À DESMAMA (P210)	91
FIGURA 05 – DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENÇAS ENTRE POSTOS DOS INDIVÍDUOS, ASSINALADOS EM FUNÇÃO DO POSTO DO MODELO 1 EM RELAÇÃO AOS MODELOS 2 (DIFAB), MODELO 3 (DIFAC) E MODELO 4 (DIFAD) PARA A CARACTERÍSTICA PARA A CARACTERÍSTICA PESO AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)	92

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ESQUEMA DE CRUZAMENTO PARA OBTENÇÃO DO COMPOSTO PURUNÃ.....	24
TABELA 2 – ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADES PARA PESO CORPORAL EM BOVINOS DE CORTE DE ACORDO COM DIFERENTES MODELOS E AUTORES.....	26
TABELA 3 – FRAÇÃO DE HETEROZIGOSE (h) E PERDA POR RECOMBINAÇÃO (r) PROPOSTO POR DICKERSON (1973)	33
TABELA 4 – GRUPOS GENÉTICOS UTILIZADOS PARA A FORMAÇÃO DO COMPOSTO QUADRIMESTIÇO PURUNÃ.....	45
TABELA 05 – NÚMERO DE ANIMAIS, MÉDIA, DESVIO-PADRÃO E AMPLITUDE PARA OS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420), PARA OS BANCOS CANCHIM X ANGUS, CHAROLÊS X CARACU E QUADRIMESTIÇOS.....	48
TABELA 06 – COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS ESTIMADAS DOS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420) PARA OS BANCOS CANCHIM X ANGUS, CHAROLÊS X CARACU E QUADRIMESTIÇOS	49
TABELA 07 – RESUMO DO QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS CANCHIM E ANGUS E SEUS CRUZAMENTOS PARA PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)	53
TABELA 08 – RESUMO DO QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS CARACU E CHAROLÊS E SEUS CRUZAMENTOS PARA PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)	54
TABELA 09 – RESUMO DO QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS PARA PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420).....	56
TABELA 10 – GRUPOS GENÉTICOS UTILIZADOS PARA A FORMAÇÃO DE BOVINOS COMPOSTOS QUADRIMESTIÇOS PURUNÃ.....	63
TABELA 11 – COMPARAÇÃO DE MODELOS PARA ESTIMAR O COEFICIENTE DE HERDABILIDADE (h^2_d) PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO PRÉ E PÓS-DESMAMA EM BOVINOS QUADRIMESTIÇOS, CONFORME A ORIGEM DO CRUZAMENTO.....	67
TABELA 12 - COMPONENTES DE (CO) VARIÂNCIA E ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE PARA PESO AO NASCER (PN), PESO À DESMAMA	

	(P210), PESO AO ANO (P365), PESO AO SOBREANO (P420) DE ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS.....	69
TABELA 13 -	COMPONENTES DE (CO) VARIÂNCIA E ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE PARA PESO AO NASCER (PN), PESO À DESMAMA (P210), PESO AO ANO (P365), PESO AO SOBREANO (P420) DE ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS OBTIDAS VIA ANÁLISE MULTICARÁTER.....	70
TABELA 14 -	CORRELAÇÕES GENÉTICAS MODELOS DE GRUPO GENÉTICO (ACIMA DA DIAGONAL) E GRUPO GENÉTICO IDENTIFICADO (ABAIXO DA DIAGONAL) ENTRE OS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365), AO SOBREANO (P420) DE ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS.....	71
TABELA 15 –	GRUPOS GENÉTICOS UTILIZADOS PARA A FORMAÇÃO DO COMPOSTO QUADRIMESTIÇO PURUNÃ.....	79
TABELA 16 –	COEFICIENTES REGRESSORES UTILIZADOS NA ESTIMAÇÃO DOS EFEITOS ADITIVOS E NÃO ADITIVOS PARA BOVINOS QUADRIMESTIÇOS.....	80
TABELA 17 –	COMPARAÇÃO DOS MODELOS EM FUNÇÃO DE GRAUS DE LIBERDADE DO RESÍDUO (GLR), SOMA DE QUADRADOS DO RESÍDUO, TIPO III (SQR) E COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R^2) DE BOVINOS QUADRIMESTIÇOS.....	85
TABELA 18 –	NÚMEROS DE PARÂMETROS DOS MODELOS UNICARÁCTER E VALORES DE AIC E $-2 \log L$ DENTRO DE CADA CONJUNTO DE DADOS DE BOVINOS QUADRIMESTIÇOS	87
TABELA 19 –	NÚMERO DE ANIMAIS, MÉDIA, DESVIO-PADRÃO E AMPLITUDE DOS VALORES GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE MACHOS QUADRIMESTIÇOS	88
TABELA 20 –	CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (ACIMA DA DIAGONAL) ENTRE OS POSTOS E CORRELAÇÃO DE PEARSON (ABAIXO DA DIAGONAL) ENTRE OS VALORES GENÉTICOS ESTIMADOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE MACHOS QUADRIMESTIÇOS DE ACORDO COM OS MODELOS ESTUDADOS	89
TABELA 21 –	CLASSIFICAÇÃO DOS MACHOS QUADRIMESTIÇOS RANQUEADOS DE ACORDO COM DIFERENTES MODELOS DE AVALIAÇÃO GENÉTICA PARA O PESO À DESMAMA (P210)	94
TABELA 22 –	GRUPOS GENÉTICOS, NÚMERO DE ANIMAIS, MÉDIAS OBSERVADAS E DESVIO PADRÃO DENTRO DE CADA CONJUNTO DE DADOS, PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)	110
TABELA 23–	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS PUROS CANCHIM, CARACU, ANGUS E CHAROLÊS DAS	

CARACTERÍSTICAS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)	111
TABELA 24 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS BIMESTIÇOS DAS CARACTERÍSTICAS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)	113
TABELA 25 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS (GGU) DAS CARACTERÍSTICAS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)	115
TABELA 26 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS DA PRIMEIRA GERAÇÃO IDENTIFICADOS POR ORIGEM PARA AS CARACTERÍSTICAS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)	116
TABELA 27 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS DA SEGUNDA GERAÇÃO IDENTIFICADOS POR ORIGEM PARA AS CARACTERÍSTICAS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)	118

LISTA DE SIGLAS

- ACP – Associação dos Criadores de Bovinos Purunã
- AIC – Akaike information criterion
- CEIP – Certificado Especial de Identificação e Produção
- DEP – Diferença Esperada na Progênie
- DOU – Diário Oficial da União
- IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná
- LRT – Likelihood Ratio Test - Teste de Razão de Verossimilhança
- MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
- USA – United States of America

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1	FORMAÇÃO DA RAÇA PURUNÃ.....	21
2.2	INFLUÊNCIA DOS EFEITOS MATERNOS SOBRE A ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO.....	25
2.3	OBTENÇÃO E RETENÇÃO DE HETEROSE EM POPULAÇÕES MULTIRRACIAS....	28
2.4	MODELOS DE AVALIAÇÃO GENÉTICA.....	30
2.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
3	CAPÍTULO II – EFEITOS DE GRUPO GENÉTICO E IDADE DA VACA SOBRE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO EM BOVINOS PUROS, BI E QUADRIMESTIÇOS CRIADOS EM CLIMA SUBTROPICAL	43
3.1	INTRODUÇÃO.....	43
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	44
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
3.4	CONCLUSÃO.....	59
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
4	CAPÍTULO III –COMPARAÇÃO DE MODELOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO PRÉ E PÓS DESMAMA EM BOVINOS QUADRIMESTIÇOS.....	62
4.1	INTRODUÇÃO.....	62
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	62
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
4.4	CONCLUSÃO.....	73
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
5	CAPÍTULO IV – MODELOS PARA AVALIAÇÃO GENÉTICA DE BOVINOS RA RAÇA PURUNÃ.....	77
5.1	INTRODUÇÃO.....	77
5.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	78
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	84
5.4	CONCLUSÃO.....	96
5.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100
7	REFERÊNCIAS.....	101

APÊNDICE 1.....	110
APÊNDICE 2.....	111
APÊNDICE 3.....	113
APÊNDICE 4.....	115
APÊNDICE 5.....	116
APÊNDICE 6.....	118

1 INTRODUÇÃO

O Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) no ano de 1980 iniciou trabalhos com cruzamentos com o objetivo de avaliar o desempenho de bovinos das raças Angus, Caracu, Canhim e Charolês e seus cruzamentos alternados Angus x Canchim e Caracu x Charolês. Devido aos bons resultados alcançados com os animais bimestiços, em 1995, a instituição deu início a formação de um plantel quadrimestiço, que resultou na raça Purunã (PEROTTO, 2018)

Entretanto, para ganhar o status de nova raça algumas ações foram necessárias entre as quais: fundar a Associação dos Criadores de Bovinos Purunã (ACP), iniciar um programa de melhoramento para animais Purunã, iniciar o controle de genealogia e desenvolvimento ponderal, submeter o projeto de criação da raça ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), enviar os dados coletados nas propriedades para a avaliação genética e posterior emissão do CEIP (Certificado Especial de Identificação e Produção) para os animais 20% superiores na avaliação genética.

Após terem realizadas as etapas necessárias, o MAPA, pela portaria número 249 de 21 de novembro de 2016 reconheceu a raça Purunã, sendo oficializado no dia 30 de novembro de 2016 (BRASIL, 2016).

No Brasil os principais programas de melhoramento genético priorizam populações de raças puras, selecionando os melhores reprodutores destinados aos rebanhos comerciais sendo que a raça Nelore é a que apresenta o maior número de animais geneticamente avaliados.

Sendo assim, a avaliação genética de populações multirraciais é pouco difundida no país o que dificulta a aquisição de reprodutores geneticamente superiores quando comparado aos de raças puras e de bimestiças que contam com as informações de DEP (Diferença Esperada na Progenie) publicadas nos sumários dos seus respectivos programas de melhoramento. Porém, a avaliação genética de populações multirraciais não é simples, seja pela estrutura do banco de dados com

vários grupos genéticos e/ou pela identificação de modelos estatísticos mais adequados para estimar os parâmetros genéticos.

O modelo mais frequentemente utilizado na avaliação de animais é o de Dickerson (1973), que leva em consideração as diferenças entre as raças envolvidas, a heterozigose e a perda por recombinação. Entretanto, a população quadrimestiça Purunã tem particularidades, entre as quais valores de heterozigose e perdas por recombinação muito próximas entre os grupos genéticos formadores da raça Purunã.

Com isso, o objetivo da presente tese foi comparar diferentes modelos que incluam os efeitos aditivos e não aditivos para estimar acuradamente valores genéticos de bovinos em rebanhos multirraciais, e identificar o mais adequado para utilizar nas rotinas de avaliação genética.

2 CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

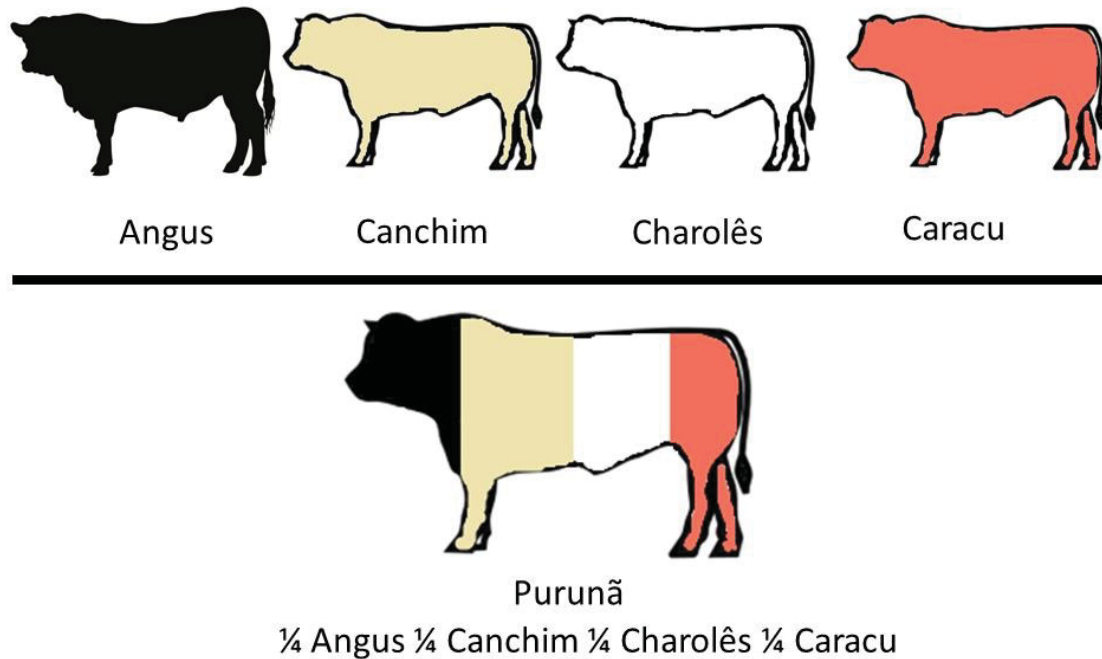
Segundo Cundiff et al. (1993) a escolha de uma raça, ou de um sistema de cruzamento, deve depender do sistema de produção adotado pelo criador, além das exigências do mercado consumidor. No Brasil, essa decisão é mais complexa devido à grande extensão territorial, diversidade de clima, solo e sistemas de produção. A raça Nelore é a que predomina no país, sendo criada e selecionada como raça pura, mas também a que mais frequentemente compõem sistemas de cruzamento.

2.1– FORMAÇÃO DA RAÇA PURUNÃ

A raça Purunã, reconhecida oficialmente no Diário Oficial da União (BRASIL, 2016), foi desenvolvida pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) a partir de 1980, na Estação Experimental Fazenda Modelo, em Ponta Grossa - PR, sendo composta por proporções iguais (Figura 1) das raças Angus (Ab), Canchim (Cn), Caracu (Ca) e Charolês (Ch), após resultados de pesquisa com o objetivo de avaliar os cruzamentos alternados entre Angus com o Canchim e o Charolês com o Caracu (PEROTTO, 2018; MOURA et al., 2014; IAPAR, 2014).

A raça Angus, de origem britânica, foi escolhida pela precocidade, docilidade e qualidade da carne com maciez das fibras musculares, marmorizada e suculência. A raça Canchim, raça composta 5/8 Charolês e 3/8 de raças zebuínas por apresentar precocidade, bom desenvolvimento, rusticidade e adaptabilidade, como tolerância ao calor e resistência ao carrapato. A raça Caracu por sua rusticidade e adaptabilidade, com tolerância ao calor e resistência ao carrapato, por apresentar boa habilidade materna e docilidade. A raça Charolesa cuja a seleção inicial deu ênfase ao tamanho e à cobertura muscular da carcaça, o que resultou em animais de grande porte com elevada porcentagem de cortes nobres e eficiência alimentar (MARQUES, 2003; PEROTTO et al., 2000; ROSA et al., 2013).

FIGURA 01 – RAÇAS FORMADORAS DO COMPOSTO PURUNÃ.



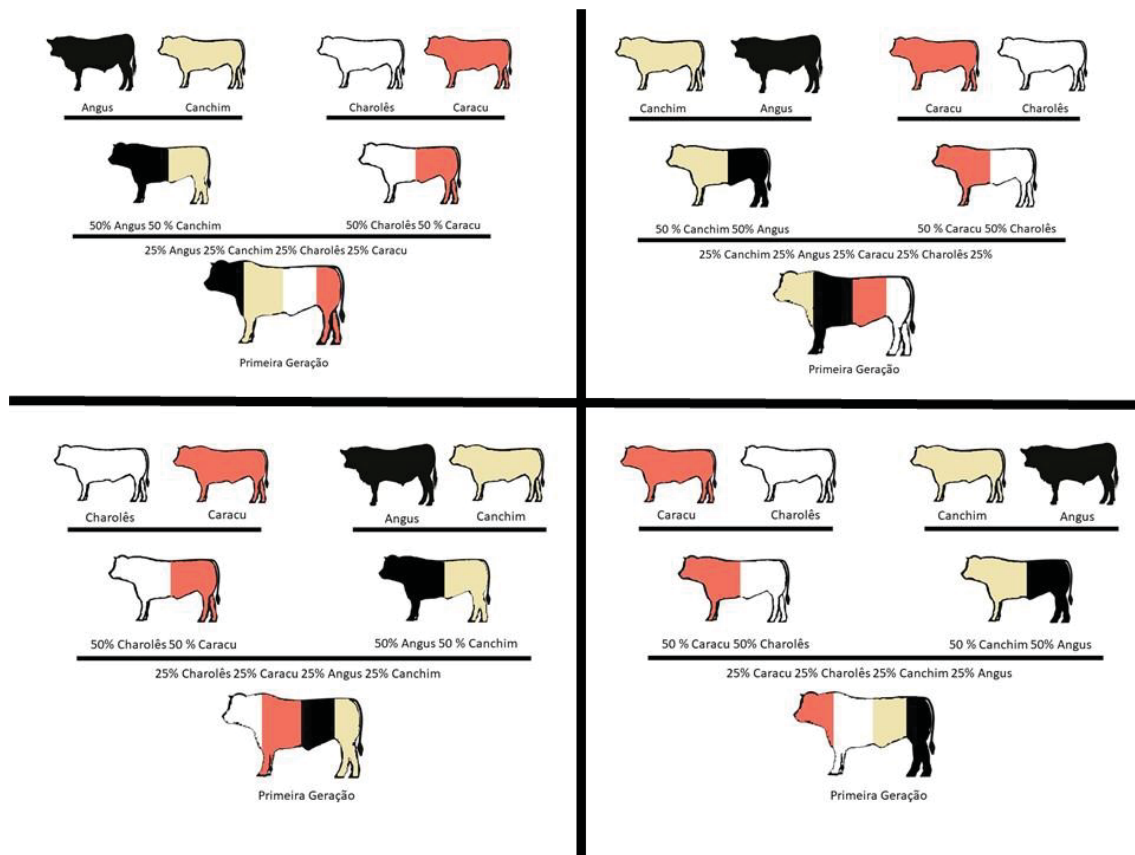
FONTE: Autor

Ao considerar que a raça Canchim é formada por 5/8 Charolês e 3/8 Zebu, a composição racial do Purunã integral é 13/32 de Charolês, 8/32 de Angus, 8/32 de Caracu e 3/32 de Zebu (MOURA et al., 2014).

Inicialmente foram formados quatro bimestiços: (A) Charolês x Caracu e (B) Caracu x Charolês; (C) Canchim x Angus e (D) Angus x Canchim, sendo que estas composições foram usadas na formação dos quadrimestiços (Primeira geração – Purunã).

Em seguida, para obter o quadrimestiço de primeira geração (P1) o delineamento foi realizado para que as linhas maternas e paternas estivessem sempre em alternância. Para isso machos bimestiços D (Angus x Canchim) foram cruzados com matrizes A (Charolês x Caracu) obtendo o produto quadrimestiço E (Angus x Canchim x Charolês x Caracu), F - C (CnAb) x B (CaCh), G – B (CaCh) x C (CnAb) e H – A (ChCa) x D (AbCn), conforme demonstrado na Figura 02.

FIGURA 02 – ESQUEMAS DE CRUZAMENTO PARA OBTENÇÃO DO COMPOSTO PURUNÃ (P1)



FONTE: Autor

Os animais de segunda geração (P2) seguiram os mesmos critérios da geração anterior, alternando as composições genéticas na obtenção dos animais quadrimestiços. Com isso, machos E (Angus x Canchim x Charolês x Caracu) foram cruzados com matrizes G (Caracu x Charolês x Canchim x Angus), G x E, H x F e F x H.

Por fim, matrizes P2 foram cruzadas com touros também P2, obtendo animais de terceira geração (P3), sendo que, dos animais P3 em diante já foram considerados composto Purunã.

Na Tabela 01 está apresentado o delineamento para a obtenção da raça Purunã, que foi proposto de tal forma a usar raças com maior habilidade materna (raças maternas – Caracu e Angus) cruzada com raças como objetivo de linha paterna (raças paternas – Canchim e Charolês).

TABELA 01 – ESQUEMAS DE CRUZAMENTO PARA OBTENÇÃO DO COMPOSTO PURUNÃ.

Paterna		Materna	Produto
1 - Canchim	X	1 - Canchim	1 – Canchim
20 - Caracu	X	20 - Caracu	20 - Caracu
36 - Angus	X	36 - Angus	36 - Angus
45 - Charolês	X	45 - Charolês	45 - Charolês
45 – Ch	X	20 - Ca	50 – A (Ch x Ca)
20 – Ca	X	45 - Ch	24 – B (Ca x Ch)
1 – Cn	X	36 - An	7 – C (Cn x Ab)
36 – Na	X	1 - Cn	39 – D (Ab x Cn)
39 - D (Ab x Cn)	X	50 - A (Ch x Ca)	61 - E
7 - C (Cn x Ab)	X	24 - B (Ca x Ch)	71 - F
24 - B (Ca x Ch)	X	7 - C (Cn x Ab)	81 - G
50 - A (Ch x Ca)	X	39 – D (Ab x Cn)	91 - H
61 - E (Ab x Cn x Ch x Ca)	X	81 - G (Ca x Ch x Cn x Ab)	62 - I
81 - G (Ca x Ch x Cn x Ab)	X	61 - E (Ab x Cn x Ch x Ca)	72 - J
91 - H (Ch x Ca x Ab x Cn)	X	71 - F (Cn x Ab x Ca x Ch)	82 - K
71 - F (Cn x Ab x Ca x Ch)	X	91 - H (Ch x Ca x Ab x Cn)	92 - L
62, 72, 82 ou 92	X	62	80 - P
62, 72, 82 ou 92	X	72	80 - P
62, 72, 82 ou 92	X	82	80 - P
62, 72, 82 ou 92	X	92	80 - P
80 – P	X	80 - P	80 - P

Ab= Angus; Ca= Caracu; Cn= Canchim; Ch= Charolês; P = Purunã

FONTE: Adaptado de PEROTTO (2018).

Porém, em função da complexidade de sistemas de cruzamento que envolvem mais de duas raças, o desafio ainda é identificar os efeitos ambientais exercem influência sobre as características, em seguida modelar os efeitos fixos e covariáveis para estimar os parâmetros genéticos, além dos efeitos maternos que podem estar influenciando para que enfim, o modelo seja o mais acurado para estimar os valores genéticos dos animais e conseqüentemente as DEP's.

2.2 INFLUÊNCIA DOS EFEITOS MATERNOS SOBRE A ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

As características de crescimento de bovinos podem ser influenciadas pelo efeito genético aditivo direto, genético materno, ambiente permanente materno, bem como do ambiente em que o animal é criado (WILLHAM, 1963; WILLHAM, 1980; MEYER, 1992; MEYER, CARRICK e DONNELLY 1993; SCHAEFFER, 1993; PAZ et al., 1999; FERRAZ FILHO et al., 2002; ALBUQUERQUE e MEYER, 2005; BIJMA, 2006; HEYDARPOUR, 2008; VALENTE et al., 2008; BOLIGON et al., 2009; LÔBO et al., 2014).

O efeito materno reflete o ambiente proporcionado pela mãe, desde a herança citoplasmática do óvulo e o ambiente intrauterino, bem como o ambiente pós-natal, como a capacidade de produção de leite e a habilidade maternal de criação, contribuindo para a variação nas características de crescimento, seja na fase pré ou pós-natal. O efeito materno é consequência das diferenças genéticas existentes entre mães de uma mesma raça ou, em maior intensidade, das diferentes composições genéticas (grupos genéticos) das matrizes, as quais influenciam algumas características, principalmente no primeiro ano de vida. (ROBISON, 1972; PELICIONI e QUEIROZ, 2001; EVERLING et al., 2001; GUTERRES et al., 2007; RIBEIRO et al., 2009).

Ignorar os efeitos maternos nos modelos de avaliação genética para crescimento pré-desmama podem resultar em superestimativas da herdabilidade direta e, conseqüentemente, em estimativas errôneas dos valores genéticos preditos dos animais, além de comprometer ranqueamento dos animais (FERNANDES e FERREIRA, 2000; FERREIRA et al., 2011).

Meyer (1992) ao estudar modelos para estimar parâmetros genéticos de características de crescimento em populações de bovinos Hereford, Angus e cruzados Zebu e Meyer, Carrick e Donnelly (1993) de populações Hereford observaram que considerar os efeitos maternos nos modelos para a estimação dos coeficientes de herdabilidade é necessário, pois a não inclusão levará a superestimação deste parâmetro, resultando em conclusões equivocadas para as características de crescimento.

Ao observar os resultados, de características de crescimento, publicados na literatura para as raças Hereford e Angus, considerando diferentes modelos que incluem ou não o efeito materno, fica evidente as diferenças nas estimativas dos parâmetros genéticos (Tabela 02).

TABELA 02 – ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE PARA PESO CORPORAL EM BOVINOS DE CORTE DE ACORDO COM DIFERENTES MODELOS E AUTORES.

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Peso ao Nascer			
Hereford ^a			
h^2_d	0,56	0,49	0,41
h^2_m			0,09
Angus ^a			
h^2_d	0,52	0,47	0,42
h^2_m			0,08
Peso à desmama			
Hereford ^a			
h^2_d	0,26	0,10	0,09
h^2_m			0,07
Angus ^a			
h^2_d	0,44	0,32	0,23
h^2_m			0,16
Cruzados Zebu ^a			
h^2_d	0,34	0,27	0,25
h^2_m			0,11
Peso ao Ano			
Hereford ^b			
h^2_d	0,27	0,23	0,20
h^2_m			0,12
Peso Final			
Hereford ^b			
h^2_d	0,42	0,41	0,36
h^2_m			0,04

Modelo 1 = somente o efeito aditivo direto; Modelo 2 = modelo 1 + o efeito de ambiente permanente materno; Modelo 3 = modelo 2 + o efeito materno; h^2_d - herdabilidade direta; h^2_m - herdabilidade materna; ^a Meyer (1992); ^b Meyer, Carrick e Donnelly (1993)

FONTE: Adaptado de Meyer (1992) e Meyer, Carrick e Donnelly (1993)

Como as características de crescimento são importantes ferramentas para a seleção de gado de corte, é válido ter informações corretas, que auxiliem nas tomadas de decisão dos programas de melhoramento genético e que resultem em melhor retorno econômico ao produtor rural pela escolha de animais com maior potencial de crescimento como reprodutores (PEROTTO et al., 2001; BRUMATTI et al., 2011; MARQUES et al., 2013).

Com relação às características de crescimento, o peso ao nascer deve ser mensurado e avaliado nos programas, pois está relacionado ao período de gestação e apresenta correlações positivas de moderada a altas com pesos tomados em idades subsequentes. Porém, não deve ser um objetivo de seleção, uma vez que aumentar o peso ao nascer, pode acarretar em problemas de partos distócicos (ROBERSON, SANDERS e CARTWRIGHT, 1986; BENNET e GREGORY, 1996).

Quanto ao peso à desmama, como esta característica reflete parte do peso final, os esforços são concentrados nesta fase do desenvolvimento, principalmente pelo fato do crescimento pré-desmama sofrer influência do ambiente materno, que envolveria a produção de leite e habilidade materna (PAZ et al., 1999; EVERLING et al., 2001; FERRAZ FILHO et al., 2002; BIJMA, 2006; HEYDARPOUR, 2008; VALENTE et al., 2008; BOLIGON et al., 2009).

