

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

Maiara Taiane Vieira

**HETEROSE NAS CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E PRODUTIVAS DE
BOVINOS DA RAÇA GIROLANDO**

**Porto Alegre
2020**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**HETEROSE NAS CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E PRODUTIVAS DE
BOVINOS DA RAÇA GIROLANDO**

MAIARA TAIANE VIEIRA

Zootecnista/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia no
Programa de Pós-Graduação, área de
concentração em Produção Animal

Orientador: Jaime Araújo Cobuci

Porto Alegre/RS, Brasil

Agosto de 2020

CIP - Catalogação na Publicação

Vieira, Maiara Taiane
Heterose nas características reprodutivas e
produtivas de bovinos da raça Girolando / Maiara
Taiane Vieira. -- 2020.
56 f.
Orientador: Jaime Araújo Cobuci.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Cruzamento. 2. Heterose. 3. Girolando. 4.
Produção de leite. 5. Reprodução. I. Cobuci, Jaime
Araújo, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Maiara Taiane Vieira
Zootecnista

DISSERTAÇÃO


Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

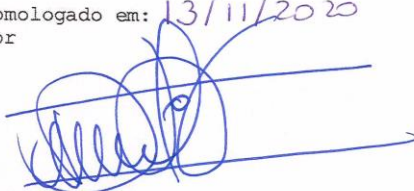
MESTRE EM ZOOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

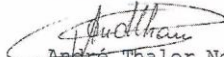
Aprovada em: 13.08.2020
Pela Banca Examinadora


Homologado em: 13/11/2020
Por



JAIME ARAÚJO COBUCI
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador


DANILO PEDRO STREIT JR.
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia

Ana F. B. Magalhães
Ana Fabricia Braga Magalhães
UFVJM


André Thaler Neto
UDESC


Luis Telo da Gama
ULisboa


CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

“ Cada segundo é tempo de mudar tudo para sempre.”

Charlie Chaplin

Aos meus pais, irmão e noivo: dedico!

Agradecimentos

À Deus pela criação da vida e dentro dela dar significado a fé que nos move e nos faz acreditar em sonhos.

A minha família, em especial meus pais e meu irmão, Lacir, Marileisa e Arlan, por não medirem esforços para que todos os sonhos se tornem reais. Além de compartilharem ao meu lado todos os momentos bons e ruins com todo o amor.

Ao meu noivo, Gustavo, meu companheiro de vida e de alma, que esteve sempre presente em todos os momentos desafiadores e importantes com muito carinho.

Ao programa de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia – UFRGS e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela oportunidade, estrutura e concessão da bolsa de estudos do mestrado.

Ao Professor Dr. Jaime Cobuci pela paciência, compreensão, orientação, incentivos e conhecimentos transmitidos.

Ao grupo de melhoramento genético animal (MegaGen) por todos os momentos compartilhados e ajuda. Em especial, a Darlene, por todo o apoio na construção do trabalho, paciência e esclarecimento das dúvidas.

Aos amigos que estiveram presentes e diminuíram os momentos de apreensão.

Ao Giovani Feltes, pela amizade, conhecimento, ajuda, compreensão e momentos vividos e, a Bibiana Ramborger, por dividir a vida comigo ao longo dessa etapa, sendo confidente e amiga. Muito obrigada a vocês dois, com certeza tornaram essa caminhada mais leve e mais doce com a apresentação ao açai.

As associações, pela disponibilização dos dados para a formação da base de dados.

A todos que, de alguma forma, estiveram presentes ao longo dessa trajetória: Muito Obrigada!

HETEROSE NAS CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E PRODUTIVAS DE BOVINOS DA RAÇA GIROLANDO¹

Autor: Maiara Taiane Vieira

Orientador: Prof. Jaime Araújo Cobuci

Resumo: A constante busca para melhorar o desempenho e a produtividade pecuária tem sido cada vez maior para atender a sociedade mais competitiva e globalizada. Para o desenvolvimento do sistema leiteiro, a eficiência reprodutiva deve ser considerada como critério para o aumento da produção e, com isso, gerar maior lucratividade. O uso de cruzamentos entre animais *Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus* têm sido uma importante ferramenta para melhorar a reprodução e a produção de leite através da exploração do efeito de heterose e, assim, produzir leite de modo sustentável nas regiões tropicais e subtropicais. No entanto, existem poucos estudos sobre o efeito de heterose para as características reprodutivas, em especial, em animais da raça Girolando, por isso se faz necessário estimar os efeitos de heterose e de raça nas principais características reprodutivas e produtivas dessa raça. Através dos registros dos nascimentos, partos e encerramentos das lactações das vacas foi possível criar as características reprodutivas como idade no primeiro parto, intervalos de partos, dias em aberto e períodos secos. Adicionalmente, utilizou-se registros da produção de leite em até 305 dias e no dia do controle das três primeiras lactações para avaliar de forma ampla e conjunta o efeito da heterose sobre esses dois grupos de importância econômica que são as características produtivas e reprodutivas. Foram estimados os efeitos de heterose e raça para essas várias características mensuradas em diferentes grupos genéticos da raça Girolando. Observou-se resultado favorável e significativo para o efeito de heterose das características avaliadas. Sendo que a heterose variou de 4,55 a 21,93% para as características de reprodução e, de 21,02 a 26,61%, para as características de produção. Assim, o uso de cruzamentos entre as raças Holandesa e Gir tendem a se beneficiar com o efeito de heterose, dessa forma confirma a importância do uso dessa ferramenta para melhoria da eficiência dos sistemas produtivos brasileiros, permitindo que os criadores usem animais mestiços para melhor atenderem seus objetivos, aumentando a rentabilidade.

Palavras-chave: Cruzamento; Girolando; Grupos genéticos; Heterose; Produção de leite; Reprodução

¹Dissertação de mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (56 p.). Agosto, 2020.

HETEROSIS IN THE REPRODUCTIVE AND PRODUCTIVE TRAITS OF GIROLANDO CATTLE²

Author: Maiara Taiane Vieira

Advisor: Prof. Jaime Araujo Cobuci

Abstract: The constant search to improve performance and livestock productivity has been increasingly greater to serve the most competitive and globalized society. For the development of the dairy system, reproductive efficiency must be considered as a criterion for increasing production and, thus, generating greater profitability. The use of crosses between animals *Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus* has been an important tool to improve the reproduction and production of milk through the exploitation of the heterosis effect and, thus, to produce milk in a sustainable way in tropical and subtropical regions. However, there are few studies on the effect of heterosis on reproductive characteristics, especially in animals of the Girolando breed, so it is necessary to estimate the effects of heterosis and breed on the main reproductive and productive characteristics of this breed. Through the records of births, calving and closings of lactations of cows it was possible to create reproductive characteristics such as age at first calving, calving intervals, open days and dry periods. In addition, records of milk yield are used within 305 days and on the day of the control of the first three lactations to broadly and jointly assess the effect of heterosis on these two groups of economic importance, which are as productive and reproductive characteristics. The effects of heterosis and breed for various traits measured in different genetic groups of the Girolando breed were estimated. A favorable and significant result was observed for the heterosis effect of the evaluated characteristics. A heterosis varied from 4.55 to 21.93% for reproductive characteristics and from 21.02 to 26.61% for production characteristics. Thus, the use of crossbreeding between the Holstein and Gir breeds tends to benefit from the heterosis effect, thus confirming the importance of using this tool to improve the efficiency of Brazilian production systems, allowing breeders to use crossbred animals to better serve your goals, increase profitability.

Keywords: Breed groups; Crossbred; Girolando; Heterosis; Milk yield; Reproduction

² Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (56 p.). August, 2020.

Sumário

Relação de tabelas	8
Relação de abreviaturas e símbolos	9
Capítulo I.....	10
Introdução.....	11
Revisão bibliográfica.....	13
Características reprodutivas	13
Cruzamento	14
Heterose	15
Hipóteses e objetivos.....	18
Hipóteses.....	18
Objetivos.....	18
Capítulo II ¹	19
1 Introdução.....	20
2 Material e métodos	21
2.1 Dados	22
2.2 Efeitos de raça e heterose.....	24
2.3 Análise estatística.....	25
3 Resultados.....	26
4 Discussão	29
5 Conclusão.....	39
Agradecimentos.....	40
Referências.....	41
Capítulo III.....	49
Considerações finais.....	50
Referências.....	51
Vita.....	55

Relação de tabelas

Capítulo I

1. Características reprodutivas e suas respectivas metas.....14

Capítulo II

1. Número de vacas e rebanhos por ordem de lactação para cada grupo genético.....46
2. Médias e desvio padrão para as características reprodutivas (IPP, IEP12, IEP23, DA12, DA23, PS12 e PS23) e produtivas (P3051, P3052, P3053, PLDC1, PLDC2 e PLDC3) de vacas da raça Holandesa (H), Gir (G) e diferentes grupos genéticos da raça Girolando (1/4H, 1/2H, 3/4H, 3/8H, 5/8H e 7/8H).....47
3. Efeitos de raça e de heterose e seu respectivo erro padrão e percentual de heterose para as características reprodutivas (IPP, IEP12, IEP23, DA12, DA23, PS12 e PS23) e produtivas (P3051, P3052, P3053, PLDC1, PLDC2 e PLDC3).....48

Relação de abreviaturas e símbolos

ABCG - Associação Brasileira de Girolando

ABCGIL - Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro

ACGHMG – Associação dos Criadores de Gado Holandês de Minas Gerais

DA12 – Dias em aberto entre o primeiro e o segundo partos

DA23 – Dias em aberto entre o segundo e o terceiro partos

G – Gir

H – Holandês

IEP12 – Intervalo entre o primeiro e segundo partos

IEP23 – Intervalo entre o segundo e terceiro partos

IPP – Idade ao primeiro parto

P3051 – Produção de leite em até 305 dias na primeira lactação

P3052 – Produção de leite em até 305 dias na segunda lactação

P3053 – Produção de leite em até 305 dias na terceira lactação

PLDC1 – Produção de leite no dia do controle na primeira lactação

PLDC2 – Produção de leite no dia do controle na segunda lactação

PLDC3 – Produção de leite no dia do controle na terceira lactação

PS12 – Período seco entre o primeiro e segundo partos

PS23 – Período seco entre o segundo e terceiro partos

1/2H – $\frac{1}{2}$ Holandês x $\frac{1}{2}$ Gir

1/4H – $\frac{1}{4}$ Holandês x $\frac{3}{4}$ Gir

3/4H – $\frac{3}{4}$ Holandês x $\frac{1}{4}$ Gir

7/8H – $\frac{7}{8}$ Holandês x $\frac{1}{8}$ Gir

5/8H – $\frac{5}{8}$ Holandês x $\frac{3}{8}$ Gir

3/8H – $\frac{3}{8}$ Holandês x $\frac{5}{8}$ Gir

Capítulo I

Introdução

No país, estratégias de cruzamento incluindo *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus* têm grande importância para obter o equilíbrio entre a produtividade e a adaptabilidade dos animais às condições adversas do Brasil (SANTOS et al., 2013). Portanto, o uso de cruzamentos em rebanhos leiteiros é de grande importância para a reprodução e para a viabilidade econômica dos produtores (CLASEN; FOGH; KARGO; 2018), principalmente porque os cruzamentos quando bem estruturados permitem obter animais mais adaptados às condições tropicais e levam o produtor a explorar o máximo proveito com a heterose e complementariedade (CANAZA-CAYO et al., 2014), ou seja, uma boa maneira de introduzir genes desejáveis nas populações alvo (SU; MADSEN; LUND, 2009).

