

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

FLÁVIA CRISTINA BIS

Influência dos protocolos hormonais na avaliação genética da precocidade sexual e relação entre a precocidade com características de crescimento e carcaça em fêmeas precoce da raça Nelore

Pirassununga

2023

FLÁVIA CRISTINA BIS

Influência dos protocolos hormonais na avaliação genética da precocidade sexual e relação entre a precocidade com características de crescimento e carcaça em fêmeas precoce da raça Nelore

“Versão Corrigida”

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência do programa de pós-graduação em Biociência Animal.

Área de Concentração: Biociência Animal

Orientador: Prof. Dr. Fernando Sebastián Baldi Rey

Pirassununga

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP, com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B621i Bis, Flávia Cristina
 Influência dos protocolos hormonais na avaliação
 genética da precocidade sexual e relação entre a
 precocidade com características de crescimento e car
 / Flávia Cristina Bis ; orientador Fernando
 Sebastián Baldi Rey. -- Pirassununga, 2023.
 64 f.

 Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
 em Biociência Animal) -- Faculdade de Zootecnia e
 Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

 1. Puberdade. 2. IATF. 3. Novilhas. 4. Espessura de
 Gordura na picanha. 5. Predição Genômica. I. Rey,
 Fernando Sebastián Baldi, orient. II. Título.

FLÁVIA CRISTINA BIS

Influência dos protocolos hormonais na avaliação genética da precocidade sexual e relação entre a precocidade com características de crescimento e carcaça em fêmeas precoce da raça Nelore

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência do programa de pós-graduação em Biociência Animal.

Área de Concentração: Biociência Animal

Orientador: Prof. Dr. Fernando Sebastián Baldi Rey

Data de aprovação: 26/09/2023

Banca examinadora

Prof. Dr. Fernando Sebastián Baldi Rey

Instituição: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA/USP

Prof. Dr. Pietro Sampaio Baruselli

Instituição: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo – FMVZ/USP

Profa. Dra. Claudia Cristina Paro de Paz

Instituição: Centro de Pesquisa de Pecuária Sustentável - Instituto de Zootecnia

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora de Aparecida.

Aos meus pais, Leila e Wagner, por me apoiarem, muitas vezes abrindo mão dos seus próprios sonhos para que eu realizasse os meus, se sacrificando em horas de trabalho para que eu pudesse ter acesso as melhores instituições de ensino, pelo amor, companheirismo e, por fim, pela educação, seguindo seus exemplos, baseado em humildade, honestidade, respeito e coragem.

Ao meu irmão Mateus, pelos momentos de desabafo, de risadas, de incentivo e principalmente pela amizade. Seu apoio foi fundamental para que essa etapa fosse concluída.

A toda minha família. Em especial aos meus avós maternos, “Vô Varte” (*in memoriam*) e minha “vó Cida”, que apoia e se orgulha com cada conquista; aos meus avós paternos, “vó Tereza” (*in memoriam*) e “vô Vadão” (*in memoriam*), que infelizmente partiram durante o período do mestrado e viram apenas uma parte dessa caminhada, mas me ensinaram tanto sobre a vida, e principalmente sobre batalhas que devemos enfrentar para sobreviver.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Baldi, que admiro e sou muito grata pela orientação, ensinamentos, confiança, mas principalmente agradeço pela paciência, entendendo minhas inseguranças e aflições, sempre se colocando à disposição e sempre aberto para conversar.

A Fran, minha irmã de alma, que sempre segura minha mão nos momentos difíceis, comemora qualquer conquista minha e me coloca no eixo quando me perco de mim. Obrigada a você e ao Yuri por abrirem a porta da casa de vocês sempre que eu precisei fugir. Obrigado por estarem sempre do meu lado.

Aos meus amigos da Zootecnia UFU, que me inspiram na profissão. Em especial Tati, Matheus, Taynara e Isadora. A caminhada com vocês é muito mais especial.

A ANCP, a Fazenda Bacuri e ao Professor Gabriel Luiz Seraphico por terem cedido o banco de dados para a realização desse trabalho. Também ao Professor Saulo da Luz e Silva no auxílio da avaliação das características de carcaça.

A Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, pela oportunidade de participar do Programa de Pós Graduação em Biociência Animal.

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

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS | 11 |
| 1 Introdução | 11 |
| 1.1 Objetivos gerais..... | 12 |
| 1.2 Objetivos específicos..... | 12 |
| REFERÊNCIAS | 12 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 2.1 Importância econômica e produtiva da precocidade sexual em fêmeas | 15 |
| 2.1.1 Componente fisiológico da puberdade sexual em fêmeas | 16 |
| 2.1.2 Influência genética sobre a puberdade sexual em fêmeas | 17 |
| 2.2 Influência das características de crescimento e carcaça na puberdade | 19 |
| 2.3 Estimulação Hormonal | 21 |
| 2.4 Estudos Genômicos sobre a puberdade sexual em fêmeas | 23 |
| 2.5 Parâmetros Genéticos | 24 |
| 2.6 Predições Genômicas para Precocidade Sexual de fêmeas | 24 |
| REFERÊNCIAS | 26 |
| 3 CAPÍTULO II - Influência dos protocolos hormonais na avaliação genética da precocidade sexual de fêmeas precoce da raça Nelore | 35 |
| 3.1 INTRODUÇÃO | 37 |
| 3.2 MATERIAL E MÉTODOS | 38 |
| 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 42 |
| 3.4 CONCLUSÃO | 45 |
| REFERÊNCIAS | 46 |
| 4 CAPÍTULO III - RELAÇÃO ENTRE PRECOCIDADE SEXUAL COM CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E CARCAÇA EM NOVILHAS DA RAÇA NELORE | 49 |
| 4.1 INTRODUÇÃO | 50 |
| 4.2 MATERIAL E MÉTODOS | 52 |
| 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 54 |
| 4.4 CONCLUSÃO | 59 |
| REFERÊNCIAS | 59 |
| CAPÍTULO IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS | 64 |

RESUMO

BIS, F.C. Influência dos protocolos hormonais na avaliação genética da precocidade sexual e relação entre a precocidade com características de crescimento e carcaça em fêmeas precoce da raça Nelore. 2023. 64 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2023.

A antecipação da puberdade em novilhas possui efeitos positivos na eficiência reprodutiva de bovinos. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da estimulação hormonal sobre a expressão fenotípica da característica probabilidade de parição precoce antes dos 30 meses de idade (PP30), por meio da estimação de componentes de variância e habilidade de predição para PP30. Além disso, objetivou-se também verificar as características de crescimento, carcaça e reprodução que possuem relação com a PP30. Para esse estudo, foi utilizado dois bancos de dados. O primeiro contendo informações de animais da ANCP, com informações para PP30 de 31554 novilhas, sendo 22105 não genotipadas e 9449 genotipadas. Esses animais foram divididos por tipo de acasalamento (TA), com e sem estimulação hormonal. Para a estimação dos parâmetros genéticos e componentes de variância para o banco de dados completo, foram utilizados dois modelos, com e sem a inclusão TA. Foi usado um modelo animal limiar de passo único genômico BLUP (ssGBLUP). O método de validação LR foi usado para avaliar o desempenho do modelo. Nesse conjunto de dados, foram avaliadas 9440 novilhas genotipadas que também foram divididas por TA. O segundo banco de dados foi composto por 89 novilhas Nelore pertencentes a Fazenda Bacuri. As análises discriminantes foram realizadas para verificar a associação das características fenotípicas e das características genéticas com o diagnóstico de prenhez. A estimativa de herdabilidade (h^2) para PP30 foi de baixa magnitude e semelhante para os dois modelos (0,175 sem TA e 0,18 com TA). Apenas o grupo das novilhas estimuladas com a inclusão do TA no modelo tiveram a DEP genômica parcial maior que a DEP genômica completa. Para os estimadores de LR, a correlação de *Spearman* não foi influenciada pela inclusão do TA no modelo. Nos animais com estimulação hormonal foi observado com correlação de 0,95 e sem a estimulação hormonal 0,96. A maior acurácia observada foi a dos animais que passaram por estimulação hormonal (0,38 sem e com TA), mas sem grandes alterações quando comparada entre modelos. O viés para animais estimulados (3,69% sem TA e 1,49% com TA) foi superior ao comparar com animais não estimulados (0,51% sem TA e 0,63% com TA). Nas análises discriminantes, foi possível

observar que dentre as variáveis fenotípicas a EGP final foi a característica com maior poder em discriminar novilhas prenhes de vazias, e as DEPs genômicas com maior poder discriminaram foram as DEPs genômicas para PP30 e IPP. Com os resultados obtidos, é possível concluir que existe efeito do viés ao considerar a estimulação hormonal na predição genômica para a PP30, porém as vantagens produtivas que esses protocolos apresentam são superiores. Em nível prático, esses resultados das características fenotípicas e das DEPs genômicas, direcionam manejo e auxiliam nas tomadas de decisão para selecionar animais para precocidade sexual.

Palavras-chave: puberdade, IATF, novilhas, espessura de gordura na picanha, predição genômica.

ABSTRACT

BIS, F.C. Influence of hormonal protocols on the genetic evaluation of sexual precocity and the relationship between precocity and growth and carcass traits in precocious Nellore females. 2023. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2023.

The anticipation of puberty in heifers has positive effects on the reproductive efficiency of cattle. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of hormonal stimulation on the phenotypic expression of the trait probability of precocious calving at 30 months (PPC30), through the estimation of variance components and prediction ability for PPC30. Furthermore, the objective was also to verify the characteristics of growth, carcass and reproduction that are related to PPC30. For this study, two databases were used. The first containing information on ANCP animals, with information for PPC30 of 31554 heifers, 22105 of which were not genotyped and 9449 were genotyped. These animals were divided by type of mating (TM), with and without hormonal stimulation. To estimate genetic parameters and variance components for the complete database, two models were used, with and without TM inclusion. A threshold animal model assuming normal distribution was used. The method used was ssGBLUP. The LR validation method was used to evaluate the model's performance. The data set was divided into training subsets with 31554 animals with phenotype records and validation with 1184 genotyped animals with phenotype records but without progeny records and were divided by TM. The second database was composed of 89 Nellore heifers belonging to Farm Bacuri. Phenotypic traits and genetic traits was used to perform discriminant analysis. The heritability estimate (h^2) for PPC30 was of low magnitude and similar for both models. Only the group of heifers stimulated with the inclusion of TM in the model had a partial GEBV greater than the complete GEBV. For the LR estimators, the Spearman correlation was not influenced by the inclusion of TM in the model. Animals with hormonal stimulation were observed with a correlation of 0.95 and without the hormonal stimulation 0.96. The highest accuracy observed was that of animals that underwent hormonal stimulation (0.38 without and with TM), but without major changes when compared between models. The bias for stimulated animals (3.69% without TM and 1.49% with TM) was superior when compared to non-stimulated animals (0.51% without TM and 0.63% with TM). In the discriminant analyses, it was possible to observe that among the phenotypic variables, the RFTfinal was the trait with the greatest

power in discriminating pregnant from empty heifers, and the GEBV with the greatest discriminating power were the GEBV for PPC30 and AFC. With the results obtained, it is possible to conclude that there is an effect of bias when considering hormonal stimulation in the genomic prediction for PPC30, however the productive advantages that these protocols present are superior. On a practical level, these results of phenotypic traits and GEBV guide management and assist in decision-making to select animals for sexual precocity.

Keywords: puberty, FTAI, heifers, rump fat thickness, genomic prediction.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 Introdução

A criação de bovinos de corte está entre as atividades de maior importância socioeconômica para o Brasil. Segundo o IBGE (2022), o rebanho bovino brasileiro corresponde a aproximadamente 234,3 milhões de cabeças. Pelo terceiro ano consecutivo, o levantamento apontou crescimento e alcançou o número recorde da série histórica do IBGE. No primeiro semestre de 2023, foram contabilizados pelo IBGE, 7.344.275 bovinos abatidos sob inspeção sanitária em frigoríficos e matadouros, acumulando um peso total de carcaças de 1.904.141.401 quilos. Além disso, o Brasil exporta cerca de 25% da carne bovina produzida no país, sendo comercializada para centenas de países em todo o mundo, seguindo os padrões de qualidade para atender às demandas do mercado (ABIEC, 2023).