O período pós-desmama envolve o estresse causado pela separação da mãe e o término do aleitamento, o animal é desafiado a continuar seu crescimento de forma eficiente até atingir o peso adulto. Portanto, a avaliação da característica de peso ao ano torna-se uma medida com importância chave para as demais fases do crescimento.

O peso ao sobreano é, para a maioria dos programas de avaliação, a última característica avaliada nas propriedades, pois reflete o potencial de crescimento dos indivíduos.

De acordo com Oliveira et al. (2002), a formação multirracial de novas raças é interessante, pela combinação de características desejáveis das raças utilizadas como fundadoras, e, dependendo de como for planejado, é possível obter bons níveis de retenção de heterose.

2.3 OBTENÇÃO E RETENÇÃO DE HETEROSE EM POPULAÇÕES MULTIRRACIAIS

Dentre os objetivos de se realizar cruzamentos entre animais de raças diferentes está a obtenção de heterose, termo proposto por Shull (1914) (citado por RHODE et al., 2004) para identificar o aumento no desempenho fisiológico dos indivíduos cruzados (plantas ou animais) em relação a geração parental. Fries (1996) destacou que a heterose resulta no desempenho expresso no indivíduo em presença de heterozigose, sendo esta a probabilidade de alelos de determinado locus serem provenientes de raças diferentes, isso implica que a heterose está fortemente relacionada com o nível de heterozigose.

As bases genéticas da heterose são explicadas pelas teorias: Dominância, que explica a relação *intra-locus* entre os alelos, ou seja, espera-se que por ação de dominância, os alelos recessivos tenham seus efeitos mascarados. A Sobredominância que sugere a competição entre os genes, onde ambos podem determinar o fenótipo, que pode assumir valores fenotípicos superiores em relação aos homozigotos. A teoria da Epistasia que indica que o resultado da heterose se deve a interação dos genes que atuam em diferentes *locus* (LEWONTIN, 1964; HILL, 1982; YU et al., 1997; MOURÃO et al., 2008; BUENO et al., 2011; BUENO et al., 2012).

Em função da ação genética não aditiva, nos cruzamentos entre raças a melhoria de desempenho, ocorre principalmente em características de baixa herdabilidade, como as reprodutivas. No entanto, trabalhos na literatura, mostram que para as características de crescimento a melhoria no desempenho também tem sido observada.

Trabalho realizado com animais das raças Hereford, Angus e seus cruzamentos verificaram que, em média, os animais cruzados foram mais pesados à desmama 7,2% do que a média dos pais puros (LONG e GREGORY, 1974). Roberson, Sanders e Cartwright (1986) relataram que, para animais produtos do cruzamento entre as raças Brahman e Hereford, a heterose direta e materna para o peso ao nascer de animais F1 foi de 2,2 kg e 0,6 kg respectivamente, sendo os animais cruzados com peso ao nascer em média mais de 2 kg, porém essa característica deve ser monitorada para não levar a problemas com partos distócicos. No mesmo trabalho, os

autores observaram que para o ganho do nascimento a desmama, os valores para heteroses direta e materna foram de 19,6 kg e 19,5 kg e para o peso à desmama as heteroses direta e materna foram 21,6 kg e 19,8 kg.

No Brasil, trabalho realizado com animais Canchim x Nelore e Marchigiana x Nelore estimaram superioridade média dos animais F1 de 11,5 kg mais pesados do que o Nelore, indicando os cruzamentos como forma de incrementar a produção, frente ao Nelore, por ser a raça mais difundida no Brasil (ALENCAR et al., 1995). Perotto et al. (1998), utilizaram animais Charolês, Caracu e seus cruzamentos estimaram aumento de 4,6% para peso a desmama dos animais cruzados, quando comparado a média dos pais puros.

Os cruzamentos entre Afrikander, Charolês, Simental e Hereford x Angus foram analisados e encontraram estimativas de 5,34 kg para heterose direta e 2,19 kg para heterose materna para o peso a desmama (ABDEL-AZIZ et al., 2003).

Animais do composto Montana, foram analisados para as características peso aos 205 dias (P205) e peso aos 390 dias (P390) estimaram heterose média por geração de 5,0 kg e 3,0 kg, respectivamente, evidenciando a heterose em animais formados por mais de 2 raças (BUENO et al., 2008).

É de conhecimento acadêmico que a heterose é máxima na primeira geração (F1), e o que desafia os programas de cruzamento é manter esta superioridade em níveis mais altos possíveis nas gerações de cruzamento subsequentes. Por essa razão a retenção de heterose é importante para projetos pecuários que visam utilizar o máximo dos benefícios da heterose, se valendo das vantagens da obtenção das heteroses individual e materna, principalmente para empreendimentos de formação de novas raças. Para calcular a heterose retida nos cruzamentos Dickerson (1973) propôs a equação a seguir:

$$R = [(n-1)/n] * 100$$

Em que: R é a heterose retida com relação a F1 e n o número de raças envolvidas. Vale ressaltar, que este cálculo se aplica somente quando a proporção das raças formadoras for a mesma.

Para rebanhos formados por 4 raças em iguais proporções a retenção da heterose é de 75% (DICKERSON, 1973), contudo outros rebanhos que utilizam mais

de duas raças em sua formação, como o Composto Montana, a heterose retida pode variar entre 75 a 90% (FERRAZ et al., 1999)

Com isso, torna-se necessário mensurar as características de interesse, avaliar a estrutura do banco de dados e encontrar modelos que permitam particionar do que é observado no fenótipo, o que seria referente aos efeitos genéticos aditivos, genéticos não aditivos e ambientais, pois somente o que é aditivo é confiavelmente herdável e permite escolher os melhores animais, através dos valores genético aditivo e suas DEP's (Diferença Esperada na Progenie).

2.4 MODELOS DE AVALIAÇÃO GENÉTICA

No Brasil, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) contabiliza atualmente 18 projetos de melhoramento genético para obtenção do Certificado Especial de Identificação e Produção (CEIP), destes 11 referem-se a avaliação de raças puras: Nelore (a maioria), Angus e Hereford e poucos envolvem animais cruzados, entre os quais, as raças Brangus (5/8 Angus x 3/8 Nelore) e Braford (5/8 Hereford x 3/8 Nelore), Montana (Composto multirracial) e, mais recentemente, a raça Purunã (MAPA, 2017).

Com isso há a necessidade de identificar modelos adequados para realizar a avaliação genética de animais é evidente, entretanto, acredita-se que na avaliação de produtos de cruzamentos, além de considerar os efeitos genéticos aditivos, deve-se computar a fração não aditiva, o que torna a avaliação ainda mais complexa.

Ao passo que vários modelos foram propostos para se avaliar geneticamente os animais, porém a escolha do modelo depende do objetivo proposto, número de animais presentes no banco de dados, proporção de indivíduos de cada grupo genético, entre outros.

A equação de modelos mistos, proposta por Henderson (1949), permite através da solução denominada melhor preditor linear não viesado (Best Linear Unbiased Prediction – BLUP) estimar parâmetros genéticos e valores genéticos para todos os indivíduos considerados na avaliação. O modelo animal pode ser representado pela equação a seguir:

$$Y = Xb + Za + e$$

Em que:

Y= vetor de observações;

b e a= vetor de efeitos fixos e aleatórios genético aditivo, respectivamente;

X e Z= matrizes de incidência de efeitos fixos e aleatórios, respectivamente;

e = vetor do efeito aleatório residual.

Apenas a partir da década de 70, com o desenvolvimento de computadores capazes de realizar tais procedimentos de cálculo, as avaliações começaram a ser realizadas como rotina, possibilitando o desenvolvimento dos programas de melhoramento (ALBUQUERQUE e PEREIRA, 2006).

Ainda hoje, a avaliação genética de populações multirraciais é complexa devido a estrutura dos bancos de dados, que conta com desempenhos de animais de várias composições raciais, o que exige o conhecimento das heterozigoses individual, materna e paterna. O modelo animal multicaracterístico convencional não diferencia animais de composições raciais diferentes. Por essa razão, outros modelos foram propostos com a finalidade de avaliar animais provenientes de sistemas de cruzamentos.

O modelo clássico que considera os efeitos não aditivos denominado de modelo de recombinação genética foi proposto por Dickerson (1973), no qual os efeitos lineares das heterozigoses individual e materna, além dos efeitos de recombinação e de composição genética do indivíduo e da mãe são considerados como covariáveis.

O modelo de Dickerson (1973) pode ser representado por:

$$y = \mu + F + a_b^i D_b + a_b^m M_b + hz^i k_{bn}^i + hz^m k_{bn}^m + r_{bn}^i + r_{bn}^m + e$$

Em que:

y = variável em estudo;

μ = média geral;

F = conjunto de efeitos fixos;

a_b^i, a_b^m = efeitos aditivos direto e materno;

D_b, M_b = proporção de genes da raça no indivíduo e na mãe;

hz^i, hz^m = componentes heteróticos individual e materno;

k_{bn}^i, k_{bn}^m = Proporção de loci direto e materno;

r^i, r^m = componentes epistáticos individuais e materno;

e = vetor dos efeitos aleatórios residuais.

sendo:

$$r^i = 2(ex^i) - h^i$$

Em que: ex^i = coeficiente para estimar epistasia individual;

h^i = heterozigose do indivíduo.

$$ex^i = 1 - \sum fi^2$$

Em que: fi = proporção de cada raça;

A epistasia materna (r^m ou ex^m) é estimada da mesma maneira que a epistasia individual, porém a mãe será considerada como indivíduo.

Os coeficientes regressores de heterozigose (h) e perdas por recombinação propostos (r), propostos por Dickerson (1973) foram demonstrados para diferentes tipos de cruzamentos, analisando os efeitos de heterozigose e dos efeitos epistáticos. Para a utilização de duas e quatro raças estão apresentados na Tabela 03.

TABELA 03 – FRAÇÃO DE HETEROZIGOSE (h) E PERDA POR RECOMBINAÇÃO (r) PROPOSTO POR DICKERSON (1973)

	Heterozigose			Perda por recombinação		
	h^I	h^M	h^P	r^I	r^M	r^P
2 raças						
F1	1	0	0	0	0	0
F2	1/2	1	1	1/2	0	0
F3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
4 raças						
P1	1	1	1	1/2	0	0
P2	3/4	1	1	3/4	1/2	1/2
P3	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4

F1 – primeira geração de bimestiços; F2 – segunda geração de bimestiços; F3 – terceira geração de bimestiços; P1 – primeira geração de quadrimestiço; P2 – segunda geração de quadrimestiço; P3 – terceira geração de quadrimestiço

FONTE: Adaptado de DICKERSON (1973).

Pela Tabela 03 pode-se observar que animais obtidos por cruzamento entre duas raças, quando analisa os animais da terceira geração (animais F3) apresentam heterose de 50% e perda por recombinação de 50%. Já para animais formados por 4 raças se verifica heterose de 75% e perda por recombinação de 75%. Este resultado indica que os ganhos obtidos pela heterose podem ser perdidos pela ação da perda por recombinação, nas mesmas proporções, mas isso não ocorre obrigatoriamente.

Trabalhos realizados com animais compostos incluindo ou não os efeitos epistáticos utilizando o Modelo de Dickerson (1973), mostraram estimativas de parâmetros genéticos muito próximas (BUENO et al., 2011) e alta correlação de Spearman entre os modelos de 0,94 a 0,99 para as características (BUENO et al., 2012), indicando pequena alteração no ranking dos touros.

Kinghorn (1982) comentou que grandes conjuntos de dados com boa estrutura são requeridos para que se possa estimar com acurácia os efeitos epistáticos de uma população multirracial, com isso modelos que não incluem os efeitos epistáticos podem melhor estimar os parâmetros genéticos e os valores genéticos.

Dillard, Rodriguez e Robinson (1980) utilizando dados de animais Angus, Charolês e Hereford e compostos entre estes animais, demonstraram ao comparar dois modelos, que ao utilizar o modelo de grupo genético como efeito fixo ou incluir estes efeitos não aditivos como covariáveis o coeficiente de determinação é o mesmo, portanto, ambos modelos explicariam a mesma proporção das variações presentes. O modelo que considera o efeito de grupo genético foi utilizado por D´aliva Balbé et al., (2007) e Vostry et al., 2012 e pode ser representado pela seguinte equação:

$$y = X\beta + Z_1a + Z_2m + e,$$

em que:

y = vetor das observações;

X = matriz de incidência associada aos efeitos fixos (grupo genético, grupo de contemporâneos e covariáveis);

β = vetor de soluções para os efeitos fixos de grupo genético, grupo de contemporâneos e as covariáveis;

Z_1 = matriz de incidência associada aos efeitos genéticos aditivos diretos, aleatórios;

Z_2 = matriz de incidência associada aos efeitos genéticos aditivos maternos, aleatórios;

a = vetor de efeitos genéticos aditivos diretos do animal, aleatórios;

m = vetor de efeitos genéticos aditivos maternos, aleatórios;

e = vetor dos resíduos, aleatórios.

Posteriormente, Rodriguez et al. (1997) simplificaram o modelo proposto por Arnold, Bertrand e Benyshek (1992) e propuseram um modelo no qual os efeitos espistáticos não foram considerados, com o objetivo de deixar o modelo menos parametrizado, mantendo apenas os desvios da composição racial direta e materna e as heterozigoses direta e materna como covariáveis, conforme a equação a seguir:

$$y = \mu + F + a_b^i D_b + a_b^m M_b + hz^i k_{bn}^i + hz^m k_{bn}^m + a + m + c + e$$

Em que:

y = variável em estudo;

μ = média geral;

F = conjunto de efeitos ambientais fixos;

a_b^i, a_b^m = efeitos aditivos direto racial e materno racial;

D_b, M_b = proporção de genes da raça no indivíduo e na mãe;

hz^i, hz^m = componentes heteróticos individual e materno;

k_{bn}^i, k_{bn}^m = Proporção de loci direto e materno;

a = vetor de efeitos genéticos aditivos diretos do animal, aleatórios;

m = vetor de efeitos genéticos aditivos maternos, aleatórios;

c = vetor de efeitos de ambiente permanente materno, aleatório;

e = vetor dos efeitos aleatórios residuais.

Rodriguez et al. (1997) relataram que para a adequada utilização deste modelo é necessário que o arquivo tenha grande quantidade de dados de uma variedade de cruzamentos, caso contrário as estimativas dos efeitos aditivos direto e materno e de heterozigoses individual e materna apresentarão altos erros padrão e, conseqüentemente, baixa confiabilidade na estimativa.

Outro modelo proposto para bovinos cruzados foi proposto por Swan e Kinghorn (1992) em que os efeitos não aditivos são modelados como fixos, como pode ser representado pela equação a seguir:

$$y = \mu + F + a_b^i D_b + a_b^m M_b + hz^i k_{bn}^i + hz^m k_{bn}^m + e$$

Em que:

y = variável em estudo;

μ = média geral;

F = conjunto de efeitos ambientais fixos;

a_b^i, a_b^m = efeitos aditivos direto racial e materno racial, fixo;

D_b, M_b = proporção de genes da raça no indivíduo e na mãe;

hz^i, hz^m = componentes heteróticos individual e materno, fixo;

k_{bn}^i, k_{bn}^m = Proporção de loci direto e materno;

e = vetor dos efeitos aleatórios residuais.

Este modelo inspirou outros trabalhos (BOCCHI et al., 2008; DIAS et al., 2011) que o utilizaram para rebanhos de compostos formados por mais de duas raças, como o rebanho que utiliza o sistema NABC (FERRAZ et al., 1999) que agrupa as raças em tipos biológicos: N para bovinos Zebuínos, A para Adaptados, B de bovinos de origem Britânica e C para animais de origem Continental. Os autores consideraram o desvio do tipo biológico N (Zebuíno) como efeitos fixos: efeito aditivo individual do tipo biológico (A, B ou C) e materno e os efeitos das heterozigoses direta e materna. São realizadas os pré-ajustes dos dados para posterior avaliação genética dos mesmos.

Kippert et al. (2008) analisando dados de bovinos Aberdeen Angus x Nelore compararam dois modelos: o primeiro com grupo genético como efeito fixo e outro modelo uma análise de regressão múltipla com os efeitos não aditivos: efeito aditivo direto de raça, efeito aditivo materno de raça, heterozigose direta e heterozigose materna. Os autores não encontraram diferença estatística significativa entre os modelos utilizados e sugeriram que ambos permitem estimar os parâmetros com a mesma acurácia.

No entanto, Elzo e Borjas (2004) relataram sobre a necessidade de maiores estudos para a avaliação de rebanhos multirraciais, pela falta de consenso do qual seria o melhor modelo e, conseqüentemente, uma padronização no modelo de avaliação genética.

A escolha do modelo correto implica na possibilidade de estimar corretamente os parâmetros genéticos, bem como na realização acurada das avaliações genéticas. Sendo assim, os programas de melhoramento precisam estar amparados com estudos e constante monitoramento dos modelos e características que estão sendo utilizadas como critério de seleção, garantindo assim o progresso genético das populações.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-AZIZ, M.; SCHOEMAN, S.J.; JORDAAN, G. Estimation of additive, maternal and non-additive genetic effects of preweaning growth traits in a multibreed beef cattle project. **Animal Science Journal**, v.74, p.169–179, 2003.

ALBUQUERQUE L.G.; MEYER, K. Estimates of covariance functions for growth of Nelore cattle applying a parametric correlation function to model within-animal correlations. **Livestock Production Science**, v.93, p.213-222, 2005.

ALBUQUERQUE, L.G.; PEREIRA, C.S. **Evolução dos modelos de avaliação genética e novos desafios**. In: Anais do simpósio da 43^o Reunião Anual da SBZ – João Pessoa – PB, 2006.

ALENCAR, M.M.; BARBOSA, P.F.; TULLIO, R.R.; CORRÊA, L.A. Estimativas 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, 32, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, p. 679-680, 1995.

ARNOLD, J.W.; BERTRAND, J.K.; BENYSHEK, L.L. Animal Model for Genetic Evaluation of Multibreed Data. **J. Anim. Sci.** v.70, p.3322-3332, 1992.

BENNET, G.L.; GREGORY, K.E. Genetic (co)variances among birth weight, 200-day weight, and postweaning gain in composites and parental breeds of beef cattle. **J. Anim. Sci.** v.74, p.2598–2611, 1996.

BIJMA, P. Estimating maternal genetic effects in livestock. **J. Anim. Sci.** 84:800806, 2006.

BOCCHI, A.L.; OLIVEIRA, H.N.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P. Avaliação genética multirracial para ganho de peso pré-desmama em bovinos de uma população composta. **Rev. Bras. Zootec.**, v.37, n.7, p.1207-1215, 2008.

BOLIGON, A.A.; ALBUQUERQUE, I.G.; MERCADANTE, M.E.Z.; LÔBO, R.B. Herdabilidades e correlações entre pesos do nascimento à idade adulta em rebanhos da raça Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v.38, n.12, p.2320-2326, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria n° 249 de 21 de novembro de 2016. Reconhecer a raça denominada Purunã. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 nov. 2016. Seção 1, p. 7. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/132026719/dou-secas-1-30-11-2016-pg-7?ref=next_button>. Acesso em: 22 jan. 2019.

BRUMATTI, R.C.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; FORMIGONNI, I.B. Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. **Arch. Zootec.** v.60, n.230, p. 205-213. 2011.

BUENO, R.S.; TORRES, R.A.; FERRAZ, J.B.S.; LOPES, P.S.; ELER, J.P.; ALMEIDA e SILVA, M.; EUCLYDES, R.F.; MATTOS, E.C. 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, 2011.

BUENO, R.S.; TORRES, R.A.; FERRAZ, J.B.S.; LOPES, P.S.; ELER, J.P.; MOURÃO, G.B.; SILVA, M.A.; MATTOS, E.C. Métodos de estimação de efeitos genéticos não-aditivos para características de peso e perímetro escrotal em bovinos de corte mestiços. **Rev. Bras. Zootec.** v.41. 5:1140-1145, 2012.

BUENO, R.S.; TORRES, R.A.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; MOURÃO, G.B.; BALIEIRO, C.C.; MATTOS, E.C. Retenção de heterose ao longo das gerações de uma população formadora de bovinos de corte. In: VII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, São Carlos, SP, 10 e 11 de julho de 2008. **Anais...** São Carlos:2008.

CUBAS, A.C.; PEROTTO, D.; ABRAHÃO, J.J.S.; MELLA, S.C. Desempenho até a Desmama de Bezerros Nelore e Cruzas com Nelore. **Rev. bras. zootec.**, v.30, n.3, p.694-701, 2001.

CUNDIFF, V.L.; SZABO, F.; GREGORY, K.E.; KOCH, R.M.; DIKEMAN, M.E.; CROUSE, J.D. Breed comparisons in the germplasm evaluation program at MARC. Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture. Roman L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center. Clay Center, Nebraska, 1993.

D'AVILA BALBÉ, D.; RORATO, P.R.N.; ANDREAZZA, J.; KIPPERT, C.J.; LOPES, J.S.; WEBER, T.; BOLIGON, A.A.; FERREIRA, G.B. Tendências genética e fenotípica para ganho de peso médio diário entre a desmama e o sobreano em uma população Angus x Nelore. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.59, n.1, p.225-232, 2007.

DIAS, R.A.P.; PETRINI, J.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; BUENO, R.S.; COSTA, A.L.L.; MOURÃO, G.B. Multicollinearity in genetic effects for weaning weight in a beef cattle composite population. **Livestock Science**, v.142, p. 188-194, 2011.

DICKERSON, G.E. Inbreeding and heterosis in animals. In Proceedings of the Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of Dr. J.L. Lush. **Amer. Soc. Anim. Sci.** Champaign, IL, 54-77, 1973.

DILLARD, E.U.; RODRIGUEZ, O.; ROBINSON, O.W. Estimation of additive and nonadditive direct and maternal genetic effects from crossbreeding beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v.50, n.4, 1980.

ELZO, M.A.; BORJAS, A. de los R. Perspectivas da avaliação genética multirracial em bovinos no Brasil. **Ciência Animal Brasileira** v. 5, n. 4, p. 171-185, 2004.

EVERLING, D.M.; FERREIRA, G.B.B.; RORATO, P.R.N.; ROSO, V.M.; MARION, A.E.; FERNANDES, H.D. Estimativas de herdabilidade e correlação genética para a característica de crescimento na fase pré-desmama e medidas de perímetro escrotal ao sobreano em bovinos Angus-Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v.30, n.6S, p.2002-2008, 2001.

FERNANDES, H.D.; FERREIRA, G.B. Estudo comparativo de sete diferentes modelos estatísticos para a características ganho de peso em bovinos de corte. **Rev. Bras. Zootec.**, v.29 n.5, p.1340-1348, 2000.

FERRAZ FILHO, P.B.; RAMOS, A.A.; SILVA, I.O.C.; SOUZA, J.C.; ALENCAR, M.M. Herdabilidade e correlações genéticas, fenotípicas e ambientais para pesos em diferentes idades de bovinos da raça Tabapuã. **Archives of Veterinary Science**. v.7, n.1, p.65-69, 2002.

FERRAZ, J.B.B; ELER, J.P.; GOLDEN, B.L. A formação do composto Montana Tropical. **Rev. Bras. Rep. An.**, Belo Horizonte, v.23, n.2, p.111-113, 1999.

FERREIRA, J.L.; REYES, A.; CARVALHEIRO, R.; LÔBO, R.B. Efeitos da inclusão ou não da covariância genética direta-maternal no modelo e dos valores reais das (co)variâncias sobre suas estimativas para peso à desmama em bovinos de corte. **Ci. Animal. Bras.**, v.12, n.3, p.435-442, jul./set, 2011.

FRIES, L.A. Maximizar heterozigose ou heterose? In: 1º Simpósio Nacional de Melhoramento Genético Animal, 1, 1996, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: 1996.

GUTERRES, L.F.W.; RORATO, P.R.N.; BOLIGON, A.A.; WEBER, T.; KIPPERT, C.J.; LOPES, J.S.; SOUZA, P.R.S. Efeito da inclusão da covariância genética aditiva direta-materna no modelo de análise sobre a magnitude das estimativas de parâmetros e valores genéticos preditos para ganho de peso na raça Brangus. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.809814, mai-jun, 2007.

HENDERSON, C.R. Estimation of changes in herd environment. **J. Dairy Sci**. v. 32, p.706711, 1949.

HEYDARPOUR, M.; SCHAEFFER, L.R.; YAZDI, H. Influence of population structure on estimates of direct and maternal parameters. **J. Anim. Breed. Genet**. 125:89-99, 2008.

HILL, W.G. Dominance and epistasis as components of heterosis. **Z. Tierziichtg. Züchtgsbiol**. 99, p.161-168, 1982.

KINGHORN, B. Genetic effects in crossbreeding. **Z. Tierzuchtg. Züchtgsbiol**. v.99 p.59-68, 1982.

KIPPERT, C.J.; RORATO, P.R.N.; LOPES, J.S.; WEBER, T.; BOLIGON, A.A. Efeitos genéticos aditivos diretos e maternos e heterozigóticos sobre os desempenhos pré e pós-desmama em uma população multirracial Aberdeen Angus × Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v.37, n.8, p.1383-1391, 2008.

LEWONTIN, R.C. The interaction of selection and linkage. General considerations; heterotic models. **Genetics**, v.49, p.49-67, 1964.

LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; FIGUEIREDO, L.G.G.; LEITE, J.F.; FARIA, C.U.; VOZZI, P.A.; MAGNABOSCO, C.U.; BERGMANN, J.A.G.; OLIVEIRA, H.N. **Sumário de touros das raças Nelore, Guzerá, Brahman e Tabapuã**: Edição Agosto de 2014. Ribeirão Preto, ANCP, 2014.

LONG, C.R.; GREGORY, K.E. Heterosis and breed effects in preweaning traits of Angus, Hereford and reciprocal cross calves. **Journal Animal Science**. V.39, p.11-17, 1974.

MARQUES, D.C. Criação de bovinos. 7 ed. Ver., atual e ampl. Belo Horizonte, MG: CVP (Consultoria Veterinária e Publicações), 2003.

MARQUES, E.G.; MAGNABOSCO, C.U.; LOPES, F.B.; SILVA, M.C. Estimativas de parâmetros genéticos de características de crescimento, carcaça e perímetro escrotal de animais da raça nelore avaliados em provas de ganho em peso em confinamento. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 159-167, Jan./Feb. 2013.

MEYER, K. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. **Livestock Production Science**, v.3, p.179-204, 1992.

MEYER, K.; CARRICK, M.J.; DONNELLY, B.J.P. Genetic Parameters for Growth Traits of Australian Beef Cattle from a Multibreed Selection Experiment. **J. Anim. Sci.** v.71, p.2614-2622, 1993.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Brasília, 2017. <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/registro-genealogico/RESPONSAVEIS_CEIP.pdf/view>. Acesso em: 22 jan. 2019.

MOURA, I.C.F.; KUSS, F.; MOLETTA, J.L.; MENEZES, L.F.G.M.; HENRIQUE, D.S.; CHERUBIN, A.A.; PARIS, M. Eficiência produtiva e reprodutiva de vacas de corte Purunã de diferentes categorias. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, (4): 2555-2562, 2014.