Assim, a raça Girolando foi formada a partir do cruzamento entre as raças Holandesa (H) e Gir (G), com o objetivo de formar um grupamento capaz de produzir leite de modo sustentável nas regiões tropicais e subtropicais (SILVA et al., 2011). Pensando em aliar as vantagens existentes nos cruzamentos, em 1978, criou-se o Programa de Cruzamento Dirigido (PROCRUZA) com o objetivo de seleção de gado de leite e carne em todos os graus de sangue, no entanto o cruzamento entre Gir e Holandês foi o que mais se destacou ao longo dos dez anos de vigência do Programa e o mais praticado por produtores brasileiros, o que resultou em animais adaptados e com capacidade produtiva (SILVA et al., 2014).

Porém, além da produção de leite, um sistema produtivo depende da reprodução e, segundo NEVES, MIRANDA e TORTORELLA (2010) a reprodução animal constitui um dos fatores mais importantes, pois afeta diretamente a eficiência e a rentabilidade dos sistemas produtivos. Para obtenção da máxima produtividade no rebanho é necessário que os animais que o constitui iniciem a vida reprodutiva o mais cedo possível, com um período de serviço de oitenta dias e intervalo entre partos de doze meses (MELLO et al., 2016).

Assim, a eficiência reprodutiva é um dos fatores determinantes da eficiência total de produção e deve ser considerada como critério de seleção em programas de melhoramento genético animal. A avaliação das características

reprodutivas deve ser considerada pelos criadores, porque os rebanhos detentores de elevada precocidade sexual e fertilidade possuem maior disponibilidade de animais, tanto para venda como para seleção, permitindo maior intensidade seletiva e, conseqüentemente, progressos genéticos mais elevados e maior lucratividade (MELLO *et al.*, 2016). Para a seleção animal ser eficiente é necessária grande quantidade de animais para escolher os que mais se destacam nas características de interesse do sistema de produção.

Porém, assim como a produção de leite, as características reprodutivas podem ser beneficiadas com o uso dos cruzamentos, obtendo ganhos com a complementariedade e heterose. Contudo, há lacunas de estudo sobre o efeito da heterose nas principais características reprodutivas de bovinos leiteiros, em especial nos diferentes grupos genéticos que compõe a raça Girolando e como esses fatores genéticos não aditivos podem afetar a produção leiteira. Dessa forma, se faz necessária a realização de estudos acerca da expressão do nível de heterose sobre as principais características reprodutivas e da produção de leite em diferentes ordens de lactação, assim como as diferenças entre os grupos genéticos formados a partir de diferentes cruzamentos entre as raças Holandesa e Gir e, assim, contribuir para a melhoria dos sistemas de produção e para a melhor tomada de decisão dos criadores.

Revisão bibliográfica

Características reprodutivas

A eficiência produtiva associada ao melhoramento genético animal no rebanho é a ferramenta mais utilizada para o fornecimento de proteína animal de qualidade afim de suprir a necessidade do consumidor e as redes mercadológicas que agregam valor ao produto (TORRES JUNIOR, 2007; BATTISTELLI, 2012). Porém a produtividade leiteira é dependente da eficiência das taxas reprodutivas.

Dessa forma, a produção leiteira e os aspectos reprodutivos são processos determinantes da eficácia de produção em bovinos leiteiros, pois tem seus reflexos diretos na produtividade e na rentabilidade (FREITAS *et al.*, 1996; FERREIRA & MADALENA, 1997). Um baixo desempenho reprodutivo determina menor produção de leite e de bezerros, aumento nas despesas e manutenção de vacas secas, maiores taxas de descarte e maior número de doses de sêmen por concepção (LEITE; MORAES; PIMENTEL, 2001).

A eficiência reprodutiva é um dos fatores mais importantes para o bom desempenho da atividade pecuária (GUIMARÃES *et al.*, 2002). Além disso, a eficiência reprodutiva é o fator que, isoladamente, mais influencia na produtividade e lucratividade de um rebanho, pois pode reduzir a produção de leite, aumentar o intervalo de lactações e prolongar o período seco.

Uma produção mais rentável é determinada por fatores como o gerenciamento de todo o processo, o uso intensivo da área para a produção de forragem, eficiência reprodutiva, menor idade ao primeiro parto e a adequação do genótipo ao ambiente (BERGAMASCHI; MACHADO; BARBOSA, 2010).

No contexto da reprodução, a puberdade é um importante índice econômico, aliada a ovulação fértil onde o animal está apto para a reprodução, sendo que os animais zebuínos são de 4 a 6 meses mais tardios que os taurinos (BERGAMASCHI; MACHADO; BARBOSA, 2010). Os autores ainda citam que, a idade ao primeiro parto deve ser considerada como um critério de seleção, pois quanto mais precoce ocorrer, mais cedo o animal ingressa na vida produtiva e isso refletirá em maior produção acumulada. Dessa forma, na Tabela 1 é possível visualizar as metas e o tempo ideal para as principais características reprodutivas.

Tabela 1. Características reprodutivas e suas respectivas metas.

Índices reprodutivos	Ideal	Metas	Indicam problemas
Dias ao 1º cio observado	< 40 dias	40 a 60 dias	> 60 dias
Idade ao primeiro parto	24 meses	24 a 36 meses	< 24 ou > 40 meses
Intervalo de partos	12 meses	12,5 a 13 meses	> 14 meses
Período de serviço	60 dias	80 a 110 dias	> 140 dias
Período seco	50 a 60 dias	50 a 60 dias	< 45 ou > 70 dias
Serviços por concepção	1,4	1,5 a 1,7	> 2,5
Taxa de aborto	< 7%	< 10%	> 10%
Taxa de concepção	65%	50 a 60%	< 40%
Taxa de detecção de cio	90%	70 a 80%	< 50%
Taxa de mortalidade	< 3%	< 6%	> 10%
Taxa de natalidade	> 85%	75 a 85%	< 70%
Vacas em cio	> 90%	> 80%	< 80%

Adaptado de Embrapa Agrossilvipastoril (Acesso 23 fev. 2020).

Cruzamento

O cruzamento e a seleção são as únicas ferramentas disponíveis para o melhoramento animal, ressaltando que a utilização dos cruzamentos permite aumentar rapidamente a produtividade (de 20 a 70%) até a estabilização dos sistemas (MADALENA, 2001).

Em países tropicais, como o Brasil, a produção de bovinocultura leiteira é baseada, especialmente, em animais oriundos de cruzamento entre *Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus*. Segundo GAMA (2002), cruzamento pode ser definido como o acasalamento de indivíduos de raças diferentes e, representa uma das práticas de melhoramento genético mais aplicadas na produção animal. Essa prática apresenta como principais objetivos: capitalização da heterose, substituição gradativa de raças e complementariedade entre as raças pela inclusão de características desejáveis presentes nas raças divergentes (RESENDE, 2015).

O cruzamento é um sistema de reprodução que deve ser considerado valioso para todos os níveis tecnológicos e de gestão das propriedades (KARGO, MADSEN e NORBERG, 2012). Nos cruzamentos podem ser utilizados qualquer raça e em qualquer método pode-se obter sucesso, desde que o sistema de

produção seja levado em consideração na escolha (MIRANDA E FREITAS, 2009). Logo, o sistema de cruzamento ideal é aquele que atende aos objetivos e exigências de cada produtor (PLASSE, 2000).

Assim, surgiu a raça Girolando, formada através do cruzamento entre as raças Holandês e Gir, com o objetivo de formar rebanhos capazes de produzir leite de modo sustentável nas regiões tropicais e subtropicais (SILVA *et al.*, 2011). Os animais da raça Girolando apresentavam importância no panorama nacional para produção de leite. Assim, em 1996 o Ministério da Agricultura oficializou a denominação da raça Girolando, através da Portaria 079 de 01 de fevereiro desse mesmo ano, passando a entidade a adotar o nome de Associação Brasileira dos Criadores de Girolando e registro de número 059 da série Entidade de Âmbito Nacional, para cadastro de associações encarregadas de registro genealógicos. Então, em 1997, o teste de progênie da raça Girolando passou a ser realizado mediante a parceria entre a EMBRAPA Gado de Leite e a ABCG, onde a raça é fundamentada do cruzamento das raças Holandês (H) e Gir (G), que possui variados grupos genéticos que a compõe, essa variação é desde $1/4H:3/4G$ até $7/8H:1/8G$, o direcionamento dos acasalamentos ocorre com o objetivo de fixar o padrão racial do grupo genético de $5/8H:3/8G$ e com isso, produzir animais padronizados que atendam às necessidades dos produtores de leite brasileiros (Silva *et al.*, 2014). Desde o início os animais cruzados se destacaram pela produtividade, alta fertilidade e bom vigor, o que permitiu que a prática desse cruzamento se espalhasse rapidamente pelo país (Silva *et al.*, 2014).

Heterose

O termo heterose foi descrito pela primeira vez por Shull em 1914, definido como o incremento do vigor híbrido dos animais cruzados em comparação ao desenvolvimento médio dos seus pais (SHULL, 1948) ou ainda, uma medida relativa da média das linhagens paternas, referindo-se dessa forma a qualquer distância da aditividade nas populações que foram cruzadas (BOWMAN, 1959). De uma maneira mais prática a heterose pode ser definida também como a superioridade média dos filhos em relação à média dos pais (PEREIRA, 2008).

Segundo FACÓ *et al.* (2008) a heterose compõe o efeito não aditivo, sendo a base genética dos efeitos de cruzamento divididas em dois componentes principais: aditivo e não aditivo. Assim, a heterose ainda é definida como o resultado da heterozigose de indivíduos resultantes de cruzamentos e atribuída a interação genética intra loco (dominância) ou entre locos (epistasia) (FALCONER E MACKEY, 1996).

A heterose pode ser classificada em três tipos: 1) individual - que é a superioridade do desempenho de um indivíduo em relação à média dos seus pais que não está relacionada aos efeitos paternos, maternos ou ligados ao sexo; 2) materna - que é a heterose que pode ser observada em uma população devido ao uso de mães cruzadas ao invés de mãe puras e; 3) paterna - que é a vantagem obtida pela utilização de pais cruzados, em vez de pais puros, no desempenho das progênes (BARBOSA, 1995).

A raça Girolando contempla a heterose em seus três tipos, pois possui produtos oriundos de cruzamento, mães e pais cruzados também para formação dos grupos genéticos, apresentando heterose individual, materna e paterna, respectivamente.

A heterose afeta características particulares e não o indivíduo como um todo e é máxima quando diferentes alelos estão fixados em cada uma das linhas parentais (DIAZ, 2010), além disso, será maior quanto mais distante geneticamente forem as raças utilizadas no cruzamento e entre raças de diferentes subespécies (*Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus*) (FREITAS *et al.*, 2001).