Os dados publicados pela ABIEC (2023) apresentam que em 2022 foram exportadas 2.264.180 toneladas de carne bovina e, até o mês de abril de 2023, foram exportadas 609.243 toneladas de carne bovina pelo Brasil. Estima-se que cerca de 80% do efetivo populacional bovino são formados por traços de genética zebuína, principalmente de animais da raça Nelore, provando a relevância desse grupo genético na atividade pecuária brasileira (ABCZ, 2017).

Os bovinos de origem zebuína, apesar de apresentar uma produtividade, desempenho e adaptação adequada ao clima tropical, é possível observar uma maturidade sexual mais tardia e taxas de prenhez mais baixas, diminuindo também a permanência da matriz no rebanho (MELLO, 2015). Assim, uma forma de melhorar os índices produtivos e econômicos do rebanho bovino brasileiro é com a antecipação da vida reprodutiva das fêmeas; ou seja, reduzindo a idade à puberdade e, conseqüentemente, a idade ao primeiro parto (BRUNES et al., 2020). A puberdade ocorre quando a fêmea apresenta o primeiro estro com ovulação viável e crescimento de corpo lúteo funcional, além de manifestar todos os eventos de comportamento de cio (ARAÚJO et al., 2019).

A expressão da puberdade e a maturação sexual demandam da combinação de dois fatores: idade e peso. Além do peso corporal, o ganho de peso e a fase da vida do animal em que ocorre podem influenciar a idade em que as novilhas atingem a puberdade e conseqüentemente a primeira concepção (CANELLAS et al. 2012). O ganho de peso e o peso corporal, assim como a idade da primeira concepção, estão correlacionados com outras características de importância econômica, como carcaça e escores visuais, uma vez

que essas características estão relacionadas ao desenvolvimento tecidual e à composição corporal, influenciando na precocidade sexual das novilhas de corte (CANELLAS et al. 2012).

Vários protocolos hormonais têm sido utilizados com a finalidade de reduzir a idade à puberdade em novilhas (DAY & ANDERSON, 1998). Desta forma, espera-se que a eficiência reprodutiva do rebanho seja aumentada pois a idade ao primeiro parto reduz. Estes protocolos podem ou não associar os hormônios como progesterona (P4), GnRH, gonadotrofinas coriônicas humanas (hCG), gonadotrofinas coriônicas equinas (eCG), E2 e prostaglandinas (PGF2 α) (SILVA et al. 2018).

Como indicador de precocidade sexual, os programas de melhoramento genético no Brasil, têm utilizado amplamente a ocorrência de prenhez precoce, sendo uma característica com expressão binária (BONAMY et al., 2019). Assim, a característica probabilidade de parição antes dos 30 meses de idade (PP30) vem sendo aplicada para a seleção de precocidade sexual de fêmeas uma vez que apresenta herdabilidade moderada (0,29), devendo responder à seleção, e está correlacionada favoravelmente com outras características como puberdade de machos e longevidade das matrizes no rebanho (KLUSKA et al., 2018; SILVA NETO et al., 2020).

1.1 Objetivos gerais

Verificar fatores que afetam avaliação genética da precocidade sexual de novilhas Nelore

1.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito da estimulação hormonal sobre a expressão fenotípica da característica probabilidade de parição precoce antes dos 30 meses de idade (PP30), por meio da estimação de componentes de variância e habilidade de predição para PP30.
- Predizer características de crescimento, carcaça e reprodução que influenciam a taxa de prenhez de novilhas Nelore.

REFERÊNCIAS

ABCZ – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE ZEBU. Estatísticas da Pecuária Brasileira. O mapa do Zebu no Brasil nos últimos 20 anos: dados estatísticos. 2017. Uberaba, Minas Gerais. Disponível em: <

<http://www.zebu.org.br/Home/Conteudo/15527-Omapa-do-Zebu-no-Brasil-nos-ultimos-20-anos-dados-estatisticos>>. Acesso em: 15 de ago de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. Beef Report 2023. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beefreport-2023-capitulo-02/>. Acesso em: 28 de jul de 2023.

ABIEC (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE). **Beef Report**: Perfil da pecuária no Brasil. 2021. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>>. Acesso em: 02 de jul de 2023.

ARAUJO, A. C. C.; NONATO, M. S.; BEZERRA, A. R. A.; MURTA, D. C. R. X.; MURTA, D. V. F.; SANTOS, J. M. L.; SOUZA, R. B.; CARNEIRO, J. A. M. Induction of ovulation in heifers with memorandum of cyclicity. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 24286-24290, 2019.

BRUNES, L. C., BALDI, F., LOBO, R. B., LOPES, F. B., MAGNABOSCO, C. U. Genetic-quantitative analysis for reproductive traits in Nellor cattle selected for sexual precocity. **Animal Production Science**, v. 60, n. 7, p. 896-902, 2020.

BONAMY, M., KLUSKA, S., PERIPOLLI, E., DE LEMOS, M. V. A., AMORIM, S. T., VACA, R. J., LÔBO, R. B., CASTRO, L. M., FARIA, C.U., FERRARI, F. B., BALDI, F. Genetic association between different criteria to define sexual precocious heifers with growth, carcass, reproductive and feed efficiency indicator traits in Nellore cattle using genomic information. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 136, n. 1, p. 15-22, 2019.

CANELLAS, L. C., BARCELLOS, J. O. J., NUNES, L. N., OLIVEIRA, T. E. D., PRATES, Ê. R., DARDE, D. C. Post-weaning weight gain and pregnancy rate of beef heifers bred at 18 months of age: a meta-analysis approach. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 1632-1637, 2012.

DAY, M. L.; ANDERSON, L. H. Current concepts on the control of puberty in cattle. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. suppl_3, p. 1-15, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Agropecuário 2022. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/br> >. Acesso em: 03 jul 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção agropecuária 2023. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos-abatidos/br>>. Acesso: 28 jul 2023.

KLUSKA, S., BIANCA FERREIRA OLIVIERI, B. F., BONAMY, M., CHIAIA, H. L. J., FEITOSA, F. L. B., BERTON, M. P., PERIPOLLI, E., LEMOS, M. V. A., TONUSSI, R.L., LÔBO, R.B., MAGNABOSCO, C.U., DI CROCE, F., OSTERSTOCK, J., PEREIRA, A.S.C., MUNARI, D.P., BEZERRA, L.A., LOPES, F.B., BALDI, F. Estimates of genetic parameters for growth, reproductive, and carcass traits in Nelore cattle using the single step genomic BLUP procedure. **Livestock Science**, v. 216, p. 203-209, 2018.

MELLO, R. R. C. Puberdade e maturidade sexual em touros bovinos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 3, p. 11-28, 2015.

SILVA, F. M. B., LOPES, D. T., FERRAZ, H. T., DE OLIVEIRA VIU, M. A., DE SOUZA RAMOS, D. G., SATURNINO, K. C., FONTANA, C. A. P, JUCIELLY, M. A. S, LESO, F. V. Estratégias para antecipação da puberdade em novilhas *Bos taurus indicus* pré-púberes. **Pubvet**, v. 12, p. 136, 2018.

SILVA NETO, J. B., PERIPOLLI, E., E SILVA, E. V. D. C., ESPIGOLAN, R., NEIRA, J. D. R., SCHETTINI, G., COSTA FILHO, L.C.C, BARBOSA, F.B., MACEDO, G.G., COSTA, BRUNES, L., LOBO, R.B., PEREIRA, A.S.C., BALDI, F. Genetic correlation estimates between age at puberty and growth, reproductive, and carcass traits in young Nelore bulls. **Livestock Science**, v. 241, p. 104266, 2020.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância econômica e produtiva da precocidade sexual em fêmeas

Nos últimos anos, diversos estudos têm demonstrado a importância de características reprodutivas em sistemas de produção de bovinos de corte (BONAMY et al., 2019; BRUNES et al., 2020), possuindo assim, um alto impacto na rentabilidade econômica e provando ser um fator limitante para os sistemas de produção sustentáveis (BRUMATTI et al., 2011; MOOREY & BIASE, 2020).

Segundo Brumatti et al. (2011), em termos econômicos a ordem de importância das características é aproveitamento de carcaça, características reprodutivas (destacando a fertilidade, precocidade sexual e habilidade de permanência), características ponderais (como ganho de peso e pesos ao longo da vida produtiva) e mortalidade, demonstrando que as características reprodutivas possuem uma grande importância econômica e é necessário inclui-las nos índices de seleção.

Para Moorey & Biase (2020), a intensificação sustentável da produção de bovinos de corte envolve a seleção para a precocidade sexual das novilhas tendo como base a idade a puberdade reduzindo a idade a primeira concepção e ao parto, sendo assim, esse método tem como resultado o aumento da produtividade, tendo como efeito maior número de bezerros produzidos ao longo da vida produtiva das fêmeas precoces e redução o intervalo de geração.

A puberdade em novilhas é definida pelo desenvolvimento folicular e da ovulação associado com a capacidade da fêmea em ficar prenha (CARDOSO, ALVES & WILLIAMS, 2018). Em estudos com bovinos Nelore no Brasil, Brumatti et al. (2011) concluíram que as características reprodutivas como precocidade sexual e permanência no rebanho são de 4 a 13 vezes mais importante do que as características de carcaça e de crescimento. Quanto mais cedo o animal entrar em reprodução e conceber, e quanto menor for o intervalo entre partos durante sua vida produtiva, mais vantajoso será para o sistema de produção (ARANA, 2019).

A idade a puberdade é um fator muito importante na eficiência reprodutiva, produtiva e econômica de um sistema de produção de bovinos, pois a prenhez precoce reduz o período de recria, evita uso de pastagens por novilhas com idade avançada e improdutivas, aumenta o número de nascimentos na propriedade e, quanto mais cedo esta fêmea se reproduzir, maior será sua vida produtiva na fazenda (CARDOSO & NOGUEIRA, 2007). A idade ao primeiro parto elevada é considerada como a principal

causa da baixa lucratividade que atinge grande parte das propriedades brasileiras de bovinocultura (CORDEIRO, SOUZA & SATRAPA, 2016).

A diminuição da idade a puberdade de três para dois anos em animais Nelore aumentaria o retorno econômico em 16%, além de aumentar de 0,5 a 0,8 bezerros produzidos por vaca durante sua vida produtiva (LIMA, 2017). Vários fatores estão relacionados com a indução da puberdade em novilhas, como a nutrição, o ambiente, a presença de machos (ARAÚJO, et al., 2019). A composição genética também influencia pois, animais *Bos taurus taurus* tem maior precocidade sexual do que os *Bos taurus indicus*, que são mais tardios, e possuem idade média ao primeiro parto aos 3 ou 4 anos de idade nos rebanhos brasileiros (DAY & NOGUEIRA, 2013).

2.1.1 Componente fisiológico da puberdade sexual em fêmeas

A puberdade, na fêmea, consiste no momento da manifestação do primeiro estro, associado a ovulação potencialmente fértil, seguido pelo desenvolvimento do corpo lúteo e por uma fase luteal de duração normal, característico de cada espécie (MORAN, QUIRKE & ROCHE, 1989).

A puberdade é diferente de maturidade sexual. Mesmo atingindo a puberdade, as fêmeas só alcançam a maturidade sexual após 3 ou 4 ciclos estrais consecutivos e completos, sendo assim um processo gradativo iniciado com a puberdade, de forma que a fertilidade e aptidão reprodutiva aumentam a cada ciclo estral (BRUNES et al., 2018). Segundo Day e Nogueira (2013), a taxa de concepção de novilhas aumenta cerca de 21% desde a primeira ovulação até o seu terceiro ciclo estral, demonstrando a progressividade da fertilidade.

Próximo à primeira ovulação, ocorre um aumento na frequência de pulsos de LH, consequência da menor sensibilidade do hipotálamo à retroalimentação negativa exercida pelo E2 (EVANS et al.; 1992). No período que antecede a puberdade das fêmeas, o declínio progressivo de resposta hipotalâmica ao estradiol é seguido do aumento da estimulação hipofisária e da secreção de altas concentrações de hormônio luteinizante (LH), como resultado da secreção de hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH). O aumento da pulsatilidade de LH atua nas gônadas favorecendo o crescimento de folículos antrais e a síntese de estradiol. Esse hormônio, por sua vez, induz o comportamento estral e a liberação de uma onda pré-ovulatória de LH, que resulta na ovulação.