MOURÃO, G.B.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; BUENO, R.S.; BALIEIRO, J.C.C.; MATTOS, E.C.; FIGUEIREDO, L.G.G. Non-additive genetic effects on weights and performance of a Brazilian Bos taurus x Bos indicus beef composite. **Genetics and Molecular Research**. v.7 (4): 1156-1163, 2008.

OLIVEIRA, J.F.C.; NEVES, J.P.; MORAES, J.C.F.; GONÇALVES, P.B.D. Caracterização de aspectos produtivos de vacas Brangus Ibagé com distintos graus de fertilidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32. p. 663-667, 2002.

PAZ, C.C.P.; ALBUQUERQUE, L.G.; FRIES, L.A. Efeitos ambientais sobre o ganho de peso no período do nascimento ao desmame em bovinos da raça Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v.28, n.1, p.55-64, 1999.

PELICIONI, L.C.; QUEIROZ, A.S. Efeito da linhagem citoplasmática sobre a produção de leite em bovinos da raça Caracu. **Rev. Bras. Zootec.**, v.30, n.1, p.109-114, 2001.

PEROTTO, D. Projeto do programa de avaliação genética do Purunã. 2018. Disponível em: <<https://www.puruna.org.br/na-midia>>. Acesso em: 07 jul. 2018.

PEROTTO, D.; ABRAHÃO, J. J. S.; MOLETTA, J. L. Características quantitativas de carcaça de bovinos zebu e de cruzamentos Bos taurus x Zebu. **Rev. Bras. de Zootec.**, p.2019-2029, 2000.

PEROTTO, D.; CUBAS, A.C.; ABRAHÃO, J.J.S.; MELLA, S.C. Ganho de Peso da Desmama aos 12 Meses e Peso aos 12 Meses de Bovinos Nelore e Cruzas com Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v.30, n.3, p.730-735, 2001.

PEROTTO, D.; CUBAS, A.C.; MOLETTA, J.L.; LESSKIU, C. Pesos ao Nascimento e à Desmama e Ganho de Peso do Nascimento à Desmama de Bovinos Charolês, Caracu e Cruzamentos Recíprocos. **Rev. Bras. Zootec**, v.27, 4, p.730-737, 1998.

RIBEIRO, S.H.A.; PEREIRA, J.C.C.; VERNEQUE, R.S.; SILVA, M.A.; BERGMANN, J.A.G. Efeito da covariância genética aditivo-materna sobre estimativas de parâmetros genéticos e em avaliações genéticas de características de crescimento de animais Tabapuã. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.61, n.2, p.401-406, 2009.

ROBERSON, R.L.; SANDERS, J.O.; CARTWRIGHT, T.C. Direct and maternal genetics effects on preweaning characters of Brahman, Hereford and Brahman-Hereford crossbreed cattle. **Journal of Animal Science**, v.26, p. 438-446, 1986.

ROBISON, O.W. The role of maternal effects in animal breeding: V. maternal effects in swine. **J. Anim. Sci.**, v.35, p.1303-1315, 1972.

RODRÍGUEZ – ALMEIDA, F.A.; VAN VLECK, L.D.; GREGORY, K.E. Estimation of direct and maternal breed effects for prediction of expected progeny differences for birth and weaning weights in three multibreed populations. **Journal of Animal Science** 75:1203-1212, 1997.

ROHDE, P.; HINCHA, D.K.; HEYER, A.G. Heterosis in the freezing tolerance of crosses between two *Arabidopsis thaliana* accessions (Columbia-0 and C24) that show differences in non-acclimated and acclimated freezing tolerance. **The Plant Journal** 38, 790-799, 2004.

ROSA, A.N.; MENEZES, G.R.O.; EGITO, A.A. Recursos Genéticos e estratégias de melhoramento. In: ROSA, A.N.; MARTINS, E.N.; MENEZES, G.R.O.; SILVA, L.O.C. **Melhoramento genético aplicado em gado de corte**: Programa Geneplus-Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 11-26.

SCHAEFFER, L.R. Use of test day yields for genetic evaluation of dairy sires and cows. **Livest. Proc. Sci.** v.35, p.1321-1340, 1993.

SWAN, A.A.; KINGHORN, B.P. Evaluation and exploitation of crossbreeding in dairy cattle. **Journal Dairy Science** 75:624-639, 1992.

VALENTE, B.D.; SILVA, M.A.; SILVA, L.O.C.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA, J.C.C.; FRIDRICH, A.B.; FERREIRA, I.C.; CORRÊA, G.S.S. Estruturas de covariâncias de peso em função da idade de animais Nelore das regiões sudeste e centro-oeste do Brasil. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.60, n.2, p.389-400, 2008.

VOSTRÝ, L.; VESELÁ, Z.; PRIBYL, J. Genetic parameters for growth of young bulls. **Archiv Tierzucht**, v.55, n.3, p. 245-254, 2012.

WILLHAM, R.L. Problems in estimating maternal effects. **Liv. Prod. Sci.**, v.7, p.405-418, 1980.

WILLHAM, R.L. The covariance between relatives for characters composed of componentes contributed by related individuals. **Biometrics**, v.19, n.1, p. 18-27, 1963.

YU, S.B.; LI, J.X.; XU, C.G.; TAN, Y.F.; GAO, Y.J.; LI, X.H.; ZHANG, Q.; SAGHAI MAROOF, M.A. Importance of epistasis as the genetic basis of heterosis in an elite rice hybrid. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, Genetics Vol. 94, p.9226–9231, 1997.

3 CAPÍTULO II – EFEITOS DE GRUPO GENÉTICO E IDADE DA VACA NO CRESCIMENTO DE BOVINOS PUROS, BI E QUADRIMESTIÇOS EM CLIMA SUBTROPICAL

3.1 INTRODUÇÃO

Na pecuária de corte é desejável que os animais apresentem crescimento rápido para que atinjam em menos tempo o peso ideal de abate (SARMENTO et al., 2003), o que conseqüentemente proporcionará melhor retorno financeiro aos criadores. Por essa razão, a identificação dos animais geneticamente superiores para as características de crescimento é relevante nos diferentes sistemas de produção. Contudo, as características de crescimento são fortemente influenciadas pelos efeitos de ambiente, o que dificulta a escolha dos reprodutores (TEIXEIRA e ALBUQUERQUE, 2003).

Dentre os efeitos ambientais que influenciam as características de crescimento estão: a idade do bezerro no momento da avaliação, a idade da vaca (CAMPOS et al., 1989; FRIES, 1996; SARMENTO et al., 2003; TEIXEIRA e ALBUQUERQUE, 2003), sexo, estação e ano de nascimento (ROBERSON, SANDERS e CARTWRIGHT, 1986; KIPPERT et al., 2006).

O sexo é uma fonte de variação importante na avaliação genética para características de crescimento com machos sendo mais pesados que as fêmeas. Além disso a estação e ano de nascimento tendem a contribuir para boa parte da variação encontrada nas características de crescimento com animais que nascem no início da estação mais pesados que aqueles que nascem ao final da estação de nascimento, bem como os anos podem interferir com maior abundância de chuvas e conseqüentemente maior oferta de forragem (BIFFANI et al., 1997).

A idade da vaca exerce forte influência sobre o peso dos bezerros, pois a capacidade de produção de leite da fêmea aumenta com sua idade, promovendo assim maior peso às suas crias. No entanto, com a maturidade fisiológica das matrizes ocorre a redução na produção de leite e, conseqüentemente, possível redução no peso de suas crias (PAZ et al., 1999). Já a idade do bezerro causa variação sobre os pesos em todas as fases de mensuração, sendo indicado o ajuste dos pesos para as

datas das avaliações para tentar minimizar esta variação (AHUNU e MAKARECHIAN, 1986; PAZ et al., 1999; QUEIROZ et al., 2009).

Para bovinos obtidos por cruzamento os efeitos de raça ou do grupamento racial são relevantes para o estudo de características de crescimento, sobretudo o efeito da heterose influenciando no melhor desempenho dos animais, em relação aos seus pais puros (VERGARA, CERON-MUÑOZ e ELZO, 2010).

O objetivo do presente estudo foi identificar os efeitos de idade da vaca e de grupo genético sobre as características de crescimento pré e pós-desmama de bovinos puros das raças Angus, Caracu, Canchim e Charolês e seus cruzamentos bimestiços e quadrimestiços.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram usados registros pertencentes ao IAPAR, de pesos ao nascer (PN), à desmama (P210), ao ano (P365) e ao sobreano (P420) de 9345 bovinos, nascidos entre 1981 e 2017, utilizados para a formação do quadrimestiço denominado Purunã (Perotto, 2018). Na Tabela 04 estão apresentados os grupos genéticos e os acasalamentos utilizados para a obtenção do Purunã.

TABELA 4 – GRUPOS GENÉTICOS UTILIZADOS PARA A FORMAÇÃO DO COMPOSTO QUADRIMESTIÇO PURUNÃ.

GG	PAI	MÃE	COMPOSIÇÃO
1	Canchim (Cn)	Canchim (Cn)	Canchim (Cn)
7	Canchim (Cn)	Angus (Ab)	1/2 Cn + 1/2Ab
20	Caracu (Ca)	Caracu (Ca)	Caracu (Ca)
24	Caracu (Ca)	Charolês (Ch)	1/2Ca + 1/2Ch
36	Angus (Ab)	Angus (Ab)	Angus (Ab)
39	Angus (Ab)	Canchim (Cn)	1/2Ab + 1/2Cn
45	Charolês (Ch)	Charolês (Ch)	Charolês (Ch)
50	Charolês (Ch)	Caracu (Ca)	1/2Ch + 1/2Ca

GG	GGI	PAI	MÃE	COMPOSIÇÃO
P1	61	Ab + Cn	Ch + Ca	(E) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P1	71	Cn + Ab	Ca + Ch	(F) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P1	81	Ca + Ch	Cn + Ab	(G) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P1	91	Ch + Ca	Ab + Cn	(H) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P2	62	E	G	(I) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P2	72	G	E	(J) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P2	82	H	F	(K) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P2	92	F	H	(L) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P3	80	I, J, K, L e P	I, J, K, L e P	1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn

GG – Grupo Genético; GGI – Grupo Genético de origem Identificada; P1 – Primeira geração de quadrimestiços; P2 – Segunda geração de quadrimestiços; P3 – Terceira geração de quadrimestiços - Purunã

FONTE: Adaptado de PEROTTO (2018).

Os bancos de dados foram formados da seguinte forma:

- 1) Animais puros e bimestiços Angus x Canchim (AbxCn);
- 2) Animais puros e bimestiços Caracu x Charolês (CaxCh);
- 3) Animais quadrimestiços produtos dos cruzamentos anteriores.

Para estudar os animais quadrimestiços foram formados por dois arquivos: Grupo Genético (GG), independentemente do cruzamento que os deram origem e Grupo Genético de Origem Identificada (GGI), no qual a origem dos cruzamentos foi levada em consideração da seguinte forma:

Para o Grupo Genético (GG), o arquivo foi composto por:

- 1) Animais da primeira geração, independentemente do cruzamento que os originou (P1),
- 2) Todos os indivíduos da segunda geração, independentemente do cruzamento que os originou (P2)
- 3) Todos os indivíduos de terceira geração, independentemente do cruzamento que os originou (P3 - Purunã),

O outro arquivo continha os animais pertencentes ao Grupo Genético de Origem Identificada (GGI), que resultou em 9 grupos genéticos:

- 1) Indivíduos identificados como: Animais P1: Grupo: 61, 71, 81 e 91;
- 2) Animais P2: 62, 72 82 e 92 e
- 3) Os animais P3, que foram recodificados como 80 (Animais Purunã).

Os pesos à desmama, ao ano e sobreano foram ajustados para 210, 365 e 420 dias de idade, da seguinte forma:

$$P_{210} = \left(\frac{P_{Desm} - PN}{IDAD} * 120 \right) + PN$$

P_{210} = Peso à desmama ajustado para 210 dias;

P_{Desm} = Peso observado à desmama;

PN = Peso ao nascer;

$IDAD$ = Idade em dias à desmama;

$$P_{365} = \left(\frac{P_{Ano} - P_{Desm}}{IDAA - IDAD} * 155 \right) + P_{210}$$

P_{365} = Peso à desmama ajustado para 365 dias;

P_{Ano} = Peso observado ao ano;

P_{Desm} = Peso observado à desmama;

$IDAD$ = Idade em dias à desmama;

$IDAA$ = Idade em dias ao ano;

P_{210} = Peso à desmama ajustado para 210 dias;

$$P420 = \left(\frac{PSobreano - PDesm}{IDAS - IDAD} * 210 \right) + P210$$

P420 = Peso à desmama ajustado para 420 dias;

PSobreano = Peso observado ao sobreano;

PDesm = Peso observado à desmama;

IDAD = Idade em dias à desmama;

IDAS = Idade em dias ao sobreano;

P210 = Peso à desmama ajustado para 210 dias;

Os grupos de contemporâneos (GC) para cada característica de crescimento estudada foram formados pelas seguintes variáveis:

Para PN: GCN = sexo, ano e estação de nascimento;

Para P210: GCD = GCN + ano e estação de desmama;

Para P365: GCA = GCD + ano da avaliação do peso ao ano;

Para P420: GCS= GCA + ano da avaliação de sobreano.

Na consistência dos dados foram excluídos animais sem informações de PN, P210, P365 e P420, com ausência das datas das pesagens das características avaliadas e grupos de contemporâneos com menos de 10 animais.

Os dados foram analisados por meio do procedimento GLM (General Linear Model) do software SAS (SAS 9.4, 2014) de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + GC_i + GG_j + ID_k + IDV_l + IDV_l^2 + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = efeito das variáveis estudadas (PN, P210, P365, P420);

μ = média geral;

GC_i = efeito iésimo grupo contemporâneo;

GG_j = efeito o jésimo grupo genético;

ID_k = efeito linear da idade do animal no momento da avaliação (exceto PN para todos os bancos de dados e para o banco dos quadrimestiços o P210 e P420);

IDV_1 e IDV_1^2 = efeito linear e quadrático da idade da vaca;

e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação.

Para o estudo do comportamento da idade da vaca para cada grupo genético o efeito fixo de GG foi retirado do modelo para análise deste componente.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva para as características estudadas para cada grupo está apresentada na Tabela 05.

TABELA 05 – NÚMERO DE ANIMAIS, MÉDIA, DESVIO-PADRÃO E AMPLITUDE PARA OS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420), PARA OS BANCOS CANCHIM X ANGUS, CHAROLÊS X CARACU E QUADRIMESTIÇOS

	N	Média ± Desvio padrão	Amplitude
Canchim x Angus			
PN (kg)	391	34,24 ± 6,14	19,00 – 55,00
P210 (kg)	391	156,86 ± 29,36	74,06 – 230,98
P365 (kg)	391	188,50 ± 42,22	88,77 – 321,84
P420 (kg)	391	225,83 ± 41,55	114,86 – 379,87
Charolês x Caracu			
PN (kg)	502	36,74 ± 5,83	20,00 – 55,00
P210 (kg)	502	160,55 ± 31,98	77,33 – 252,29
P365 (kg)	502	204,53 ± 43,76	106,69 – 363,61
P420 (kg)	502	238,97 ± 42,97	138,49 – 382,22
GG e GGI			
PN (kg)	1098	36,20 ± 6,75	19,00 – 56,00
P210 (kg)	1098	167,50 ± 34,12	81,41 – 265,77
P365 (kg)	1098	212,69 ± 48,17	71,46 – 376,02
P420 (kg)	1098	256,73 ± 53,90	115,92 – 477,70

Pela Tabela 05 nota-se que as médias e desvios-padrão foram semelhantes para todos os bancos de dados estudados. As maiores médias de pesos para os

animais quadrimestiços podem ser explicadas em decorrência do maior número de dados avaliados.

Os resultados do teste de comparação de médias para avaliar as diferenças entre pesos em diferentes idades conforme os grupos genéticos são apresentados na Tabela 06.

TABELA 06 – COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS ESTIMADAS DOS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420) PARA OS BANCOS CANCHIM X ANGUS, CHAROLÊS X CARACU E QUADRIMESTIÇOS

	GG	N	PN (kg)	P210 (kg)	P365 (kg)	P420 (kg)
Canchim x Angus						
1	Cn	126	36,24 ^a	163,32 ^a	197,05 ^a	233,06 ^a
7	Cn x Ab	79	34,80 ^{ab}	155,79 ^{ab}	189,87 ^a	227,73 ^a
36	Ab	98	32,07 ^c	151,19 ^b	173,06 ^b	211,33 ^b
39	Ab x Cn	88	34,12 ^{bc}	159,18 ^{ab}	192,27 ^a	235,17 ^a
Charolês x Caracu						
20	Ca	201	34,42 ^c	154,97 ^b	204,49 ^b	234,52 ^a
24	Ca x Ch	73	37,52 ^b	158,47 ^b	203,90 ^{bc}	238,99 ^a
45	Ch	93	39,59 ^a	160,15 ^b	192,77 ^c	231,77 ^b
50	Ch x Ca	135	37,90 ^{ab}	170,17 ^a	216,71 ^a	256,10 ^a
GG						
	P1	450	37,60 ^a	167,22 ^a	217,06 ^a	259,67 ^a
	P2	299	35,45 ^b	160,01 ^b	207,03 ^b	249,81 ^b
	P3	349	32,66 ^c	151,78 ^c	197,19 ^c	240,01 ^c
GGI						
	61	98	37,60 ^a	167,61 ^a	220,87 ^a	263,30 ^a
	71	104	38,14 ^a	168,80 ^a	219,67 ^a	262,39 ^a
	81	88	37,30 ^a	159,80 ^{a b c}	202,07 ^b	247,28 ^{a b}
	91	160	37,44 ^a	169,96 ^a	221,30 ^a	262,88 ^a
	62	58	35,43 ^{a b}	153,45 ^{b c}	200,74 ^b	240,00 ^b
	72	92	36,09 ^{a b}	162,64 ^{a b}	210,27 ^{a b}	253,54 ^{a b}
	82	43	33,39 ^{b c}	159,42 ^{a b c}	206,04 ^{a b}	243,48 ^{a b}
	92	106	35,70 ^{a b}	162,18 ^{a b}	209,00 ^{a b}	255,15 ^a
	80	349	32,64 ^c	152,05 ^c	197,59 ^b	240,33 ^b

GG – Grupo Genético; GGI – Grupo Genético de origem Identificada; P1 – Primeira geração de quadrimestiços; P2 – Segunda geração de quadrimestiços; P3 – Terceira geração de quadrimestiços; em coluna, médias seguida de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P > 0,05$)

De acordo com a Tabela 06, para os animais Canchim x Angus, nota-se que os filhos de pai Canchim apresentaram pesos ao nascer maiores, conforme o esperado. Para o P210 observa-se diferença estatística apenas entre os puros, sendo o Canchim superior ao Angus. Para os P365 e P420 apenas os animais Angus foram mais leves e diferiram dos demais.

Perotto et al. (2000) trabalharam com informações de animais Canchim, Angus e seus cruzamentos para as características PN, P210 e P365. Os autores encontraram resultados semelhantes quando os animais puros foram comparados, observando-se a superioridade dos animais Canchim em relação aos animais Angus para todas as características. Porém quando analisaram os animais F1 (Cn x Ab; Ab x Cn) encontraram superioridade dos animais filhos de vacas Canchim, discordando do encontrado neste estudo que não observou diferença estatística entre os animais F1 em nenhuma das características estudadas.

Para o cruzamento Charolês x Caracu, nota-se que os filhos de pai Charolês (Ch) apresentaram maiores PN do que puros e Caracu (Ca). Para o P210 e P365 os indivíduos cruzados, filhos de mães Ca apresentaram maiores pesos. Entretanto para P420, os puros Ch foram os mais leves.

Perotto et al. (1998) analisando as características PN e P210 de animais Charolês, Caracu e seus cruzamentos encontraram os mesmos resultados do presente estudo para PN em que bezerros Charolês foram mais pesados ao nascimento. Porém para o peso a desmama, os autores observaram desempenho superior dos animais Caracu, o que discorda dos resultados obtidos neste estudo, pois para P210 não houve diferença estatística entre as raças. Esta diferença somente foi observada a partir do P365, sendo os animais Caracu mais pesados em relação aos animais Charolês, o que ocorre também no P420.

Os mesmos autores encontraram resultados similares quando compararam os animais F1 (Ch x Ca; Ca x Ch) não encontrando diferença estatística para o PN e para a característica P210 maior peso dos animais Ch x Ca (39), afirmando a influência positiva do uso da raça Caracu quanto à habilidade materna, com melhor desempenho de filhos de vacas Caracu do que filhos de vaca Charolesa no P210. Entretanto,

Alencar et al. (1998) observaram superioridade dos animais de maior composição Charolesa em relação a animais Nelore.

Ao analisar o banco de dados dos animais quadrimestiços, independentemente da origem dos cruzamentos (GG), foi possível notar que para todos os pesos avaliados os animais da primeira geração de cruzamentos (F1) apresentaram desempenhos superiores, em relação às gerações subsequentes, conforme o esperado. Mesmo que os pesos observados nos animais P2 e P3 foram ligeiramente maiores como pode ser analisado no Apêndice 1. Este fato pode ser explicado pela heterozigose de 75% dos animais P2, além de serem filhos de matrizes P1 (heterozigose materna = 1), e dos animais P3 reter 75% de heterozigose com mães P2 (heterozigose materna de 75%). Ou seja, os animais P2 foram superiores sobre os parentais devido a heterose e os animais P3 com ligeiro declínio, porém retendo ganhos devido a heterose. Como observado por Araújo et al. (2010) com animais cruzados Angus x Nelore em que matrizes Brangus tiveram filhos mais pesados do que as fêmeas puras.

No entanto, quando os pesos dos quadrimestiços foram avaliados de acordo com sua origem de formação (GGI) constatou-se que nem todos os animais P1 foram superiores, o que completa as informações obtidas quando se analisa o grupo GG. Pela Tabela 06, pode-se observar que para o PN, os animais F1(61, 71, 81 e 91), não diferem dos animais F2 (62, 72 e 92), exceto dos animais 82. Já os quadrimestiços (80) diferiu de todos os demais (exceto do 82), sendo o mais leve.

Com relação ao P210 os animais mais pesados à desmama foram o grupo 91, filhos de mãe 39 (Ab x Cn), diferindo dos animais 62, filhos de mãe 81 (Ca x Ch x Cn x Ab) e Purunã (80). Os grupos 62 e 80 não diferiram entre si. Os animais do grupo 62 são filhos de matrizes 81 e conseqüentemente filhas de mães do grupo 7.

Para o P365 observou-se que os animais mais pesados foram os do grupo 91 filhos de mãe 39 (Ab x Cn) com médias estatisticamente diferentes dos animais do grupo 81, filhos de mãe Cn x Ab, grupo 62 filhos de mães 81 (Ca x Ch x Cn x Ab) e Purunã (80), sendo que estes últimos não diferiram entre si. No P420 foi observada a média mais pesada para o grupo 91, filhos de mães 39 (Ch x Ca), diferindo estatisticamente dos animais do grupo 62, filhos de mães 81 (Ca x Ch x Cn x Ab) e Purunã (80).

Mesmo não havendo diferença estatística entre os pesos dos animais F1 do banco de dados Canchim x Angus (Cn x Ab - grupo 7; Ab x Cn – grupo 39), as matrizes do grupo genético 7 parecem ter influência sobre os desempenhos de animais quadrimestiços (grupo 81), que por sua vez são mães de animais do grupo genético 62. Isso demonstra a importância de linhagem materna e da análise dos dados verificando a origem dos animais, como no caso do P365 onde animais do grupo genético 81, 62 e 80 não diferiram entre si, ou seja, animais de primeira, segunda e terceira geração não obtiveram diferença estatística para esta característica.

Bocchi et al. (2008) trabalhando com animais compostos relataram a influência materna sobre as características de ganho de peso pré desmama como fonte variação e que devem compor nos modelos de avaliação de animais multirracias.

O resumo do quadro da análise de variância para estudo dos efeitos ambientais para os animais puros Canchim, Angus e seus cruzamentos, para todas as características estudadas pode ser observado na Tabela 07.

TABELA 07 – RESUMO DO QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS CANCHIM E ANGUS E SEUS CRUZAMENTOS PARA PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO
PN		
Grupo de Contemporâneo	25	121,24***
Grupo Genético	3	298,52***
Efeito Linear da Idade da Vaca	1	946,24***
Efeito Quadrático da Idade da Vaca	1	827,42***
Resíduo	360	26,99
R ²	0,34	
P210		
Grupo de Contemporâneo	25	4152,56***
Grupo Genético	3	2624,03**
Efeito Linear da Idade da Vaca	1	17333,54***
Efeito Quadrático da Idade da Vaca	1	13767,38***
Idade do Animal a Desmama	1	2389,25*
Resíduo	359	572,49
R ²	0,39	
P365		
Grupo de Contemporâneo	25	9855,71***
Grupo Genético	3	9939,91***
Efeito Linear da Idade da Vaca	1	4858,57*
Efeito Quadrático da Idade da Vaca	1	2752,15 ^{ns}
Idade do Animal ao Ano	1	12033,43**
Resíduo	359	1053,02
R ²	0,46	
P420		
Grupo de Contemporâneo	25	9598,20***
Grupo Genético	3	9753,66***
Efeito Linear da Idade da Vaca	1	19638,93***
Efeito Quadrático da Idade da Vaca	1	15551,56***
Idade do Animal ao Sobreano	1	5050,75*
Resíduo	359	959,40
R ²	0,49	

GL- Grau de liberdade; *** P<0,001; ** P<0,01; *P<0,05; ns – não significativo

É possível notar, pela Tabela 07, que todos os efeitos ambientais considerados foram significativos, exceto o efeito quadrático de IDV sob o P365. O efeito da idade os animais, mesmo após o ajuste para a idade padrão foi significativos ($p < 0,05$) para o P210, P365 e P420.

Na Tabela 08 verifica-se o quadro de análise de variância dos efeitos de meio para os animais Caracu, Charolês e suas cruzas, para todas as características estudadas. Os efeitos de idade da vaca, lineares e quadráticos, foram influenciados significativamente ($p < 0,01$). O mesmo ocorreu no peso tomado as idades analisadas, mesmo com os ajustes ($p < 0,05$).