Características que afetam a reprodução, a sobrevivência e a aptidão de modo geral (normalmente de baixa herdabilidade) apresentam os níveis mais altos de heterose, sendo de pelo menos 10% (WAKCHAURE *et al.*, 2015). De forma semelhante, BARBOSA (1995) relatou que a superioridade em bovinos de corte cruzados (Europeu x Zebu) variou de 10 a 20% para a maioria das características reprodutivas.

Nesse sentido, Facó *et al.* (2008) observaram efeito favorável de heterose para melhorar as características relacionadas a produção de leite, fertilidade e precocidade sexual. Bunning *et al.* (2019) relataram ganhos de heterose de 35,15% para a produção de leite em vacas mestiças (*Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus*). Enquanto Penasa *et al.* (2010b) observaram ganhos

com heterose de 10,2% para a redução do intervalo de partos para vacas mestiças (Holandês Friesian x Montbéliarde) e Dechow *et al.* (2007) ganhos de 15,08% de heterose para os dias em aberto em animais cruzados (Holandês x Brown Swiss). Assim, a heterose beneficia características de importância econômica para os sistemas produtivos leiteiros;

O nível esperado de heterose é difícil de prever e difere dependendo do tipo e número de raças envolvidas nos sistemas de cruzamentos (SØRENSEN *et al.*, 2008), além de existir influência do ambiente onde os animais são manejados sobre o efeito da heterose (PENASA *et al.*, 2010a, BRYANT *et al.*, 2007). Neste sentido, KARGO e colaboradores (2012) demonstraram que a heterose foi maior em ambientes com qualidade intermediária quando se classificou o ambiente pelo nível de produção dos rebanhos. E, AHLBORN-BREIER e HOHENBOKEN (1991) encontraram que em ambientes estressantes há alta expressão da heterose, também ressaltam que os rebanhos se beneficiam dos efeitos da heterose nas características reprodutivas quando são bem planejadas e levadas em consideração sua importância econômica.

Por isso, o efeito da heterose é o benefício mais importante do cruzamento na adaptação de bovinos leiteiros nas condições tropicais, como no Brasil, além da adaptação ao ambiente são mais competitivos por apresentarem baixos custos de manutenção (LOPEZ-VILLALOBOS *et al.*, 2000).

Hipóteses e objetivos

Hipóteses

Animais oriundos de cruzamentos (*bos taurus taurus* x *bos taurus indicus*) são beneficiados pelo efeito de heterose, porém o efeito é distinto nas diferentes ordens de lactações para as características reprodutivas e produtivas. Portanto, pode ser um efeito fixo alternativo para serem incluídos nos modelos que avaliam essas características na raça Girolando.

Objetivos

Estimar os efeitos de heterose e de raça nas principais características reprodutivas e nas produções de leite até 305 dias e no dia do controle em diferentes ordens de lactações nos bovinos da raça Girolando.

Capítulo II¹

¹Artigo será submetido para a Revista Brasileira em Zootecnia (RBZ)

Efeitos de heterose e raça nas características reprodutivas e produtivas de bovinos da raça Girolando

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de heterose e de raça das características reprodutivas e de produções de leite no dia do controle e em até 305 dias de lactação de vacas mestiças da raça Girolando. Foram utilizados 226.570 registros de produções de leite no dia do controle, respectivos a 17.004, 9.570 e 9.008 vacas de primeira, segunda e terceira lactação e seus relativos registros reprodutivos, coletados no período de 1990 a 2016, em Minas Gerais, Brasil. Calculou-se a proporção de genes da raça de cada vaca e seu coeficiente específico de heterose. Os coeficientes dos efeitos de heterose e raça foram estimados através de modelos lineares mistos pelo procedimento MIXED no SAS. As vacas oriundas de cruzamentos apresentaram efeito de heterose negativo (favorável) e significativo para as características de reprodução, sendo os períodos secos entre o primeiro e segundo partos e entre o segundo e terceiro partos apresentaram os maiores ganhos em heterose (21,93% e 10,41%, respectivamente). Todas as características produtivas avaliadas apresentaram efeito de heterose significativo. O efeito de heterose foi semelhante entre as três lactações. Diante do benefício do efeito de heterose na melhoria da performance reprodutiva e produtiva das vacas Girolando concluímos que a adoção de estratégias de cruzamentos entre as raças Holandesa e Gir é realmente uma boa alternativa e pode elevar a eficiência econômica da atividade leiteira nos diferentes sistemas de produção em ambientes tropicais.

Palavras-chave: bovinos de leite, cruzamento, Girolando, heterose, produção de leite, reprodução

1 Introdução

A eficiência reprodutiva do rebanho é um dos principais componentes da performance econômica e produtiva de uma propriedade leiteira. O uso da técnica de cruzamentos é de grande importância para melhoria da eficiência produtiva e

reprodutiva da atividade leiteira (Clasen et al., 2018), pois os cruzamentos são uma maneira de introduzir genes desejáveis nas populações alvo, mudando as frequências genotípicas dessas populações (Su et al., 2009).

Quando bem estruturados os cruzamentos permitem obter animais mais adaptados às condições tropicais, levando o criador a explorar ao máximo os efeitos da heterose e complementariedade para obtenção de animais mais adaptados (Canaza-Cayo et al., 2014).

Foi através do uso das técnicas de cruzamentos que se iniciou a formação da raça Girolando em 1989, com o objetivo de produzir leite de modo sustentável para as regiões tropicais e subtropicais do Brasil (Silva et al., 2011). Os benefícios dessa estratégia sobre a produtividade e a fertilidade foram facilmente percebidos pelos criadores, assim o uso do cruzamento entre animais das raças Holandesa e Gir espalhou-se rapidamente pelo país (Silva et al., 2014), permitindo melhorar a qualidade dos rebanhos brasileiros.

Portanto, é importante conhecer o efeito da heterose oriunda do uso dos cruzamentos, pois há escassez de estudos na raça Girolando, em especial, nas características reprodutivas. Alguns estudos apontam que o efeito de heterose pode apresentar ganho médio de 11%, para a idade ao primeiro parto, e de 9%, para intervalos entre partos (Rege, 1998).

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de heterose e de raça nas principais características reprodutivas conjuntamente com as produções de leite no dia do controle e até 305 dias de lactação de vacas da raça Girolando.

2 Material e métodos

2.1 Dados

Os registros reprodutivos e produtivos utilizados neste estudo foram disponibilizadas pela Associação dos Criadores de Gado Holandês de Minas Gerais (ACGHMG), Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL) e Associação Brasileira de Girolando (ABCG). A base de dados final após junção dos registros reprodutivos e produtivos das respectivas raças continha 226.570 registros de produções de leite no dia do controle de 17.004 vacas na primeira lactação, 9.570 vacas na segunda lactação e 9.008 vacas na terceira lactação, das raças Holandesa (H), Gir (G) e seis grupos genéticos oriundos de cruzamentos entre Holandês x Gir (1/4H, 3/4G (1/4H); 3/8H, 5/8G (3/8H); 1/2H, 1/2G (1/2H); 5/8H, 3/8G (5/8H); 3/4H, 1/4G (3/4H); 7/8H, 1/8G (7/8H)) que é oficialmente nomeado Girolando no Brasil, coletados no período de 1990 a 2016 em rebanhos localizados no Estado de Minas Gerais, Brasil.

As características reprodutivas avaliadas foram a idade da vaca no primeiro parto (IPP), intervalo entre primeiro e segundo partos (IEP12), intervalo entre segundo e terceiro partos (IEP23), dias em aberto entre o primeiro e segundo partos (DA12), dias em aberto entre o segundo e terceiro partos (DA23), período seco entre o primeiro e segundo partos (PS12) e período seco entre o segundo e terceiro partos (PS23).

As características produtivas avaliadas foram produção de leite em até 305 dias na primeira lactação (P3051), na segunda lactação (P3052), e na terceira lactação (P3053), assim como a produção de leite no dia do controle na primeira lactação (PLDC1), na segunda lactação (PLDC2) e na terceira lactação (PLDC3).

Na edição dos dados, foram mantidas somente vacas com registros até a terceira ordem de lactação, em que para as características de produção de leite em

até 305 dias (P3051, P3052 e P3053) foram eliminados registros inferiores a 900 kg e superiores a 13.800 kg de leite produzidos por lactação. Em relação as características de produção de leite no dia do controle (PLDC1, PLDC2 e PLDC3) as produções inferiores a 3 kg/dia e superiores a 45 kg/dia foram descartadas para as três lactações.

As características reprodutivas foram obtidas das seguintes formas. A IPP foi calculada como o número de dias do nascimento até o primeiro parto do animal, em que os registros de IPP inferiores a 545 e superiores a 1280 dias foram excluídos, pois possivelmente as vacas poderiam ter uma lactação anterior não registrada devidamente (Conforme Eastham et al., 2018).

Os IEP12 e IEP23 foram calculados pela diferença em dias entre o segundo e o primeiro partos e, entre o terceiro e segundo partos, respectivamente. Vacas com valores inferiores a 300 ou superiores a 800 dias foram descartadas porque poderia ter ocorrido algum tipo de falha no momento dos registros de partos sucessivos.

Os DA12 e DA23 foram calculadas por meio do número de dias obtidos individualmente para IEP12 e IEP23 subtraído do período médio da gestação das vacas (em média 284 dias), sendo que vacas com períodos inferiores a 50 ou superiores a 250 dias foram descartadas.

E por fim, os PS12 e PS23 foram calculados pela subtração da data do segundo parto em relação a data do encerramento da primeira lactação e pela subtração da data do terceiro parto em relação a data do encerramento da segunda lactação, respectivamente. Vacas com períodos menores que 30 dias e maiores que 300 dias foram excluídas da avaliação.

Após as edições nos dados visando assegurar sua qualidade, o número de rebanhos, de vacas e suas composições genéticas são apresentadas na Tabela 1 com seus respectivos números de observações.

2.2 Efeitos de raça e heterose

A proporção de genes foi calculada para cada vaca, da seguinte forma:

$$a_i^p = \frac{a_i^s + a_i^d}{2}$$

onde, a_i^p é proporção de genes da raça i na progênie; a_i^s é a proporção da raça i no pai; a_i^d é a proporção da raça i na mãe. Os efeitos de raça foram estimados em relação aos genes da raça Holandesa, incluindo o Holandês como a primeira raça e definindo seu efeito para um. As três raças leiteiras (Holandesa, Gir e Girolando) foram descritas como tendo registros suficientes para estimar os efeitos da raça para as características reprodutivas e produtivas (Tabela 1). Cada proporção dos genes Holandês (1/4H; 3/8H; 1/2H; 5/8H; 3/4H e 7/8H) mais a proporção dos genes Gir foi igual a um. As classes de proporções dos genes para cada raça foram definidas como: 1 = 0%, 2 = 25%, 3 = 37,5%, 4 = 50%, 5 = 62,5%, 6 = 75%, 7 = 87,5% e 8 = 100%.