De acordo com Cardoso & Nogueira (2007), em relação à endocrinologia reprodutiva, a puberdade significa a estabilização da secreção de gonadotrofinas

hipofisárias (FSH e LH) em quantidades suficientes para estimular o crescimento e maturação de folículos, com consequente ovulação. A hipótese gonadostática admite que nos períodos antecedentes à puberdade, os pequenos folículos presentes no ovário produzem baixas concentrações de estrógeno (SILVA et al., 2018), o que garante efeito inibitório sobre o hipotálamo, resultando em consequente supressão dos pulsos de LH, justificada pelo “feedback” negativo das baixas concentrações do hormônio esteroideal ao hipotálamo, impedindo a liberação de GnRH e gonadotrofinas (CARVALHO, 2017).

Moran et al. (1989) afirmaram que segundo a teoria denominada “*hipótese gonadostática*” o eixo hipotalâmico-hipofisário-ovariano apresenta funcionalidade bem cedo na vida de uma fêmea e, encarrega a ausência de secreção de GnRH durante a fase pré-pubere à ação do estradiol (E_2) que, atua *feedback* negativo sobre o eixo hipotalâmico-hipofisário. Assim, a redução gradativa da sensibilidade do hipotálamo aos efeitos inibitórios do E_2 , estimula um aumento na frequência de liberação dos pulsos de LH, considerado o fator endócrino primário. Esta liberação nos pulsos de LH é pré-requisito para a puberdade em novilhas dar início (com um a dois pulsos por hora) (MARSON et al., 2004), ocasionando em estímulo para o crescimento folicular e maior produção de E_2 , que por sua vez induz o estro e a liberação do pico pré-ovulatório de LH, promovendo a ovulação (RAWLINGS et al., 2003).

A maturação hipotalâmica, necessária para estimular a puberdade, ocorrerá a partir da redução do *feedback* negativo exercido pelo E_2 , o que é observado no final da fase pré-púbere por redução do número de receptores deste hormônio no hipotálamo e na adeno-hipófise, o que acontece gradativamente com o avanço da idade (DAY et al., 1987).

2.1.2 Influência genética sobre a puberdade sexual em fêmeas

Os mecanismos fisiológicos envolvidos na manifestação da puberdade estão diretamente relacionados com a composição genética dos animais (BRUNES, 2017). Animais *Bos taurus* e *Bos indicus* possuem diferenças reprodutivas, onde animais *Bos indicus* apresentam pesos e idade superiores à puberdade quando comparados a animais *Bos taurus* (SARTORI et al, 2011).

Simultâneo a esses fatores, os mesmos autores demonstraram que durante a emergência folicular, no início das ondas foliculares, animais *Bos indicus* apresentam maior população de folículos antrais e durante a fase de divergência das ondas foliculares fêmeas *B. taurus* apresentam maiores diâmetros de folículo dominante (8,5 a 9 mm), quando comparados a *Bos indicus*; Atkins, Pohler & Smith (2013), afirmaram que fêmeas

B. taurus apresentam maiores diâmetros de folículo ovulatório e corpo lúteo maiores em relação à *Bos indicus*, indicando que *Bos indicus* alcança a capacidade ovulatória com menores diâmetros, porém, apesar de menores diâmetros de corpo lúteo fêmeas *Bos indicus* apresentam maiores concentrações de progesterona por grama de tecido luteal. Ainda, Membrive et al. (2000), observaram que fêmeas *B. indicus* apresentam estro mais curto e 50% das fêmeas o manifesta no final da tarde ou à noite, sendo 30% exclusivamente à noite.

Embora as novilhas das raças Zebuínas atinjam a maturidade sexual em idade mais avançada e com maior peso, estes animais apresentam maior longevidade reprodutiva quando comparados aos *Bos taurus* (CARTWRIGHT, 1980). Fortes et al. (2013) confirmaram a natureza poligênica de características reprodutivas de machos e fêmeas, reportando importantes regiões genômicas associadas com estas nos 30 cromossomos. Nesse estudo, os autores destacaram regiões nos cromossomos 1, 5, 14 e 16 para características reprodutivas em fêmeas, tais como taxa de prenhez, taxa de ovulação, prenhez em novilhas, entre outras.

Hawken et al. (2012), em um estudo de associação genômica (GWAS) com bovinos de corte adaptados ao clima tropical (Brahman e Composto Tropical), onde foi utilizado mais de 50 mil SNP, identificaram marcadores SNP nos cromossomos 5 e 14 (entre outros) que foram associados com a duração do anestro pós-parto e idade em puberdade. Em outro trabalho com GWAS realizado em gado Brangus, usando uma abordagem Bayesiana, revelou QTL nos cromossomos 3, 8, 15, 16, 19, 24, 26, 27, 29 e X para a concepção do primeiro serviço de novilha e QTL nos cromossomos 2, 4, 8, 10, 13 e 20 para prenhez de novilhas (PETERS et al., 2013).

Uma maneira indireta de medir a precocidade sexual de novilhas é através da prenhez, e essa característica é obtida pela exposição das novilhas ao touro ou pela inseminação artificial das mesmas em torno de 14 ou 16 meses de idade, em uma estação de monta de duração média de 90 dias. Soares et al. (2023), encontraram estimativa de herdabilidade alta (0,54) para essa característica indicadora de precocidade com modelos de limiar em uma população de novilhas da raça Nelore.

Uma maneira para selecionar animais precoces é com base em características indicadoras de precocidade sexual, como por exemplo, a idade ao primeiro parto (IPP) e prenhez precoce em novilhas (PP), que atuam como indicadores do início da vida reprodutiva das novilhas (IRANO et al., 2016; BRUNES et al., 2020), sendo essas características de fácil mensuração.

A PP é uma característica de limiar medida como a probabilidade da novilha atingir a prenhez precoce ou parto em determinada idade. Nos últimos anos, a PP tem sido amplamente explorada para avaliação genética da precocidade sexual da novilha, por apresentar maior estimativa de herdabilidade em comparação com a IPP. Estudos realizados em novilhas Nelore obtiveram estimativas de herdabilidade para PP aos 14 meses de 0,53 (MOTA et al., 2022), aos 16 meses de idade variando de 0,44 a 0,55 (BOLIGON & ALBUQUERQUE, 2011; TERAKADO et al., 2015) e PP aos 30 meses de idade 0,37 (KLUSKA et al., 2018).

Os programas de melhoramento de bovinos da raça Nelore, com a finalidade de identificar e selecionar fêmeas precoces, vem desafiando novilhas ao acasalamento, resultando em reduções consideráveis nas tendências fenotípicas e genéticas para idade ao primeiro parto (BONAMY et al., 2019). A exposição desses animais a reprodução pode ocorrer em diferentes cenários, sendo o primeiro com idade entre 16 e 18 meses por um período de 60 dias em uma estação de monta preliminar, podendo dar uma segunda chance as fêmeas que não emprenharam na estação de monta comum ao rebanho (TERAKADO et al., 2015). Um segundo cenário de exposição a reprodução inclui fêmeas entre 13 e 15 meses de idade, na qual a probabilidade de prenhez indica precocidade sexual (BONAMY et al., 2019).

2.2 Influência das características de crescimento e carcaça na puberdade

Os fatores ambientais influenciam na puberdade, principalmente aqueles relacionados a nível nutricional, principalmente o peso corporal, em situações onde as exigências nutricionais dos animais não são supridas, seja pela falta de forragem ou alimento suplementar (AZEVEDO et al., 2006). Condições de manejo alimentar e ambientais associadas à sazonalidade na disponibilidade e qualidade das pastagens podem prejudicar o ganho em peso, o desenvolvimento e o crescimento animal e, como consequência, atrasar o início da vida reprodutiva e os demais ciclos estrais (COUTINHO, ROSÁRIO & JORGE, 2010).

Tradicionalmente é recomendado que as novilhas atinjam 60 a 65% do seu peso corporal adulto no início da estação de monta (MONTEIRO et al., 2013). O peso corporal representa um importante monitor para estimar quando as novilhas alcançarão a sua puberdade. Assim, a alimentação necessária para alcançar um ganho médio diário a fim de atingir um determinado peso, proporcionará a novilha expressar o seu potencial para a fertilidade em torno de 14 a 18 meses (MISZURA et al., 2021).

Em bovinos de corte, dentre os critérios de seleção utilizados, as características relacionadas ao crescimento de bovinos, como peso corporal e ganho médio diário, têm recebido destaque nos programas de melhoramento genético. A utilização dos pesos em diferentes idades ocorre devido ao impacto que cada fase da vida do animal tem no seu desempenho e no do rebanho como um todo, além disso, são positivamente correlacionados entre si e com algumas características reprodutivas, como, por exemplo, o perímetro escrotal, indicando que além de responder à seleção genética, também podem auxiliar na seleção indireta, provocando melhorias em outras características (MOREIRA et al., 2015).

Com o objetivo de melhorar a produção e o rendimento em bovinos de corte, nos programas de seleção foi incluído características que permitem a identificação de animais superiores como as características de carcaça. As características comumente utilizadas para essa avaliação são área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea na costela, espessura de gordura subcutânea na garupa e marmoreio, avaliadas in vivo através de ultrassonografia de carcaça (BRUNES, 2017).

A espessura de gordura subcutânea, seja mensurada na costela ou na garupa, é um indicativo da composição da carcaça, em especial, à porcentagem de gordura. Segundo Sousa (2017), o acúmulo de reservas energéticas corporais é fundamental para a fertilidade, obtenção de maturidade sexual e eficiência reprodutiva dos rebanhos.

O desencadeamento da puberdade ocorre quando há um maior acúmulo de gordura, que proporciona uma melhoria na síntese e liberação da leptina, agindo como um indicador do status nutricional positivo para o sistema nervoso central (AMSTALDEN et al., 2014). Assim, a leptina age tanto de forma direta, ao aumentar a produção de hormônios esteroides sexuais, os quais favorecem os pulsos de LH, como de forma indireta informando ao sistema nervoso central um estado nutricional positivo, favorável a puberdade (BARASH et al., 1996). Novilhas com maior cobertura de gordura na garupa possuem trato reprodutivo mais desenvolvido, visto que possuem cornos uterinos, ovários e folículos maiores (LEAFLET, 2001).

Para verificar a relação entre maturação corporal na puberdade e gestação, Freitas et al. (2021) realizaram um estudo com 650 novilhas Nelore, submetidas a inseminação artificial em tempo fixo (IATF). Os autores verificaram que peso vivo e escore de condição corporal não tiveram influência na puberdade e na relação prenhez/IATF. As novilhas que tiveram espessura de gordura subcutânea maior que 3,4 mm tiveram maior taxa de puberdade e relação prenhez/IATF, enquanto novilhas que tiveram espessura de

gordura subcutânea próximo a 2,5 mm tiveram menores taxas prenhez/IATF. Com esse trabalho, os autores concluíram que o tecido adiposo subcutâneo, medido como espessura de gordura subcutânea, tem uma grande influência na função reprodutiva em novilhas Nelore jovens. As novilhas em crescimento atingem a puberdade quando o tecido adiposo alcança a proporção músculo-adipo necessária para que a leptina seja produzida nas quantidades necessárias para estimular a função reprodutiva que resulta na ovulação (D'OCCHIO, BARUSELLI & CAMPANILE, 2019).

2.3 Estimulação Hormonal

A biotecnologia reprodutiva mais utilizada no mundo é a inseminação artificial (IA), e sua aplicação traz grandes benefícios aos rebanhos quando comparada ao uso da monta natural (BARUSELLI et al., 2018). A utilização da IA, associada a protocolos de sincronização apresenta inúmeras vantagens relacionadas ao aumento da produtividade e do retorno econômico. O crescimento expressivo da inseminação artificial no Brasil ocorreu ao mesmo tempo que a adoção de protocolos de sincronização para Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) (BARUSELLI et al., 2022).