TABELA 08 – RESUMO DO QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS CARACU E CHAROLÊS E SEUS CRUZAMENTOS PARA PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)

(continua)

FONTES DE VARIAÇÃO	GL.	QUADRADO MÉDIO
PN		
Grupo de Contemporâneo	28	155,62***
Grupo Genético	3	622,22***
Efeito Linear da Idade da Vaca	1	434,97***
Efeito Quadrático da Idade da Vaca	1	358,09***
Resíduo	468	23,21
R ²		
P210		
Grupo de Contemporâneo	28	6093,92***
Grupo Genético	3	5677,68***
Efeito Linear da Idade da Vaca	1	13477,07***
Efeito Quadrático da Idade da Vaca	1	11226,62***
Idade do Animal a Desmama	1	3354,74*
Resíduo	467	643,71
R ²	0,41	

TABELA 08 – RESUMO DO QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS CARACU E CHAROLÊS E SEUS CRUZAMENTOS PARA PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)

(conclusão)

FONTES DE VARIAÇÃO	GL.	QUADRADO MÉDIO
P365		
Grupo de Contemporâneo	28	14913,94***
Grupo Genético	3	9617,51***
Efeito Linear da Idade da Vaca	1	9760,88**
Efeito Quadrático da Idade da Vaca	1	7657,08**
Idade do Animal ao Ano	1	3788,18*
Resíduo	467	
R ²	0,53	
P420		
Grupo de Contemporâneo	28	12279,86***
Grupo Genético	3	13927,58***
Efeito Linear da Idade da Vaca	1	10867,22**
Efeito Quadrático da Idade da Vaca	1	8816,20**
Idade do Animal ao Sobreano	1	9108,64**
Resíduo	467	956,03
R ²	0,52	

GL- Grau de liberdade; *** P<0,001; ** P<0,01; *P<0,05; ns – não significativo

Nota-se pela Tabela 08 que os efeitos de idade da vaca, lineares e quadráticos, influenciaram significativamente ($p<0,01$) os pesos avaliados. O mesmo ocorreu nas idades do animal no momento da avaliação, mesmo com o pré-ajuste ($p<0,05$).

Na Tabela 09 está a análise de variância dos efeitos de meio para os animais quadrimestiços, para todas as características estudadas.

TABELA 09 – RESUMO DO QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS PARA PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)

FONTES DE VARIAÇÃO	GL.	QUADRADO MÉDIO
PN		
Grupo de Contemporâneo	24	353,17***
Grupo Genético	2	1736,00***
Efeito Linear da Idade da Vaca	1	1926,51***
Efeito Quadrático da Idade da Vaca	1	1509,94***
Resíduo	1069	33,86
R ²	0,28	
P210		
Grupo de Contemporâneo	24	21578,85***
Grupo Genético	2	16870,31***
Efeito Linear da Idade da Vaca	1	57096,63***
Efeito Quadrático da Idade da Vaca	1	44378,30***
Resíduo	1069	558,16
R ²	0,53	
P365		
Grupo de Contemporâneo	24	46955,84***
Grupo Genético	2	27837,89***
Efeito Linear da Idade da Vaca	1	54533,96***
Efeito Quadrático da Idade da Vaca	1	42580,32***
Idade do Animal ao Ano	1	22149,872***
Resíduo	1068	1194,75
R ²	0,50	
P420		
Grupo de Contemporâneo	25	59733,94***
Grupo Genético	2	26548,39***
Efeito Linear da Idade da Vaca	1	46644,98***
Efeito Quadrático da Idade da Vaca	1	34087,16***
Resíduo	1068	1405,01
R ²	0,53	

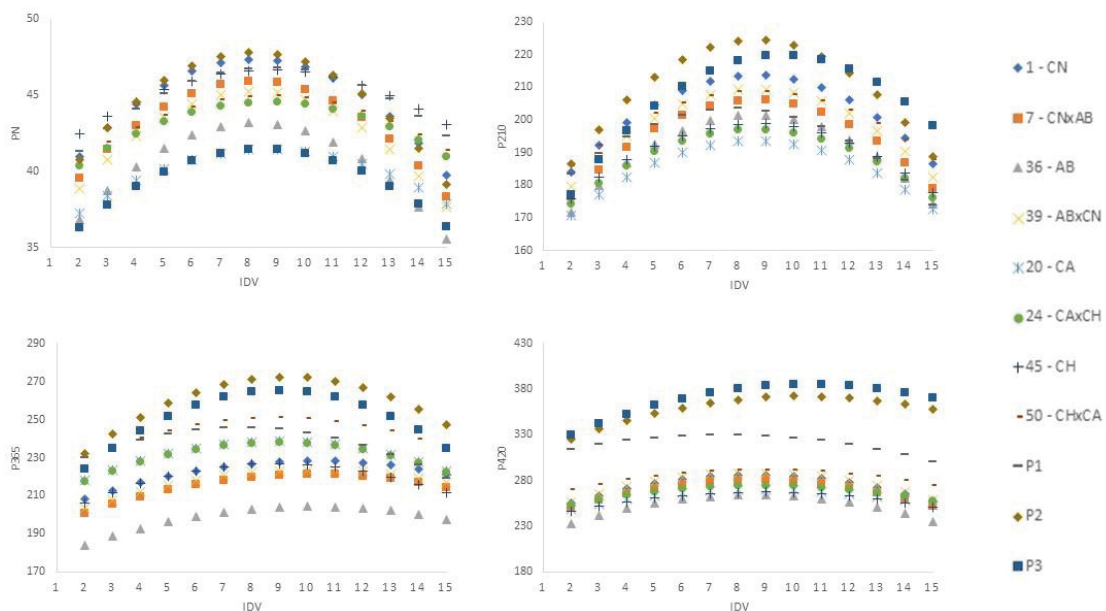
GL- Grau de liberdade; *** P<0,001; ** P<0,01; *P<0,05; ns – não significativo

Observa-se na Tabela 09, que os efeitos de idade da vaca, lineares e quadráticos influenciaram significativamente ($p < 0,0001$) os pesos dos animais quadrimestiços. O efeito da idade do animal ao ano foi significativo ($p < 0,0001$) sobre o P365 mesmo com o ajuste sendo realizado na edição dos dados e, portanto, mantido nas análises posteriores.

Os quadros de análise de variância completos dos efeitos ambientais sobre as características de crescimento para cada grupo genético estão apresentados nos apêndices de 2 a 6.

A Figura 03 apresenta o efeito da idade da vaca sobre cada uma das características estudadas, de acordo com cada grupo genético. As análises dos animais quadrimestiços, foram realizadas utilizando somente o banco GG.

FIGURA 03 – EFEITO DA IDADE DA VACA (IDV) SOBRE PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420) DE ACORDO COM OS GRUPOS



Ao observar a Figura 03 fica evidente que vacas entre 6 a 8 anos de idade têm filhos mais pesados desde o nascimento até o sobreano. Resultado semelhante foi

relatado por Teixeira e Albuquerque (2003) que observaram vacas com 7 anos de idade tiveram filhos com melhores desempenhos para a característica ganho médio do nascimento a desmama em animais Angus, Hereford, Nelore e Mestiços Angus-Nelore e Hereford-Nelore. O mesmo resultado encontrado por Abdel-Aziz et al., (2003) para dados de animais puros e cruzados das raças Afrikaner, Charolês, Simental e Hereford x Angus com pico aos 7 anos.

3.4 CONCLUSÃO

A idade da vaca e o grupo genético influenciaram as características de crescimento estudadas e, por essa razão, devem ser considerados nos modelos para estimar parâmetros genéticos.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-AZIZ, M.; SCHOEMAN, S.J.; JORDAAN, G. Estimation of additive, maternal and non-additive genetic effects of preweaning growth traits in a multibreed beef cattle project. **Animal Science Journal**, v.74, p.169–179, 2003.

AHUNU, B.; MAKARECHIAN, M. Influence of birth date, sex of calf, breed group and age of dam on preweaning performance of range beef calves. **Can. J. Anim. Sci.** v.66, p.381-388, 1986.

ALENCAR, M.M.; TREMATORE, R.L.; OLIVEIRA, J.A.L.; ALMEIDA, M.A. Características de crescimento até a desmama de bovinos da raça Nelore e cruzados Charolês x Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v.27, n.1, p.40-46, 1998.

ARAÚJO, R.O.; RORATO, P.R.N.; WEBER, T.; EVERLING, D.M.; LOPES, J.S.; DORNELLES, M.A. Genetic parameters and phenotypic and genetic trends for weight at weaning and visual scores during this phase estimated for Angus-Nellore crossbred young bulls. **Rev. Bras. Zootec.**, v.39, n.11, p.2398-2408, 2010.

BIFFANI, S.; MARTINS FILHO, R.; GIOGETTI, A.; BOZZI, R.; LIMA, F.A.M. Fatores ambientais e genéticos sobre o crescimento ao ano e ao sobreano de bovinos Nelore, criados no nordeste do Brasil. **Rev. Bras. Zootec.**, v.28, n.3, p.468-473, 1999.

BOCCHI, A.L.; OLIVEIRA, H.N.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P. Avaliação genética multirracial para ganho de peso pré-desmama em bovinos de uma população composta. **Rev. Bras. Zootec.**, v.37, n.7, p.1207-1215, 2008.

CAMPOS, L.T.; SILVA, P.R.; FRIES, L.A. Fatores de correção para efeitos ambientais que afetam o ganho de peso do nascimento à desmama em bovinos da raça Nelore. Coletânea de pesquisas inéditas sobre Zebu. **Uberaba**: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, p.108-123, 1989.

FRIES, L.A. Efeito da idade da vaca sobre o peso à desmama em zebuínos. In: Simpósio Nacional de Melhoramento Animal, 1., 1996, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, p.255-256, 1996.

KIPPERT, C.J.; RORATO, P.R.N.; CAMPOS, L.T.; BOLIGON, A.A.; WEBER, T.; GHELLER, D.G.; LOPES, J.S. Efeito de fatores ambientais sobre escores de avaliação visual à desmama e estimativa de parâmetros genéticos, para bezerros da raça charolês. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.579-585, mar-abr, 2006.

PAZ, C.C.P.; ALBUQUERQUE, L.G.; FRIES, L.A. Efeitos ambientais sobre o ganho de peso no período do nascimento ao desmame em bovinos da raça Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v.28, n.1, p.55-64, 1999.

PEROTTO, D. Projeto do programa de avaliação genética do Purunã. 2018. Disponível em: <<https://www.puruna.org.br/na-midia>>. Acesso em: 07 jul. 2018.

PEROTTO, D.; CUBAS, A.C.; MOLETTA, J.L.; LESSKIU, C. Heterose sobre os pesos de bovinos Canchim e Aberdeen angus e de seus cruzamentos recíprocos. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.35, n.12, p.2511-2520, 2000.

PEROTTO, D.; CUBAS, A.C.; MOLETTA, J.L.; LESSKIU, C. Pesos ao Nascimento e à Desmama e Ganho de Peso do Nascimento à Desmama de Bovinos Charolês, Caracu e Cruzamentos Recíprocos. **Rev. Bras. Zootec.**, v.27, 4, p.730-737, 1998.

QUEIROZ, S.A.; COSTA, G.Z.; OLIVEIRA, J.A.; FRIES, L.A. Efeitos ambientais e genéticos sobre escores visuais e ganho de peso à desmama de animais formadores da raça Brangus. **Rev. Bras. Zootec.**, v.38, n.2, p.277-283, 2009.

ROBERSON, R.L.; SANDERS, J.O.; CARTWRIGHT, T.C. Direct and maternal genetics effects on preweaning characters of Brahman, Hereford and Brahman-Hereford crossbreed cattle. **Journal of Animal Science**, v.26, p. 438-446, 1986.

SARMENTO, J.L.R., PIMENTA FILHO, E.C., RIBEIRO, M.N., MARTINS FILHO, R. Efeitos ambientais e genéticos sobre o ganho em peso diário de bovinos Nelore no Estado da Paraíba. **Rev. bras. zootec.**, v.32, n.2, p.325-330, 2003.

SAS Institute 2014. SAS/SAT® 9.4 User's Guide. Cary, NC:SAS Institute Inc.

TEIXEIRA, R.A.; ALBUQUERQUE, L.G. Efeitos Ambientais que Afetam o Ganho de Peso Pré-Desmama em Animais Angus, Hereford, Nelore e Mestiços Angus-Nelore e Hereford-Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.4, p.887-890, 2003.

VERGARA, O.G.; CERÓN-MUÑOZ, M.; ELZO, M.A. Modelos de evaluación genética multirracial caso peso al destete em bovinos. *Ver.MVZ Córdoba*, v.15, n.1, p. 1985-1996, 2010.

4 CAPÍTULO III – IMPORTÂNCIA DOS EFEITOS MATERNOS NA ESTIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA PESOS EM BOVINOS PURUNÃ

4.1 INTRODUÇÃO

As características de crescimento são influenciadas pelos efeitos genético aditivo direto do indivíduo, genéticos maternos e de ambiente permanente materno, principalmente no período pré-desmama. Porém, esta influência pode se estender além desta fase e, por essa razão, a inclusão dos efeitos maternos nos modelos de avaliação genética deve ser avaliada (MEYER, 1992; MEYER et al., 1993; MEYER, 1994; TOSH et al., 1999; DEMEKE et al., 2003). Quando os efeitos maternos não são considerados nos modelos estatísticos, estes podem inflacionar as estimativas de herdabilidade direta (MANIATIS e POLLOT, 2003), comprometendo a precisão das estimativas dos valores genéticos dos touros avaliados e a escolha dos reprodutores.

Como consequência, o ganho genético dos rebanhos poderá ser inferior ao que havia sido planejado inicialmente, isso ocorrerá tanto para bovinos puros, quanto para populações multirraciais. Sendo assim, para fortalecer os programas de melhoramento genético é necessário obter informações que auxiliem na identificação de critérios de seleção adequados e avaliações genéticas acuradas que permitam a escolha dos reprodutores geneticamente superiores para cada objetivo de seleção proposto. (MEYER, 1992; PAZ et al., 1999; ABDEL-AZIZ et al., 2003; SARMENTO et al., 2003; BOCCHI et al., 2008).

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a importância dos efeitos maternos nos modelos para estimar parâmetros genéticos para pesos em bovinos Purunã.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O arquivo de dados do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) dispunha de registros de pesos ao nascer (PN), à desmama (P210), ao ano (P365) e ao sobreano (P420) de 9.345 animais, nascidos entre 1981 e 2017.

Para estudar a inclusão dos efeitos maternos, utilizou-se o banco de dados com 1.098 animais referentes aos animais quadrimestiços. Entretanto, os animais foram avaliados de duas formas: pertencentes ao grupo genético (GG), ou seja, animais quadrimestiços independentemente do cruzamento que o originou ou grupo genético de origem identificada (GGI), no qual a origem do cruzamento foi considerada. Os animais avaliados eram filhos de 93 touros e 392 vacas, com 2215 animais na matriz de parentesco.

Na Tabela 10 estão apresentados os grupos genéticos e os acasalamentos utilizados para a obtenção do Purunã, que tem em sua composição final a seguinte proporção: $\frac{1}{4}$ Charolês, $\frac{1}{4}$ Caracu, $\frac{1}{4}$ Angus, $\frac{1}{4}$ Canchim.

TABELA 10 – GRUPOS GENÉTICOS UTILIZADOS PARA A FORMAÇÃO DE BOVINOS COMPOSTOS QUADRIMESTIÇOS PURUNÃ

GG	GGI	PAI	MÃE	COMPOSIÇÃO
P1	61	Ab + Cn	Ch + Ca	(E) $\frac{1}{4}$ Ch + $\frac{1}{4}$ Ca + $\frac{1}{4}$ Ab + $\frac{1}{4}$ Cn
P1	71	Cn + Ab	Ca + Ch	(F) $\frac{1}{4}$ Ch + $\frac{1}{4}$ Ca + $\frac{1}{4}$ Ab + $\frac{1}{4}$ Cn
P1	81	Ca + Ch	Cn + Ab	(G) $\frac{1}{4}$ Ch + $\frac{1}{4}$ Ca + $\frac{1}{4}$ Ab + $\frac{1}{4}$ Cn
P1	91	Ch + Ca	Ab + Cn	(H) $\frac{1}{4}$ Ch + $\frac{1}{4}$ Ca + $\frac{1}{4}$ Ab + $\frac{1}{4}$ Cn
P2	62	E	G	(I) $\frac{1}{4}$ Ch + $\frac{1}{4}$ Ca + $\frac{1}{4}$ Ab + $\frac{1}{4}$ Cn
P2	72	G	E	(J) $\frac{1}{4}$ Ch + $\frac{1}{4}$ Ca + $\frac{1}{4}$ Ab + $\frac{1}{4}$ Cn
P2	82	H	F	(K) $\frac{1}{4}$ Ch + $\frac{1}{4}$ Ca + $\frac{1}{4}$ Ab + $\frac{1}{4}$ Cn
P2	92	F	H	(L) $\frac{1}{4}$ Ch + $\frac{1}{4}$ Ca + $\frac{1}{4}$ Ab + $\frac{1}{4}$ Cn
P3	80	I, J, K, L e P	I, J, K, L e P	$\frac{1}{4}$ Ch + $\frac{1}{4}$ Ca + $\frac{1}{4}$ Ab + $\frac{1}{4}$ Cn

GG – Grupo Genético; GGI – Grupo Genético de origem Identificada; P1 – Primeira geração de quadrimestiços; P2 – Segunda geração de quadrimestiços; P3 – Terceira geração de quadrimestiços; Ab – Angus; Ca – Caracu; Ch – Charolês; Cn - Canchim

FONTE: Adaptado de PEROTTO (2018).

A formação dos grupos de contemporâneos, a edição dos dados e os ajustes dos pesos foram realizados conforme apresentado no Capítulo 2 desta tese.

A estimação dos parâmetros genéticos foi realizada por meio do programa AIREML, BLUPF90 (Misztal et al., 2014), de acordo com os modelos matriciais apresentados a seguir:

Modelo 1: $Y=X\beta + Za + e$;

Modelo 2: $Y=X\beta + Za + Wp + e$;

Modelo 3: $Y=X\beta + Za + Mm + Wp + e$ (considerou-se $cov(a,m)=0$)

Em que:

Y = vetor de variáveis dependentes;

β = vetor de efeitos fixos*;

a =vetor dos efeitos genéticos aditivos diretos;

p =vetor de efeitos de ambiente permanente materno;

m =vetor de efeitos materno;

X, Z, W e M são matrizes de incidência associadas a cada efeito, respectivamente;

e = vetor de efeitos residuais.

*Para os animais dos grupos genéticos (GG), considerou-se como efeito fixo os GC's + o efeito P1, P2, P3. Para os Grupos Genéticos Identificados (GGI), foram considerados, como fixos, os efeitos dos GC's + os efeitos da origem de cada composição: 61 (mãe: Ch x Ca), 71 (mãe: Ca x Ch), 81 (mãe: Cn x Ab), 91 (mãe:Ab x Cn), 62 (mãe: 81), 72 (mãe: 61), 82 (mãe: 71), 92 (mãe: 91) e Purunã (80).

O modelo geral pode ser representado matricialmente como:

$$\begin{bmatrix} y1 \\ y2 \\ y3 \\ y4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta1 \\ \beta2 \\ \beta3 \\ \beta4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Z2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Z3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Z4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a1 \\ a2 \\ a3 \\ a4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e1 \\ e2 \\ e3 \\ e4 \end{bmatrix}$$

Em que:

$y1, y2, y3$ e $y4$ = vetor das variáveis dependentes PN, P210, P365 e P420, respectivamente;

$\beta1, \beta2, \beta3$ e $\beta4$ = vetor dos efeitos fixos para as características PN, P210, P365 e P420, respectivamente;

a_1, a_2, a_3 e a_4 = vetor dos efeitos genéticos aditivos dos animais para as características PN, P210, P365 e P420, respectivamente;

e_1, e_2, e_3 e e_4 = vetor dos efeitos residuais para as características PN, P210, P365 e P420, respectivamente;

$X_1, X_2, X_3, X_4, Z_1, Z_2, Z_3$ e Z_4 = matrizes de incidência de cada efeito para as características PN, P210, P365 e P420, respectivamente.

As pressuposições assumidas relativas ao modelo foram:

$$E(y) = X\beta, E(a) = 0 \text{ e } E(e) = 0$$

$$\text{Var}\begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix}$$

Em que:

$G = A \otimes G_0$ = matriz de (co)variâncias genéticas aditivas entre as características.

$$G_0 = \begin{bmatrix} \sigma^2 a_i & \sigma a_{iaj} & \sigma a_{iak} & \sigma a_{ial} \\ \sigma a_{jai} & \sigma^2 a_j & \sigma a_{jak} & \sigma a_{jal} \\ \sigma a_{kai} & \sigma a_{kaj} & \sigma^2 a_k & \sigma a_{kal} \\ \sigma a_{lai} & \sigma a_{laj} & \sigma a_{lak} & \sigma^2 a_l \end{bmatrix}$$

\otimes = produto de Kroenecker entre as matrizes;

A = matriz de parentesco entre os animais;

$\sigma^2 a_i, \sigma^2 a_j, \sigma^2 a_k$ e $\sigma^2 a_l$ = variâncias genéticas aditivas das características PN, P210, P365 e P420, respectivamente;

$\sigma a_{iaj}, \sigma a_{iak}, \sigma a_{ial}, \sigma a_{jak}, \sigma a_{jal}, \sigma a_{kal}$ = covariância genética entre as características PN, P210, P365 e P420, respectivamente;

$R = I \otimes R_0$ é a matriz de (co)variâncias residuais entre as características.

$$R_0 = \begin{bmatrix} \sigma^2ei & \sigma eiej & \sigma eiek & \sigma eiel \\ \sigma ejei & \sigma^2ej & \sigma jejek & \sigma jejel \\ \sigma ekei & \sigma ekej & \sigma^2ek & \sigma ekel \\ \sigma elei & \sigma elej & \sigma elek & \sigma^2el \end{bmatrix}$$

I = matriz identidade;

σ^2ei , σ^2ej , σ^2ek e σ^2el = variâncias residuais das características PN, P210, P365 e P420, respectivamente;

$\sigma eiej$, $\sigma eiek$ e $\sigma eiel$ = covariância residual entre as características PN, com as demais características P210, P365 e P420, respectivamente, foram consideradas como igual a zero (0);

$\sigma jejek$, $\sigma jejel$ e $\sigma ekel$ = covariância residual entre as características P210, P365 e P420, respectivamente.

A covariância ambiental entre PN com as demais características foram consideradas igual a 0, devido ao ambiente uterino não refletir o mesmo ambiente enfrentado no meio externo, como no caso das características P210, P365 e P420.

Para a escolha do modelo mais adequado foi realizado o teste de razão de verossimilhança (LRT - Likelihood Ratio Test), associado a uma distribuição qui-quadrado com “n” graus de liberdade e probabilidade de 5% de erro ($P < 0,05$) (HOGG & CRAIG, 1995).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As herdabilidades das análises unicaracterísticas e a comparação pelo teste de razão de verossimilhança dos animais quadrimestiços estão apresentadas na Tabela 11.

TABELA 11 – COMPARAÇÃO DE MODELOS PARA ESTIMAR O COEFICIENTE DE HERDABILIDADE (h^2_d) PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO PRÉ E PÓS-DESMAMA EM BOVINOS QUADRIMESTIÇOS, CONFORME A ORIGEM DO CRUZAMENTO

Caract.	M.	-2LogL		CM	LRT		$h^2_d \pm ep$	
		GG	GGI		GG	GGI	GG	GGI
PN	1	6.874,82	6.857,46	(2-1)	9,51*	9,11 *	0,50 ± 0,07	0,52 ± 0,07
	2	6.865,32	6.848,35	(3-2)	4078,42*	4075,86 *	0,40 ± 0,08	0,42 ± 0,08
	3	2.796,40	2.781,60	(3-1)	4068,92*	4066,75 *	0,41 ± 0,09	0,43 ± 0,10
P210	1	9.905,20	9.869,96	(2-1)	16,00*	17,09 *	0,35 ± 0,07	0,34 ± 0,07
	2	9.889,20	9.852,86	(3-2)	4087,80*	4089,36 *	0,21 ± 0,07	0,19 ± 0,07
	3	5.817,40	5.780,60	(3-1)	4071,80*	4072,26 *	0,17 ± 0,07	0,14 ± 0,07
P365	1	10.746,55	10.699,68	(2-1)	3,12 ^{ns}	3,86 *	0,17 ± 0,06	0,14 ± 0,06
	2	10.743,43	10.695,83	(3-2)	4073,52*	4073,18 *	0,13 ± 0,06	0,10 ± 0,05
	3	6.673,04	6.626,50	(3-1)	4070,39*	4069,33 *	0,12 ± 0,06	0,09 ± 0,06
P420	1	10.893,84	10.851,96	(2-1)	4,72*	5,68 *	0,28 ± 0,07	0,26 ± 0,07
	2	10.889,12	10.846,28	(3-2)	4076,09*	4076,36 *	0,20 ± 0,07	0,17 ± 0,07
	3	6.817,75	6.775,60	(3-1)	4071,37*	4070,68 *	0,17 ± 0,07	0,15 ± 0,07

Análises unicaracterísticas; M - Modelos; CM - Comparação entre os modelos; LRT – Teste de razão de verossimilhança (Likelihood Ratio Test); h^2_d - herdabilidade direta; ep - erro padrão; GG – grupo genético; GGI – Grupo genético de origem identificada; PN – Peso ao nascer; P210 – peso à desmama; P365 – peso ao ano; P420 – peso ao sobreano; * - teste significativo ($P < 0,05$); ns – teste não significativo ($P < 0,05$)

Pela Tabela 11, pode-se observar que o Modelo 3, que considerou os efeitos genético aditivo direto, genético materno e ambiente permanente materno, foi o mais adequado para todas as características, independentemente do tipo de informação utilizada. Nota-se também que, incluir apenas o efeito genético aditivo direto causou a inflação das estimativas de herdabilidade, corroborando os resultados obtidos por Koch (1972) e Meyer (1992). Bocchi et al. (2008) analisando dados de animais compostos oriundos do projeto que utiliza o sistema de cruzamento NABC (Ferraz et al., 1999), verificaram a necessidade da inclusão dos efeitos maternos em modelos de avaliação de animais compostos para a característica ganho de peso pré-desmama. Porém, no presente trabalho a importância dos efeitos maternos se

estendeu para as características pós-desmama, resultado semelhante ao encontrado por Eler et al. (1995) para peso ao sobreano em bovinos Nelore.

As variâncias e os coeficientes de herdabilidade obtidas por análises unicaracterísticas utilizando o modelo 3 que considera os efeitos genético aditivo direto, genético materno e ambiente permanente materno estão apresentadas Tabela 12.

TABELA 12 - COMPONENTES DE (CO) VARIÂNCIA E ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE PARA PESO AO NASCER (PN), PESO À DESMAMA (P210), PESO AO ANO (P365), PESO AO SOBREANO (P420) DE ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS

	GG	GGI
	PN	
σ^2_a	14,64	15,95
σ^2_{wp}	4,76	5,46
σ^2_m	0,00	0,00
σ^2_p	31,078	37,23
$h^2_d \pm ep$	0,41 \pm 0,09	0,43 \pm 0,10
$h^2_m \pm ep$	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
	P210	
σ^2_a	93,51	80,40
σ^2_{wp}	58,65	57,33
σ^2_m	48,93	54,43
σ^2_p	501,03	557,20
$h^2_d \pm ep$	0,17 \pm 0,07	0,14 \pm 0,07
$h^2_m \pm ep$	0,09 \pm 0,06	0,10 \pm 0,07
	P365	
σ^2_a	146,02	109,10
σ^2_{wp}	57,54	68,43
σ^2_m	37,14	32,93
σ^2_p	1136,14	1.178,49
$h^2_d \pm ep$	0,12 \pm 0,06	0,09 \pm 0,06
$h^2_m \pm ep$	0,03 \pm 0,05	0,03 \pm 0,05
	P420	
σ^2_a	245,72	203,39
σ^2_{wp}	61,533	65,07
σ^2_m	85,847	94,36
σ^2_p	1.344,37	1.396,72
$h^2_d \pm ep$	0,17 \pm 0,07	0,15 \pm 0,07
$h^2_m \pm ep$	0,06 \pm 0,06	0,07 \pm 0,06

σ^2_a – variância genética aditiva direta; σ^2_{wp} - variância de ambiente permanente materno; σ^2_m - variância genética aditiva materna; σ^2_p - variância fenotípica; h^2_d - herdabilidade direta; h^2_m - herdabilidade materna; ep - erro padrão; GG – grupo genético; GGI – Grupo genético com origem identificada; PN – Peso ao nascer; P210 – peso à desmama; P365 – peso ao ano; P420 – peso ao sobreano

Pela Tabela 12 é possível observar que os coeficientes de herdabilidade foram semelhantes para ambos os grupos genéticos estudados, sendo que para o PN a magnitude foi alta e, para os pesos subsequentes, a magnitude foi baixa. Quanto a herdabilidade materna, as estimativas foram baixas e com erros-padrão elevados.