Os coeficientes específicos de heterose foram calculados através da equação descrita por Dickerson (1973):

$$\delta_{ij}^p = a_i^s a_j^d + a_j^s a_i^d$$

onde δ_{ij}^p é o coeficiente de heterose esperado entre as frações de raças i e j a progênie; a_i^s e a_j^s são as proporções das raças i e j no pai; a_i^d e a_j^d são as proporções das raças i e j na mãe. Os efeitos de heterose específicos foram utilizados nos seis grupos genéticos de Girolando, pois a distribuição das vacas através das classes de

coeficientes de heterose esperada foi adequada para esse fim (Penasa, 2010). As classes de coeficientes de heterose foram definidas como: 1 = 0, 2 = 0,250, 3 = 0,375, 4 = 0,500, 5 = 0,625, 6 = 0,750, 7 = 0,875 e 8 = 1.

2.3 Análise estatística

Todas as características foram analisadas usando o procedimento MIXED no SAS (Statistical Analysis System, version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA). Os efeitos de raça e heterose foram estimados através dos seguintes modelos lineares mistos:

$$\text{Modelo 1: } y_{ijklm} = \mu + S_i + YC_j + H_k + C_l + \sum_{q=1}^2 \varphi_q a^q + \beta f + \lambda h + e_{ijklm}$$

Onde, y_{ijklm} é a observação da característica m (PLDC1, PLDC2 ou PLDC3) medida na vaca l , no rebanho k , no ano de controle leiteiro j , na estação do controle leiteiro i ; μ é a média geral; S_i é o efeito fixo da estação do mês de controle i ; YC_j é o efeito fixo do ano de controle j ; H_k é o efeito fixo do rebanho k ; C_l é o efeito aleatório da vaca l ; φ_q são os coeficientes de regressão associados aos efeitos lineares ($q = 1$) e quadráticos ($q = 2$) da idade da vaca em meses; β é o coeficiente de regressão associado ao efeito linear da proporção de Holandês f ; λ é o coeficiente de regressão associado ao efeito linear da heterose (h) entre as raças Holandesa e Gir; e_{ijklm} é erro residual aleatório associado a observação y_{ijklm} , assumindo NID ($0, \sigma_e^2$).

$$\text{Modelo 2: } y_{ijklm} = \mu + S_i + CY_j + H_k + C_l + \sum_{q=1}^2 \varphi_q a^q + \beta f + \lambda h + e_{ijklm}$$

Onde, y_{ijklm} é a observação da característica m (P3051, P3052, P3053, IEP12, IEP23, DA12, DA23, PS12 ou PS23) medida na vaca l , no rebanho k , no ano de parto da vaca j , na estação do mês de parto da vaca i ; μ é a média geral; S_i é o efeito fixo da estação do parto i ; CY_j é o efeito fixo do ano de parto j ; H_k é o efeito fixo do rebanho

k ; C_l é o efeito aleatório da vaca l ; φ_q são os coeficientes de regressão associados aos efeitos lineares ($q = 1$) e quadráticos ($q = 2$) da idade da vaca em meses; β é o coeficiente de regressão associado ao efeito linear da proporção de Holandês f ; λ é o coeficiente de regressão associado ao efeito linear da heterose (h) entre as raças Holandesa e Gir; e_{ijklm} é erro residual aleatório associado a observação y_{ijklm} , assumindo NID $(0, \sigma_e^2)$.

$$\text{Modelo 3: } y_{ijkl} = \mu + S_i + BY_j + H_k + C_l + \beta f + \lambda h + e_{ijkl}$$

Onde, y_{ijkl} é a observação da IPP medida na vaca l , no rebanho k , no ano j , na estação i ; μ é a média geral; S_i é o efeito fixo da estação de nascimento da vaca i ; BY_j é o efeito fixo do ano de nascimento da vaca j ; H_k é o efeito fixo do rebanho k ; C_l é o efeito aleatório da vaca l ; β é o coeficiente de regressão associado ao efeito linear da proporção de Holandês f ; λ é o coeficiente de regressão associado ao efeito linear da heterose (h) entre as raças Holandesa e Gir; e_{ijkl} é erro residual aleatório associado a observação y_{ijkl} , assumindo NID $(0, \sigma_e^2)$.

As estações do controle leiteiro, do parto ou do nascimento da vaca nos modelos foram definidas como estação seca (abril a setembro) e estação chuvosa (outubro a março).

3 Resultados

As médias das características reprodutivas (IPP, IEP12, IEP23, DA12, DA23, PS12 e PS23) e produtivas (P3051, P3052, P3053, PLDC1, PLDC2 e PLDC3) diferiram entre os oito grupos genéticos avaliados ($P < 0,05$) (Tabela 2).

No geral, houve aumento na média da produção de leite até 305 dias no decorrer das lactações (P3051, P3052 e P3053) para a maioria dos grupos genéticos,

com exceção dos grupos 1/4H, 3/8H e G. O valor médio da P3051 variou de 2913,74 kg (G) a 4686,11 kg de leite (H). Enquanto a média da P3052 variou de 2619,21 kg (G) a 5129,88 kg de leite (7/8H) e a média da P3053 variou de 2855,75 kg (G) a 5261,48 kg de leite (H). Observou-se que independente da ordem de lactação as maiores médias de produção de leite até 305 dias foram observadas para o grupo genético H, seguidos pelos grupos 7/8H, 3/4H e 1/2H.

Diferentemente, a produção de leite no dia do controle apresentou os maiores valores médios na segunda ordem de lactação para a maioria dos grupos genéticos, com exceção dos grupos G, 1/4H e 1/2H. Seguindo o mesmo comportamento da produção de leite até 305 dias, as maiores médias de produção de leite no dia do controle foram observadas para os grupos genéticos H, 7/8H, 3/4H e 1/2H, independente da ordem de lactação.

A estimativa média de produção de leite no dia do controle em cada lactação nos diferentes grupos genéticos estudados variou de 8,94 kg a 13,91 kg, para PLDC1, de 8,85 kg a 15,70 kg, a PLDC2, e de 8,47 kg a 15,07 kg de leite, para PLDC3.

As estimativas médias da IPP variaram de 965,62 a 1084,91 dias para os diferentes grupos genéticos. O grupo genético mais precoce foi o 1/2H (965,62 dias), seguido dos grupos 3/4H (983,38 dias) e H (992,08 dias), enquanto as vacas mais tardias foram aquelas pertencentes aos grupos 3/8H (1084,91 dias) e G (1082,44 dias).

O IEP12 variou de 427,24 a 485,31 dias nos diferentes grupos genéticos, sendo o grupo 1/2H, seguidos dos grupos H e 3/4H aqueles com as menores médias de intervalo entre partos. A média do IEP23 variou de 414,14 a 471,33 dias nos diferentes grupos genéticos, em que o grupo 1/2H, seguido dos grupos 3/4H e 1/4H foram os que apresentaram os segundos menores intervalos de partos.

Independentemente do grupo genético os valores médios de DA12 variaram de 120,41 (H) a 149,53 dias (1/4H), e de 118,81 (1/2H) a 142,45 dias (G), para DA23, permitindo observar que, em média, os dias em aberto diminuíram no segundo período de intervalos entre partos.

Em média, o PS12 variou de 93,96 (3/4H) a 169,86 dias (G) entre os diferentes grupos genéticos. Juntamente com o grupo genético 3/4H, o 7/8H (94,37 dias) e o 1/2H (101,53 dias) apresentaram os menores períodos secos, enquanto os maiores períodos foram observados para os grupos 1/4H (158,71 dias) e G (169,86 dias).

No período seco seguinte (PS23) o grupo genético H (100,22 dias) apresentou o menor período, seguido dos grupos 7/8H (102,67 dias) e o 3/4H (104,99 dias) e os maiores, como ocorreu no PS12, foram também para os grupos 1/4H (147,40 dias) e G (161,90 dias).

O efeito de raça foi significativo para a maioria das características produtivas e reprodutivas, exceto para IEP23 e DA23 (Tabela 3). Os maiores efeitos de raça para as características de produção de leite até 305 dias foram observados para P3052 (2697,23±156,23 kg), seguido pela P3053 (2500,68±157,12 kg) e P3051 (2165,24±114,09 kg).

A produção de leite no dia do controle, apresentou maior efeito de raça também na segunda lactação (8,52±0,54 kg). Nas características reprodutivas, a IPP apresentou o maior efeito de raça (-159,80±10,01 dias). A totalidade das características reprodutivas avaliadas no primeiro intervalo de parto apresentaram efeito de raça negativos e favoráveis, sendo observados os efeitos de -75,52, -35,61 e -23,37 dias para PS12, IEP12 e DA12, respectivamente. Também houve um efeito negativo e favorável de raça para a PS23 (-62,14±8,34 dias).

Todas as características de produção apresentaram efeito de heterose significativo ($P < 0,001$) e positivo (favorável). Desconsiderando possíveis diferenças nos períodos da duração de lactação entre grupos genéticos e entre lactações observou-se maior efeito de heterose (de 976,57 kg) para a produção de leite na terceira lactação (P3053). De forma distinta, a produção de leite no dia do controle apresentou maior efeito de heterose (de 3,04 kg) na primeira lactação (PLDC1)

Houve efeito de heterose negativo (favorável) e significativo ($P < 0,05$, $P < 0,01$ ou $P < 0,001$) para as características reprodutivas avaliadas. O maior efeito de heterose observado foi na IPP de -104,04 dias ($P < 0,001$). O IEP12 apresentou efeito de heterose de -29,80 dias ($P < 0,001$). Embora menor, o IEP23 apresentou efeito de heterose de -20,60 dias ($P < 0,01$).

Os DA12 e DA23 apresentaram efeito de heterose de -12,57 dias ($P < 0,01$) e -9,05 dias ($P < 0,05$), respectivamente.

O efeito de heterose mais expressivo para os períodos seco avaliados ocorreu entre o segundo e terceiro partos. O efeito de heterose foi de -29,87 dias ($P < 0,001$), para o PS12 e, de -13,65 dias ($P < 0,01$), para o PS23.

Em geral, observou-se que o efeito da heterose promoveu uma redução favorável na IPP, nos intervalos ou nos períodos avaliados nas características reprodutivas, assim como um aumento favorável e esperado na produção de leite nas diferentes lactações.

4 Discussão

As menores médias para a IPP foram encontradas em vacas com maior presença de genes da raça Holandesa, como aquelas pertencentes aos grupos genéticos H, 7/8H, 3/4H e 1/2H (Tabela 2). Vacas que pertencem a esses grupos

genéticos também apresentaram maior produção de leite, tanto para a produção de leite até 305 dias quanto no dia do controle, nas lactações avaliadas.

Conforme estudo de Eastham et al. (2018), vacas com menores idades ao primeiro parto apresentaram maior produção média diária de leite ao longo da vida produtiva e maior probabilidade de chegar à segunda lactação, além de expressarem boa fertilidade associada a menores intervalos de partos. Existe correlação genética favorável em vacas mestiças (Holandês x Gir) entre a produção de leite aos 305 dias e a idade ao primeiro parto ($0,69 \pm 0,06$), o que indica que as filhas de touros com alto mérito genético para a produção de leite tendem a possuir maior precocidade sexual, logo a seleção para aumento da produtividade influenciará na precocidade sexual correlacionada (Canaza-Cayo et al. 2016b). Além disso, a idade ao primeiro parto também apresenta correlação favorável de 0,33 com o primeiro intervalo de partos e de 0,40 com o segundo intervalo de partos, logo reduzir a idade ao primeiro parto implica em menores intervalos de partos (Vergara et al. 2009).