Segundo Baruselli et al (2022), em 2021 foram comercializados 26.480.025 protocolos, comparados aos 21.255.375 em 2020. Portanto, podemos observar um crescimento de 24,6% do mercado de IATF em relação 2020 a 2021. Esses números mostram que 93,3% das inseminações no Brasil em 2021 foram realizadas por IATF, e assim, afirmam a consolidação dessa biotecnologia no mercado de inseminação artificial.

A IATF garante inúmeras vantagens, como, melhor controle zootécnico; variabilidade genética; favorece a seleção e o melhoramento genético; permite a escolha da data do parto; facilita a organização dos manejos; possibilita melhor retorno financeiro (FIGUEREDO et al., 2019). A IATF utiliza hormônios para estabelecer antecipadamente o momento ideal para a inseminação, independentemente da observação do cio (VILELA et al., 2016).

Diversos fatores podem influenciar o sucesso dos programas de sincronização da ovulação para IATF em fêmeas, dentre eles, a condição corporal das fêmeas no primeiro dia do protocolo de sincronização (D0), instalações da fazenda, o inseminador, a partida do sêmen e o touro utilizado para a IATF apresentam grande influência na taxa de concepção (SÁ FILHO et al., 2009). Assis (2022), estudou os principais fatores fixos ligado à matriz que afetam a prenhez por IATF em programas comerciais de bovinos de corte na América do Sul, sendo eles ordem da IATF, classe de escore de condição

corporal, categoria, grupo genético da matriz. O principal fator fixo não ligado diretamente à matriz encontrado pelo mesmo autor que mais afeta a prenhez é a estação de monta.

Para induzir a puberdade em novilhas podem ser utilizadas várias substâncias hormonais e assim, é possível aumentar a eficiência reprodutiva destes animais (RASBY et al., 1998). Segundo Thatcher et al. (2001), o crescimento folicular pode ser induzido com o emprego de diferentes hormônios tais como a progesterona, o estradiol e a combinação destes, e também com o GnRh e seus análogos.

Os protocolos utilizados para indução da ovulação baseiam-se na utilização de hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) ou ésteres de estradiol, em conjunto com a administração de progesterona (P4) exógena, através de dispositivos intravaginais (DIV) de liberação lenta (D`AVILA et al., 2019). O protocolo mais utilizado na bovinocultura brasileira é baseado no uso de Benzoato de estradiol (BE). Essa preferência é motivada principalmente pelo custo inferior associado a esse protocolo em comparação com aqueles que utilizam GnRH (PONCIO et al., 2015).

As estratégias utilizadas nesses protocolos proporcionam a capacidade de determinar o período ideal para a inseminação da vaca, alinhando-se ao calendário específico da propriedade. Dessa forma, a flexibilidade no manejo reprodutivo confere aos produtores a habilidade de otimizar a utilização do ciclo estral, resultando em melhorias substanciais na eficiência reprodutiva do rebanho (COELHO & MORAES, 2023).

A IATF antecipa a concepção e a parição dentro das respectivas estações reprodutivas e também aumenta à probabilidade de nova prenhez na estação subsequente, concentrando os nascimentos e proporcionando bezerros mais homogêneos (GOTTSCHALL et al., 2009). Esses fatores resultam em bezerros mais pesados ao desmame, por serem mais velhos e filhos de touros com mérito genético superior (GOTTSCHALL et al., 2011).

Segundo Perry (2016), o uso de progesterona pode alterar a frequência de pulsos de LH, onde seu aumento demonstra importância na indução do início da puberdade. O autor ainda observou que o uso de implante de progesterona foi capaz de induzir a puberdade, em novilhas cruzadas de corte, aos 12,5 meses de idade, mas não aos 9,5 ou 11 meses de idade. A característica ocorrência de prenhez precoce, geralmente é avaliada entre os 14-18 meses de idade, período no qual a novilha é exposta ao touro (MATTAR et al. 2007).

De acordo com Day & Anderson (1998), o estímulo necessário para a ocorrência da puberdade em novilhas é o aumento na secreção de LH. Anderson et al. (1996) observaram que em novilhas pré-púberes tratadas com progesterona houve aumento da secreção de LH. Esse fator pode explicar os resultados dos trabalhos de Short et al. (1976) e Rasby et al. (1998) que verificaram um efeito positivo dos dispositivos intravaginais contendo P4 sobre a puberdade em novilhas. O protocolo com uso de progesterona para induzir a puberdade abrange a diminuição dos receptores do estradiol no hipotálamo (DAY & ANDERSON, 1998) e melhora o escore do útero (CLARO JUNIOR et al., 2010).

2.4 Estudos Genômicos sobre a puberdade sexual em fêmeas

A seleção genômica permitiu maiores ganhos genéticos para características de fertilidade em animais de produção de carne e de leite (GARCIA-RUIZ et al., 2016). Proposta por Meuwissen et al. (2001), a seleção genômica, é uma técnica que utiliza marcadores do tipo SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*) para prever os valores genômicos. Esta seleção é baseada no uso de um amplo conjunto destes marcadores, espalhados por todo o genoma, de forma que QTL (*quantitative trait locus*) associados às características de interesse estejam em alto desequilíbrio de ligação com alguns destes marcadores. Assim, a soma de todos os efeitos dos SNPs (valor genômico) seria uma boa maneira de mensurar o mérito genético dos candidatos à seleção (HAYES et al., 2007).

As características reprodutivas têm variação genética quantitativa e a expressão é influenciada por alguns genes ou uma série de genes (loci de características quantitativas, QTL) (REGATIERI et al., 2017). De acordo com Höglund et al. (2009), a identificação de um QTL para características reprodutivas femininas pode aumentar a resposta à seleção. Marcadores moleculares, chamados de nucleotídeo único polimorfismos (SNP), são comumente usados para a detecção de QTL devido à facilidade de genotipagem e o fato de que esses polimorfismos estão presentes em todo o genoma (HAYES et al., 2007).

Irano et al. (2016), em estudos avaliando as regiões cromossômicas envolvidas na determinação genética de características relacionadas a precocidade sexual em animais da raça Nelore, encontraram 10 janelas de SNP's, distribuídas entre os cromossomos 5, 6, 7, 14, 18, 21 e 27, indicando o caráter poligênico dessas características, e ao analisarem as 10 janelas em conjunto, foi observado que estas explicaram 8,91% da variância

genética total. Os mesmos autores ainda observaram que o cromossomo 21 exibiu duas janelas de grande efeito para prenhez precoce, explicando 2,31% da variância total.

Regatieri et al. (2017) também desenvolveram estudos de associação genômica ampla (GWAS) para a prenhez precoce. Foram encontrados SNP's associados significativamente com a característica nos cromossomos 2, 11, 14, 16, 17, 19, 20, 23 e 26. No entanto, apenas quatro foram altamente associados com a prenhez precoce, sendo que três deles também foram associados com a determinação da idade ao primeiro parto, indicando possíveis responsáveis pela correlação genética existente entre essas características.

Com a finalidade de acelerar o ganho genético em direção a determinado objetivo de interesse econômico, tecnologias como a dos marcadores moleculares e biotecnologias de reprodução vêm sendo usadas (SBARDELLA, 2020). O foco do uso de marcadores tipo polimorfismos de nucleotídeo único (SNP) é aumentar a velocidade da mudança genética por meio do aumento da precisão das predições e da variação genética capturada ou pela diminuição do intervalo de gerações (VAN EENENNAAM et al., 2014).

2.5 Parâmetros Genéticos

A herdabilidade (h^2) é um parâmetro genético que indica a confiabilidade da utilização do desempenho fenotípico para definir o valor genético de uma determinada característica em uma população. Além disso, pode demonstrar o grau de semelhança entre o desempenho fenotípico dos filhos em relação ao desempenho fenotípico dos pais (ELER, 2017). O coeficiente de herdabilidade pondera a capacidade de transmissão de uma característica para a progênie, expressando quanto da variabilidade de uma característica é de origem genética e, assim, permite a obtenção de resposta à seleção (BRUNES, 2017).

Os coeficientes de herdabilidade podem ser classificados em baixa, moderada e alta magnitude. As características com $h^2 < 0,20$ são consideradas de baixa magnitude, características com h^2 entre 0,20 e 0,40 são consideradas de moderada magnitude e características com $h^2 > 0,40$ são consideradas de alta magnitude (BOURDON, 2000).

2.6 Predições Genômicas para Precocidade Sexual de fêmeas

A seleção genômica é definida como a seleção simultânea de centenas ou milhares de marcadores que constituem o genoma de forma densa, fazendo com que os genes estejam em desequilíbrio de ligação com pelo menos uma parte dos marcadores (SNP,

“*Single Nucleotide Polymorphism*”) empregados (VANRADEN, 2008). Essa metodologia faz uso da informação genômica para prever os valores genéticos e para selecionar os candidatos a reprodução nos programas de melhoramento (CLARK et al., 2012).

Para características indicadoras de precocidade sexual, a seleção é limitada por serem mensuradas tardiamente na vida do animal (IRANO, 2015). De acordo com Boddhireddy et al. (2014), a seleção genômica agregou valor aos métodos tradicionais, aumentando a acurácia de predição das DEPs genômicas, permitindo assim, ganho genético mais rápido, devido à diminuição do intervalo de gerações, e fornecendo decisão de seleção dos animais mais acurada.

Segundo Meuwissen, Hayes & Goddard (2001), a seleção genômica pretende através de informações fenotípicas, genotípicas e de pedigree prever os valores genéticos genômicos (GEBV, “Genomic Estimated Breeding Value”) em uma determinada população. Para a implementar esse tipo de seleção é necessário ter três populações definidas: população de estimação, de validação e a de seleção.

A metodologia GBLUP (*genomic best linear unbiased predictor* – MEUWISSEN et al., 2001) é um modelo capaz de prever valores genômicos que assume o modelo infinitesimal (muitos genes de pequenos efeitos) e distribuição normal para os efeitos dos SNPs, com média zero e variância igual para todos os marcadores. Misztal et al. (2009), propuseram a metodologia do single-step, onde a informação genômica é inserida na primeira etapa, em que a matriz de parentesco baseada no pedigree (**A**) é combinada a uma matriz de parentesco genômica (**G**) baseada na informação dos marcadores moleculares. Assim, a matriz **A** pode ser modificada em uma matriz **H**, que inclui tanto **A** quanto as diferenças baseadas na informação genômica (**A**Ä), ou seja, as diferenças entre **A** e **G**: $\mathbf{H} = \mathbf{A} + \mathbf{A}\ddot{\mathbf{A}}$. Gao et al. (2012) e Su et al. (2012), afirmaram que o single-step pode melhorar a acurácia e reduzir o viés das predições genômicas.

Irano (2015), avaliou modelos para a predição de valores genômicos visando à seleção de características indicadoras de precocidade sexual de fêmeas de 14 a 18 meses de idade da raça Nelore, como a ocorrência de prenhez precoce de novilhas (P16). Foram utilizadas duas metodologias para estimar os efeitos dos marcadores multistep - genomic best linear unbiased predictor (GBLUP) e improved Bayesian least absolute shrinkage and selection operator (IBLASSO); além da metodologia passo único genômico (ssGBLUP). O fenótipo observado foi utilizado como variável dependente para estimar o valor genômico (GEBV) usando o método passo único, enquanto que, o fenótipo

corrigido (Y_c), o valor genético (EBV) e o valor genético desregredido (dEBV) foram utilizados para os métodos multi-step.

Os métodos multi-step apresentam resultados semelhantes quando calculados com base nas variáveis dependentes utilizadas nas análises multi-step (0,57 com e 0,53 com IBLASSO). A acurácia média de predição dos GEBVs com base nos Y_c demonstrou uma maior estimativa com metodologia ssGBLUP (0,30) do que com GBLUP (0,22) para P16. Diante disso, a seleção genômica, por meio da utilização do método passo único, pode ser alternativa adequada para prever os valores genômicos para características indicadoras de precocidade sexual como P16, pois se utiliza todas as informações disponíveis para prever os valores genômicos das características indicadoras de precocidade sexual.