A Tabela 13 apresenta os componentes de variâncias e estimativas de herdabilidades dos resultados das análises multicaráter. Apesar do LRT indicar o modelo 3, que inclui os efeitos genético aditivo direto, genético materno e ambiente permanente materno, as análises multicaráter não convergiram. Com isso foram apresentadas as análises que obtiveram sucesso na convergência.

TABELA 13 – COMPONENTES DE (CO) VARIÂNCIA E ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE PARA PESO AO NASCER (PN), PESO À DESMAMA (P210), PESO AO ANO (P365), PESO AO SOBREANO (P420) DE ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS OBTIDAS VIA ANÁLISE MULTICARÁTER

	PN*		P210*	
	GG	GGI	GG	GGI
σ^2_a	19,79	20,36	206,68	193,94
σ^2_{wp}	3,68	3,63	52,26	53,03
σ^2_m	0,00	0,00	39,79	41,15
σ^2_p	36,45	36,50	586,09	582,29
$h^2_d \pm ep$	0,55 \pm 0,07	0,56 \pm 0,07	0,35 \pm 0,07	0,33 \pm 0,07
$h^2_m \pm ep$	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,07 \pm 0,04	0,07 \pm 0,04
	P365**		P420***	
	GG	GGI	GG	GGI
σ^2_a	313,95	267,91	531,47	368,16
σ^2_{wp}	78,53	85,13	-	-
σ^2_m	-	-	-	-
σ^2_p	1230,04	1211,24	1460,81	1.412,16
$h^2_d \pm ep$	0,26 \pm 0,06	0,22 \pm 0,05	0,36 \pm 0,06	0,26 \pm 0,07
$h^2_m \pm ep$	-	-	-	-

σ^2_a – variância genética aditiva direta; σ^2_{wp} - variância de ambiente permanente materno; σ^2_m - variância genética aditiva materna; σ^2_p - variância fenotípica ; h^2_d - herdabilidade direta; h^2_m - herdabilidade materna; ep - erro padrão; GG – grupo genético; GGI – Grupo genético de origem identificada; *Bicaráter – inclusão do efeito de ambiente permanente materno e efeito materno (modelo 3) entre PN e P210; **Tricaráter - inclusão do efeito de ambiente permanente materno (Modelo 2) entre PN, P210 e P365; ***Multicaráter – somente com o efeito genético aditivo direto (modelo 1) as 4 característica

Nota-se, pela Tabela 13, que ao realizar as análises multicaráter, a magnitude dos coeficientes das herdabilidades diretas aumentou para todas as características estudadas, variando de moderadas a altas, o que indica possibilidade de resposta à seleção direta.

As correlações genéticas e fenotípicas entre as características estudadas podem ser observadas na Tabela 14.

TABELA 14 – CORRELAÇÕES GENÉTICAS MODELO DE GRUPO GENÉTICO (ACIMA DA DIAGONAL) E GRUPO GENÉTICO IDENTIFICADO (ABAIXO DA DIAGONAL) ENTRE OS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365), AO SOBREANO (P420) DE ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS

	PN	P210	P365	P420
PN	-	0,74	0,68	0,63
P210	0,73	-	0,94	0,93
P365	0,78	0,97	-	1,00
P420	0,67	0,96	0,99	-

Pela Tabela 14, é possível observar que as correlações genéticas foram altas e positivas, evidenciando que grande parte dos genes de ação aditiva influenciam tanto o peso ao nascer quanto os pesos às idades subsequentes, conforme esperado. Isso implica em que a seleção para qualquer um dos pesos deverá promover mudanças na mesma direção para os outros. Estes resultados corroboram os obtidos para PN e as demais características (PEREIRA et al., 2006; BOLIGON et al., 2009). Para P210, P365 e P420 (MASCIOLO et al., 1996; FERRAZ FILHO et al., 2002; MALHADO et al., 2002; SAKAGUTI et al., 2003; TORAL et al., 2004; PEREIRA et al., 2006; YOKOO et al., 2007; BOLIGON et al., 2008; BOLIGON et al., 2009; LAUREANO et al., 2011). Vale ressaltar que o aumento do PN não é desejável para não promover nas propriedades problemas de partos distócicos (ROBERSON, SANDERS E CARTWRIGHT, 1986; BENNET e GREGORY, 1996).

Quanto às correlações fenotípicas, foram 0,55, 0,41 e 0,42 entre PN com P210, P365 e P420, respectivamente. Entre P210 x P365 e P210 x P420 foram de 0,74 e 0,76, respectivamente. A correlação fenotípica entre o P365 x P420 foi de 0,83. As estimativas foram altas e positivas, e a magnitude aumentou com o passar da idade dos animais, sugerindo que os animais mais pesados observados em idades mais

jovens serão igualmente mais pesados nas idades avançadas. Pereira et al. (2006) estimaram, para a raça Caracu, correlação fenotípicas altas e positivas entre as características de crescimento P210, P378 e P550, utilizando um modelo que incluía os efeitos maternos.

As correlações ambientais para o modelo GG foram 0,50, 0,55 e 0,66 entre P210 x P365, P210 x P420 e P365 x P420, respectivamente. Já com o GGI entre P210 x P365 e P210 x P420, as correlações foram de 0,56 e 0,55 e entre P365 x P420 foi 0,72, correlações altas e positivas, indicando que os efeitos de meio favorável ao peso em grande parte contribuem para maior peso às idades subsequentes. Toral et al. (2004) estimaram correlações ambientais de moderadas a altas entre peso aos 205 dias, P365 e peso aos 550 dias para a raça Nelore.

4.4 CONCLUSÃO

Para animais quadrimestiços, independentemente de se considerar a origem dos cruzamentos, deve-se incluir os efeitos maternos nos modelos para estimação de parâmetros genéticos do nascimento ao sobreano.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-AZIZ, M.; SCHOEMAN, S.J.; JORDAAN, G. Estimation of additive, maternal and non-additive genetic effects of preweaning growth traits in a multibreed beef cattle project. **Animal Science Journal**, v.74, p.169–179, 2003.
- BENNET, G.L.; GREGORY, K.E. Genetic (co)variances among birth weight, 200-day weight, and postweaning gain in composites and parental breeds of beef cattle. **J. Anim. Sci.** v.74, p.2598–2611, 1996.
- BOCCHI, A.L.; OLIVEIRA, H.N.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P. 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, 2008.
- BOLIGON, A.A.; ALBUQUERQUE, I.G.; MERCADANTE, M.E.Z.; LÔBO, R.B. Herdabilidades e correlações entre pesos do nascimento à idade adulta em rebanhos da raça Nelore. **Rev. bras. zootec.**, v.38, n.12, p.2320-2326, 2009.
- BOLIGON, A.A.; ALBUQUERQUE, L.G.; RORATO, P.R.N. Associações genéticas entre pesos e características reprodutivas em rebanhos da raça Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.4, p.596-601, 2008.
- DEMEKE, S.; NESER, F.W.C.; SCHOEMAN, S.J. Variance components and genetic parameters for early growth traits in a mixed population of purebred *Bos indicus* and crossbred cattle. **Livestock Production Science**, v.84, p. 11–21, 2003.
- ELER, J.P.; VAN VLECK, L.D.; FERRAZ, J.B.S.; LÔBO, R.B. Estimation of Variances Due to Direct and Maternal Effects for Growth Traits of Nelore Cattle. **J. Anim. Sci.** v.73, p.3253–3258, 1995.
- FACÓ, O.; MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R.N.B.; OLIVEIRA, S.M.P.; MARTINS, G.A. Heterogeneidade de (co)variância para a produção de leite nos grupos genéticos formadores da raça Girolando. **Rev. Ciên. Agron.**, Fortaleza, v.38, n.3, p.304-309, 2007.
- FERRAZ FILHO, P.B.; RAMOS, A.A.; SILVA, I.O.C.; SOUZA, J.C.; ALENCAR, M.M. Herdabilidade e correlações genéticas, fenotípicas e ambientais para pesos em diferentes idades de bovinos da raça Tabapuã. **Archives of Veterinary Science**. v.7, n.1, p.65-69, 2002.
- FERRAZ, J.B.B; ELER, J.P.; GOLDEN, B.L. A formação do composto Montana Tropical. **Rev. Bras. Rep. An.**, Belo Horizonte, v.23, n.2, p.111-113, 1999.
- HOGG, R.V.; CRAIG A.T. Introduction to Mathematical Statistics. 5 ed. New Jersey: Prentice Hall; 1995. 564p.
- KOCH, R.M. The role of maternal effects in animal breeding: VI. Maternal effects in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.35, n.6, p.1316-1323, 1972.
- LAUREANO, M.M.M.; BOLIGON, A.A.; COSTA, R.B.; FORNI, S.; SEVERO, J.L.P.; ALBUQUERQUE, L.G. 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, 2011.

MALHADO, C.H.M.; SOUZA, J.C.; SILVA, L.O.C.; FERRAZ FILHO, P.B. Correlações genéticas, fenotípicas e de ambiente entre os pesos de várias idades em bovinos da raça Guzerá no estado de São Paulo. **Archives of Veterinary Science** v.7, n.1, p.71-75, 2002.

MANIATIS, N.; POLLOTT, G.E. The impact of data structure an genetic (co)variance components of early growth in sheep, estimated using an animal model with maternal effects. **J. Anim. Sci.**, 81: 101-108, 2003.

MASCIOLI, A.S.; ALENCAR, M.M.; BARBOSA, P.F.; NOVAES, A.P.; OLIVEIRA, M.C.S. Estimativas de parâmetros genéticos e proposição de critérios de seleção para pesos na raça Canchim. **R. Bras. Zootec.**, v.25, n.1, p.72-82, 1996.

MEYER, K. Estimates of direct and maternal correlations among growth traits in Australian beef cattle. **Livest. Prod. Sci.** v.38, p.91-105, 1994.

MEYER, K. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. **Livestock Production Science**, v.3, p.179-204, 1992.

MEYER, K.; CARRICK, M.J.; DONNELLY, B.J.P. Genetic parameters for growth traits of Australian Beef cattle from a multibreed selection experiment. **J. Anim. Sci.** v.71, p.2614–2622, 1993.

MISZTAL, I. Manual for BLUPF90 family of programs. <http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90_all2.pdf>. <http://nce.ads.uga.edu/wiki/doku.php?id=application_programs>. Acesso em: 01 Jan 2019.

PAZ, C.C.P.; ALBUQUERQUE, L.G.; FRIES, L.A. Efeitos ambientais sobre o ganho de peso no período do nascimento ao desmame em bovinos da raça Nelore. **Rev. bras. zootec.**, v.28, n.1, p.55-64, 1999.

PEREIRA, M.C.; MERCADANTE, M.E.Z.; ALBUQUERQUE, L.G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A. Estimativas de parâmetros genéticos de características de crescimento em um rebanho Caracu selecionado para peso ao sobreano. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.4, p.1669-1676, 2006.

PEROTTO, D. Projeto do programa de avaliação genética do Purunã. 2018. Disponível em: <<https://www.puruna.org.br/na-midia>>. Acesso em: 07 jul. 2018.

ROBERSON, R.L.; SANDERS, J.O.; CARTWRIGHT, T.C. Direct and maternal genetics effects on preweaning characters of Brahman, Hereford and Brahman-Hereford crossbreed cattle. **Journal of Animal Science**, v.26, p. 438-446, 1986.

SAKAGUTI, E.S.; SILVA, M.A.; QUAAS, R.L.; MARTINS, E.N.; LOPES, P.S.; SILVA, L.O.C. Avaliação do crescimento de bovinos jovens da raça Tabapuã, por meio de análises de funções de covariâncias. **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.4, p.864-874, 2003.

SARMENTO, J.L.R., PIMENTA FILHO, E.C., RIBEIRO, M.N., MARTINS FILHO, R. Efeitos ambientais e genéticos sobre o ganho em peso diário de bovinos Nelore no Estado da Paraíba. **Rev. bras. zootec.**, v.32, n.2, p.325-330, 2003.

TORAL, F.L.B.; SILVA, L.O.C.; MARTINS, E.N.; GONDO, A.; SIMONELLI, S.M. Interação genótipo x ambiente em características de crescimento de bovinos da raça Nelore no Mato Grosso do Sul. **R. Bras. Zootec.**, v.33, n.6, p.1445-1455, 2004.

TOSH, J.J.; KEMP, R.A.; WARD, D.R. Estimates of direct and maternal genetic parameters for weight traits and backfat thickness in a multibreed population of beef cattle. **Can. J. Anim. Sci.** v.79, p.433-439, 1999.

VERGARA, O.G.; CERÓN-MUÑOZ, M.; ELZO, M.A. Modelos de evaluación genética multirracial caso peso al destete em bovinos. **Rev..MVZ Córdoba**, v.15, n.1, p. 1985-1996, 2010.

YOKOO, M.J.I.; ALBUQUERQUE, L.G. LÔBO, R.B.; SAINZ, R.D.; JÚNIOR, J.M.C.; BEZERRA, L.A.F.; ARAUJO, F.R.C. 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, 2007.

5 CAPÍTULO IV – MODELOS PARA AVALIAÇÃO GENÉTICA DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ

5.1 INTRODUÇÃO

A formação de novas raças é um dos métodos de cruzamento mais consolidados em bovinos de corte no Brasil e no mundo. Este modelo foi proposto para a formação da raça Santa Gertrudis (5/8 Shorthorn e 3/8 Brahman) (ROSA, MENEZES e EGITO, 2013) e, posteriormente, das raças Canchim (5/8 Charolês e 3/8 Nelore)(SILVA et al., 2000) e Brangus (5/8 Angus e 3/8 Brahman), Braford (5/8 Hereford e 3/8 Brahman) (SILVA et al., 2012), cujo objetivo era a obtenção da combinação de características desejáveis entre raças e a homogeneidade dos planteis.

Outras composições multirraciais foram planejadas e realizadas com o objetivo de proporcionar maior flexibilidade no uso de determinadas raças, em função do ambiente de criação, atender demandas de mercado e obter maior retenção de heterose possível. No Brasil, há registros de dois programas que idealizaram a introdução de mais raças fundadoras envolvidas: Montana Tropical, que não têm uma composição genética definida, (FERRAZ e ELER, 2010) e, mais recentemente, a raça Purunã, cruzamento que envolve as raças: Charolês, Caracu, Canchim e Angus em iguais proporções (MOURA et al., 2014)

Porém, realizar a avaliação genética para animais compostos não é simples, pois é necessário identificar um modelo que permita a inclusão dos efeitos genéticos não aditivos, adequadamente, além é claro dos efeitos aditivos (ELZO e BORJAS, 2004).

A inclusão dos efeitos não aditivos no modelos de avaliação genética, como aditivo de raça (com desvio da composição de um dos compostos), as heterozigoses (individuais e maternas) e os efeitos epistáticos foi indicada por vários autores (DICKERSON, 1973; SWAN e KINGHORN, 1992; ARNOLD, BERTRAND e BENYSHEK, 1992; RODRÍGUEZ-ALMEIDA, VAN VLECK e GREGORY, 1997; ELZO e BORJAS, 2004; BOCCHI et al., 2008; VERGARA et al., 2010).

Entretanto, alguns modelos são demasiadamente parametrizados, há relatos de problemas de multicolinearidade, em função da correlação entre as variáveis presentes nos modelos e, conseqüentemente, viés nas análises, resultando em estimativas de valores genéticos sub ou superestimados (FRIES et al., 2000; BERTOLI et al., 2015). Em muitos casos o uso de grupo racial como efeito fixo tem sido a melhor opção para rebanhos de bovinos compostos (ELZO e BORJAS, 2004; VERGARA et al., 2010). Na literatura, são escassos estudos sobre modelos de avaliação genética para bovinos cruzados, uma vez que há grande diversidade de propostas para formação de grupos genéticos que podem envolver duas ou mais raças envolvidas no sistema de cruzamento.

De acordo com Ferraz Filho et al., (2002) a seleção de bovinos de corte deve ser realizada com base nos valores genéticos estimados, identificando touros geneticamente superiores e utilizando-os como pais da próxima geração. Para melhor eficiência deste processo, é importante a identificação de modelos adequados que levem às estimativas de valores genéticos acurados e, conseqüentemente, com menor viés no ranqueamento dos animais, tendo a confiabilidade na tomada de decisão sobre a escolha dos melhores touros (CARNEIRO et al., 2006).

Com isso o objetivo deste trabalho foi identificar o modelo mais adequado para realizar a avaliação genética de bovinos quadrimestiços Purunã, bem como estimar a correlação de ranking entre os modelos de avaliação genética para as características de pesos pré e pós-desmama.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram usados registros de peso ao nascer (PN), à desmama (P210), ao ano (P365) e ao sobreano (P420) de 9.345 bovinos, nascidos entre 1981 e 2017, pertencentes ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) utilizados para a formação do quadrimestiço denominado Purunã (Perotto, 2018). Na Tabela 15 estão apresentados os grupos genéticos e os acasalamentos utilizados para a obtenção do Purunã, que apresenta em sua composição iguais proporções das raças envolvidas de $\frac{1}{4}$ das raças Angus, Caracu, Charolês e Canchim.

TABELA 15 – GRUPOS GENÉTICOS UTILIZADOS PARA A FORMAÇÃO DO COMPOSTO QUADRIMESTIÇO PURUNÃ

GG	GGI	PAI	MÃE	COMPOSIÇÃO
P1	61	Ab + Cn	Ch + Ca	(E) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P1	71	Cn + Ab	Ca + Ch	(F) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P1	81	Ca + Ch	Cn + Ab	(G) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P1	91	Ch + Ca	Ab + Cn	(H) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P2	62	E	G	(I) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P2	72	G	E	(J) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P2	82	H	F	(K) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P2	92	F	H	(L) 1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn
P3	80	I, J, K, L e P	I, J, K, L e P	1/4Ch + 1/4Ca + 1/4Ab + 1/4Cn

GG – Grupo Genético; GGI – Grupo Genético de origem Identificada; P1 – Primeira geração de quadrimestiços; P2 – Segunda geração de quadrimestiços; P3 – Terceira geração de quadrimestiços; Ab – Angus; Ca – Caracu; Ch – Charolês; Cn – Canchim

FONTE: Adaptado de PEROTTO (2018).

A edição dos dados, ajustes dos pesos e a formação dos grupos de contemporâneos foram realizadas conforme apresentado no Capítulo 2 desta Tese.

Para estudar as informações dos animais quadrimestiços, foram formados 4 arquivos. O primeiro arquivo para o modelo de grupo genético de origem identificada (GGI), o segundo o grupo genético convencional (GG), o terceiro que considerou as variáveis que foram significativos pelo GLM (General Linear Model) do software SAS (SAS 9.4, 2014) e o quarto no qual utilizou-se o modelo do Dickerson, que considerou os efeitos genéticos não aditivos apresentados na Tabela 16.

TABELA 16 – COEFICIENTES REGRESSORES UTILIZADOS NA ESTIMAÇÃO DOS EFEITOS ADITIVOS E NÃO ADITIVOS PARA BOVINOS QUADRIMESTIÇOS.

GG	GGI	PAI	MÃE	a ^I	a ^M	h ^I	h ^M	r ^I	r ^M
P1	61	Ab + Cn	Ch + Ca	0,25	0,5	1	1	0,5	0
P1	71	Cn + Ab	Ca + Ch	0,25	0,5	1	1	0,5	0
P1	81	Ca + Ch	Cn + Ab	0,25	0	1	1	0,5	0
P1	91	Ch + Ca	Ab + Cn	0,25	0	1	1	0,5	0
P2	62	E	G	0,25	0,25	0,75	1	0,75	0,5
P2	72	G	E	0,25	0,25	0,75	1	0,75	0,5
P2	82	H	F	0,25	0,25	0,75	1	0,75	0,5
P2	92	F	H	0,25	0,25	0,75	1	0,75	0,5
P3	80	I, J, K, L e P	I, J, K, L e P	0,25	0,25	0,75	0,75	0,75	0,75

GG – Grupo Genético; GGI – Grupo Genético de origem Identificada; P1 – Primeira geração de quadrimestiços; P2 – Segunda geração de quadrimestiços; P3 – Terceira geração de quadrimestiços; a^I, a^M – coeficientes para efeitos aditivos direto e materno, respectivamente; h^I, h^M – coeficientes para efeitos heteróticos individual e materno, respectivamente; r^I, r^M – coeficientes para efeitos epistáticos individual, segundo Dickerson (1973).

Para o Grupo Genético (GG), os animais foram agrupados independentemente do cruzamento que os originou, ou seja, todos os indivíduos da primeira geração (P1), todos os indivíduos da segunda geração (P2) e todos os indivíduos de terceira geração (P3 - Purunã). Já o grupo genético de origem identificada (GGI) a origem do cruzamento foi levada em consideração da seguinte forma: indivíduos da primeira geração: de acordo com, desmembramento com base na origem de formação destes indivíduos, tendo-se os códigos: 61 (mãe Ch x Ca), 71 (mãe Ca x Ch), 81 (mãe Cn x Ab) e 91 (mãe Ab x Cn); a segunda geração, com 62 (mãe 81), 72 (mãe 61), 82 (mãe 71), 92 (mãe 91) e a terceira geração de animais Purunã (codificados como 80).

Com isso, os 4 modelos utilizados neste estudo foram:

$$\text{Modelo 1: } Y_{ijkl} = \mu + GC_i + GGI_j + ID_k + IDV_l + IDV_l^2 + e_{ijkl}$$

Em que:

Y_{ijkl} = Efeito das variáveis estudadas (PN, P210, P365, P420);

μ = média geral;

GC_i = efeito $i^{\text{ésimo}}$ grupo contemporâneo;

GG_j = efeito o $j^{\text{ésimo}}$ grupo genético de origem identificada*;

ID_k = efeito linear da idade do animal no momento da avaliação (somente para o P365);

IDV_l e IDV_l^2 = efeito linear e quadrático da idade da vaca;

e_{ijkl} = erro associado a cada observação.

Modelo 2: $Y_{ijkl} = \mu + GC_i + GG_j + ID_k + IDV_l + IDV_l^2 + e_{ijkl}$

Em que:

Y_{ijkl} = Efeito das variáveis estudadas (PN, P210, P365, P420);

μ = média geral;

GC_i = efeito $i^{\text{ésimo}}$ grupo contemporâneo;

GG_j = efeito o $j^{\text{ésimo}}$ grupo genético convencional;

ID_k = efeito linear da idade do animal no momento da avaliação (somente para o P365);

IDV_l e IDV_l^2 = efeito linear e quadrático da idade da vaca;

e_{ijkl} = erro associado a cada observação.

Modelo 3: no qual foram consideradas as variáveis significativas indicadas pelo GLM para cada característica estudada:

$$Y_{ijklm} = \mu + GC_i + ID_j + IDV_k + IDV_k^2 + HI_l + HM_m + e_{ijklm}$$

Em que:

Y_{ijklm} = Efeito das variáveis estudadas (PN, P210, P365, P420);

μ = média geral;

GC_i = efeito $i^{\text{ésimo}}$ grupo contemporâneo;

ID_j = efeito linear da idade do animal no momento da avaliação (somente para o P365);

IDV_k e IDV_k^2 = efeito linear e quadrático da idade da vaca;

HI_l = heterozigose individual;

HM_m = heterozigose materna;

e_{ijklm} = erro associado a cada característica.

E o modelo 4 descrito por Dickerson (1973):

$$Y_{ijklmnopq} = \mu + GC_i + ID_j + IDV_k + IDV_k^2 + HI_l + HM_m + CH_n + CHM_o + EPI_p + EPIM_q + e_{ijklmnopq}$$

Em que:

$Y_{ijklmno}$ = Efeito das variáveis estudadas (PN, P210, P365, P420);

μ = média geral;

GC_i = efeito $i^{\text{ésimo}}$ grupo contemporâneo;

ID_j = efeito linear da idade do animal no momento da avaliação (apenas para P365);

IDV_k e IDV_k^2 = efeito linear e quadrático da idade da vaca;

HI_l = heterozigose individual;

HM_m = heterozigose materna;

CH_n = composição da fração charolesa do animal;

CHM_o = composição da fração charolesa da mãe;

EPI_p = espistazigose individual;

$EPIM_q$ = espistazigose materna;

$e_{ijklmnopq}$ = erro associado a cada característica.

As análises preliminares foram realizadas por meio do procedimento GLM do software SAS (SAS 9.4, 2014). As comparações entre os modelos foram realizadas por meio do cálculo de redução na soma de quadrados dos resíduos (ROBINSON et al., 1981), bem como, pelo critério de convergência de AIC (Akaike information criterion – Critério de informação de Akaike), para o qual o modelo mais apropriado é o que apresenta menor valor (BOZDOGAN, 1987).

Para o estudo da correlação de ranking foram selecionados os 448 machos quadrimestiços, ordenados pelo valor genético predito para as características de peso avaliado. Para cada um desses indivíduos foram assinalados valores de ordenação (posto) em função de cada modelo estudado.

Foram realizadas análises de correlação de Pearson entre os valores genéticos estimados (TORAL et al., 2004). Já para a avaliação do ranqueamento foi realizada a correlação de Spearman pelo procedimento PROC SPERMAN (SAS 9.4, 2014) entre a ordenação dos postos dos indivíduos, tendo como referência o Modelo 1 que considerou o grupo genético de origem identificada como efeito fixo (GGI). Para interpretação dos resultados, a correlação de Spearman foi considerada alta quando o valor maior ou igual a 0,80.

Posteriormente calculou-se a diferença entre os valores genéticos preditos ordenados da seguinte forma:

- Modelo 1 – Posto A (GGI como efeito fixo);
- Modelo 2 – Posto B (GG como efeito fixo);
- Modelo 3 – Posto C (Considerou-se as variáveis significativas indicadas pelo GLM para cada característica estudada);
- Modelo 4 – Posto D (DICKERSON, 1973).

As diferenças entre postos foram calculadas da seguinte forma:

- DIFAB – Diferença entre os postos ranqueados pelo modelo 1 e relação ao modelo 2;

- DIFAC – Diferença entre os postos ranqueados pelo modelo 1 e relação ao modelo 3;
- DIFAD - Diferença entre os postos ranqueados pelo modelo 1 e relação ao modelo 4;

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação dos modelos em função de graus de liberdade do resíduo, soma de quadrados do resíduo tipo III e o coeficiente de determinação (R^2) são apresentadas na Tabela 17.