O intervalo de partos é um importante índice reprodutivo, pois afeta a produção total de leite na lactação e o número de bezerros nascidos das vacas, dessa forma, os sistemas leiteiros devem ter como objetivo intervalo de partos de 12 a 13 meses como ideal (Nuraddis e Ahmed, 2017).

Em nosso estudo encontramos média de 446,24 dias (14,6 meses) para o IEP12 (Tabela 2). Embora próximo do intervalo ideal recomendado esse período mais prolongado para o IEP12 pode estar associado a variação genética existente entre os grupos genéticos avaliados, pois os grupos G e 1/4H apresentaram médias bem superiores à média geral da população para essa característica. McManus et al. (2008) relataram que as vacas mais tardias dentre vários grupos genéticos foram aquelas que possuem maior proporção de genes da raça Gir, como G, 3/8H e 1/4H,

além disso, relataram ainda que animais com mais genes Holandês foram reprodutivamente mais eficiente e provavelmente tiveram maior produção de bezerros no mesmo intervalo de tempo do que os animais mestiços.

Manzi et al. (2019) encontraram média de 480 dias (15,8 meses) para diferentes combinações de cruzamento entre Ankole x Friesian x Jersey x Sahiwal, e mencionaram que o resultado encontrado se deve ao intervalo prolongado (de 192 dias) entre o parto e a primeira cobertura ou inseminação artificial. Enquanto Fedaku et al. (2011) atribuíram maior intervalo de partos a estação dos partos das vacas (Holandês x Friesian), pois vacas que pariram na estação de seca foram beneficiadas com o manejo nutricional, o que permitiu atender suas necessidades de manutenção e recuperação do ciclo estral.

À medida que aumenta a idade dos animais o intervalo dos partos tende a diminuir (Titterington et al., 2017). Dessa forma, observamos que o segundo intervalo entre partos (IEP23) diminuiu em relação ao primeiro (IEP12) para os grupos genéticos avaliados, com exceção do grupo H (Tabela 2).

Neste sentido, vale ressaltar que *Bos taurus taurus* apresentam maior dificuldade de detecção do estro durante períodos de estresse térmico por reduzir a duração do estro, enquanto em *Bos taurus indicus* não há evidências dessa diminuição na duração do estro (Nuraddis e Ahmed 2017). Adicionalmente, relatos de Morton et al. (2010) também mencionaram haver certa sensibilidade na detecção do cio devido a influência do manejo nos rebanhos, dessa forma não é realizada a inseminação nos animais, conseqüentemente alongando o intervalo de partos.

A diminuição do intervalo dos partos tem relação direta com os dias em aberto, que compreendem os períodos de anestro e de serviço das vacas e, devem variar de 80-85 dias, para permitir que seja produzido um bezerro por ano (Nuraddis e

Ahmed, 2017). Observou-se em nosso estudo que para os DA12 as vacas que apresentaram o maior período de dias em aberto foram as pertencentes aos grupos genéticos 1/4H (149,53 dias) e G (142,45 dias) (Tabela 2), valores considerados acima do preconizado, o que pode ter contribuído para gerar maior intervalo de os partos e possivelmente menos bezerros nascidos nas propriedades, gerando perdas econômicas.

Diferentemente do observado para DA12 nos DA23 as vacas com maiores períodos foram as pertencentes aos grupos genéticos G (147,49 dias) e 5/8H (126,54 dias). Essa variação observada pode ser explicada pelas mudanças regionais sazonais, como a estação do parto ou outros fatores ambientais (Boni et al., 2014), ou seja, a eficiência reprodutiva dos animais não depende somente do mérito genético dos animais (composição genética), mas necessita também de outros fatores como nutrição, gestão, saúde e ambiente (Nuraddis e Ahmed, 2017).

Além dos intervalos de partos e os dias em aberto a eficiência da cadeia produtiva do leite pode ser avaliada através da duração do período seco dos animais, preconizado como ideal como sendo 60 dias.

O primeiro e o segundo períodos secos (PS12 e PS23) diferiram ($P < 0,05$) para os grupos genéticos, sendo que a população avaliada apresentou média superior ao preconizado como ideal, em especial, alguns dos grupos genéticos que possuem maior presença de genes da raça Gir (Tabela 2).

De acordo com Rangel et al. (2009), quanto mais curta for a lactação maior será o período seco e menor será o percentual de vacas em lactação no rebanho, ocasionando menor produção de leite por dia, comprometendo diretamente a eficiência econômica da atividade leiteira, pois quanto maior a duração da lactação maior a produção de leite das vacas (Silveira et al., 2018). Sabe-se que vacas da raça

Holandesa possuem maior duração média da lactação, que varia de 279 dias (McManus et al., 2008) a 303 dias (Mellado et al., 2011), seguido das vacas mestiças Holandês x Gir com 283 dias (Ribeiro et al., 2017) e as vacas da raça Gir apresentam a menor média para a duração da lactação com 275 dias (Ruas et al., 2014).

De forma semelhante, identificamos no nosso estudo que as vacas apresentaram diferenças na duração das lactações de acordo com o grupo genético (valores não apresentados), o que pode ter gerado a variação do período seco das vacas com tendência de prolongamento desse período para os grupos genéticos de animais com maior presença de genes da raça Gir.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) na produção de leite nas diferentes lactações para os grupos genéticos avaliados, com maior média para P3051 verificada nas vacas pertencentes aos grupos genéticos H, 7/8H, 3/4H e 1/2H. Uma mesma sequência na classificação para maior produtividade foi observada por Daltro et al. (2020), enquanto Balancin Júnior et al. (2014) observaram maior produção de leite na primeira lactação para os grupos genéticos 7/8H, 3/4H e 1/2H.

Para a P3052, os mesmos grupos genéticos apresentaram as maiores produções de leite, enquanto as menores médias produtivas foram observadas nas vacas dos grupos genéticos 1/4H, 3/8H e G, semelhantemente ao identificado por McManus et al. (2008).

A média de produção de leite até 305 dias aumentou com o avanço da ordem de partos, de forma que os grupos genéticos H, 7/8H, 3/4H e 1/2H se mantiveram os mais produtivos e, os grupos 1/4H e G, os menos produtivos. Nesse sentido, Ruas et al. (2014) verificaram que animais F1 (Holandês x Gir) apresentaram maior quantidade de leite produzido ao avançar das lactações, com pico de produção na sétima lactação. De maneira semelhante, Ribeiro et al. (2017) também observaram

aumento na produção de leite com o avançar das ordens de partos dos animais F1 (Holandês x Gir).

Por outro lado, verificou-se que a média da produção de leite no dia do controle foi maior nas vacas de segunda lactação (PLDC2), com exceção daquelas pertencentes ao grupo genético G. Ressalta-se que a PLDC3 média, em geral, foi menor que a PLDC1.

Conforme esperado, a IPP apresentou efeito de heterose significativo ($P > 0,001$), com ganhos de -104,04 dias para o efeito de heterose, o que representa redução de 10,03% na IPP em relação à média dos seus pais puros (Tabela 3). Coffey et al. (2015) observaram efeito de heterose de -11,7 (3,7) dias para a idade ao primeiro parto em vacas mestiças (Holandês x Jersey) enquanto para os cruzamentos entre Holandês x Friesian e entre Friesian x Jersey a idade ao primeiro parto não apresentou efeito de heterose significativo.

Nesse sentido, efeito negativo e não significativo para a idade no primeiro parto também foi observado por Vergara et al. (2009) em animais oriundos de diferentes cruzamentos (Angus x Blanco Orejinegro x Zebu), que atribuíram a esse resultado a influência do manejo, nutrição e clima. Enquanto Penasa et al. (2010) verificaram efeitos de heterose muito baixos, mas significativos para a idade no primeiro parto em vacas F1 (Puro Holandês x Holandês Britânico) ressaltando, todavia, que é importante ter em mente que essa característica depende mais das decisões dos criadores do que dos aspectos fisiológicos do próprio animal.

Sabendo que a IPP é beneficiada pelo efeito da heterose, é possível fazer o uso de cruzamentos visando os benefícios econômicos para essa característica e melhorar a performance reprodutiva do rebanho. Além disso, o uso da seleção para

a IPP pode gerar avanço genético moderado para a precocidade sexual em rebanhos da raça Girolando (Canaza-Cayo et al., 2017).

Por outro lado, efeitos significativos e favoráveis de heterose para os dois primeiros intervalos de partos eram esperados, pois características de baixa herdabilidade (0,00–0,08, conforme Canaza-Cayo et al., (2017)) tendem a ser mais beneficiadas com o efeito da heterose (Facó et al., 2008).

Em nossos estudos, as vacas mestiças oriundas de cruzamentos apresentaram redução de 6,53% e 4,55%, respectivamente, para IEP12 e IEP23, em relação à média de seus pais puros (Tabela 3), indicando que o uso de cruzamentos pode ser uma estratégia para melhorar a eficiência reprodutiva, visto que a heterozigose e consequentemente a heterose podem reduzir os intervalos de partos (Facó et al., 2008).

A magnitude dessa heterose nesses dois primeiros intervalos de partos, obtida mediante o valor do coeficiente do efeito de heterose (Tabela 3), permite o aumento indireto da lucratividade já que o incremento da renda para a atividade leiteira é baseado em menores intervalos de partos e do uso de animais mestiços, visto que animais cruzados tendem a ser menos dependentes de insumos (nutrição, sanidade e tecnologia) (Gazzarin et al., 2018).

Na redução dos intervalos de partos é importante avaliar o comportamento dos dias em aberto das vacas, dessa forma, verificou-se um efeito significativo e favorável para DA12 (-12,57 dias) e DA23 (-9,05 dias), com reduções que representaram 9,56% e 6,63% de heterose nestas características, respectivamente (Tabela 3).

Dechow et al. (2007) relataram que as estimativas de heterose foram favoráveis para os dias em aberto em animais cruzados (Holandês x Brown Swiss),

mas houve variação conforme as ordens de parto e a raça do pai, sendo o ganho com heterose mais expressivo na primeira lactação (15,08% ($P < 0,001$) de heterose naquela população).

O PS12 e PS23 foram as características reprodutivas mais beneficiadas pelo efeito da heterose, com redução de -29,87 e -13,65 dias, respectivamente. Desta forma os possíveis ganhos em desempenhos verificados nos animais mestiços quando comparados com as médias dos seus pais puros representou 21,93% e 10,41%, respectivamente, para PS12 e PS23 (Tabela 3). Esses resultados são importantes, pois a redução dos períodos secos contribui para o aumento da duração da lactação, além disso apresentam menores intervalos de partos (Canaza-Cayo et al., 2017). Sabe-se ainda que animais zebus e mestiços tendem a ter lactações mais curtas que animais de raças europeias (Canaza-Cayo et al., 2016a).