Recentemente, Mota et al. (2022), verificaram a ocorrência de interações genótipo-ambiente (GxE) em características indicadoras de precocidade sexual em animais Nelore como prenhez precoce de novilhas por modelos de normas de reação (RNM) usando pedigree e combinando pedigree e relações genômicas, visando aumentar a precisão da predição aplicando diferentes esquemas de treinamento e validação. A inclusão da matriz H, combinação da matriz genômica e pedigree, no RNM aumentou a variância genética do intercepto e da inclinação em 18,55 e 23,00% em média, respectivamente, e forneceu estimativas de parâmetros genéticos mais precisas do que aquelas considerando apenas o pedigree. A capacidade genômica preditiva geral para prenhez precoce de novilhas foi calculada com base em dois conjuntos de dados divididas por ano de nascimento. Um grupo de treinamento composto por animais nascidos de 1990 a 2007 e o grupo de validação com animais nascidos de 2008 a 2012. O resultado apontou um aumento de 11,06% quando comparado os dois grupos. Os resultados sugerem que a inclusão de informações genômicas combinadas com o pedigree para avaliar a interação GxE leva a componentes de variância e estimativas de parâmetros genéticos mais precisos.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. H.; MCDOWELL, C. M.; DAY, M. L. Progesterone-induced puberty and secretion of luteinizing hormone in heifers. **Biology of Reproduction**. v. 54, n. 5, p. 1025–31, 284 1996

AMSTALDEN, M., CARDOSO, R. C., ALVES, B. R. C., & WILLIAMS, G. L. Reproduction Symposium: Hypothalamic neuropeptides and the nutritional programming of puberty in heifers. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 8, p. 3211-3222, 2014.

ARAÚJO, A. C. C.; NONATO, M. S.; BEZERRA, A. R. A.; MURTA, D. C. R. X.; MURTA, D. V. F.; SANTOS, J. M. L.; SOUZA, R. B.; CARNEIRO, J. A. M. Induction of ovulation in heifers with memorandum of cyclicity. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 24286-24290, 2019.

ARANA, D. G. **Comparação de critérios para predição da precocidade em novilhas Nelore**. 2019. 93p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária (FMVA), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Araçatuba, 2019.

ASSIS, R. E. F. **Fatores de risco que afetam a prenhez por IATF em programas comerciais de bovinos de corte na América do Sul**. 2022. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Ciências do programa de pós-graduação em Biociência Animal, FZEA, USP, Pirassununga, 2022.

ATKINS, J. A., POHLER, K. G., SMITH, M. F. Physiology and endocrinology of puberty in heifers. **Veterinary Clinics: Food Animal Practice**, v. 29, n. 3, p. 479-492, 2013.

AZEVEDO, D.M.M.R., MARTINS FILHO, R., LOBO, R.N.B., MALHADO, C.H.M., LOBO, R.B., MOURA, A.A.A., PIMENTA FILHO, E.C. Desempenho reprodutivo de vacas Nelore no Norte e Nordeste do Brasil. **Rev Bras Zootec**, 2006.

BARASH, I. A., CHEUNG, C. C., WEIGLE, D. S., REN, H., KABIGTING, E. B., KUIJPER, J. L., CLIFTON, D. K., STEINER, R. A. Leptin is a metabolic signal to the reproductive system. **Endocrinology**, v. 137, n. 7, p. 3144-3147, 1996.

BARUSELLI, P. S., SANTOS, G. F. F. D., CREPALDI, G. A., CATUSSI, B. L. C., & OLIVEIRA, A. C. D. S. IATF em números: evolução e projeção futura. **Rev. bras. reprod. anim**, p. 76-83, 2022.

BARUSELLI, P. S., FERREIRA, R. M., SÁ FILHO, M. F. D., BÓ, G. A. Using artificial insemination v. natural service in beef herds. **Animal**, v. 12, n. s1, p. s45-s52, 2018.

BODDHIREDDY, P.; KELLY, M. J.; NORTHCUTT, S.; PRAYAGA, K. C.; RUMPH, J.; DENISE, S. Genomic predictions in Angus cattle: Comparisons of sample size, response variables, and clustering methods for cross-validation. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 485-497, 2014.

BOLIGON, A. A.; ALBUQUERQUE, L. G. Genetic parameters and relationships of heifer pregnancy and age at first calving with weight gain, yearling and mature weight in Nelore cattle. **Livestock Science**, v. 141, n. 1, p. 12-16, 2011.

BONAMY, M., KLUSKA, S., PERIPOLLI, E., DE LEMOS, M. V. A., AMORIM, S. T., VACA, R. J., LÔBO, R. B., CASTRO, L. M., FARIA, C.U., FERRARI, F. B., BALDI, F. Genetic association between different criteria to define sexual precocious heifers with growth, carcass, reproductive and feed efficiency indicator traits in Nelore cattle using genomic information. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 136, n. 1, p. 15-22, 2019.

BOURDON, R. M. Understanding Animal Breeding. 2nd ed. London: Pearson Education, 2000.

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. **Arquivos de zootecnia**, v. 60, n. 230, p. 205-213, 2011.

BRUNES, L. C. Estudo genético-quantitativo de características de crescimento, reprodução, carcaça e escores visuais Em Um Rebanho Nelore Sob Seleção Para Precocidade Sexual. 2017. 190 f. Dissertação (Mestrado). Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2017.

BRUNES, L. C.; MAGNABOSCO, C. U.; BALDI REY, F. S.; COSTA, M. F. O.; CASTRO, L. M.; SANTOS, M. F.; QUEIROZ, L. C. R.; GUIMARÃES, N. C. Seleção genética para características de precocidade sexual em bovinos Nelore. **Embrapa Cerrados-Documentos** (INFOTECA-E), 2018.

BRUNES, L. C., BALDI, F., LOBO, R. B., LOPES, F. B., MAGNABOSCO, C. U. Genetic-quantitative analysis for reproductive traits in Nelore cattle selected for sexual precocity. **Animal Production Science**, v. 60, n. 7, p. 896-902, 2020.

CARDOSO, R. C., ALVES, B. R., WILLIAMS, G. L. Neuroendocrine signaling pathways and the nutritional control of puberty in heifers. **Animal Reproduction (AR)**, v. 15, n. Supplement 1, p. 868-878, 2018.

CARDOSO, D., NOGUEIRA, G. P. Mecanismos neuroendócrinos envolvidos na puberdade de novilhas. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v. 10, n. 1, p. 59-67, 2007.

CARVALHO, V. S. **Avaliação morfométrica do aparelho reprodutor de novilhas pertencentes a três grupos raciais**. 2017. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

CARTWRIGHT, T. C. Prognosis of Zebu cattle: Research and application. **Journal of Animal Science**, v. 50, n. 6, p. 1221-1226, 1980.

CLARK, S. A., HICKEY, J. M., DAETWYLER, H. D., VAN DER WERF, J. H. The importance of information on relatives for the prediction of genomic breeding values and the implications for the makeup of reference data sets in livestock breeding schemes. **Genetics Selection Evolution**, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2012.

COELHO, S. O. C.; MORAIS, C. R. PRÉ-SINCRONIZAÇÃO DE VACAS DE CORTE EM PROTOCOLOS DE IATF: UMA BREVE REVISÃO CIENTÍFICA. **Revista GeTeC**, v. 12, n. 42, 2023.

COUTINHO, L. L.; ROSÁRIO, M. F.; JORGE, E. C. Biotecnologia animal. estudos avançados, v. 24, p. 123-147, 2010.

CLARO JÚNIOR, I, SÁ FILHO, O. G., PERES, R. F. G., AONO, F. H. S., DAY, M. L., VASCONCELOS, J. L. M. Reproductive performance of prepubertal *Bos indicus* heifers after progesterone-based treatments. **Theriogenology**, v. 74, n. 6, p. 903-911, 2010.

CORDEIRO, A. L. L., SOUZA, F. A., SATRAPA, R. A. Sexually precocious heifers: physiology and economic importance. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 111, n. 599/600, p. 1-9, 2016.

DAY, M. L.; ANDERSON, L. H. Current concepts on the control of puberty in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign. v. 76, p. 1-15, 1998.

DAY, M. L., IMAKAWA, K., WOLFE, P. L., KITTOK, R. J., KINDER, J. E. Endocrine mechanisms of puberty in heifers. Role of hypothalamo-pituitary estradiol receptors in the negative feedback of estradiol on luteinizing hormone secretion. **Biology of reproduction**, v. 37, n. 5, p. 1054-1065, 1987.

DAY, M. L., NOGUEIRA, G. P. Management of age at puberty in beef heifers to optimize efficiency of beef production. **Animal Frontiers**, v. 3, n. 4, p. 6-11, 2013.

D'AVILA, C. A., MORAES, F. P. D., JUNIOR, T. L., GASPERIN, B. G. Hormônios utilizados na indução da ovulação em bovinos—Artigo de revisão. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 43, n. 4, p. 797-802, 2019.

D'OCCHIO, M. J., BARUSELLI, P.S., CAMPANILE, G. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. **Theriogenology**, v. 125, p. 277-284, 2019.

ELER, Joanir Pereira. Teorias e métodos em melhoramento genético animal: bases do melhoramento genético animal. 2017.

EVANS A. C. O.; CURRIE. W. D.; RAWLINGS. N. C. Effects of naloxone on circulating gonadotrophin concentrations in prepubertal heifers. **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 96, p. 847-855, 1992.

FIGUEREDO, V. C. S., QUEIROZ, A. R. R., DE CARVALHO ARAÚJO, A. C., COSTA, M. G., MIRANDA, C. D. M., MURTA, D. C. R. X., MURTA, D. V. F., SANTOS, J. M. L. Efeito do implante intravaginal de progesterona na taxa de prenhez de novilhas Nelore. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 24291-24295, 2019.

FREITAS, B. G., MINGOTI, R. D., MONTEIRO, B. M., GUERREIRO, B. M., CREPALDI, G. A., RAMOS, L., G.S., VASCONCELLOS, F.M., SA-FILHO, M.F., D'OCCHIO, M.J. BARUSELLI, P. S. Relationship of body maturation with response to estrus synchronization and fixed-time AI in Nelore (*Bos indicus*) heifers. **Livestock Science**, v. 251, p. 104632, 2021.

FORTES, M. R. S. DEATLEY, K. L., LEHNERT, S. A., BURNS, B. M., REVERTER, A., HAWKEN, R. J., BOE-HANSEN, G., MOORE, S.S, THOMAS, M. G. Genomic regions associated with fertility traits in male and female cattle: advances from microsatellites to high-density chips and beyond. **Animal reproduction science**, v. 141, n. 1–2, p. 1–19, 2013.

GARCÍA-RUIZ, A., COLE, J. B., VANRADEN, P. M., WIGGANS, G. R., RUIZ-LÓPEZ, F. J., & VAN TASSELL, C. P. Changes in genetic selection differentials and generation intervals in US Holstein dairy cattle as a result of genomic selection. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 28, p. E3995-E4004, 2016.

GOTTSCHALL, C. S., BITTENCOURT, H. R., MATTOS, R. C., & GREGORY, R. M. Antecipação da aplicação de prostaglandina, em programa de inseminação artificial em tempo fixo em vacas de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 4, 2009.

GOTTSCHALL, C. S. **Controle do ciclo estral e taxa de prenhez em matrizes de corte bovinas: efeitos hormonais, genéticos e ambientais**. 2011. Tese (Ciências Veterinárias) – Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2011.

HAYES, B. J., CHAMBERLAIN, A. J., MCPARTLAN, H., MACLEOD, I., SETHURAMAN, L., & GODDARD, M. E. Accuracy of marker-assisted selection with single markers and marker haplotypes in cattle. **Genetics Research**, v. 89, n. 4, p. 215-220, 2007.

HAWKEN, R.J., ZHANG, Y.D., FORTES, M.R.S., COLLIS, E., BARRIS, W.C., CORBET, N.J., WILLIAMS, P.J., FORDYCE, G., HOLROYD, R.G., WALKLEY, J.R.W., BARENDSE, W., JOHNSTON, D.J., PRAYAGA, K.C., TIER, B., REVERTER, A., LEHNERT, S.A. Genome-wide association studies of female reproduction in tropically adapted beef cattle. **Journal of animal science**, v. 90, n. 5, p. 1398-1410, 2012.

IRANO, N., DE CAMARGO, G. M. F., COSTA, R. B., TERAKADO, A. P. N., MAGALHÃES, A. F. B., SILVA, R. M. D. O., DIAS, M. M., BIGNARDI, A. B., BALDI, F., CARVALHEIRO, R., OLIVEIRA, H. N., ALBUQUERQUE, L. G. Genome-wide association study for indicator traits of sexual precocity in Nelore cattle. **PLoS One**, v. 11, n. 8, p. e0159502, 2016.