TABELA 17 – COMPARAÇÃO DOS MODELOS EM FUNÇÃO DE GRAUS DE LIBERDADE DO RESÍDUO (GLR), SOMA DE QUADRADOS DO RESÍDUO, TIPO III (SQR) E COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R²) DE BOVINOS QUADRIMESTIÇOS

PN			
Modelo	GLR	SQR	R2
1	1063	35937,89	0,28
2	1069	36200,28	0,28
3	1069	36503,73	0,27
4	1065	36323,49	0,27
REDUÇÃO 2-1	6	262,39 ^{ns}	
REDUÇÃO 3-1	6	565,842*	
REDUÇÃO 4-1	2	385,604**	
P210			
Modelo	GLR	SQR	R2
1	1063	586926,28	0,54
2	1069	596672,70	0,53
3	1069	590596,72	0,54
4	1065	588164,263	0,54
REDUÇÃO 2-1	6	9746,41**	
REDUÇÃO 3-1	6	3670,44 ^{ns}	
REDUÇÃO 4-1	2	1237,98 ^{ns}	
REDUÇÃO 4-3	4	2432,46**	
P365			
Modelo	GLR	SQR	R2
1	1062	1248359,89	0,51
2	1068	1275994,89	0,50
3	1068	1272523,00	0,50
4	1064	1258903,23	0,51
REDUÇÃO 2-1	6	27635,00**	
REDUÇÃO 3-1	6	24163,11**	
REDUÇÃO 4-1	2	10543,35*	
P420			
Modelo	GLR	SQR	R2
1	1062	1472466,28	0,54
2	1068	1500548,00	0,53
3	1068	1495081,04	0,53
4	1064	1484902,60	0,53
REDUÇÃO 2-1	6	28081,70*	
REDUÇÃO 3-1	6	22614,80**	
REDUÇÃO 4-1	2	12436,30*	

** - significativo (P<0,01); * - significativo (P<0,05); ns – não significativo;

PN – peso ao nascer; P210 – peso à desmama; P365 – peso ao ano; P420 – peso ao sobreano.

Para os modelos analisados os valores do coeficiente de determinação foram similares para todas as características estudadas (Tabela 17).

Ao analisar a redução da soma de quadrados para a característica PN entre os modelos que consideram os grupos genéticos com identificação da origem – GGI (Modelo 1) e grupo genético – GG (modelo 2), a redução da soma de quadrados do resíduo (SQR) não foi significativa, indicando que qualquer um dos modelos pode ser utilizado em avaliações genéticas. Porém, quando se comparou o modelo 1 com os modelos que consideraram heterozigotes (modelo 3) e o modelo de Dickerson (Modelo 4) a redução foi significativa, ou seja, o modelo de grupo genético de origem identificada explica melhor os dados com a redução da soma de quadrados do resíduo, possivelmente os efeitos de heterozigotes (modelo 3), e o 4, que considera além das heterozigotes, os efeitos das composições raciais e a epistaziose, tiveram menor influência sobre o PN.

Ao passo que para a característica P210 tenha ocorrido o oposto ao observado na análise do PN, pois ao comparar os modelos GGI (Modelo 1) x GG (Modelo 2) a redução da SQR foi significativa, indicando o modelo 1 como o mais adequado. Já a redução da SQR quando se compara o modelo 1 em relação aos modelos 3 e 4 não foram significativas, ou seja, qualquer um dos modelos podem ser utilizados. Ao se comparar o modelo que considera as heterozigotes (Modelo 3) com o modelo de Dickerson (Modelo 4), houve significância indicando o modelo 4 como o mais indicado por ter a redução da soma de quadrados do resíduo. Com isso, para o P210 os modelos que podem ser utilizados são os modelos 1 ou o modelo de Dickerson (Modelo 4).

Para o P365 e o P420 ao comparar o modelo 1 com os demais as reduções das somas de quadrados do resíduo foram significativas, indicando o modelo 1 como o mais adequado com a redução na soma de quadrado do resíduo e sendo o modelo que explicou a maior parte da variação. As adições dos efeitos de composições raciais, heterozigotes individuais e maternas e efeitos de perdas epistáticas individuais e maternas não explicando a variação encontrada neste banco de dados de animais quadrimestiços, o que na literatura, vários autores sugerem a inclusão dos efeitos das heterozigotes individuais e maternas, bem como os efeitos epistáticos para estimar parâmetros genéticos e gerar os valores genéticos dos reprodutores pertencentes a rebanhos multirraciais (DILLARD et al., 1980; GREGORY e CUNDIFF,

1980; CUNNINGHAM e MAGEE, 1988; SKRYPZECK et al., 2000; ABDEL-AZIZ, SCHOEMAN, JORDAAN, 2003; DEMEKE, NESER e SCHOEMAN, 2004; MOURÃO et al., 2007; BOCCHI et al., 2008; VERGARA et al., 2010; BUENO et al., 2011; DIAS et al., 2011; BUENO et al., 2012; VERGARA et al., 2014).

Para a população de bovinos quadrimestiços estudada, a qual apresenta a mesma proporção das quatro raças envolvidas (1/4 Angus 1/4 Caracu 1/4 Canchim 1/4 Charolês) a inclusão dos efeitos epistáticos pode não favorecer estimativas acuradas de quanto cada raça contribuiu para a formação deste composto, por ter animais de origens distintas com os mesmos valores do efeito epistático.

Outro fator que pode justificar a baixa eficácia da inclusão dos efeitos epistáticos, pode ter sido o reduzido número de animais no banco de dados, pois de acordo com Kinghorn (1982) e Kinghorn e Vercoe (1989), para se notar os efeitos epistáticos é necessário que o conjunto de dados, além de grande, apresente boa estrutura.

Na Tabela 18 estão apresentados o número de parâmetros, os valores dos critérios de convergência – 2 Log de L e AIC (Akaike information criterion) para cada característica e modelo estudados.

TABELA 18 – NÚMEROS DE PARÂMETROS DOS MODELOS UNICARÁCTER E VALORES DE AIC E – 2 LOG DE L DA ANÁLISE MULTICARÁTER DENTRO DE CADA CONJUNTO DE DADOS, DE BOVINOS QUADRIMESTIÇOS

Modelo	Unicaráter				Multicaráter	
	PN	P210	P365	P420	- 2 Log L	AIC
1	4	4	5	4	30478	30512
2	4	4	5	4	30552	30586
3	5	5	6	5	30530	30564
4	9	9	10	9	30431	30465

PN – Peso ao nascer; P210 – peso à desmama; P365 – peso ao ano; P420 – peso ao sobreano.

Pela Tabela 18, nota-se que os critérios de convergência -2 log de L e AIC indicaram o Modelo de Dickerson (Modelo 4) como o mais adequado, entretanto, este

modelo foi o mais parametrizado. Em geral, o AIC prioriza modelos mais parametrizados (FABRIS E GONÇALVES, 2012), o que nem sempre é desejável. O segundo modelo indicado como o mais adequado foi o que considerou o efeito do GGI (Modelo 1), o que pode ser interessante para os procedimentos de análise, uma vez que por ter menor número de parâmetros, provavelmente demandará de menor tempo computacional.

As médias, desvios-padrão e amplitude dos valores genéticos dos machos estão apresentados na Tabela 19.

TABELA 19 – NÚMERO DE ANIMAIS, MÉDIA, DESVIO-PADRÃO E AMPLITUDE DOS VALORES GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE MACHOS QUADRIMESTIÇOS

	N	Média (kg) ± Desvio-padrão	Amplitude (kg)
PN			
Modelo 1	448	-0,38 ± 3,41	-9,58 – 10,89
Modelo 2	448	-0,39 ± 3,34	-9,55 – 10,29
Modelo 3	448	-0,68 ± 3,51	-9,46 – 10,52
Modelo 4	448	-0,56 ± 3,48	-9,21 – 10,65
P210			
Modelo 1	448	3,93 ± 8,33	-9,93 – 32,09
Modelo 2	448	4,56 ± 8,53	-9,82 – 32,82
Modelo 3	448	4,68 ± 8,68	-10,00 – 32,76
Modelo 4	448	4,69 ± 8,61	-9,95 – 32,96
P365			
Modelo 1	448	5,90 ± 9,40	-9,88 – 34,49
Modelo 2	448	7,11 ± 9,99	-9,89 – 37,89
Modelo 3	448	7,30 ± 10,17	-9,79 – 39,59
Modelo 4	448	6,92 ± 10,05	-9,91 – 39,03
P420			
Modelo 1	448	9,81 ± 12,66	-10,00 – 52,29
Modelo 2	448	11,83 ± 12,89	-10,00 – 53,18
Modelo 3	448	11,55 ± 12,90	-9,73 – 53,07
Modelo 4	448	11,25 ± 12,75	-9,94 – 53,52

PN – peso ao nascer; P210 – peso à desmama; P365 – peso ao ano; P420 – peso ao sobreano.

O Modelo 1 apresenta médias e desvios padrão menores quando comparado ao demais modelos em quase todas as características (Tabela 19). Porém os valores

genéticos estimados por todos os modelos, para as características estudadas foram muito próximos, indicando que nenhum dos modelos estudados super ou subestimou os valores genéticos dos touros.

Na Tabela 20 estão apresentadas as correlações de Spearman e de Pearson entre os valores genéticos estimados para características de crescimento de machos quadrimestiços.

TABELA 20 – CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (ACIMA DA DIAGONAL) ENTRE OS POSTOS E CORRELAÇÃO DE PEARSON (ABAIXO DA DIAGONAL) ENTRE OS VALORES GENÉTICOS ESTIMADOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE MACHOS PURUNÃ DE ACORDO COM OS MODELOS ESTUDADOS.

PN				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Modelo 1	-	0,99	0,97	0,98
Modelo 2	0,99	-	0,99	0,99
Modelo 3	0,94	0,95	-	1,00
Modelo 4	0,95	0,96	1,00	-
P210				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Modelo 1	-	0,77	0,67	0,73
Modelo 2	0,91	-	0,89	0,92
Modelo 3	0,81	0,89	-	0,93
Modelo 4	0,84	0,92	0,98	-
P365				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Modelo 1	-	0,89	0,82	0,85
Modelo 2	0,90	-	0,93	0,92
Modelo 3	0,84	0,93	-	0,97
Modelo 4	0,86	0,93	0,98	-
P420				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Modelo 1	-	0,79	0,75	0,79
Modelo 2	0,82	-	0,95	0,96
Modelo 3	0,80	0,95	-	0,98
Modelo 4	0,82	0,96	0,98	-

PN – Peso ao nascer; P210 – peso à desmama; P365 – peso ao ano; P420 – peso ao sobreano.

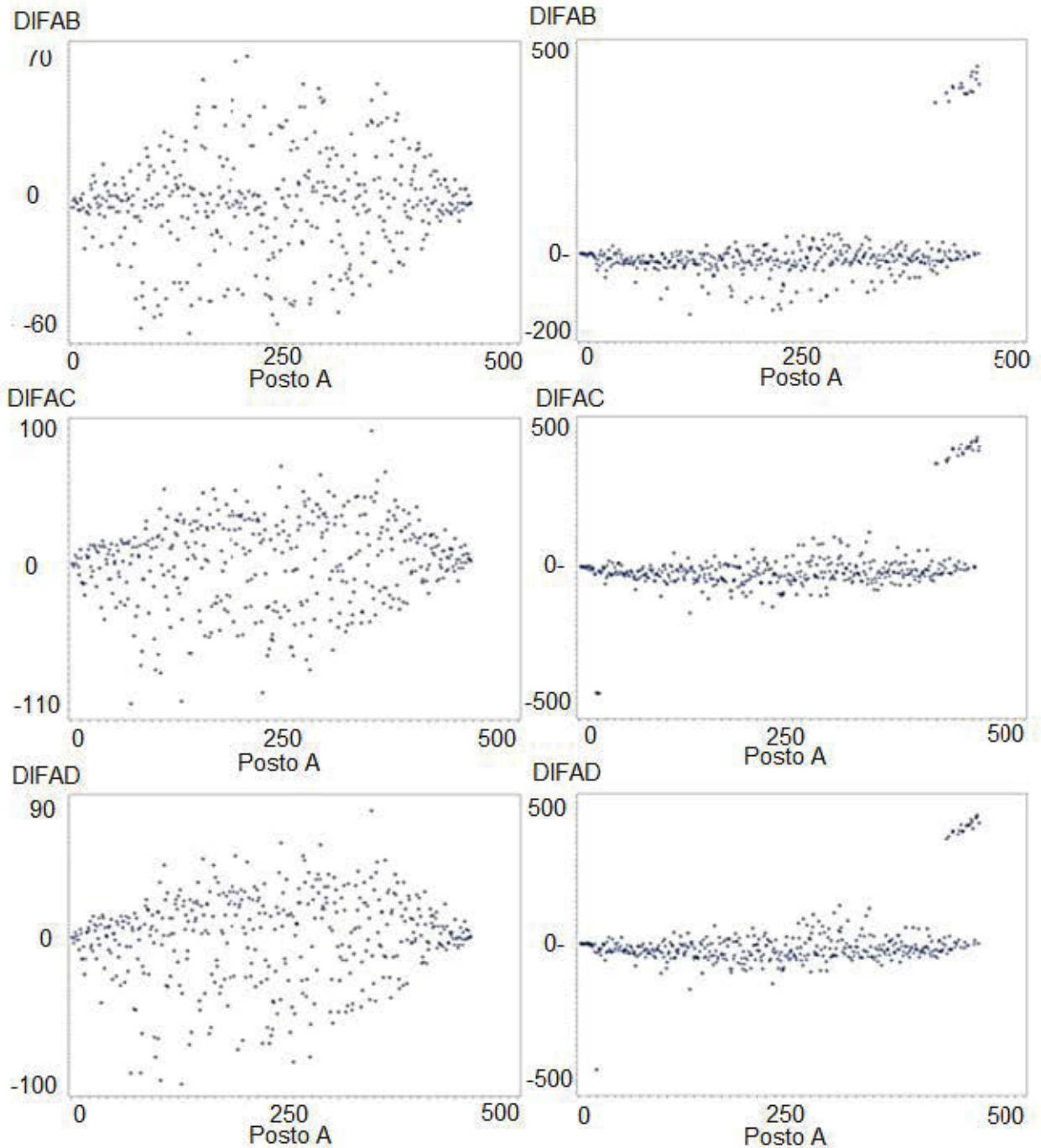
Na Tabela 20 observa-se alta correlação (Pearson) entre os valores genéticos estimados pelos quatro modelos apresentados.

De acordo com a Tabela 20, para o PN e o P365 a alta correlação no ranqueamento dos animais obtida em todos os modelos estudados, sugere que, independente do modelo, o ranking dos touros foi praticamente o mesmo, ou seja, houve pequena variação entre a classificação dos animais. Para as características P210 e P420, nota-se correlação menor que 0,80 entre o modelo 1, e os demais estudados, indicando que quando utiliza-se este Modelo para realizar a avaliação genética, há alteração no ranqueamento dos touros, o que poderá impactar na escolha dos melhores touros, quando o critério de seleção for os pesos a desmama e ao sobreano.

Para as características P210 e P420, quando foram utilizados os modelos 2 (GG), 3 (Heterozigoses) e 4 (Modelo de Dickerson) a correlação de Spearman foi alta ($>0,80$) praticamente não houve alteração no ranking dos touros.

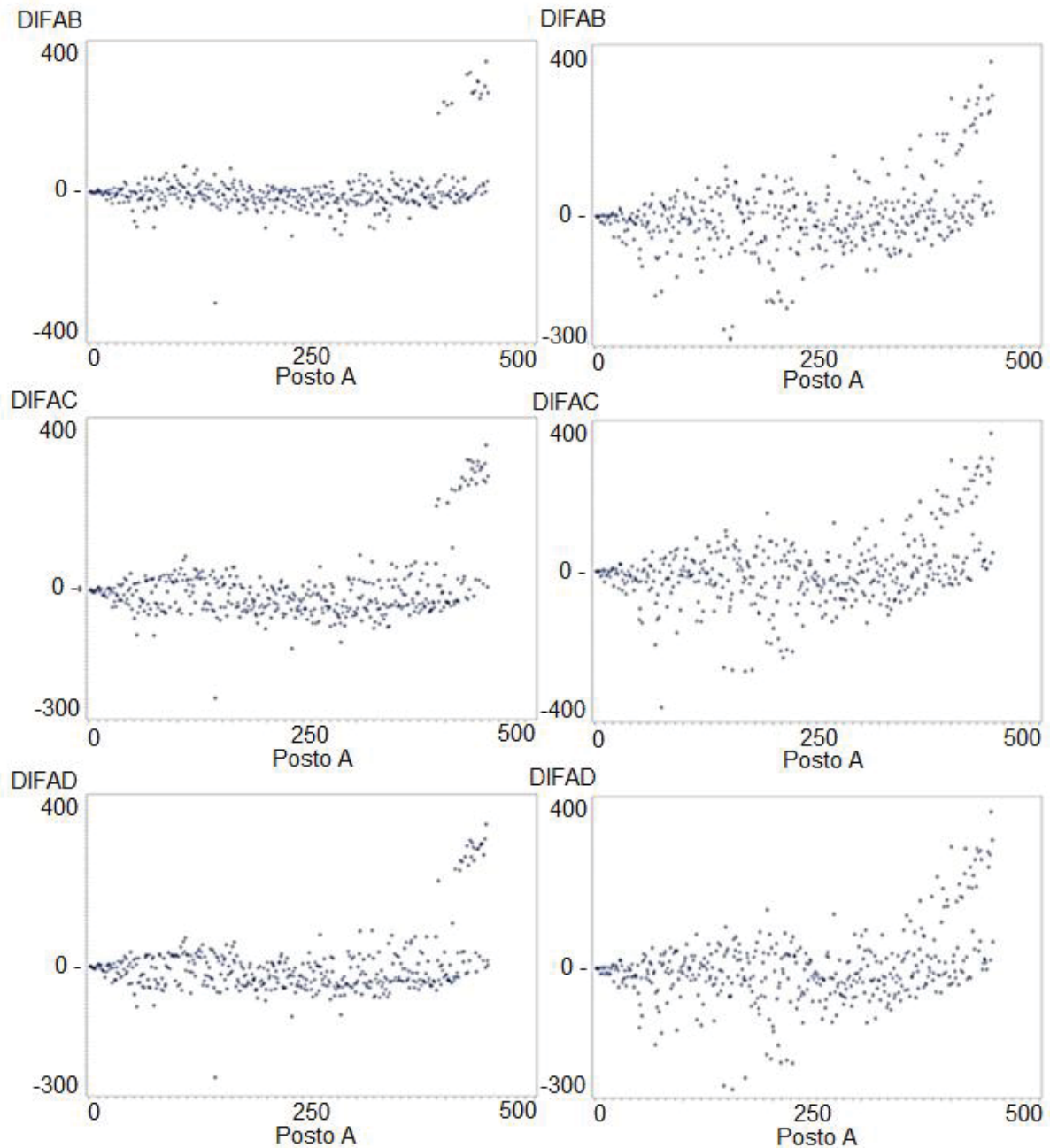
A distribuição entre os postos dos machos de acordo com modelos para as características pré e pós-desmama estão apresentadas nas Figuras 04 e Figura 05, respectivamente.

FIGURA 04 – DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENÇAS ENTRE POSTOS DOS INDIVÍDUOS, ASSINALADOS EM FUNÇÃO DO POSTO DO MODELO 1 EM RELAÇÃO AOS MODELOS 2 (DIFAB), MODELO 3 (DIFAC) E MODELO 4 (DIFAD) PARA A CARACTERÍSTICA PESO AO NASCER (PN) E PESO À DESMAMA (P210)



DIFAB – diferença entre o modelo 1 e 2 em relação ao posto A; DIFAC – diferença entre o modelo 1 e 3 em relação ao posto A; DIFAD – diferença entre os modelos 1 e 4 em relação ao posto A

FIGURA 05 – DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENÇAS ENTRE POSTOS DOS INDIVÍDUOS, ASSINALADOS EM FUNÇÃO DO POSTO DO MODELO 1 EM RELAÇÃO AOS MODELOS 2 (DIFAB), MODELO 3 (DIFAC) E MODELO 4 (DIFAD) PARA A CARACTERÍSTICA PARA A CARACTERÍSTICA PESO AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)



DIFAB – diferença entre o modelo 1 e 2 em relação ao posto A; DIFAC – diferença entre o modelo 1 e 3 em relação ao posto A; DIFAD – diferença entre os modelos 1 e 4 em relação ao posto A

Pela Figura 04 nota-se, para PN, que existe pequena diferença entre os postos no terço inicial e mudanças ao passar dos postos, como pode ser observado pela escala no gráfico, corroborando as altas correlações de Spearman.

Para o P210 verifica-se pequena mudança no ranqueamento dos machos no terço inicial, porém no terço final observa-se o aparecimento de animais que foram bem ranqueados pelos modelos 2, 3 e 4 e, no entanto, apresentaram menores valores genéticos quando avaliados pelo Modelo 1, que considerou o grupo de origem identificada (GGI), ou seja, dependendo do modelo de avaliação utilizado, a escolha do melhor touro pode estar equivocada.

Na Figura 05, para o P365 e P420, observa-se que os machos bem avaliados nos Modelos 2, 3 e 4, apresentaram menores valores genéticos quando avaliados pelo Modelo 1.

Na prática, os programas de avaliação genética, normalmente pautam suas escolhas somente com base em testes estatísticos (DILLARD, RODRIGUEZ e ROBINSON, 1980; BUENO et al., 2011), desta forma, tendem a ser superficiais e pouco aprofundados quanto ao ranqueamento dos animais frente aos modelos testados. O método de análise do ranking dos animais é bastante realizado por trabalhos que avaliam a interação genótipo x ambiente (TORAL et al., 2004; FERREIRA et al., 2017) e a inclusão da covariância aditiva direta maternal (RIBEIRO et al., 2009) entre outros (VASCONCELOS et al., 2005)

Para avaliações de rebanhos multirraciais essas informações são relevantes, afinal, foi possível verificar diferença no ranqueamento conforme o Modelo utilizado para avaliação genética.

A Tabela 21 apresenta o ranqueamento de 20 machos classificados conforme o valor genético para o P210 para exemplificar a mudança de ranking dos animais.

TABELA 21 – CLASSIFICAÇÃO DOS MACHOS QUADRIMESTIÇOS RANQUEADOS DE ACORDO COM DIFERENTES MODELOS DE AVALIAÇÃO GENÉTICA PARA O PESO À DESMAMA (P210)

ID Animal	GGI	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
958	92	1	1	1	1
221	80	2	2	2	2
1084	82	3	3	4	4
914	80	4	4	3	3
261	80	5	5	7	7
204	61	6	6	5	6
275	92	7	7	6	5
754	91	8	9	19	18
476	62	414	448	137	144
438	80	420	436	130	133
192	81	422	103	117	119
696	80	424	446	141	135
406	81	426	431	111	132
175	80	427	438	126	130
760	62	432	113	83	93
343	80	439	128	95	95
160	80	442	119	82	83
974	80	443	131	90	94
50	82	446	114	88	82
910	81	448	86	97	120

GGI = Grupo Genético de origem Identificada; ID Animal – Identificação do Animal

Pela Tabela 21, nota-se que os dois primeiros colocados foram os mesmos independentemente do Modelo utilizado e, pequenas alterações ocorrem até a 7ª colocação, porém, a partir desta colocação houve divergências entre os modelos.

A partir do animal ID 476, pertencente ao grupo genético 62, nos modelos que consideraram os efeitos fixos de grupo genético identificados pela origem (GGI) e grupo genético convencional, modelo 1 e 2, respectivamente, o touro foi classificado nas últimas colocações e foi melhor ranqueados nos modelos 3 e 4. Este animal pertencente ao grupo genético 62 é filho de uma matriz 81, que por sua vez é neto de uma vaca 7 (Cn x Ab) já mencionada no Capítulo 2 desta tese, em que animais oriundos de matrizes 81 e conseqüentemente matrizes do grupo genético 7 (Cn x Ab) tendem a produzir animais de baixo desempenho. Já o animal identificado como 910,

pertencente ao grupo genético 81 foi o último colocado no modelo 1, estando melhor colocado nos modelos 2, 3 e 4.

Nota-se ainda que animais do grupo genético 80 (animais de terceira geração – Purunã) foram ranqueados nas últimas colocações quando utilizado o modelo 1 e em posições melhores nos modelos 2, 3 e 4. Estes animais quando verificado no banco de dados, em sua maioria, são filhos de matrizes 62 ou 82, corroborando os dados apresentados no Capítulo 2 desta tese. Sugerindo que o modelo 1 tende a ranquear melhor os bovinos quadrimestiços, segregando melhor os grupos genéticos envolvidos na formação dos animais Purunã.

5.4 CONCLUSÃO

Considerar a origem do grupo genético é fundamental para a avaliação genética acurada de bovinos quadrimestiços para características de crescimento pré e pós desmama, bem como o ranqueamento dos animais selecionados ao considerar o grupo genético de origem identificada tende a selecionar os melhores touros.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-AZIZ, M.; SCHOEMAN, S.J.; JORDAAN, G. Estimation of additive, maternal and non-additive genetic effects of preweaning growth traits in a multibreed beef cattle project. **Animal Science Journal**, v.74, p.169–179, 2003.
- ARNOLD, J.W.; BERTRAND, J.K.; BENYSHEK, L.L. Animal model for genetic evaluation of multibreed data. *J. Anim. Sci.* v.70, p. 3322-3332, 1992.
- BERTOLI, C.D.; BRACCINI, J.; MCMANUS, C.; COBUCI, J.A.; KERN, E.L.; PICCOLI, M.L.; SCHENKEL, F.; ROSO, V. Modeling breed additive and non-additive genetic effects using a Angus x Nellore crossbred population. **Livestock Science**, 176, p.1-13, 2015.
- BOCCHI, A.L.; OLIVEIRA, H.N.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P. 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, 2008.
- BOZDOGAN, H. Model selection and Akaike's information criterion (AIC): the general theory and its analytical extensions. **Psychometrika**, v.52, n.3, p.345-370, 1987.
- BUENO, R.S.; TORRES, R.A.; FERRAZ, J.B.S.; LOPES, P.S.; ELER, J.P.; MOURÃO, G.B.; SILVA, M.A.; MATTOS, E.C. Métodos de estimação de efeitos genéticos não-aditivos para características de peso e perímetro escrotal em bovinos de corte mestiços. **R. Bras. Zootec.** v.41. 5:1140-1145, 2012.
- BUENO, R.S.; TORRES, R.A.; FERRAZ, J.B.S.; LOPES, P.S.; ELER, J.P.; ALMEIDA e SILVA, M.; EUCLYDES, R.F.; MATTOS, E.C. 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, 2011.
- CUNNINGHAM, B.E.; MAGEE, W.T. Breed-direct, breed-maternal and nonadditiye genetic effects for preweaning traits in crossbred calves. *Can. J. Anim. Sci.* v.68, p.83-92, 1988.
- DEMEKE, S.; NESER, F.W.C.; SCHOEMAN, S.J. Variance components and genetic parameters for early growth traits in a mixed population of purebred *Bos indicus* and crossbred cattle. **Livestock Production Science**, v.84, p. 11–21, 2004.
- DIAS, R.A.P.; PETRINI, J.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; BUENO, R.S.; COSTA, A.L.L.; MOURÃO, G.B. Multicollinearity in genetic effects for weaning weight in a beef cattle composite population. **Livestock Science**, v.142, p. 188-194, 2011.
- DICKERSON, G.E. Inbreeding and heterosis in animals. In *Proceedings of the Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of Dr. J.L. Lush*. **Amer. Soc. Anim. Sci.** Champaign, IL, 54-77, 1973.
- DILLARD, E.U.; RODRIGUEZ, O.; ROBINSON, O.W. Estimation of additive and nonadditive direct and maternal genetic effects from crossbreeding beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v.50, n.4, 1980.
- ELZO, M.A.; BORJAS, A. de los R. Perspectivas da avaliação genética multirracial em bovinos no Brasil. **Ciência Animal Brasileira** v. 5, n. 4, p. 171-185, 2004.