A redução do período seco das vacas influencia em aumento da duração da lactação e, conseqüentemente, maior produção de leite. Conforme observado nesse estudo, os animais cruzados foram beneficiados pelo efeito da heterose para reduzir o período seco, sendo de grande importância nos sistemas produtivos brasileiros, pois esses em sua maioria são compostos por animais mestiços.

Portanto, os encolhimentos na IPP, dos dias em aberto, dos intervalos de partos e dos períodos secos dos animais verificados pelo efeito de heterose são indicativos vantajosos para os diferentes sistemas de produção que utilizam animais mestiços, pois o aumento na IPP, de dias em aberto, dos intervalos de partos e/ou dos períodos secos representam perdas econômicas nas propriedades e afetam, de maneira geral, a atividade reprodutiva das vacas leiteiras. Além disso, contribuem para o aumento de custos da propriedade, com gastos de mão de obra e manutençã

dos animais e reduz a produção de leite e vende de animais (bezerros, novilhas) e torna difícil a seleção animal (Gazzarin et al., 2018).

Sabe-se que a heterose é benéfica para uma série de características economicamente importantes, como as reprodutivas, que são particularmente importantes em sistemas produtivos de baixo insumo comuns nos trópicos e tem expressivo potencial para melhorar a lucratividade (Bunning et al.; 2019). Uma vez que a seleção para melhorar algumas dessas características (como exemplo o período de serviço) não são muito eficazes (Canaza-Cayo et al., 2017).

No que se refere às características produtivas, verificamos que o efeito de heterose sobre a produção de leite no dia do controle e a produção de leite até 305 dias das vacas Girolando, independe da ordem de lactação. Alguns dos poucos estudos realizados no Brasil com bovinos da raça Girolando também relataram efeito de heterose significativo na produção de leite na primeira lactação (Daltro et al., 2019; 2020; Facó et al., 2008).

A heterose ocasionou aumento na produção leiteira das vacas Girolando de 21,02%, 23,23% e 24,06%, respectivamente, para P3051, P3052 e P3053, quando comparado com a média de seus pais puros (H e G) (Tabela 3). Bunning et al. (2019) encontraram ganhos de heterose de 35,15% para a produção de leite em vacas mestiças (*Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus*), enquanto Lembeye et al. (2016) encontraram variação de heterose de 3,3 – 5,9% para animais mestiços (Holandês - Friesian x Jersey) e concluíram que a ordem da lactação e o nível de produção (avaliaram baixo, médio e alto nível de produção) das vacas afetam a expressão da heterose.

Uma maior produção de leite implica em melhores parâmetros econômicos, pois representam menores custos por quilograma de leite produzido e com isso,

maior rentabilidade (Němečková et al., 2015). Por isso, o efeito de heterose é o benefício mais importante do uso de cruzamentos na adaptação de bovinos leiteiros nas condições tropicais, como no Brasil, porque além de serem animais mais adaptados ao ambiente são mais competitivos por apresentarem baixos custos de manutenção (Lopez-Villalobos et al., 2000).

Para a produção de leite no dia do controle, observou-se maior efeito de heterose para a PLDC1 (3,04 kg), que representou incremento de 26,61% quando comparado a média de seus pais puros (Tabela 3). Semelhantemente ao observado para a primeira lactação verificamos que o efeito de heterose para PLDC2 (3,01 kg) e PLDC3 (2,91 kg) representou um ganho potencial de respectivamente, 24,53% e 24,72%, na produtividade diária de leite quando comparado com a média dos seus pais puros (H e G).

Observou-se ainda que o efeito de heterose foi mais expressivo na terceira ordem de lactação para a produção de leite em até 305 dias, enquanto para a produção de leite no dia do controle foi maior na primeira lactação. Lembeye et al. (2016) observaram menor efeito de heterose na primeira lactação (105 ± 11 kg) para animais Holandês-Friesian x Jersey, e maior efeito de heterose na quarta lactação (219 ± 12 kg). A magnitude dos valores do efeito de heterose gerou ganhos de 4,7 e 6,6% na produção de leite, respectivamente, na primeira e quarta lactação.

Segundo os estudos de Buckley et al. (2003) uma maior produção de leite de vacas mestiças (Holandês x Friesian) está associada com a melhor performance reprodutiva. Por outro lado, Němečková et al. (2015) observaram que a alta produção de leite em vacas de raça Holandês apresentou pior desempenho reprodutivo, quando comparada com as vacas de menor produtividade.

Em nosso estudo, observamos que vacas com maior fração genética da raça

Holandesa, em geral, apresentaram maiores índices produtivos, enquanto as vacas mestiças apresentaram melhor desempenho reprodutivo. O que indica expressiva influência dos efeitos de heterose sobre esses dois grupos de características e quando utilizados de maneira adequada para o interesse dos criadores contribuem na melhoria dos rebanhos.

No geral, podemos concluir ser possível melhorar a eficiência dos animais para as principais características reprodutivas e produtivas de interesse econômico dos criadores através da exploração do efeito de heterose, pela cuidadosa escolha do material genético dos progenitores a serem utilizados na formação das diferentes proporções raciais nas progênies.

5 Conclusão

A estratégia de uso dos cruzamentos entre animais das raças Holandesa e Gir é confirmada como uma boa alternativa para a melhoria da performance reprodutiva e o incremento da produção de leite nos diferentes sistemas de produção presentes nos ambientes tropicais do Estado de Minas Gerais.

Esse tipo de cruzamento amplamente difundido no país permite que ocorra um expressivo efeito de heterose (entre 4,5% e 26,5%), beneficiando as vacas dos diferentes grupos genéticos da raça Girolando, com a redução na idade no primeiro parto, nos intervalos de partos, nos dias em aberto e nos períodos secos, além do expressivo aumento na produção de leite no dia do controle e em até 305 dias de lactação, independentemente da ordem de parto. Assim, ampliar o uso desses cruzamentos pelos criadores no Brasil tende a ser muito vantajoso, em termos de desempenho e eficiência econômica, para a indústria láctea nacional.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Associação dos Criadores de Gado Holandês de Minas Gerais (ACGHMG); a Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL); a Associação Brasileira de Girolando (ABCG); a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Gado de Leite pelo fornecimento dos dados, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de financiamento 001.

Referências

- Balancin Júnior, A. Prata, M.A.; Moreira, A.L.; Vercesi Filho, A.E. and El Faro, L. 2014. Avaliação de desempenho produtivo e reprodutivo de animais mestiços do cruzamento. *Bol Ind Anim*, 71:357-364. <https://doi.org/10.17523/bia.v71n4p357>
- Boni, R.; Perrone, L.L. and Cecchini, S. 2014. Heat stress affects reproductive performance of high producing dairy cows bred in an area of southern apennines. *Livestock Science* 160:172–177. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.11.016>
- Buckley, F.; Sullivan, O.; Mee, J.F.; Evans, R.D. and Dillon. P. 2003 Relationships among milk yield, body condition, cow weight, and reproduction in Spring-calved Holstein-Friesians. *Journal of Dairy Science* 86:2308-2319. [10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73823-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73823-5)
- Bunning, H.; Waal, E.; Chagunda, M.G.G.; Banos, G. and Simm, G. 2019. Heterosis in cattle crossbreeding schemes in tropical regions: Meta-analysis of effects of breed combination, trait type and climate on level of heterosis. *Journal of Animal Science* 97:29-34. <https://doi.org/10.1093/jas/sky406>
- Canaza-Cayo, A.W.; Lopes, P.S.; Slva, M.V.G.B.; Cobuci, J.A.; Torres, R.A.; Martins, M.F. and Arbex, W.A. 2014. Estrutura populacional da raça Girolando. *Ciência Rural* 44(11):2072–2077. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131307>
- Canaza-Cayo, A.W.; Silva, M.V.G.B.; Cobuci, J.A.; Martins, M.F. and Lopes, P.S. 2016a. Effect of inclusion or non-inclusion of short lactations and cow and/or dam genetic group on genetic evaluation of Girolando dairy cattle. *Genetics and Molecular Research* 15(2).
- Canaza-Cayo, A.W.; Cobuci, J.A.; Lopes, P.S.; Torres, R.A.; Martins, M.F.; Daltro, D.S.; and Silva, M.V.G.B. 2016b. Genetic trend estimates for milk yield production and fertility traits of the Girolando cattle in Brazil. *Livestock Science*, 190:113-122. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.06.009>
- Canaza-Cayo, A.W. Lopes P.S.; Cobuci, J.A.; Martins, M.F. and Silva, M.V.G.B. 2017. Genetic parameters of milk production and reproduction traits of Girolando cattle

in Brazil. *Italian Journal of Animal Science* 17:22-30.
<http://dx.doi.org/10.1080/1828051X.2017.1335180>

Clasen, J.B.; Kargo, M. and Fogh, A. 2018. Crossbreeding benefits dairy herds at all management levels. *Proceedings of the World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* 11:164.

Coffey, E.L., Horan, B., Evans, R.D. and Berry, D.P. 2016. Milk production and fertility performance of Holstein, Friesian, and Jersey purebred cows and their respective crosses in seasonal-calving commercial farms. *Journal of Dairy Science* 99:5681-5689. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10530>

Daltro D. S.; Padilha, A.H.; Silva, M.V.G.B.; Kern, E.L.; Santos, D.C.A.; Panetto, J.C.C.; Gama, L.T.; Cobuci, J.A. 2019. Heterosis in the lactation curves of Girolando cows with emphasis on variations of the individual curves. *Journal of Applied Animal Research* 47(1):85–95. <https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1575223>

Daltro D. S.; Silva, M.V.G.B.; Gama, L.T.; Machado, J.D.; Kern, E.L.; Campos, G.S.; Panetto, J.C.C.; Cobuci, J.A. 2020. Estimates of genetic and crossbreeding parameters for 305-day milk yield of Girolando cows. *Italian Journal of Animal Science* 19(1):86–94. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1702110>

Dechow, C. D.; Rogers, G.W.; Cooper, J.B.; Phelps, M.I. and Mosholder, A.L. 2007. Milk, fat, protein, somatic cell score, and days open among holstein, brown swiss, and their crosses. *Journal of Dairy Science* 90:3542–3549. [10.3168/jds.2006-889](https://doi.org/10.3168/jds.2006-889)

Dickerson, G.E. 1973. Inbreeding and heterosis in animals. *Proceedings of the Animal Breeding and Genetics Symposium in honor of Dr. Jay L. Lush. American Society of Animal Science* 54-77.

Eastham, N. T.; Coates, A.; Cripps, P.; Richardson, H.; Smith, R. and Oikonomou, G. 2018. Associations between age at first calving and subsequent lactation performance in UK Holstein and Holstein-Friesian dairy cows. *PLoS ONE* 13:1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197764>

Facó, O.; Lobo, R.N.B.; Martins Filho, R.; Martins, G.A.; Azevedo, D.M.M.R. and Azevedo, D.M.M.R. 2008. Efeitos genéticos aditivos e não-aditivos para

características produtivas e reprodutivas em vacas mestiças Holandês x Gir. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:48–53. 1806-9290

Fekadu, A.; Kassa, T. and Belehu, K. 2011. Study on reproductive performance of Holstein-Friesian dairy cows at Alage Dairy Farm, Rift Valley of Ethiopia. *Tropical Animal Health Production* 43:581.