KLUSKA, S., BIANCA FERREIRA OLIVIERI, B. F., BONAMY, M., CHIAIA, H. L. J., FEITOSA, F. L. B., BERTON, M. P., PERIPOLLI, E., LEMOS, M. V. A., TONUSSI, R.L., LÔBO, R.B., MAGNABOSCO, C.U., DI CROCE, F., OSTERSTOCK, J., PEREIRA, A.S.C., MUNARI, D.P., BEZERRA, L.A., LOPES, F.B., BALDI, F. Estimates of genetic parameters for growth, reproductive, and carcass traits in Nelore cattle using the single step genomic BLUP procedure. **Livestock Science**, v. 216, p. 203-209, 2018.

LEAFLET, A.S. **Relationship between body composition and reproduction in heifers**. Ames: Iowa states University, p.145-148, 2001. Disponível em: <http://www.extension.iastate.edu/Pages/ansci/beefreports/as11769.pdf>.

LIMA, R. S. **Emprego de progesterona injetável de longa ação para pré-sincronização da ovulação em novilhas Nelore**. 2017. Tese (Doutorado em Reprodução Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

MARSON, E. P.; GUIMARÃES, J. D.; MIRANDA NETO, T. Puberdade e maturidade sexual em novilhas de corte. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 28, n. 1, p. 3-12, 2004.

MATTAR, M., MEIRELLES, S. L., OLIVEIRA, J. A. D., ESPASANDIN, A. C., QUEIROZ, S. A. D. Fatores genéticos e ambientais sobre a probabilidade de prenhez precoce em bovinos Caracu. **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p. 1405-1410, 2007.

MEMBRIVE, Claudia Maria Bertan. **Estudo da sincronização das ondas foliculares e das características de estros, por radiotelemetria, em novilhas cruzadas (Bos taurus indicus x Bos taurus taurus) tratadas com acetato de melengestrol e prostaglandina 'F IND. 2'alfa' associados ahCG, GnRH ou 17'beta'-estradiol 'mais' progesterona.** 2000. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MEUWISSEN, T. H. E.; HAYES, B. J.; GODDARD, M. E. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. **Genetics**, v. 157, p. 1819–1829, 2001.

MISZURA, A. A., FERRAZ, M. V. C., CARDOSO, R. C., POLIZEL, D. M., OLIVEIRA, G. B. D., BARROSO, J. P. R., GOBATO L.G.M , NOGUEIRA, G.P., BIAVA, J.S., FERREIRA, E.M. PIRES, A. V. Implications of growth rates and compensatory growth on puberty attainment in Nellore heifers. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 74, p. 106526, 2021.

MISZTAL, I.; LEGARRA, A.; AGUILAR, I. Computing procedures for genetic evaluation including phenotypic, full pedigree, and genomic information. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 4648-4655, 2009

MOOREY, Sarah E.; BIASE, Fernando H. Beef heifer fertility: importance of management practices and technological advancements. **Journal of animal science and biotechnology**, v. 11, n. 1, p. 1-12, 2020.

MONTEIRO, F. M., MERCADANTE, M. E. Z., BARROS, C. M., SATRAPA, R. A., SILVA, J. A. V., OLIVEIRA, L. Z., GARCIA, J. M. Reproductive tract development and puberty in two lines of Nellore heifers selected for postweaning weight. **Theriogenology**, v. 80, n. 1, p. 10-17, 2013.

MORAN, C.; QUIRKE, J. F.; ROCHE, J. F. Puberty in heifers: a review. **Animal Reproduction Science**, v. 18, n. 1-3, p. 167-182, 1989.

MOREIRA, H. L., CANOVA, É. B., MUNARI, D. P., BEZERRA, L. A. F., LÔBO, R. B., PAZ, C. C. P. Parâmetros genéticos para período de gestação e características de crescimento pré e pós desmame em bovinos Nelore. **Boletim de Indústria Animal**, v. 72, n. 2, p. 130-135, 2015.

MOTA, L. F., CARVAJAL, A. B., BERNARDES, P. A., BUZANSKAS, M. E., BALDI, F., LÔBO, R. B., MUNARI, D. P. Integrating genome-wide association study and pathway analysis reveals physiological aspects affecting heifer early calving defined at different ages in Nelore cattle. **Genomics**, v. 114, n. 4, p. 110395, 2022.

PERRY, G. A. Factors affecting puberty in replacement beef heifers. **Theriogenology**, v. 86, n. 1, p. 373-378, 2016.

PETERS, S.O., KIZILKAYA, K., GARRICK, D.J., FERNANDO, R.L., REECY, J., WEABER, R.L., SILVER, G.A., THOMAS, M.G. Heritability and Bayesian genomewide association study of first service conception and pregnancy in Brangus heifers. **Journal of animal science**, v. 91, n. 2, p. 605-612, 2013.

PONCIO, V. A. P., MELO, A. J. F., DUARTE, K. M. R., DE OLIVEIRA, C. A., & ALVAREZ, R. H. Eficiência da inseminação artificial em tempo fixo utilizando dispositivo de progesterona associado com GnRH ou benzoato de estradiol em novilhas da raça Nelore. **Boletim de Indústria Animal**, v. 72, n. 3, p. 271-276, 2015.

RASBY, R. J., DAY, M. L., JOHNSON, S. K., KINDER, J. E., LYNCH, J. M., SHORT, R. E., WETTEMANN, R. P., HAFS, H. D. Luteal function and estrus in peripubertal beef heifers treated with an intravaginal progesterone releasing device with or without a subsequent injection of estradiol. **Theriogenology**, v. 50, p. 55 - 63, 1998.

RAWLINGS, N. C., EVANS, A. C. O., HONARAMOOZ, A., & BARTLEWSKI, P. M. Antral follicle growth and endocrine changes in prepubertal cattle, sheep and goats. **Animal reproduction science**, v. 78, n. 3-4, p. 259-270, 2003.

REGATIERI, I. C., BOLIGON, A. A., COSTA, R. B., DE SOUZA, F. R. P., BALDI, F., TAKADA, L., VENTURINI, C.G., DE CAMARGO, G.M.F., FERNANDES JUNIOR, G.A., TONHATI, H., DE OLIVEIRA, H.N., DE ALBUQUERQUE, L. G. Association between single nucleotide polymorphisms and sexual precocity in Nelore heifers. **Animal reproduction science**, v. 177, p. 88-96, 2017.

SÁ FILHO, O. G., MENEGHETTI, M., PERES, R. F. G., LAMB, G. C., VASCONCELOS, J. L. M. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows II: Strategies and factors affecting fertility. **Theriogenology**, v. 72, n. 2, p. 210-218, 2009

SARTORI, R., BASTOS, M. R., BARUSELLI, P. S., GIMENES, L. U., ERENO, R. L., BARROS, C. M. Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. **Reprod in Domestic Ruminants**, v. 7, p. 357, 2011.

SBARDELLA, A.P. **Estudo genômico de características de desempenho reprodutivo em bovinos da raça Nelore**. 2020. 67 p. Teses (Genética e Melhoramento Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal, 2020.

SHORT, R.E. BELLOWS, R.A.; CARR, J. B.; STAIGMILLER, R. B.; RANDEL, R.D. 385 Induced or synchronized puberty in heifers. **Journal of Animal Science**. v.43, n.6, 1976.

SILVA, F. M. B.; LOPES, D. T.; FERRAZ, H. T.; VIU, M. A. O.; RAMOS, D. G. S.; SATURNINO, K. C.; FONTANA, C. A. P.; SILVA, J. M. A.; LESO, F. V. Estratégias para antecipação da puberdade em novilhas *Bos taurus indicus* pré-púberes. **PUBVET**, Londrina, v. 12, p. 136, 2018.

SOARES, B. B., BRUNES, L. C., BALDI, F. S., CARMO, A. S. D., NARCISO, M. G., MAGNABOSCO, V. S., SAINZ, R. D., MAGNABOSCO, C. U. Associação de escores visuais com características reprodutivas em bovinos Nelore utilizando Inferência Bayesiana. **Ciência Animal Brasileira**, v. 24, p. e-75081, 2023.

SOUSA, F. F. I. **Análise do comportamento de mercado do bezerro de corte desmamado dentro do ciclo pecuário**. 2017. 29 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017.

TERAKADO, A. P. N., PEREIRA, M. C., YOKOO, M. J., ALBUQUERQUE, L. G. D. Evaluation of productivity of sexually precocious Nelore heifers. **animal**, v. 9, n. 6, p. 938-943, 2015.

THATCHER, W. W., MOREIRA, F., SANTOS, J. E. P., MATTOS, R. C., LOPES, F. L., PANCARCI, S. M., & RISCO, C. A. Effects of hormonal treatments on reproductive performance and embryo production. **Theriogenology**, v. 55, n. 1, p. 75-89, 2001.

VAN EENENNAAM, A. L., WEIGEL, K. A., YOUNG, A. E., CLEVELAND, M. A., DEKKERS, J. C. Applied animal genomics: results from the field. **Annu. Rev. Anim. Biosci.**, v. 2, n. 1, p. 105-139, 2014.

VANRADEN, Paul M. Efficient methods to compute genomic predictions. **Journal of dairy science**, v. 91, n. 11, p. 4414-4423, 2008.

VILELA, D., FERREIRA, R. D., FERNANDES, E. N., JUNTOLLI, F. V. **Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos (1. ed., Vol. 1)**. Brasília/DF: Embrapa Gado de Leite, 2016.

3 CAPÍTULO II - Influência dos protocolos hormonais na avaliação genética da precocidade sexual de fêmeas precoce da raça Nelore

BIS, F.C. **Influência dos protocolos hormonais na avaliação genética da precocidade sexual de fêmeas precoce da raça Nelore**. 2023. 64 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2023.

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da estimulação hormonal sobre a expressão fenotípica da característica probabilidade de parição precoce antes dos 30 meses de idade (PP30), por meio da estimação de componentes de variância e habilidade de predição para PP30. O banco de dados foi composto por informações de animais da ANCP, com informações para PP30 de 31554 novilhas, sendo 22105 não genotipadas e 9449 genotipadas. Esses animais foram divididos por tipo de acasalamento (TA), com e sem estimulação hormonal. Para a estimação dos parâmetros genéticos e componentes de variância para o banco de dados completo, foram utilizados dois modelos, com e sem a inclusão TA. Foi usado um modelo animal limiar de passo único genômico BLUP (ssGBLUP). O método de validação LR foi usado para avaliar o desempenho do modelo. O conjunto de dados foi dividido em subconjuntos de treinamento com 31554 animais com registro de fenótipo e validação com 1184 animais genotipados com registro de fenótipos, mas sem registros de progênie e foram divididos por tipo de acasalamento. A estimativa de herdabilidade (h^2) para PP30 foi de baixa magnitude e semelhante para os dois modelos (0,175 sem TA e 0,18 com TA). Apenas o grupo das novilhas estimuladas com a inclusão do TA no modelo tiveram a DEP genômica parcial maior que a DEP genômica completa. Para os estimadores de LR, a correlação de Spearman não foi influenciada pela inclusão do TA no modelo. Nos animais com estimulação hormonal foi observado com correlação de 0,95 e sem a estimulação hormonal 0,96. A acurácia foi semelhante entre os TA e a inclusão do TA no modelo não alterou a estimativa (animais sem estimulação hormonal: 0,36 sem TA e 0,37 com TA; animais com estimulação hormonal: 0,38 com e sem TA). O viés para animais estimulados (3,69% sem TA e 1,49% com TA) foi superior ao comparar com animais não estimulados (0,51% sem TA e 0,63% com TA). Com os resultados obtidos, é possível concluir que existe efeito do viés ao

considerar a estimulação hormonal na predição genômica para a PP30, porém as vantagens produtivas que esses protocolos apresentam são superiores.

Palavras-chave: puberdade, IATF, novilhas, predição genômica, parâmetro genético.