FABRIS, T.R.; GONÇALVES, J.P. A previsibilidade das receitas tributárias para o município de Criciúma. **Textos de Economia**, Florianópolis, v.15, n.1, p.41-59, jan./jun, 2012.

FERRAZ FILHO, P.B.; RAMOS, A.A.; SILVA, I.O.C.; SOUZA, J.C.; ALENCAR, M.M. Herdabilidade e correlações genéticas, fenotípicas e ambientais para pesos em diferentes idades de bovinos da raça Tabapuã. **Archives of Veterinary Science**. v.7, n.1, p.65-69, 2002.

FERREIRA, J.L.; LOPES, F.B.; GARCIA, J.A.S.; SILVA, M.P.B.; NEPOMUCENO, L.L.; MARQUES, E.G.; SILVA, M.C. Efeitos da espacialização climática e interação genótipo x ambiente sobre o peso da desmama de bovinos da raça Nelore criados em sistemas extensivos no norte do Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.18, p.1-13, 2017.

FRIES, L.A.; GRASER, H.U.; JOHNSTON, D.J.; HEARNshaw, H. Using ridge regression to estimate genetic effects in crossbred beef cattle. **Asian-Aus. J. Anim. Sci.** 13 Supplement, Jul 2000.

GREGORY, K.E.; CUNDIFF, L.V. Crossbreeding in beef cattle: evaluation of systems. **J. Anim. Sci**, v. 51, n. 5, 1980.

KINGHORN, B. Genetic effects in crossbreeding. **Z. Tierzuchtg. Zuchtgsbiol.** v.99 p.59-68, 1982.

KINGHORN, B.P.; VERCOE, P.E. The effects of using the wrong genetic model to predict the merit of crossbred genotypes. **Animal Production**, v.49, p. 209-216, 1989.

MISZTAL, I; TSURUTA, S; LOURENÇO, D; AGUILAR, I; LEGARRA, A; VITEZICA, Z. Manual for BLUPF90 Family of Programs. (University of Georgia: Athens, GA), 2014.

MOURA, I.C.F.; KUSS, F.; MOLETTA, J.L.; MENEZES, L.F.G.M.; HENRIQUE, D.S.; CHERUBIN, A.A.; PARIS, M. Eficiência produtiva e reprodutiva de vacas de corte Purunã de diferentes categorias. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.4, p.2555-2562, 2014.

MOURAO, G.B.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; BALIEIRO, J.C.C.; BUENO, R.S.; MATTOS, E.C.; FIGUEIREDO, L.G.G. 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, 2007.

PEROTTO, D. Projeto do programa de avaliação genética do Purunã. 2018. Disponível em: <<https://www.puruna.org.br/na-midia>>. Acesso em: 07 jul. 2018.

RIBEIRO, S.H.A.; PEREIRA, J.C.C.; VERNEQUE, R.S.; SILVA, M.A.; BERGMANN, J.A.G. Efeito da covariância genética aditivo-materna sobre estimativas de parâmetros genéticos e em avaliações genéticas de características de crescimento de animais Tabapuã. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.61, n.2, p.401-406, 2009.

ROBINSON, O.W.; McDANIEL, B.T.; RINCON, E.J. Estimation of direct and maternal additive and heterotic effects from crossbreeding experimentes in animals. **J. Anim. Sci.**, v.52, p.44-50, 1981.

RODRÍGUEZ – ALMEIDA, F.A.; VAN VLECK, L.D.; GREGORY, K.E. Estimation of direct and maternal breed effects for prediction of expected progeny differences for

birth and weaning weights in three multibreed populations. **Journal of Animal Science** 75:1203-1212, 1997.

ROSA, A.N.; MENEZES, G.R.O.; EGITO, A.A. Recursos Genéticos e estratégias de melhoramento. In: ROSA, A.N.; MARTINS, E.N.; MENEZES, G.R.O.; SILVA, L.O.C. **Melhoramento genético aplicado em gado de corte**: Programa Geneplus-Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 11-26.

SAS Institute 2014. SAS/SAT® 9.4 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

SILVA, A.M., ALENCAR, M.M., FREITAS, A.R., BARBOSA, R.T., BARBOSA, P.F., OLIVEIRA, M.C.S., CÔRREA, L.A., NOVAES, A.P., TULIO, R.R. Herdabilidades e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. **R. Bras. Zootec.** v.29, n.6, p.2223-2230, 2000.

SILVA, J.A.S.V., MARCELO, E.T., RIBEIRO, C.B., MAIORANO, A.M., CURI, R.A., OLIVEIRA, H.N., MOTA, M.A.S. Análise genética de características de crescimento e perímetro escrota em bovinos da raça Brangus. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v.47 n.8, p.1166-1173, 2012.

SKRYPZECK, H.; SCHOEMAN, S.J.; JORDAAN, G.F.; NESER, F.W.C. Estimates of crossbreeding parameters in a multibreed beef cattle crossbreeding project. **South African Journal of Animal Science** v.30, p.193–200, 2000.

SWAN, A.A.; KINGHORN, B.P. Evaluation and exploitation of crossbreeding in dairy cattle. **Journal Dairy Science** 75:624-639, 1992.

TORAL, F.L.B.; SILVA, L.O.C.; MARTINS, E.N.; GONDO, A.; SIMONELLI, S.M. Interação genótipo x ambiente em características de crescimento de bovinos da raça Nelore no Mato Grosso do Sul. **R. Bras. Zootec.**, v.33, n.6, p.1445-1455, 2004.

VASCONCELOS, J.; MARTINS, A.; FERREIRA, A.; CARVALHEIRA, J. Consequências da eliminação de rebanhos pequenos da avaliação genética de bovinos leiteiros em Portugal. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, XII, n.2, 2005.

VERGARA, O.D.; MARTÍNEZ, N.A.; ALMANZA, R.; PATIÑO, R.M.; CALDERON, A. Parámetros y tendencias genéticas para característica de crecimiento predestete em uma población bovina multirracial em Colombia. **Rev. Fac. Cs. Vets**, UCV, v.55, n.2, p.68-77, 2014.

VERGARA, O.G.; CERÓN-MUÑOZ, M.; ELZO, M.A. Modelos de evaluación genética multirracial caso peso al destete em bovinos. **Rev. MVZ Córdoba**, v.15, n.1, p. 1985-1996, 2010.

6 CAPÍTULO V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reconhecimento da raça Purunã foi uma conquista para o grupo de pesquisadores e técnicos do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) que dedicaram suas vidas no planejamento e execução dos cruzamentos para que esse resultado fosse possível. Ao longo dos anos têm vencido as dificuldades da redução de pessoal no campo para realizar as tarefas diárias que a produção de bovinos de corte exige e dos investimentos em pesquisa que ocorre no país e também no Estado do Paraná.

Para o fortalecimento da raça e continuidade deste projeto é preciso investimento no IAPAR para que os rebanhos sejam mantidos, profissionais sejam contratados e os projetos de pesquisas sejam realizados. Além disso, é necessário que a Associação do Purunã se fortaleça, que mais pecuaristas se interessem pela criação desta raça e que os mesmos compreendam a importância da manutenção do banco de dados, da avaliação genética dos animais e que realizem os acasalamentos de acordo com os valores genéticos dos touros.

Com base neste trabalho, sugere-se que as avaliações genéticas sejam realizadas por meio do modelo que considera o grupo genético identificado, pois além de demandar menos recurso computacional em relação aos demais modelos estudados, foi mais eficiente e biologicamente mais coerente em avaliar um composto quadrimestiço. Espera-se que em um futuro breve, nos sumários de reprodutores sejam publicadas as DEP's (Diferença esperada na progênie) dos animais puros e bimestiços, para serem utilizados nos rebanhos formadores da raça (IAPAR) e, do Purunã, para os criadores comerciais, assim como ocorre nos programas do Brangus, por exemplo, em que há a informação das DEP's dos touros puros e também dos 5/8 Angus x 3/8 Nelore.

O desafio futuro é encontrar meios para que o controle de desenvolvimento ponderal e genealogia sejam realizados não só pelo IAPAR, mas também em todas as propriedades criadoras da raça, formando um banco de dados único. Dessa forma, a avaliação genética da raça Purunã poderá ser realizada de forma acurada.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-AZIZ, M.; SCHOEMAN, S.J.; JORDAAN, G. Estimation of additive, maternal and non-additive genetic effects of preweaning growth traits in a multibreed beef cattle project. **Animal Science Journal**, v.74, p.169–179, 2003.
- AHUNU, B.; MAKARECHIAN, M. Influence of birth date, sex of calf, breed group and age of dam on preweaning performance of range beef calves. **Can. J. Anim. Sci.** v.66, p.381-388, 1986.
- ALBUQUERQUE L.G.; MEYER, K. Estimates of covariance functions for growth of Nelore cattle applying a parametric correlation function to model within-animal correlations. **Livestock Production Science**, v.93, p.213-222, 2005.
- ALBUQUERQUE, L.G.; PEREIRA, C.S. **Evolução dos modelos de avaliação genética e novos desafios**. In: Anais do simpósio da 43^o Reunião Anual da SBZ – João Pessoa – PB, 2006.
- ALENCAR, M.M.; BARBOSA, P.F.; TULLIO, R.R.; CORRÊA, L.A. Estimativas 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, 32, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, p. 679-680, 1995.
- ALENCAR, M.M.; TREMATORE, R.L.; OLIVEIRA, J.A.L.; ALMEIDA, M.A. Características de crescimento até a desmama de bovinos da raça Nelore e cruzados Charolês x Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v.27, n.1, p.40-46, 1998.
- ARAÚJO, R.O.; RORATO, P.R.N.; WEBER, T.; EVERLING, D.M.; LOPES, J.S.; DORNELLES, M.A. Genetic parameters and phenotypic and genetic trends for weight at weaning and visual scores during this phase estimated for Angus-Nellore crossbred young bulls. **Rev. Bras. Zootec.**, v.39, n.11, p.2398-2408, 2010.
- ARNOLD, J.W.; BERTRAND, J.K.; BENYSHEK, L.L. Animal Model for Genetic Evaluation of Multibreed Data. **J. Anim. Sci.** v.70, p.3322-3332, 1992.
- BENNET, G.L.; GREGORY, K.E. Genetic (co)variances among birth weight, 200-day weight, and postweaning gain in composites and parental breeds of beef cattle. **J. Anim. Sci.** v.74, p.2598–2611, 1996.
- BERTOLI, C.D.; BRACCINI, J.; MCMANUS, C.; COBUCCI, J.A.; KERN, E.L.; PICCOLI, M.L.; SCHENKEL, F.; ROSO, V. Modeling breed additive and non-additive genetic effects using a Angus x Nellore crossbred population. **Livestock Science**, 176, p.1-13, 2015.
- BIFFANI, S.; MARTINS FILHO, R.; GIOGETTI, A.; BOZZI, R.; LIMA, F.A.M. Fatores ambientais e genéticos sobre o crescimento ao ano e ao sobreano de bovinos Nelore, criados no nordeste do Brasil. **Rev. Bras. Zootec.**, v.28, n.3, p.468-473, 1999.
- BIJMA, P. Estimating maternal genetic effects in livestock. **J. Anim. Sci.** 84:800806, 2006.

BOCCHI, A.L.; OLIVEIRA, H.N.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P. Avaliação genética multirracial para ganho de peso pré-desmama em bovinos de uma população composta. **Rev. Bras. Zootec.**, v.37, n.7, p.1207-1215, 2008.

BOLIGON, A.A.; ALBUQUERQUE, I.G.; MERCADANTE, M.E.Z.; LÔBO, R.B. Herdabilidades e correlações entre pesos do nascimento à idade adulta em rebanhos da raça Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v.38, n.12, p.2320-2326, 2009.

BOLIGON, A.A.; ALBUQUERQUE, L.G.; RORATO, P.R.N. Associações genéticas entre pesos e características reprodutivas em rebanhos da raça Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.4, p.596-601, 2008.

BOZDOGAN, H. Model selection and Akaike's information criterion (AIC): the general theory and its analytical extensions. **Psychometrika**, v.52, n.3, p.345-370, 1987.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 249 de 21 de novembro de 2016. Reconhecer a raça denominada Purunã. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 nov. 2016. Seção 1, p. 7. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/132026719/dou-secas-1-30-11-2016-pg-7?ref=next_button>. Acesso em: 22 jan. 2019.

BRUMATTI, R.C.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; FORMIGONNI, I.B. Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. **Arch. Zootec.** v.60, n.230, p. 205-213. 2011.

BUENO, R.S.; TORRES, R.A.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; MOURÃO, G.B.; BALIEIRO, C.C.; MATTOS, E.C. Retenção de heterose ao longo das gerações de uma população formadora de bovinos de corte. In: VII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, São Carlos, SP, 10 e 11 de julho de 2008. **Anais...** São Carlos:2008.

BUENO, R.S.; TORRES, R.A.; FERRAZ, J.B.S.; LOPES, P.S.; ELER, J.P.; ALMEIDA e SILVA, M.; EUCLYDES, R.F.; MATTOS, E.C. 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, 2011.

BUENO, R.S.; TORRES, R.A.; FERRAZ, J.B.S.; LOPES, P.S.; ELER, J.P.; MOURÃO, G.B.; SILVA, M.A.; MATTOS, E.C. Métodos de estimação de efeitos genéticos não-aditivos para características de peso e perímetro escrotal em bovinos de corte mestiços. **Rev. Bras. Zootec.** v.41. 5:1140-1145, 2012.

CAMPOS, L.T.; SILVA, P.R.; FRIES, L.A. Fatores de correção para efeitos ambientais que afetam o ganho de peso do nascimento à desmama em bovinos da raça Nelore. Coletânea de pesquisas inéditas sobre Zebu. **Uberaba**: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, p.108-123, 1989.

CUBAS, A.C.; PEROTTO, D.; ABRAHÃO, J.J.S.; MELLA, S.C. Desempenho até a Desmama de Bezerros Nelore e Cruzas com Nelore. **Rev. bras. zootec.**, v.30, n.3, p.694-701, 2001.

CUNDIFF, V.L.; SZABO, F.; GREGORY, K.E.; KOCH, R.M.; DIKEMAN, M.E.; CROUSE, J.D. Breed comparisons in the germplasm evaluation program at MARC.

Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture. Roman L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center. Clay Center, Nebraska, 1993.

CUNNINGHAM, B.E.; MAGEE, W.T. Breed-direct, breed-maternal and nonadditive genetic effects for preweaning traits in crossbred calves. *Can. J. Anim. Sci.* v.68, p.83-92, 1988.

D'AVILA BALBÉ, D.; RORATO, P.R.N.; ANDREAZZA, J.; KIPPERT, C.J.; LOPES, J.S.; WEBER, T.; BOLIGON, A.A.; FERREIRA, G.B. Tendências genética e fenotípica para ganho de peso médio diário entre a desmama e o sobreano em uma população Angus x Nelore. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, n.1, p.225-232, 2007.

DEMEKE, S.; NESER, F.W.C.; SCHOEMAN, S.J. Variance components and genetic parameters for early growth traits in a mixed population of purebred *Bos indicus* and crossbred cattle. *Livestock Production Science*, v.84, p. 11–21, 2004.

DIAS, R.A.P.; PETRINI, J.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; BUENO, R.S.; COSTA, A.L.L.; MOURÃO, G.B. Multicollinearity in genetic effects for weaning weight in a beef cattle composite population. *Livestock Science*, v.142, p. 188-194, 2011.

DICKERSON, G.E. Inbreeding and heterosis in animals. In Proceedings of the Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of Dr. J.L. Lush. *Amer. Soc. Anim. Sci.* Champaign, IL, 54-77, 1973.

DILLARD, E.U.; RODRIGUEZ, O.; ROBINSON, O.W. Estimation of additive and nonadditive direct and maternal genetic effects from crossbreeding beef cattle. *J. Anim. Sci.*, v.50, n.4, 1980.

ELER, J.P.; VAN VLECK, L.D.; FERRAZ, J.B.S.; LÔBO, R.B. Estimation of Variances Due to Direct and Maternal Effects for Growth Traits of Nelore Cattle. *J. Anim. Sci.* v.73, p.3253–3258, 1995.

ELZO, M.A.; BORJAS, A. de los R. Perspectivas da avaliação genética multirracial em bovinos no Brasil. *Ciência Animal Brasileira* v. 5, n. 4, p. 171-185, 2004.

EVERLING, D.M.; FERREIRA, G.B.B.; RORATO, P.R.N.; ROSO, V.M.; MARION, A.E.; FERNANDES, H.D. Estimativas de herdabilidade e correlação genética para a característica de crescimento na fase pré-desmama e medidas de perímetro escrotal ao sobreano em bovinos Angus-Nelore. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, n.6S, p.2002-2008, 2001.

FABRIS, T.R.; GONÇALVES, J.P. A previsibilidade das receitas tributárias para o município de Criciúma. *Textos de Economia*, Florianópolis, v.15, n.1, p.41-59, jan./jun, 2012.

FACÓ, O.; MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R.N.B.; OLIVEIRA, S.M.P.; MARTINS, G.A. Heterogeneidade de (co)variância para a produção de leite nos grupos genéticos formadores da raça Girolando. *Rev. Ciên. Agron.*, Fortaleza, v.38, n.3, p.304-309, 2007.

FERNANDES, H.D.; FERREIRA, G.B. Estudo comparativo de sete diferentes modelos estatísticos para a características ganho de peso em bovinos de corte. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29 n.5, p.1340-1348, 2000.

FERRAZ FILHO, P.B.; RAMOS, A.A.; SILVA, I.O.C.; SOUZA, J.C.; ALENCAR, M.M. Herdabilidade e correlações genéticas, fenotípicas e ambientais para pesos em diferentes idades de bovinos da raça Tabapuã. **Archives of Veterinary Science**. v.7, n.1, p.65-69, 2002.

FERRAZ, J.B.B; ELER, J.P.; GOLDEN, B.L. A formação do composto Montana Tropical. **Rev. Bras. Rep. An.**, Belo Horizonte, v.23, n.2, p.111-113, 1999.

FERRAZ, J.B.B; ELER, J.P.; GOLDEN, B.L. A formação do composto Montana Tropical. **Rev. Bras. Rep. An.**, Belo Horizonte, v.23, n.2, p.111-113, 1999.

FERREIRA, J.L.; LOPES, F.B.; GARCIA, J.A.S.; SILVA, M.P.B.; NEPOMUCENO, L.L.; MARQUES, E.G.; SILVA, M.C. Efeitos da espacialização climática e interação genótipo x ambiente sobre o peso da desmama de bovinos da raça Nelore criados em sistemas extensivos no norte do Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.18, p.1-13, 2017.

FERREIRA, J.L.; REYES, A.; CARVALHEIRO, R.; LÔBO, R.B. Efeitos da inclusão ou não da covariância genética direta-maternal no modelo e dos valores reais das (co)variâncias sobre suas estimativas para peso à desmama em bovinos de corte. **Ci. Animal. Bras.**, v.12, n.3, p.435-442, jul./set, 2011.

FRIES, L.A. Efeito da idade da vaca sobre o peso à desmama em zebuínos. In: Simpósio Nacional de Melhoramento Animal, 1., 1996, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, p.255-256, 1996.

FRIES, L.A. Maximizar heterozigose ou heterose? In: 1º Simpósio Nacional de Melhoramento Genético Animal, 1, 1996, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: 1996.

FRIES, L.A.; GRASER, H.U.; JOHNSTON, D.J.; HEARNshaw, H. Using ridge regression to estimate genetic effects in crossbred beef cattle. **Asian-Aus. J. Anim. Sci.** 13 Supplement, Jul 2000.

GREGORY, K.E.; CUNDIFF, L.V. Crossbreeding in beef cattle: evaluation of systems. **J. Anim. Sci.**, v. 51, n. 5, 1980.

GUTERRES, L.F.W.; RORATO, P.R.N.; BOLIGON, A.A.; WEBER, T.; KIPPERT, C.J.; LOPES, J.S.; SOUZA, P.R.S. Efeito da inclusão da covariância genética aditiva direta-materna no modelo de análise sobre a magnitude das estimativas de parâmetros e valores genéticos preditos para ganho de peso na raça Brangus. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.809814, mai-jun, 2007.

HENDERSON, C.R. Estimation of changes in herd environment. **J. Dairy Sci.** v. 32, p.706711, 1949.

HEYDARPOUR, M.; SCHAEFFER, L.R.; YAZDI, H. Influence of population structure on estimates of direct and maternal parameters. **J. Anim. Breed. Genet.** 125:89-99, 2008.

HILL, W.G. Dominance and epistasis as components of heterosis. **Z. Tierziichtg. Züchtgsbiol.** 99, p.161-168, 1982.

HOGG, R.V.; CRAIG A.T. Introduction to Mathematical Statistics. 5 ed. New Jersey: Prentice Hall; 1995. 564p.

KINGHORN, B. Genetic effects in crossbreeding. **Z. Tierzuchtg. Zuchtgsbiol.** v.99 p.59-68, 1982.

KINGHORN, B.P.; VERCOE, P.E. The effects of using the wrong genetic model to predict the merit of crossbred genotypes. **Animal Production**, v.49, p. 209-216, 1989.

KIPPERT, C.J.; RORATO, P.R.N.; CAMPOS, L.T; BOLIGON, A.A.; WEBER, T.; GHELLER, D.G.; LOPES, J.S. Efeito de fatores ambientais sobre escores de avaliação visual à desmama e estimativa de parâmetros genéticos, para bezerros da raça charolês. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.579-585, mar-abr, 2006.

KIPPERT, C.J.; RORATO, P.R.N.; LOPES, J.S.; WEBER, T.; BOLIGON, A.A. Efeitos genéticos aditivos diretos e maternos e heterozigóticos sobre os desempenhos pré e pós-desmama em uma população multirracial Aberdeen Angus × Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v.37, n.8, p.1383-1391, 2008.

KOCH, R.M. The role of maternal effects in animal breeding: VI. Maternal effects in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.35, n.6, p.1316-1323, 1972.

LAUREANO, M.M.M.; BOLIGON, A.A.; COSTA, R.B.; FORNI, S.; SEVERO, J.L.P.; ALBUQUERQUE, L.G. 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, 2011.

LEWONTIN, R.C. The interaction of selection and linkage. General considerations; heterotic models. **Genetics**, v.49, p.49-67, 1964.

LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; FIGUEIREDO, L.G.G.; LEITE, J.F.; FARIA, C.U.; VOZZI, P.A.; MAGNABOSCO, C.U.; BERGMANN, J.A.G.; OLIVEIRA, H.N. **Sumário de touros das raças Nelore, Guzerá, Brahman e Tabapuã**: Edição Agosto de 2014. Ribeirão Preto, ANCP, 2014.

LONG, C.R.; GREGORY, K.E. Heterosis and breed effects in preweaning traits of Angus, Hereford and reciprocal cross calves. **Journal Animal Science**. V.39, p.11-17, 1974.

MALHADO, C.H.M.; SOUZA, J.C.; SILVA, L.O.C.; FERRAZ FILHO, P.B. Correlações genéticas, fenotípicas e de ambiente entre os pesos de várias idades em bovinos da raça Guzerá no estado de São Paulo. **Archives of Veterinary Science** v.7, n.1, p.71-75, 2002.

MANIATIS, N.; POLLOTT, G.E. The impact of data structure an genetic (co)variance components of early growth in sheep, estimated using an animal model with maternal effects. **J. Anim. Sci.**, 81: 101-108, 2003.

MARQUES, D.C. Criação de bovinos. 7 ed. Ver., atual e ampl. Belo Horizonte, MG: CVP (Consultoria Veterinária e Publicações), 2003.

MARQUES, E.G.; MAGNABOSCO, C.U.; LOPES, F.B.; SILVA, M.C. Estimativas de parâmetros genéticos de características de crescimento, carcaça e perímetro escrotal de animais da raça nelore avaliados em provas de ganho em peso em confinamento. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 159-167, Jan./Feb. 2013.

MASCIOLI, A.S.; ALENCAR, M.M.; BARBOSA, P.F.; NOVAES, A.P.; OLIVEIRA, M.C.S. Estimativas de parâmetros genéticos e proposição de critérios de seleção para pesos na raça Canchim. **R. Bras. Zootec.**, v.25, n.1, p.72-82, 1996.

MEYER, K. Estimates of direct and maternal correlations among growth traits in Australian beef cattle. **Livest. Prod. Sci.** v.38, p.91-105, 1994.

MEYER, K. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. **Livestock Production Science**, v.3, p.179-204, 1992.

MEYER, K.; CARRICK, M.J.; DONNELLY, B.J.P. Genetic Parameters for Growth Traits of Australian Beef Cattle from a Multibreed Selection Experiment. **J. Anim. Sci.** v.71, p.2614-2622, 1993.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Brasília, 2017. <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/registro-genealogico/RESPONSAVEIS_CEIP.pdf/view>. Acesso em: 22 jan. 2019.

MISZTAL, I. Manual for BLUPF90 family of programs. <http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90_all2.pdf>. <http://nce.ads.uga.edu/wiki/doku.php?id=application_programs>. Acesso em: 01 Jan 2019.

MISZTAL, I; TSURUTA, S; LOURENÇO, D; AGUILAR, I; LEGARRA, A; VITEZICA, Z. Manual for BLUPF90 Family of Programs. (University of Georgia: Athens, GA), 2014.

MOURA, I.C.F.; KUSS, F.; MOLETTA, J.L.; MENEZES, L.F.G.M.; HENRIQUE, D.S.; CHERUBIN, A.A.; PARIS, M. Eficiência produtiva e reprodutiva de vacas de corte Purunã de diferentes categorias. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, (4): 2555-2562, 2014.

MOURAO, G.B.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; BALIEIRO, J.C.C.; BUENO, R.S.; MATTOS, E.C.; FIGUEIREDO, L.G.G. 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, 2007.

MOURÃO, G.B.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; BUENO, R.S.; BALIEIRO, J.C.C.; MATTOS, E.C.; FIGUEIREDO, L.G.G. Non-additive genetic effects on weights and performance of a Brazilian *Bos taurus* x *Bos indicus* beef composite. **Genetics and Molecular Research**. v.7 (4): 1156-1163, 2008.

OLIVEIRA, J.F.C.; NEVES, J.P.; MORAES, J.C.F.; GONÇALVES, P.B.D. Caracterização de aspectos produtivos de vacas Brangus Ibagé com distintos graus de fertilidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32. p. 663-667, 2002.