Gazzarin, C.; Banda, M.C. and Lips, M. 2018. A comparison of economic performance between high-yielding temperate breeds and zebu-crossbreds on smallholder dairy farms in Southern Malawi with particular focus on reproductive performance. *Tropical Animal Health and Production*. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1590-y>

Lembeye, F.; Lopez-Villalobos, N.; Burke, J.L. and Davis, S.R. 2016. Breed and heterosis effects for milk yield traits at diferente production levels, lactation number and milking frequencies. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. <http://dx.doi.org/10.1080/00288233.2016.1156551>

Lopez-Villalobos, N.; Garrick, D.J.; Holmes, C.W.; Blair, H.T. and Spelman, R.J. 2000. Profitabilities of Some Mating Systems for Dairy Herds in New Zealand. *Journal of Dairy Science* 83:144-153. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74865-XGet](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74865-XGet)

McManus, C.; Teixeira, R.A.; Dias, L.T.; Louvandini, H. and Oliveira, E.M.B. 2008. Características produtivas e reprodutivas de vacas Holandesas e mestiças Holandês x Gir no Planalto Central. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37(5):819–823. 1806-929

Manzi, M.; Rydhmer, L.; Ntawubizi, M.; Karege, C. and Strandberg, E. 2019. Reproductive performance of Ankole cattle and its crossbreds in Rwanda. *Tropical Animal Health and Production* 51:49-54. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1658-8>

Mellado, M. et al. Lactation performance of Holstein and Holstein x Gyr cattle under intensive condition in a subtropical environment. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, v. 14, p. 927-931, 2011.

Morton, J. M. 2010. Interrelationships between herd-level reproductive performance measures based on intervals from initiation of the breeding program

in year-round and seasonal calving dairy herds. *Journal of Dairy Science* 93:901-910. 10.3168/jds.2009-2045

Němečková D.; Stádník L. and Jaroslav Č. 2015. Associations between milk production level, calving interval length, lactation curve parameters and economic results in Holstein cows. *Mljekarstvo* 65(4):243-250. 10.15567/mljekarstvo.2015.0404

Nuraddis, I. and Ahmed, S. 2017. Review on reproductive performance of crossbred dairy cattle in Ethiopia. *Journal of Reproduction and Infertility* 8(3):88-94. 10.5829/idosi.jri.2017.88.94

Penasa, M.; Marchi, M.; Dal Zotto, R.; Jong, G.; Brittante, G. and Cassandro, M. 2010. Heterosis effects in a black and white dairy cattle population under different production environments. *Livestock Science* 131: 52-57. 10.1016/j.livsci.2010.02.027

Rangel, A.H.N. et al. 2009. Desempenho produtivo leiteiro de vacas Guzerá. *Revista Verde, Mossoró - RN* 4:85-89.

Rege, J.E.O. 1998. Utilization of exotic germplasm for milk production in the tropics. In: world congress on genetics applied to livestock production. *Armidale. Proceedings* 25:193-200.

Ribeiro, L.S. Goes, T.J.F.; Torres Filho, R.A.; Araújo, C.V.; Reis, R.B. and Saturnino, H.M. 2017. Desempenhos produtivo e reprodutivo de um rebanho F1 Holandês x Gir em Minas Gerais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 69(6):1624-1634. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9076>

Ruas, J. R. M.; Silva, E.A.; Queiroz, D.S.; Pereira, M.E.G; Soares Júnior, J.A.G.; Santos, M.D.; Rocha Júnior, V.R. and Costa, M.D. 2014. Características produtivas da lactação de quatro grupos genéticos F1 Holandês x Zebu. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária* 21(1)33-37. <http://dx.doi.org/10.4322/rbcv.2014.014>

Silva, M. V. G. B. et al. Programa de melhoramento genético da raça Girolando: sumário de touros: resultado do teste de progênie. *Junho/2011, n. 148, p. 45, 2011.*

Silva, M. V. G. B. *et al.* Programa de melhoramento genético da raça Girolando: sumário de touros: resultado do teste de progênie. Julho/2014, n. 170, p. 64, 2014.

Silveira R.M.F. *et al.* 2018. Influência dos índices reprodutivos na produção de leite de vacas mestiças criadas no litoral cearense. *Agropecuária Científica no Semiárido* 14(2):117-122.

Su, G.; Madsen, P. and Lund, M. S. 2009. Reaction norm model with unknown environmental covariate to analyze heterosis by environment interaction. *Journal of Dairy Science* 92:2204-2213. 10.3168/jds.2008-1499

Titterington, F.M.; Lively, F.O.; Dawson, S.; Gordon, A.W. and Morrison, S.J. 2017. The effects of breed, month of parturition and sex of progeny on beef cow fertility using calving interval as a measure. *Advances in Animal Biosciences* 8(1):67-71. 10.1017/S2040470017001741

Vergara, O.D.; Elzo, M.A. and Cerón-Muñoz, M.F. 2009. Genetic parameters and genetic trends for age at first calving and calving interval in an Angus-Blanco Orejinegro-Zebu multibreed cattle population in Colombia. *Livestock Science* 126:318-322. 10.1016/j.livsci.2009.07.009

Tabela 1. Número de vacas e rebanhos por ordem de lactação para cada grupo genético.

Grupo genético ¹	Proporção de gene Holandês (%)	Número de rebanhos nas diferentes ordens de lactação			Número de vacas nas diferentes ordens de lactação		
		1	2	3	1	2	3
H	100	106	80	92	603	422	433
1/4H	25,00	126	82	82	412	210	221
1/2H	50,00	346	252	241	4191	2211	2009
3/4H	75,00	332	216	195	5278	2913	2599
3/8H	37,50	99	68	68	420	227	256
5/8H	62,50	311	234	211	4539	2645	2570
7/8H	87,50	143	89	79	1359	778	744
G	0	43	32	28	202	164	176

¹H: Holandês, G: Gir.

Tabela 2. Médias e desvio padrão para as características reprodutivas (IPP, IEP12, IEP23, DA12, DA23, PS12 e PS23) e produtivas (P3051, P3052, P3053, PLDC1, PLDC2 e PLDC3) de vacas das raças Holandesa (H), Gir (G) e diferentes grupos genéticos da raça Girolando (1/4H, 1/2H, 3/4H, 3/8H, 5/8H e 7/8H).

Característica	Grupo genético							
	1/2H	1/4H	3/4H	3/8H	5/8H	7/8H	G	H
IPP (dia)	965,62 ^a ±151,99	1050,67 ^e ±144,14	983,38 ^b ±160,21	1084,91 ^f ±126,58	1016,07 ^d ±155,76	995,27 ^c ±161,82	1082,44 ^f ±124,19	992,08 ^{bc} ±157,92
IEP12 (dia)	427,24 ^a ±95,19	485,31 ^d ±114,08	432,00 ^{ac} ±98,75	434,81 ^{ab} ±93,06	440,01 ^b ±99,05	438,26 ^{bc} ±101,35	484,98 ^d ±103,85	427,37 ^{ab} ±96,27
IEP23 (dia)	414,14 ^a ±90,81	420,87 ^{ab} ±76,11	418,91 ^a ±88,64	422,50 ^{ab} ±85,66	432,19 ^b ±93,82	424,10 ^{ab} ±87,41	471,33 ^c ±91,58	432,60 ^b ±93,82
DA12 (dia)	124,47 ^a ±52,86	149,53 ^c ±60,51	125,20 ^a ±51,70	128,57 ^{ab} ±54,34	127,40 ^a ±53,17	126,97 ^a ±53,02	142,45 ^{bc} ±50,00	120,41 ^a ±51,95
DA23 (dia)	118,81 ^a ±51,95	122,56 ^{ab} ±48,52	121,11 ^a ±51,15	121,64 ^{ab} ±51,10	126,54 ^b ±53,52	121,47 ^{ab} ±48,77	147,49 ^c ±51,10	125,40 ^{ab} ±50,50
PS12 (dia)	101,53 ^b ±63,49	158,71 ^d ±75,38	93,96 ^a ±58,48	117,57 ^c ±62,61	120,99 ^c ±68,00	94,37 ^a ±55,71	169,86 ^d ±59,07	102,53 ^{ab} ±64,02
PS23 (dia)	112,12 ^b ±63,49	147,40 ^{de} ±59,64	104,99 ^a ±63,71	133,71 ^{cd} ±71,48	122,34 ^c ±66,89	102,67 ^a ±55,89	161,90 ^e ±51,49	100,22 ^a ±51,89
P3051 (kg)	4631,96 ^a ±2232,63	4084,76 ^b ±2375,30	4636,56 ^a ±2045,78	3856,34 ^b ±2035,95	3918,18 ^b ±1956,56	4619,28 ^a ±2021,42	2913,74 ^c ±1150,62	4686,11 ^a ±2084,27
P3052 (kg)	4725,95 ^c ±2271,17	3706,08 ^e ±2078,40	4903,13 ^b ±2198,81	3838,08 ^c ±2041,62	4162,26 ^d ±2110,32	5129,88 ^a ±2209,03	2619,21 ^f ±1099,79	5104,85 ^{ab} ±2167,55
P3053 (kg)	4933,68 ^b ±2411,06	3634,40 ^d ±2219,92	4937,29 ^b ±2175,87	4139,14 ^c ±2379,59	4166,85 ^c ±2079,65	5137,54 ^a ±2240,49	2855,75 ^e ±1506,34	5261,48 ^a ±2255,66
PLDC1 (kg)	15,51 ^a ±8,15	13,65 ^c ±8,25	15,05 ^b ±7,15	12,13 ^d ±6,40	12,85 ^d ±7,17	14,91 ^b ±7,09	8,94 ^a ±4,70	13,91 ^c ±7,70
PLDC2 (kg)	15,24 ^a ±8,00	12,13 ^c ±6,73	15,60 ^a ±7,27	13,19 ^{bc} ±7,16	13,86 ^b ±7,24	15,52 ^a ±7,59	8,85 ^d ±4,44	15,70 ^a ±8,19
PLDC3 (kg)	15,02 ^{ab} ±8,46	11,72 ^d ±6,66	15,19 ^a ±7,72	12,35 ^{cd} ±7,90	13,22 ^c ±7,42	14,43 ^b ±7,44	8,47 ^e ±5,03	15,07 ^{ab} ±7,94

^{a-f} Estimativas das médias de quadrados mínimos com letras diferentes sobrescritas na mesma linha são estatisticamente diferentes ($P < 0,05$). IPP: idade ao primeiro parto; IEP12: intervalo entre os partos 1 e 2; IEP23: intervalo entre os partos 2 e 3; DA12: número de dias em aberto entre os partos 1 e 2; DA23: número de dias em aberto entre os partos 2 e 3; PS12: período seco entre os partos 1 e 2; PS23: período seco entre os partos 2 e 3; P3051: produção de leite até 305 dias na primeira lactação; P3052: produção de leite até 305 dias na segunda lactação; P3053: produção de leite até 305 dias na terceira lactação; PLDC1: produção de leite no dia do controle na primeira lactação; PLDC2: produção de leite no dia do controle na segunda lactação; PLDC3: produção de leite no dia do controle na terceira lactação.