BIS, F.C. Influence of hormonal protocols on the genetic evaluation of sexual precocity in precocious Nelore females. 2023. 64 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2023.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of hormonal stimulation on the phenotypic expression of the trait probability of precocious calving at 30 months (PPC30), through the estimation of variance components and prediction ability for PPC30. The database was composed of animal information from ANCP, with information for PPC30 of 31554 heifers, 22105 of which were not genotyped and 9449 were genotyped. These animals were divided by mating type (TM), with and without hormonal stimulation. To estimate genetic parameters and variance components for the complete database, two models were used, with and without TM inclusion. A BLUP genomic single-step threshold animal model (ssGBLUP) was used. The LR validation method was used to evaluate model performance. The dataset was divided into training subsets with 31554 animals with phenotype records and validation with 1184 genotyped animals with phenotype records but without progeny records and were divided by mating type. The heritability estimate (h^2) for PPC30 was of low magnitude and similar for both models (0.175 without TM and 0.18 with TMA). Only the group of heifers stimulated with the inclusion of TM in the model had partial GEBV greater than complete GEBV. For the LR estimators, the Spearman correlation was not influenced by the inclusion of TM in the model. In animals with hormonal stimulation, a correlation of 0.95 was observed and without hormonal stimulation, 0.96. Accuracy was similar between TM and the inclusion of TM in the model did not change the estimate (animals without hormonal stimulation: 0.36 without TM and 0.37 with TM; animals with hormonal stimulation: 0.38 with and without TM). The bias for stimulated animals (3.69% without TM and 1.49% with TM) was higher when compared to non-stimulated animals (0.51% without TM and 0.63%

with TM). With the results obtained, it is possible to conclude that there is an effect of bias when considering hormonal stimulation in the genomic prediction for PPC30, however the productive advantages that these protocols present are superior.

Keywords: puberty, FTAI, heifers, genomic prediction, genetic parameter

3.1 INTRODUÇÃO

A prenhez de novilhas é uma característica com expressão binária que tem sido amplamente utilizada para avaliar a precocidade sexual em fêmeas zebuínas de corte em programas de melhoramento genético no Brasil (BONAMY et al., 2019). Assim, a característica probabilidade de parição antes dos 30 meses de idade (PP30) vem sendo aplicada para a seleção de precocidade sexual de fêmeas uma vez que apresenta herdabilidade moderada (0,29), devendo responder à seleção, e está correlacionada favoravelmente com outras características como puberdade de machos e longevidade das matrizes no rebanho (KLUSKA et al., 2018; SILVA NETO et al., 2020).

Vários fatores estão relacionados com a indução da puberdade em novilhas, como a genética, nutrição, ambiente, e presença de machos (ARAUJO, et al., 2019). Nas últimas décadas, a eficiência produtiva da pecuária de corte tem apresentado crescimento significativo devido à acentuada pressão de seleção em relação às características produtivas, por meio dos avanços e uso das biotecnologias da reprodução (MELLO et al., 2016).

Neste sentido, vários protocolos hormonais foram propostos para que a puberdade em novilhas seja induzida, onde se destaca aqueles que fazem o uso de progesterona associado ao estradiol (MAGI et al., 2020). Atualmente, no mercado, existe uma grande variedade de protocolos de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF), nos quais diferem-se na duração, na quantidade de manejos, bem como, com o uso de diferentes hormônios. A IATF é uma ferramenta que possibilita a inseminação nos animais sem a detecção de estro (PURSLEY et al., 1997).

Nas últimas décadas, tem-se verificado uma utilização intensa de programas de sincronização do estro e da ovulação, que permitem a realização da IATF em fêmeas *Bos taurus indicus* (MENEGETTI et al., 2009). Segundo Baruselli et al. (2012), a IATF tem sido indicada como a grande responsável pelo crescimento do emprego da inseminação artificial no rebanho brasileiro. O uso da IATF possui diversas vantagens principalmente

por permitir a inseminação de um grande número de animais em um menor período de tempo, pois com esse método as fêmeas têm a ovulação induzida, podendo ser realizada em data e horário específico, de acordo com a disponibilidade do produtor (INFORZATO et al., 2008).

Nos últimos 20 anos, Baruselli et al. (2022) demonstraram que houve um aumento significativo no emprego da IATF pelos produtores, com taxa de crescimento anual composta (CAGR: *Compound Annual Growth Rate*) do número de protocolos de sincronização comercializados para IATF de 34,1%. Os autores ainda afirmaram que, as perspectivas de crescimento são favoráveis para os próximos anos devido aos resultados positivos da IATF no retorno produtivo e econômico das propriedades de leite e de corte.

Na prática, são evidentes as vantagens que os protocolos hormonais como a IATF oferecem em comparação com manejos reprodutivos que não utilizam estimulação hormonal, contudo ainda não existe consenso em relação ao impacto dessa ferramenta sobre a expressão do componente genético para precocidade sexual da fêmea. Até hoje não existem estudos científicos publicados avaliando o impacto da utilização de protocolos hormonais na manifestação da precocidade sexual das fêmeas, e como poderiam influenciar na avaliação genética da característica ocorrência de prenhes precoce ou probabilidade de parto antes dos 30 meses de idade. Os fatores genéticos que influenciam a reprodução ainda não estão bem explicados e seu entendimento mais aprofundado poderia levar a uma melhoria considerável na seleção genética da característica precocidade sexual de fêmeas zebuínas.

Desse modo, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da estimulação hormonal sobre a expressão fenotípica da característica probabilidade de parição precoce antes dos 30 meses de idade (PP30), através da estimação de componentes de variância e habilidade de predição para PP30.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O conjunto de dados utilizado neste estudo foi composto por animais da raça Nelore de um programa de melhoramento genético, a Associação Nacional dos Criadores e Pesquisadores (ANCP, Ribeirão Preto, Brasil).

O banco de dados foi formado por 31554 novilhas da raça Nelore com informações de probabilidade de parição precoce aos 30 meses (PP30), sendo 22105 (36,96% das novilhas prenhas) não genotipadas e 9449 (85,86% das prenhas)

genotipadas, onde foram divididas por tipo de acasalamento (TA) sendo com estimulação hormonal em protocolos de IATF e sem estimulação hormonal (Inseminação Artificial ou monta natural a pasto). As novilhas foram expostas à reprodução entre os 10 - 14 meses de idade, em média, três meses de reprodução, se não atingirem a prenhez, são reexpostas por volta dos 24 meses de idade.

Todas as novilhas sob avaliação PP30 foram expostas a reprodução em seu ano de desmame para determinar a precocidade sexual. Novilhas que tinham prenhez confirmada e pariram até os 30 meses de idade, eram categorizadas como as de sucesso (2), aquelas que pariram após esta idade eram categorizadas como falhas (1), e novilhas que não alcançaram ambos critérios foram classificadas como dado perdido.

Tabela 3.1 - Número de registos e percentagem de prenhes por tipo de acasalamento e animais genotipado.

| | Tipo acasalamento | | |
|------------------------|-------------------|-----------------|----------------|
| | Com estimulação | Sem estimulação | Total |
| Não genotipados | 4949 | 17156 | 22105 (36,96%) |
| Genotipados | 5110 | 4339 | 9449 (85,86%) |
| Total | 10059 (64,06%) | 21495 (48,19%) | 31554 |

Um total de 9449 animais foram genotipados usando um painel de baixa densidade (Zoetis CLARIFIDE® Nelore versão 3.1) contendo 30.000 marcadores SNP. Amostras com *Call rate* inferior a 90%, marcadores com frequência do alelo menor (MAF) inferior a 0,05, *Call rate* para SNPs inferior a 90% e falha de equilíbrio de Hardy-Weinberg (HWE) em um limite de $> 0,01$ não foram consideradas em as análises subsequentes. Marcadores com posição redundante e aqueles localizados em cromossomos não autossômicos também foram excluídos, resultando em um arquivo final de genótipos com 20.251 SNPs e 9449 animais.

Para a estimação dos parâmetros genéticos e componentes de variância para o banco de dados completo, foram utilizados dois modelos, sendo o Modelo sem TA (sem tipo de acasalamento) sem a inclusão do tipo de acasalamento e o Modelo com TA (com tipo de acasalamento). Nos dois modelos foi considerado o efeito de grupo contemporâneo (ano, fazenda e lote de manejo) e classe da idade da vaca (mãe da novilha). Foram eliminados grupo contemporâneos com menos de 5 animais e sem

variabilidade fenotípica. A convergência foi testada usando a Análise Bayesiana de Resultados (BOA) (SMITH, 2005) implementada no programa R (2010).

Os tipos de acasalamento utilizados nos modelos foram com estimulação hormonal e sem estimulação hormonal. O modelo animal limiar utilizado foi o seguinte:

$$y = X\beta + Zu + e$$

em que y é um vetor de variáveis dependentes; β é um vetor de efeitos fixos, incluindo o CG e categoria mãe da novilha (novilha precoce, novilha tradicional, vaca multipara); X é a matriz de incidência associando β com y ; u é um vetor de efeitos aleatórios de efeitos genéticos aditivos diretos; Z é a matriz de incidência associando-se a y ; e é os efeitos residuais.

No modelo limiar, foi assumido que a escala subjacente tem uma distribuição normal:

$$U|\theta \sim N(\theta, I\sigma_e^2)$$

em que U é o vetor da escala de base com ordem r (com r : número de animais); $\theta = (\beta, u, c)$ é o vetor de parâmetros com ordem s (com s : número de classe); β é um vetor de efeitos fixos com ordem s ; u e c são os efeitos genéticos aditivos e aleatórios do GC, respectivamente; I é a matriz de identidade com ordem $r \times r$; e σ_e^2 é a variância residual.

O método utilizado para prever o valor genômico foi o ssGBLUP com $a \sim N(0, H\sigma_a^2)$, em que H é definido como em Legarra et al., (2009) e seu inverso é o mesmo que no BLUP (LEGARRA et al., 2014):

$$H^{-1} = A^{-1} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & G_b^{-1} - A_{22}^{-1} \end{bmatrix}$$

em que A_{22}^{-1} é o inverso da matriz do relacionamento do numerador para animais genotipados, e G_b é um GRM “misturado” como descrito nos cenários a seguir.

Validação

O método de validação LR (LEGARRA & REVERTER, 2018) foi usado para avaliar o desempenho do modelo. O conjunto de dados foi dividido em subconjuntos de treinamento (total) com 31554 animais e validação (parcial) com 1184 animais. O

subconjunto completo (w) consiste em animais genotipados com registros de progênie e fenótipos de animais não genotipados. O subconjunto parcial (p) é composto por animais jovens genotipados com fenótipo sem registros de progênie. Animais genotipados com registros fenotípicos do subconjunto de validação foram omitidos no subconjunto de treinamento. Os animais dos subconjunto p foram divididos por tipo de acasalamento, sendo 537 que não passaram por estimulação hormonal e 609 que passaram pela estimulação hormonal. Isso será referido como os dados parciais e será representado pelo subscrito p, pois os fenótipos de subconjunto foram omitidos. Por outro lado, todos os dados serão representados pelo subscrito w e não tiveram truncamento de fenótipo.

As predições genômicas do subconjunto de validação foram obtidas usando o genótipo e fenótipo (\hat{u}_w , avaliação total), ou usando apenas o genótipo quando o fenótipo do subconjunto de validação for omitido (\hat{u}_p , avaliação parcial). Esta estratégia de validação simula a situação prática de seleção genômica, em que a previsão do GEBV de animais mais jovens (ou seja, candidatos à seleção) é baseada nas informações fenotípicas e genotípicas dos animais comprovados ou mais velhos na população completa.

Sob o método LR, a precisão da predição (acc_p^2) foi calculada como uma estimativa direta da precisão da população ao quadrado do valor genético estimado com base em dados parciais. Nesta metodologia, a covariância do valor genético estimado com base em dados parciais e inteiros ($\rho_{cov_{w,p}}^2$) é uma função da confiabilidade do valor genético estimado:

$$acc_p^2 = \rho_{cov_{w,p}}^2 = \frac{cov(\hat{a}_w, \hat{a}_p)}{\sqrt{(1-F)\sigma_a^2}}$$

em que a é o vetor da DEP genômica e \bar{F} é o coeficiente de endogamia médio para animais da validação; $\hat{\sigma}_a^2$ foi específico do modelo em REML ou ssGREML. O viés foi calculado como a diferença de entre a média da DEP genômica parcial e total, que é , $\mu_{w,p} = \bar{\hat{a}}_p - \bar{\hat{a}}_w$, com um estimador esperado de 0 se não viesado. A dispersão da DEP genômica foi avaliada como o desvio do coeficiente de regressão (b1) de 1, em que b1 foi obtido a partir da regressão de \hat{a}_w em \hat{a}_p : $\hat{a}_w = b_0 + b_1\hat{a}_p$. Na condição de nem sobre nem sob dispersão, a expectativa desse estimador seria 1.