PAZ, C.C.P.; ALBUQUERQUE, L.G.; FRIES, L.A. Efeitos ambientais sobre o ganho de peso no período do nascimento ao desmame em bovinos da raça Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v.28, n.1, p.55-64, 1999.

PELICIONI, L.C.; QUEIROZ, A.S. Efeito da linhagem citoplasmática sobre a produção de leite em bovinos da raça Caracu. **Rev. Bras. Zootec.**, v.30, n.1, p.109-114, 2001.

PEREIRA, M.C.; MERCADANTE, M.E.Z.; ALBUQUERQUE, L.G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A. Estimativas de parâmetros genéticos de características de crescimento em um rebanho Caracu selecionado para peso ao sobreano. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.4, p.1669-1676, 2006.

PEROTTO, D. Projeto do programa de avaliação genética do Purunã. 2018. Disponível em: <<https://www.puruna.org.br/na-midia>>. Acesso em: 07 jul. 2018.

PEROTTO, D.; ABRAHÃO, J. J. S.; MOLETTA, J. L. Características quantitativas de carcaça de bovinos zebu e de cruzamentos *Bos taurus* x Zebu. **Rev. Bras. de Zootec.**, p.2019-2029, 2000.

PEROTTO, D.; CUBAS, A.C.; ABRAHÃO, J.J.S.; MELLA, S.C. Ganho de Peso da Desmama aos 12 Meses e Peso aos 12 Meses de Bovinos Nelore e Cruzas com Nelore. **Rev. Bras. Zootec.**, v.30, n.3, p.730-735, 2001.

PEROTTO, D.; CUBAS, A.C.; MOLETTA, J.L.; LESSKIU, C. Heterose sobre os pesos de bovinos Canchim e Aberdeen angus e de seus cruzamentos recíprocos. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.35, n.12, p.2511-2520, 2000.

PEROTTO, D.; CUBAS, A.C.; MOLETTA, J.L.; LESSKIU, C. Pesos ao Nascimento e à Desmama e Ganho de Peso do Nascimento à Desmama de Bovinos Charolês, Caracu e Cruzamentos Recíprocos. **Rev. Bras. Zootec.**, v.27, 4, p.730-737, 1998.

QUEIROZ, S.A.; COSTA, G.Z.; OLIVEIRA, J.A.; FRIES, L.A. Efeitos ambientais e genéticos sobre escores visuais e ganho de peso à desmama de animais formadores da raça Brangus. **Rev. Bras. Zootec.**, v.38, n.2, p.277-283, 2009.

RIBEIRO, S.H.A.; PEREIRA, J.C.C.; VERNEQUE, R.S.; SILVA, M.A.; BERGMANN, J.A.G. Efeito da covariância genética aditivo-materna sobre estimativas de parâmetros genéticos e em avaliações genéticas de características de crescimento de animais Tabapuã. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.61, n.2, p.401-406, 2009.

ROBERSON, R.L.; SANDERS, J.O.; CARTWRIGHT, T.C. Direct and maternal genetics effects on preweaning characters of Brahman, Hereford and Brahman-Hereford crossbreed cattle. **Journal of Animal Science**, v.26, p. 438-446, 1986.

ROBINSON, O.W.; McDANIEL, B.T.; RINCON, E.J. Estimation of direct and maternal additive and heterotic effects from crossbreeding experimentes in animals. **J. Anim. Sci.**, v.52, p.44-50, 1981.

ROBISON, O.W. The role of maternal effects in animal breeding: V. maternal effects in swine. **J. Anim. Sci.**, v.35, p.1303-1315, 1972.

RODRÍGUEZ – ALMEIDA, F.A.; VAN VLECK, L.D.; GREGORY, K.E. Estimation of direct and maternal breed effects for prediction of expected progeny differences for

birth and weaning weights in three multibreed populations. **Journal of Animal Science** 75:1203-1212, 1997.

ROHDE, P.; HINCHA, D.K.; HEYER, A.G. Heterosis in the freezing tolerance of crosses between two *Arabidopsis thaliana* accessions (Columbia-0 and C24) that show differences in non-acclimated and acclimated freezing tolerance. **The Plant Journal** 38, 790-799, 2004.

ROSA, A.N.; MENEZES, G.R.O.; EGITO, A.A. Recursos Genéticos e estratégias de melhoramento. In: ROSA, A.N.; MARTINS, E.N.; MENEZES, G.R.O.; SILVA, L.O.C. **Melhoramento genético aplicado em gado de corte**: Programa Geneplus-Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 11-26.

SAKAGUTI, E.S.; SILVA, M.A.; QUAAS, R.L.; MARTINS, E.N.; LOPES, P.S.; SILVA, L.O.C. Avaliação do crescimento de bovinos jovens da raça Tabapuã, por meio de análises de funções de covariâncias. **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.4, p.864-874, 2003.

SARMENTO, J.L.R., PIMENTA FILHO, E.C., RIBEIRO, M.N., MARTINS FILHO, R. Efeitos ambientais e genéticos sobre o ganho em peso diário de bovinos Nelore no Estado da Paraíba. **Rev. bras. zootec.**, v.32, n.2, p.325-330, 2003.

SAS Institute 2014. SAS/SAT® 9.4 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

SCHAEFFER, L.R. Use of test day yields for genetic evaluation of dairy sires and cows. **Livest. Proc. Sci.** v.35, p.1321-1340, 1993.

SILVA, A.M., ALENCAR, M.M., FREITAS, A.R., BARBOSA, R.T., BARBOSA, P.F., OLIVEIRA, M.C.S., CÔRREA, L.A., NOVAES, A.P., TULIO, R.R. Herdabilidades e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. **R. Bras. Zootec.** v.29, n.6, p.2223-2230, 2000.

SILVA, J.A.S.V., MARCELO, E.T., RIBEIRO, C.B., MAIORANO, A.M., CURI, R.A., OLIVEIRA, H.N., MOTA, M.A.S. Análise genética de características de crescimento e perímetro escrota em bovinos da raça Brangus. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v.47 n.8, p.1166-1173, 2012.

SKRYPZECK, H.; SCHOEMAN, S.J.; JORDAAN, G.F.; NESER, F.W.C. Estimates of crossbreeding parameters in a multibreed beef cattle crossbreeding project. **South African Journal of Animal Science** v.30, p.193-200, 2000.

SWAN, A.A.; KINGHORN, B.P. Evaluation and exploitation of crossbreeding in dairy cattle. **Journal Dairy Science** 75:624-639, 1992.

TEIXEIRA, R.A.; ALBUQUERQUE, L.G. Efeitos Ambientais que Afetam o Ganho de Peso Pré-Desmama em Animais Angus, Hereford, Nelore e Mestiços Angus-Nelore e Hereford-Nelore. **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.4, p.887-890, 2003.

TORAL, F.L.B.; SILVA, L.O.C.; MARTINS, E.N.; GONDO, A.; SIMONELLI, S.M. Interação genótipo x ambiente em características de crescimento de bovinos da raça Nelore no Mato Grosso do Sul. **R. Bras. Zootec.**, v.33, n.6, p.1445-1455, 2004.

TOSH, J.J.; KEMP, R.A.; WARD, D.R. Estimates of direct and maternal genetic parameters for weight traits and backfat thickness in a multibreed population of beef cattle. **Can. J. Anim. Sci.** v.79, p.433–439, 1999.

VALENTE, B.D.; SILVA, M.A.; SILVA, L.O.C.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA, J.C.C.; FRIDRICH, A.B.; FERREIRA, I.C.; CORRÊA, G.S.S. Estruturas de covariâncias de peso em função da idade de animais Nelore das regiões sudeste e centro-oeste do Brasil. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.60, n.2, p.389-400, 2008.

VASCONCELOS, J.; MARTINS, A.; FERREIRA, A.; CARVALHEIRA, J. Consequências da eliminação de rebanhos pequenos da avaliação genética de bovinos leiteiros em Portugal. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, XII, n.2, 2005.

VERGARA, O.D.; MARTÍNEZ, N.A.; ALMANZA, R.; PATIÑO, R.M.; CALDERON, A. Parámetros y tendencias genéticas para característica de crecimiento predestete em uma población bovina multirracial em Colombia. **Rev. Fac. Cs. Vets**, UCV, v.55, n.2, p.68-77, 2014.

VERGARA, O.G.; CERÓN-MUÑOZ, M.; ELZO, M.A. Modelos de evaluación genética multirracial caso peso al destete em bovinos. **Rev. MVZ Córdoba**, v.15, n.1, p. 1985-1996, 2010.

VOSTRÝ, L.; VESELÁ, Z.; PRIBYL, J. Genetic parameters for growth of young bulls. **Archiv Tierzucht**, v.55, n.3, p. 245-254, 2012.

WILLHAM, R.L. Problems in estimating maternal effects. **Liv. Prod. Sci.**, v.7, p.405-418, 1980.

WILLHAM, R.L. The covariance between relatives for characters composed of componentes contributed by related individuals. **Biometrics**, v.19, n.1, p. 18-27, 1963.

YOKOO, M.J.I.; ALBUQUERQUE, L.G. LÔBO, R.B.; SAINZ, R.D.; JÚNIOR, J.M.C.; BEZERRA, L.A.F.; ARAUJO, F.R.C. 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, 2007.

YU, S.B.; LI, J.X.; XU, C.G.; TAN, Y.F.; GAO, Y.J.; LI, X.H.; ZHANG, Q.; SAGHAI MAROOF, M.A. Importance of epistasis as the genetic basis of heterosis in an elite rice hybrid. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA, Genetics** Vol. 94, p.9226–9231, 1997.

Apêndice 1

TABELA 22 – GRUPOS GENÉTICOS, NÚMERO DE ANIMAIS, MÉDIAS OBSERVADAS E DESVIO PADRÃO DENTRO DE CADA CONJUNTO DE DADOS, PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)

GG	N	PN (kg)	P210 (kg)	P365 (kg)	P420 (kg)
Canchim x Angus					
1	126	36,17 ± 5,81	160,64 ± 28,86	198,29 ± 38,71	231,83 ± 39,10
7	79	34,30 ± 5,78	154,87 ± 28,43	186,93 ± 40,05	224,40 ± 39,70
36	98	31,78 ± 5,67	149,81 ± 29,64	169,14 ± 40,71	205,98 ± 38,41
39	88	34,00 ± 6,52	161,08 ± 29,43	197,42 ± 43,70	240,63 ± 42,01
Charolês x Caracu					
20	201	34,78 ± 5,55	153,89 ± 30,93	202,13 ± 44,12	233,18 ± 42,27
24	73	36,74 ± 4,89	161,90 ± 31,01	203,24 ± 38,55	238,27 ± 35,52
45	93	39,20 ± 6,27	158,24 ± 30,40	186,18 ± 37,57	223,59 ± 42,75
50	135	37,96 ± 5,43	171,31 ± 32,54	221,44 ± 44,21	258,58 ± 41,26
GG					
P1	450	37,01 ± 6,85	164,17 ± 34,28	211,83 ± 47,70	251,36 ± 52,89
P2	299	36,60 ± 6,95	170,07 ± 35,91	214,54 ± 50,46	260,48 ± 56,79
P3	349	34,80 ± 6,23	169,58 ± 32,01	212,22 ± 46,84	260,45 ± 52,21
GGI					
61	98	36,03 ± 6,55	158,58 ± 32,19	209,59 ± 47,65	248,05 ± 54,29
71	104	37,61 ± 6,33	166,52 ± 34,65	213,18 ± 51,80	254,36 ± 52,08
81	88	36,22 ± 7,51	151,94 ± 31,73	193,04 ± 38,76	232,99 ± 44,43
91	160	37,68 ± 6,93	172,79 ± 34,52	222,67 ± 46,50	261,53 ± 54,42
62	58	36,60 ± 6,87	163,71 ± 37,05	207,02 ± 52,84	246,83 ± 55,36
72	92	36,76 ± 6,65	168,67 ± 36,48	216,34 ± 50,05	263,00 ± 56,12
82	43	34,23 ± 7,30	167,84 ± 29,05	207,34 ± 44,08	246,41 ± 41,27
92	106	37,42 ± 6,99	175,68 ± 36,95	220,02 ± 51,75	271,47 ± 61,36
80	349	34,80 ± 6,23	169,58 ± 32,01	212,22 ± 46,84	260,45 ± 52,21

GG – Grupo Genético; GGI – Grupo Genético de origem Identificada; P1 – Primeira geração de quadrimestiços; P2 – Segunda geração de quadrimestiços; P3 – Terceira geração de quadrimestiços.

Apêndice 2

TABELA 23 –ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS PUROS CANCHIM, CARACU, ANGUS E CHAROLÊS DAS CARACTERÍSTICAS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)

(continua)

		PN		P210		P365		P420	
1 - Canchim									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	24	1089,42*	24	45437,82***	24	90151,18***	24	104132,78***	
ID			1	950,68 ^{ns}	1	5203,86*	1	3102,43*	
IDV	1	227,31**	1	3082,99*	1	709,97 ^{ns}	1	4102,24*	
IDV2	1	151,88*	1	1843,80 ^{ns}	1	24,17 ^{ns}	1	1622,86 ^{ns}	
Resíduo	99	2740,71	98	51317,39	98	86213,63	98	74755,84	
R ²		0,35		0,51		0,54		0,61	
20 - Caracu									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	27	1738,59***	27	75652,54***	27	226262,51***	27	188367,82***	
ID			1	4108,40**	1	224,28 ^{ns}	1	4032,70*	
IDV	1	220,98**	1	1439,63 ^{ns}	1	465,00 ^{ns}	1	2272,95 ^{ns}	
IDV2	1	191,87**	1	848,40 ^{ns}	1	428,95 ^{ns}	1	1906,23 ^{ns}	
Resíduo	171	4116,66	170	100939,46	170	389242,95	170	141817,01	
R ²		0,33		0,47		0,62		0,60	
36 - Angus									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	21	920,89*	21	35370,36**	21	91894,24***	21	79717,46***	
ID			1	143,85 ^{ns}	1	1882,87 ^{ns}	1	63,39 ^{ns}	
IDV	1	264,33**	1	7797,72**	1	3695,53*	1	7775,57**	
IDV2	1	160,40*	1	4531,22**	1	1607,53 ^{ns}	1	5252,50**	
Resíduo	74	1791,13	73	39602,25	73	56056,60	73	52640,64	
R ²		0,43		0,54		0,65		0,63	

TABELA 23 –ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS PUROS CANCHIM, CARACU, ANGUS E CHAROLÊS DAS CARACTERÍSTICAS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)

(conclusão)

		PN		P210		P365		P420	
45 - Charolês									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	24	1678,43**	24	43751,59***	24	83494,25***	24	93642,93***	
ID			1	2198,23*	1	4775,83*	1	9063,01**	
IDV	1	86,99 ^{ns}	1	8275,48***	1	1803,73 ^{ns}	1	3464,28 ^{ns}	
IDV2	1	40,89 ^{ns}	1	7202,02**	1	1507,35 ^{ns}	1	2259,24 ^{ns}	
Resíduo	66	1790,69	65	30405,72	65	45175,36	65	62465,88	
R ²		0,51		0,64		0,65		0,63	

FV – Fontes de Variação; GL – Graus de Liberdade; QM – Quadrado Médio; GC – Grupo de Contemporâneo; ID – Idade do Animal no momento da avaliação; IDV e IDV2 – Efeito linear e quadrático da idade da vaca; * - P < 0,001; ** - P < 0,01; * - P < 0,05; ns – não significativo

Apêndice 3

TABELA 24 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS BIMESTIÇOS DAS CARACTERÍSTICAS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)

(continua)

		PN		P210		P365		P420	
7 – Canchim x Angus									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	21	1104,15**	21	35027,33***	21	74506,14***	21	82820,65***	
ID			1	75,01 ^{ns}	1	2909,35 ^{ns}	1	290,34 ^{ns}	
IDV	1	192,67**	1	2039,97*	1	1112,39 ^{ns}	1	2226,92 ^{ns}	
IDV2	1	159,79**	1	2071,57*	1	810,64 ^{ns}	1	1967,07 ^{ns}	
Resíduo	55	1193,83	54	26159,83	54	48242,94	54	32303,05	
R ²		0,54		0,59		0,61		0,74	
24 – Caracu x Charolês									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	26	955,34**	26	41615,77**	26	58280,06*	26	53229,69**	
ID			1	58,67 ^{ns}	1	2780,76 ^{ns}	1	2390,04 ^{ns}	
IDV	1	35,32 ^{ns}	1	734,67 ^{ns}	1	204,93 ^{ns}	1	1487,41 ^{ns}	
IDV2	1	22,25 ^{ns}	1	781,87 ^{ns}	1	381,03 ^{ns}	1	1464,25 ^{ns}	
Resíduo	44	627,71	43	24573,93	43	45109,24	43	34739,55	
R ²		0,64		0,65		0,58		0,62	
39 – Angus x Canchim									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	22	1952,58***	22	37392,67***	22	87856,94**	22	69210,48**	
ID			1	923,27 ^{ns}	1	1509,16 ^{ns}	1	3728,43 ^{ns}	
IDV	1	289,57**	1	4037,63**	1	2890,61 ^{ns}	1	7325,69*	
IDV2	1	329,38**	1	3801,67**	1	2880,00 ^{ns}	1	7090,38*	
Resíduo	63	1637,90	62	31715,31	62	77476,85	62	80771,55	
R ²		0,56		0,58		0,53		0,47	

TABELA 24 –ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS BIMESTIÇOS DAS CARACTERÍSTICAS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)

(conclusão)

50 – Charolês x Caracu								
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
GC	26	1827,15***	26	75497,45***	26	144358,65***	26	91958,43***
ID			1	454,60 ^{ns}	1	153,63 ^{ns}	1	744,49 ^{ns}
IDV	1	226,69**	1	2173,62 ^{ns}	1	1455,77 ^{ns}	1	1534,68 ^{ns}
IDV2	1	221,78**	1	2403,02 ^{ns}	1	1293,80 ^{ns}	1	1895,55 ^{ns}
Resíduo	106	2019,16	105	65466,73	105	108806,97	105	104518,35
R ²		0,50		0,54		0,59		0,54

FV – Fontes de Variação; GL – Graus de Liberdade; QM – Quadrado Médio; GC – Grupo de Contemporâneo; ID – Idade do Animal no momento da avaliação; IDV e IDV2 – Efeito linear e quadrático da idade da vaca; * - P < 0,001; ** - P < 0,01; * - P < 0,05; ns – não significativo

Apêndice 4

TABELA 25 –ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS (GGU) DAS CARACTERÍSTICAS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)

		PN		P210		P365		P420	
P1									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	24	5274,24***	24	279267,33***	24	512198,33***	25	686755,62***	
ID			1	38,22 ^{ns}	1	9539,18**	1	4948,98*	
IDV	1	666,95***	1	12633,79***	1	8471,12**	1	11814,06**	
IDV2	1	495,78**	1	11963,42***	1	8698,80**	1	11605,16**	
Resíduo	423	14707,94	422	231563,97	422	506833,63	421	507604,25	
R ²		0,30		0,56		0,50		0,60	
P2									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	19	3292,29***	19	138519,55***	19	310700,02***	20	295482,62***	
ID			1	264,60 ^{ns}	1	9379,17**	1	205,28 ^{ns}	
IDV	1	886,73***	1	19669,49***	1	23025,07***	1	18564,16**	
IDV2	1	781,56***	1	15930,86***	1	15750,87**	1	10117,15**	
Resíduo	277	8408,19	276	141983,87	276	334950,66	275	401321,00	
R ²		0,42		0,63		0,56		0,58	
P3 ou 80 (Purunã)									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	14	1050,04**	14	92931,70***	14	306495,64***	15	344396,47***	
ID			1	1629,44 ^{ns}	1	2168,81 ^{ns}	1	159,36 ^{ns}	
IDV	1	426,37**	1	18584,64***	1	22744,26***	1	20295,47**	
IDV2	1	309,08**	1	11151,88***	1	14901,49**	1	12324,98**	
Resíduo	332	11407,44	331	189993,52	331	371060,82	330	493500,33	
R ²		0,16		0,47		0,51		0,50	

P1 – Primeira geração de quadrimestiços; P2 – Segunda geração de quadrimestiços; P3 – Terceira geração de quadrimestiços; FV – Fontes de Variação; GL – Graus de Liberdade; QM – Quadrado Médio; GC – Grupo de Contemporâneo; ID – Idade do Animal no momento da avaliação; IDV e IDV2 – Efeito linear e quadrático da idade da vaca; * - P < 0,001; ** - P < 0,01; * - P < 0,05; ns – não significativo

Apêndice 5

TABELA 26 –ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS DA PRIMEIRA GERAÇÃO IDENTIFICADOS POR ORIGEM PARA AS CARACTERÍSTICAS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)

(continua)

		PN		P210		P365		P420	
61 – Angus x Canchim x Charolês x Caracu									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	19	1718,10**	19	60582,86***	19	120076,99***	19	194554,55***	
ID			1	255,40 ^{ns}	1	5575,91*	1	2968,18 ^{ns}	
IDV	1	72,14 ^{ns}	1	1235,57 ^{ns}	1	2116,58 ^{ns}	1	3049,35 ^{ns}	
IDV2	1	57,45 ^{ns}	1	1582,35 ^{ns}	1	1605,07 ^{ns}	1	2216,51 ^{ns}	
Resíduo	76	2265,49	75	34888,55	75	93252,42	75	82454,59	
R ²		0,46		0,65		0,58		0,71	
71 – Canchim x Angus x Caracu x Charolês									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	20	880,83 ^{ns}	20	54476,59***	20	155740,32***	21	182347,80***	
ID			1	120,02 ^{ns}	1	17475,63**	1	3515,12 ^{ns}	
IDV	1	12,22 ^{ns}	1	2239,85 ^{ns}	1	5596,60*	1	5420,40*	
IDV2	1	16,67 ^{ns}	1	2049,88 ^{ns}	1	5734,47*	1	5745,42*	
Resíduo	81	3187,74	80	58670,85	80	103900,65	79	87323,35	
R ²		0,23		0,53		0,62		0,69	
81 – Caracu x Charolês x Canchim x Angus									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	23	2424,97***	23	54867,22***	23	78590,04***	23	101341,53***	
ID			1	150,04 ^{ns}	1	1135,00 ^{ns}	1	354,06 ^{ns}	
IDV	1	342,64**	1	3283,52**	1	806,97 ^{ns}	1	762,12 ^{ns}	
IDV2	1	305,23**	1	3044,00*	1	944,17 ^{ns}	1	836,29 ^{ns}	
Resíduo	62	1792,50	61	27273,54	61	48778,18	61	54954,24	
R ²		0,63		0,69		0,63		0,68	

TABELA 26 –ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS DA PRIMEIRA GERAÇÃO IDENTIFICADOS POR ORIGEM PARA AS CARACTERÍSTICAS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)

(conclusão)

		PN		P210		P365		P420	
91 – Charolês x Caracu x Angus x Canchim									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	24	2126,71**	24	116969,56***	24	189791,61***	24	229572,51***	
ID			1	36,73 ^{ns}	1	66,65 ^{ns}	1	1,30 ^{ns}	
IDV	1	257,84**	1	6941,66**	1	6107,81*	1	4516,30 ^{ns}	
IDV2	1	186,11*	1	6238,76**	1	6653,85*	1	4609,77 ^{ns}	
Resíduo	133	5021,23	132	63050,60	132	138607,69	132	184930,44	
R ²		0,34		0,66		0,60		0,61	

P1 – Primeira geração de quadrimestiços; P2 – Segunda geração de quadrimestiços; P3 – Terceira geração de quadrimestiços; FV – Fontes de Variação; GL – Graus de Liberdade; QM – Quadrado Médio; GC – Grupo de Contemporâneo; ID – Idade do Animal no momento da avaliação; IDV e IDV2 – Efeito linear e quadrático da idade da vaca; * - P < 0,001; ** - P < 0,01; * - P < 0,05; ns – não significativo

Apêndice 6

TABELA 27 –ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS DA SEGUNDA GERAÇÃO IDENTIFICADOS POR ORIGEM PARA AS CARACTERÍSTICAS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)

(continua)

		PN		P210		P365		P420	
62 – 61 x 81									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	16	1374,87**	16	22001,09*	16	64361,11**	16	77626,20**	
ID			1	914,52 ^{ns}	1	644,14 ^{ns}	1	3867,58 ^{ns}	
IDV	1	259,08**	1	7308,09**	1	5944,06 ^{ns}	1	12950,18**	
IDV2	1	241,89**	1	6001,84**	1	3709,41 ^{ns}	1	9787,33**	
Resíduo	39	1008,92	38	23782,34	38	57180,03	38	48033,30	
R ²		0,63		0,70		0,64		0,73	
72 – 81 x 61									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	19	1434,68**	19	58200,52***	19	117346,88***	19	118129,64***	
ID			1	22,46 ^{ns}	1	6760,45*	1	42,41 ^{ns}	
IDV	1	65,61 ^{ns}	1	2761,07*	1	5719,63*	1	1852,87 ^{ns}	
IDV2	1	48,63 ^{ns}	1	2205,22*	1	4466,19 ^{ns}	1	1210,65 ^{ns}	
Resíduo	70	1721,26	69	29376,95	69	82680,13	69	104072,69	
R ²		0,57		0,76		0,64		0,64	
82 – 91 x 71									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	15	825,83 ^{ns}	15	15515,68*	15	60163,11***	15	37502,36**	
ID			1	351,24 ^{ns}	1	6,09 ^{ns}	1	13,82 ^{ns}	
IDV	1	351,50**	1	5284,92**	1	4234,13**	1	1570,67 ^{ns}	
IDV2	1	259,31*	1	4765,86**	1	3693,28**	1	1267,30 ^{ns}	
Resíduo	25	888,60	24	9656,40	24	9546,74	24	12795,53	
R ²		0,60		0,73		0,88		0,82	

TABELA 27 –ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EFEITOS DE MEIO DOS ANIMAIS QUADRIMESTIÇOS DA SEGUNDA GERAÇÃO IDENTIFICADOS POR ORIGEM PARA AS CARACTERÍSTICAS PESOS AO NASCER (PN), À DESMAMA (P210), AO ANO (P365) E AO SOBREANO (P420)

(conclusão)

		PN		P210		P365		P420	
92 – 71 x 91									
FV	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	
GC	17	1626,57***	17	60555,06***	17	114741,99***	17	79666,79*	
ID			1	1957,23 ^{ns}	1	1225,33 ^{ns}	1	914,13 ^{ns}	
IDV	1	608,00***	1	5056,25**	1	6114,21*	1	4726,43 ^{ns}	
IDV2	1	590,69***	1	4058,31**	1	3942,26 ^{ns}	1	1952,74 ^{ns}	
Resíduo	86	2509,39	85	49256,14	85	122679,53	84	174154,91	
R ²		0,51		0,66		0,56		0,56	

P1 – Primeira geração de quadrimestiços; P2 – Segunda geração de quadrimestiços; P3 – Terceira geração de quadrimestiços; FV – Fontes de Variação; GL – Graus de Liberdade; QM – Quadrado Médio; GC – Grupo de Contemporâneo; ID – Idade do Animal no momento da avaliação; IDV e IDV2 – Efeito linear e quadrático da idade da vaca; * - P < 0,001; ** - P < 0,01; * - P < 0,05; ns – não significativo