Tabela 3. Efeitos de raça e de heterose e seu respectivo erro padrão e percentual de heterose para as características reprodutivas (IPP, IEP12, IEP23, DA12, DA23, PS12 e PS23) e produtivas (P3051, P3052, P3053, PLDC1, PLDC2 e PLDC3).

Característica	Efeito de raça ¹	Efeito de heterose	Heterose (%)
IPP (dia)	-159,80 ± 10,01***	-104,04 ± 5,97***	10,03
IEP12 (dia)	-35,61 ± 10,62**	-29,80 ± 6,14***	6,53
IEP23 (dia)	-1,45 ± 11,30	-20,60 ± 6,64**	4,55
DA12 (dia)	-23,37 ± 6,70**	-12,57 ± 3,86**	9,56
DA23 (dia)	-4,68 ± 7,19	-9,05 ± 4,28*	6,63
PS12 (dia)	-75,52 ± 7,27***	-29,87 ± 4,18***	21,93
PS23 (dia)	-62,14 ± 8,34***	-13,65 ± 4,87**	10,41
P3051 (kg)	2165,24 ± 114,09***	799,03 ± 69,56***	21,02
P3052 (kg)	2697,23 ± 156,23***	897,46 ± 93,95***	23,23
P3053 (kg)	2500,68 ± 157,12***	976,57 ± 96,28***	24,06
PLDC1 (kg)	7,69 ± 0,38***	3,04 ± 0,23***	26,61
PLDC2(kg)	8,52 ± 0,54***	3,01 ± 0,32***	24,53
PLDC3 (kg)	7,82 ± 0,56***	2,91 ± 0,34***	24,72

*P < 0,05. **P < 0,01. ***P < 0,001. ¹Efeito de raça foi calculado com base na raça Holandesa. IPP: idade ao primeiro parto; IEP12: intervalo entre os partos 1 e 2; IEP23: intervalo entre os partos 2 e 3; DA12: número de dias em aberto entre os partos 1 e 2; DA23: número de dias em aberto entre os partos 2 e 3; PS12: período seco entre os partos 1 e 2; PS23: período seco entre os partos 2 e 3; P3051: produção de leite até 305 dias na primeira lactação; P3052: produção de leite até 305 dias na segunda lactação; P3053: produção de leite até 305 dias na terceira lactação; PLDC1: produção de leite no dia do controle na primeira lactação; PLDC2: produção de leite no dia do controle na segunda lactação; PLDC3: produção de leite no dia do controle na terceira lactação.

Capítulo III

Considerações finais

O uso de cruzamentos entre as raças Holandesa e Gir, quando bem estruturados, são benéficos aos produtores, pois permitem obter ganhos através do efeito de heterose. Sendo favorável para melhoria da performance reprodutiva e para o incremento da produção de leite.

As características reprodutivas apresentaram efeito significativo e negativo favorável para o efeito de heterose. Assim, as características reprodutivas foram beneficiadas com a redução da idade ao primeiro parto, dos intervalos de partos, menos dias em aberto e menores períodos secos, o que influencia na rentabilidade dos sistemas produtivos de maneira indireta.

A produção de leite apresentou efeito de heterose positivo independente da ordem de parto avaliada, o que permite gerar maior produtividade e, assim, maior lucratividade, sem interferência nos custos de produção, pois é uma ferramenta gratuita disponível a todos os produtores.

Considerando que o efeito de heterose é favorável para as características de interesse econômico avaliadas nas vacas Girolando, espera-se que os resultados possam contribuir para que os criadores façam uso dos cruzamentos entre as raças Holandesas e Gir, com o intuito de se beneficiarem com o efeito de heterose e assim melhorar os sistemas leiteiros brasileiros.

Referências

- AHLBORN-BREIER, G.; HOHENBOKEN, W. D. Additive and non additive genetic effects on milk production in dairy cattle: evidence for major individual heterosis. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 2, p. 592–602, 1991.
- BARBOSA, P. F. **Heterose, heterose residual e efeitos da recombinação em sistemas de cruzamento de bovinos**. São Paulo: EMBRAPA Pecuária Sudeste, 1995.
- BATTISTELLI, J. V. F. **Alternativas de cruzamento utilizando raças taurinas adaptadas ou não sobre matrizes nelores para produção de novilhos precoces**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2012.
- BERGAMASCHI, M.; MACHADO, R.; BARBOSA, R. **Eficiência reprodutiva das vacas leiteiras**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2010. (Circular técnica, 64).
- BOWMAN, J. C. Selection for heterosis. **Animal Breeding Abstracts**, Farnham Royal, v. 27, p. 261-273, 1959.
- BRYANT, J. R. *et al.* Short communication: effect of environment on the expression of breed and heterosis effects for production traits. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 3, p. 1548–1553, 2007.
- BUNNING, H. *et al.* Heterosis in cattle crossbreeding schemes in tropical regions: meta-analysis of effects of breed combination, trait type and climate on level of heterosis. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 97, n. 1, p. 29-34, 2019.
- CANAZA-CAYO, A. W. *et al.* Estrutura populacional da raça Girolando. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 2072–2077, 2014.
- CLASEN, J. B.; KARGO, M.; FOGH, A. Crossbreeding benefits dairy herds at all management levels. *In*: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 2018, Auckland. **Proceedings** [...]. Auckland: [s. n.], 2018. v. 1, p. 164.
- DECHOW, C. D. *et al.* Milk, fat, protein, somatic cell score, and days open among holstein, brown swiss, and their crosses. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 7, p. 3542–3549, 2007.
- DIAZ, J. R. **Aspectos genéticos da produção de leite e seus constituintes em búfalas mestiças**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-

Graduação em Genética e Melhoramento Animal, Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

EMBRAPA. **Eficiência reprodutiva em bovinos**. [2020]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1354377/1743406/Eficiencia+Reprodutiva+FINAL.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2020.

FACÓ, O. *et al.* Efeitos genéticos aditivos e não-aditivos para características produtivas e reprodutivas em vacas mestiças Holandês x Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 48–53, 2008.

FALCONER, D. S.; MacKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4th ed. London: Longman, 1996. 464 p.

FERREIRA, J. J.; MADALENA, F. E. Efeito do sistema de cruzamento sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de vacas leiteiras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 49, n. 6, p. 74-75, 1997.

FREITAS, A. F. *et al.* Fatores genéticos e de ambiente sobre características produtivas e reprodutivas em rebanhos de animais mestiços. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p. 59-60.

FREITAS, M. S. *et al.* Comparação da produção de leite e de gordura e da duração da lactação entre cinco “graus de sangue” originados de cruzamentos entre Holandês e Gir em Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 53, n. 6, p. 708-713, 2001.

GAMA, L. T. **Melhoramento genético animal**. Lisboa: Escolar Editora, 2002. 306 p.

GUIMARÃES, J. D. *et al.* Eficiências reprodutiva e produtiva em vacas das raças Gir, Holandês e cruzadas Holandês x Zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 641–647, 2002.

KARGO, M.; MADSEN, P.; NORBERG, E. Short communication: is crossbreeding only beneficial in herds with low management level? **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 95, n. 2, p. 925–928, 2012.

LEITE, T. E.; MORAES, J. C. F.; PIMENTEL, C. A. Eficiência produtiva e reprodutiva em vacas leiteiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 467–472, 2001.

LOPEZ-VILLALOBOS, N. *et al.* Profitabilities of some mating systems for dairy herds in New Zealand. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 1, p. 144–153, 2000.

- MADALENA, F. E. Consideraciones sobre modelos para la predicción del desempeño de cruzamientos en bovinos. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Mayaguez, v. 9, n. 2, p. 108–117, 2001.
- MELLO, R. R. C. *et al.* Parâmetros genéticos de características reprodutivas em bovinos de corte e leite. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 40, n. 2, p. 65–72, 2016.
- NEVES, J. P.; MIRANDA, K. L.; TORTORELLA, R. D. Progreso científico em reprodução na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, p. 414–421, 2010.
- PEIXOTO, A. M. **Estudo sobre alguns aspectos do crescimento eficiência reprodutiva e produção de leite dos mestiços de raça Guernsey em Piracicaba**. 1965. Tese (Doutorado) - Escola Superior Agrícola Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 1965.
- PENASA, M. *et al.* Heterosis effects in a black and white dairy cattle population under different production environments. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 131, n. 1, p. 52–57, 2010a.
- PENASA, M. *et al.* Crossbreeding effects on milk yield traits and calving interval in spring-calving dairy cows. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Berlin, v. 127, n. 4, p. 300–307, 2010b.
- PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 5. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2008. 617 p.
- PLASSE, D. Cruzamento em bovinos de carne na América latina tropical: o que sabemos e o que nos falta saber. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2000, Belo Horizonte, MG. **Anais [...]**. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2000. p. 165–179.
- RESENDE, M. D. V. **Genética quantitativa e de populações**. Viçosa, MG: Suprema, 2015. 463 p.
- SANTOS, D. J. A. *et al.* Genetic parameters for test-day milk yield, 305-day milk yield, and lactation length in Guzarat cows. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 152, p.114–119, 2013.
- SHULL, G. H. What is “Heterosis” genetics. **Genetics**, Baltimore, v. 33, p. 439–446, 1948.
- SILVA, M. V. G. B. *et al.* **Programa de melhoramento genético da raça Girolando: sumário de touros: resultado do teste de progênie** - Junho/2011. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2011. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 148).

SILVA, M. V. G. B. *et al.* **Programa de melhoramento genético da raça Girolando: sumário de touros: resultado do teste de progênie – Julho/2014.** Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2014. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 170).

SØRENSEN, M. K. *et al.* Invited review: crossbreeding in dairy cattle: a danish perspective. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, n. 11, p. 4116–4128, 2008.

SU, G.; MADSEN, P.; LUND, M. S. Reaction norm model with unknown environmental covariate to analyze heterosis by environment interaction. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 5, p. 2204–2213, 2009.

TORRES JUNIOR, R. A. A. **Projeto:** Alternativas de produção de novilhos precoces à partir de matrizes nelore. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 2007. 25 p.

WAKCHAURE, R. *et al.* Importance of heterosis in animals: a review. **International Journal of Advanced Engineering Technology and Innovative Science**, Jaipur, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2015.

Vita

Maiara Taiane Vieira nasceu em 05 de outubro de 1993 no município de Vista Gaúcha, no estado do Rio Grande do Sul. É filha de Lacir Gonçalves Vieira e Marileisa da Silva Vieira. No segundo semestre de 2012, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). No primeiro semestre de 2017, recebeu o título de bacharela em Zootecnia. No ano de 2018 ingressou no curso de Mestrado Acadêmico em Zootecnia também pela UFRGS, na Área de Melhoramento Genético Animal, sob orientação do Prof. Jaime Araujo Cobuci. Nesse período foi desenvolvido o trabalho de dissertação intitulado “Heterose nas características reprodutivas e produtivas de bovinos da raça Girolando”. Por fim, submeteu-se a banca de defesa de dissertação em agosto de 2020 pela UFRGS em Porto Alegre, RS.