Acurácia, viés e dispersão são os principais indicadores de desempenho para prever valores genômicas (JANG et al., 2021). Esses três indicadores podem refletir a previsibilidade da resposta a seleção, a correção do modelo, o uso inadequado dos

componentes de variância e de vários efeitos não contabilizados nos modelos (MACEDO et al., 2020).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa de herdabilidade (Tabela 3.2) para PP30 foi de baixa magnitude e semelhante para os dois modelos. A inclusão do tipo de acasalamento no modelo não alterou a média encontrada.

Tabela 3.2 - Média posterior e intervalo de densidade de alta probabilidade (HPD) de herdabilidade (h^2) para PP30 com e sem tipo de acasalamento em bovinos Nelore.

| Modelo | Média | Desvio Padrão | HPD ^a | |
|--------|-------|------------------|------------------|-------|
| | | | LI | LS |
| sem TA | 0,175 | 0,020 | 0,125 | 0,242 |
| com TA | 0,180 | 0,025 | 0,106 | 0,246 |

HPD: high probability density interval (intervalo de densidade de alta probabilidade); ^a: Intervalo de confiança de 95%

As estimativas encontradas no presente estudam foram abaixo do encontrado na literatura. Outros autores estudaram a herdabilidade de características indicadoras de precocidade sexual, dentre eles, Kluska et al. (2018), ao estudar parâmetros genético em Nelore, observaram uma herdabilidade de 0,37 para característica 3P (Probabilidade de parto precoce). Bonamy et al. (2019), em um estudo também com Nelore, encontraram uma herdabilidade de 0,26 para PP30. Segundo Kluska et al. (2018), esses resultados indicam que a característica indicadora de puberdade das novilhas responde à seleção.

Negreiros (2022), estimou parâmetros genéticos para facilidade de parto em primíparas e as correlações genéticas com características economicamente importantes (crescimento, reprodutivas, carcaça e eficiência alimentar) em bovinos da raça Nelore. Dentre essas importantes características, a probabilidade de parto precoce aos 30 meses (3P) foi considerada e estimada através do modelo animal de limiar. A estimativa de herdabilidade para 3P foi de baixa magnitude (0,16) demonstrando que existe influência ambiental para essa característica.

Na tabela 3.3 estão representadas as DEPs genômicas em probabilidade de prenhes na escala subjacente para a característica PP30. As fêmeas que não passaram por estimulação hormonal apresentaram DEPs genômicas completas com e sem o tipo de acasalamento (TA) no modelo superiores que as DEPs genômica parciais. As fêmeas que

receberam estimulação hormonal, ao incluir TA no modelo, apresentam DEP genômica parcial superior. Apenas o grupo das novilhas estimuladas com a inclusão do TA no modelo tiveram a DEP genômica parcial maior que a DEP genômica completa, demonstrando que não incluir o efeito do TA no modelo do grupo de animais estimulados, prejudica a avaliação da probabilidade de prenhez.

Tabela 3.3 - DEP genômica para PP30 expressada como probabilidade de prenhes na escala subjacente por tipo de acasalamento e modelo para os animais da validação

| Tipo de acasalamento | Modelo | DEP completa | DEP parcial |
|-------------------------|--------|--------------|-------------|
| Sem estimulação (N=575) | sem TA | 0,463 | 0,458 |
| | com TA | 0,429 | 0,423 |
| Com estimulação (N=609) | sem TA | 0,481 | 0,444 |
| | com TA | 0,446 | 0,461 |

DEP genômica completa: inclui genótipo + fenótipo; DEP genômica parcial: inclui o genótipo.

Na Tabela 3.4 são os estimadores pelo método LR, entre eles, os resultados das correlações de classificação das novilhas da validação avaliados através das DEPs genômica parcial e total dos animais da validação avaliada sob os diferentes modelos.

Tabela 3.4 - Precisão, viés e dispersão usando o método LR (ssGBLUP) para a DEP genômica de PP30

| Tipo de acasalamento | Modelo | Correlação de classificação | Acurácia | Viés na escala subjacente (Viés em % prenhes) | Dispersão | Coefficiente de Endogamia (F) |
|-------------------------|--------|-----------------------------|----------|---|-----------|-------------------------------|
| Sem estimulação (N=575) | sem TA | 0,96 (p<0,01) | 0,36 | 0,013 (0,51) | 1,013 | 0,029 |
| | com TA | 0,96 (p<0,01) | 0,37 | 0,016 (0,63) | 1,023 | 0,028 |
| Com estimulação (N=609) | sem TA | 0,95 (p<0,01) | 0,38 | 0,094 (3,69) | 0,947 | 0,033 |
| | com TA | 0,96 (p<0,01) | 0,38 | 0,038 (1,49) | 1,003 | 0,033 |

TA: tipo de acasalamento.

As correlações de classificação das predições parciais e totais para PP30 não foram influenciadas pela inclusão ou não do tipo de acasalamento (TA) no modelo. Nos

animais estimulados, a inclusão do TA no modelo não alterou a correlação de classificação (0,95 para 0,96). Do ponto de vista prático, essa mudança mostra que não houve diferença na classificação desses animais quando o fenótipo foi adicionado tanto para animais que receberam estimulação hormonal como para aqueles que não receberam a estimulação.

A maior acurácia (Tabela 3.4) observada foi a dos animais que passaram por estimulação hormonal (0,38 sem e com TA). Porém, ao comparar os modelos, percebe-se que a acurácia não teve grandes alterações, ou seja, a acurácia da predição não foi influenciada pela adição do TA no modelo. Com isso, podemos verificar que o efeito biológico da interferência hormonal não afetou na habilidade de predição da DEP genômica seja incluindo ou não o TA no modelo.

Apesar dos tipos de acasalamento apresentarem acurácias semelhantes, o viés para animais estimulados (3,69% sem TA e 1,49% com TA) foi superior ao comparar com animais não estimulados (0,51% sem TA e 0,63% com TA). Dessa forma, as acurácias encontradas para animais que passaram por estimulação hormonal foi semelhante, porém as DEPs são mais viesadas. A inclusão do TA no modelo para animais que passaram por estimulação hormonal demonstrou uma redução no efeito de viés para essas predições demonstrando que considerar esse fator no modelo diminui o viés, mas não melhora a acurácia da predição. O maior viés observado para os animais sem estimulação hormonal sem adição de TA no modelo pode ter sido causado pelos efeitos não contabilizados afetando a estimativa do valor genômico no método LR (JANG, et al., 2021).

Segundo Jang et al. (2021), o estimador de dispersão pode indicar superdispersão da DEP genômica se o coeficiente de dispersão for menor que 1 ou subdispersão da DEP genômica for maior que 1. Para os animais que não passaram pela estimulação hormonal, a dispersão observada foi próxima de 1 com e sem a inclusão do TA. Para os animais que receberam estimulação hormonal, a dispersão indicou uma superestimação das predições do modelo sem TA. Ao incluir o TA no modelo, a dispersão para os animais se aproximou de 1. A superdispersão do valor genômico é um fenômeno frequente nesse tipo de predição (LEGARRA & REVERTER, 2018).

O coeficiente de endogamia (Tabela 3.4) foi próximo entre os tipos de acasalamento. A maioria dos touros utilizados nas produções, atualmente, são originados de rebanhos comerciais e portanto são menos aparentados. Segundo Macneil et al. (1989), os efeitos da endogamia tem consequência na habilidade reprodutiva de vacas e novilhas, afetando principalmente intervalo entre partos. O intervalo entre partos afeta diretamente

no intervalo de gerações que possui relação com progresso genético sendo inversamente proporcional, assim, a medida que reduz o intervalo de gerações, o progresso genético aumenta (BONIFÁCIO et. al, 2009).

Os protocolos de IATF apresentam diversas vantagens produtivas como antecipação da concepção e aumento da probabilidade de nova prenhez na estação seguinte (GOTTSCHELL et al., 2009), provando ser uma biotecnologia que auxilia no aumento da eficiência reprodutiva do rebanho (BASSEGIO JUNIOR & CARDOSO, 2021), e assim, como consequência a esses fatores, apresentam-se muitas vantagens econômicas (BARUSELLI et al., 2019).

Além disso, o viés observado para esse tipo de protocolo, mesmo corrigindo esse efeito no modelo, é pequeno em comparação as vantagens apresentadas, portanto, pode-se dizer que interferência na predição genômica da precocidade sexual de novilhas é mínima e não está prejudicando a seleção para essa característica. Além disso, com esse tipo de protocolo, há uma disseminação de material genético de animais de alto valor zootécnico que favorece a produtividade dos rebanhos, e assim, proporciona maior retorno econômico na cadeia produtiva (BARUSELLI et al., 2022).

3.4 CONCLUSÃO

Com esse estudo foi possível observar que animais que passaram por estimulação hormonal apresentaram uma acurácia e dispersão semelhante quando comparados aos animais sem estimulação hormonal, porém, as predições para animais que receberam estimulação hormonal foram mais viesadas. A inclusão o tipo de acasalamento no modelo para esses animais reduziu esse efeito, ou seja, as predições genômicas foram menos superestimadas.

Diante dos resultados obtidos, é possível concluir que ao comparar o efeito da estimulação hormonal na predição genômica para a PP30 com diferentes tipos de acasalamento (com e sem estimulação hormonal), existe um efeito de viés na predição, porém as vantagens produtivas que os protocolos hormonais apresentam como, antecipação da concepção, aumento na probabilidade de prenhez, e assim, por consequência maior retorno econômico, são superiores em relação a esse fator da superestimação apresentada por esses animais.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. C. C.; NONATO, M. S.; BEZERRA, A. R. A.; MURTA, D. C. R. X.; MURTA, D. V. F.; SANTOS, J. M. L.; SOUZA, R. B.; CARNEIRO, J. A. M. Induction of ovulation in heifers with memorandum of cyclicity. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 24286-24290, 2019.

BARUSELLI, P. S., CATUSSI, B. L. C., ABREU, L. D., ELLIFF, F. M., SILVA, L. G. D., BATISTA, E. S., CREPALDI, G. A. **Evolução e perspectivas da inseminação artificial em bovinos**. Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA); Gramado, RS, 2019.

BARUSELLI, P. S., SANTOS, G. F. F. D., CREPALDI, G. A., CATUSSI, B. L. C., OLIVEIRA, A. C. D. S. IATF em números: evolução e projeção futura. **Rev. bras. reprod. anim.**, p. 76-83, 2022.

BASSEGIO JUNIOR, R.A.; CARDOSO, A. R. INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM TEMPO FIXO (IATF): REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG**, v. 4, n. 2, p. 218-225, 2021.

BONAMY, M., KLUSKA, S., PERIPOLLI, E., DE LEMOS, M. V. A., AMORIM, S. T., VACA, R. J., LÔBO, R. B., CASTRO, L. M., FARIA, C.U., FERRARI, F. B., BALDI, F. Genetic association between different criteria to define sexual precocious heifers with growth, carcass, reproductive and feed efficiency indicator traits in Nellore cattle using genomic information. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 136, n. 1, p. 15-22, 2019.

BONIFÁCIO A, LEITE J, A R, FARIA LC DE, LOBO RB. Progresso genético e intervalo de gerações na raça Brahman no Brasil. Ribeirão Preto: ANCP, 2009.

GOTTSCHALL, C. S., BITTENCOURT, H. R., MATTOS, R. C., & GREGORY, R. M. Antecipação da aplicação de prostaglandina, em programa de inseminação artificial em tempo fixo em vacas de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 4, 2009.

INFORZATO, G. R., SANTOS, W. D., CLIMENI, B. S. O., DELLALIBERA, F. L., FILADELPHO, A. L. Emprego de IATF (Inseminação Artificial em Tempo Fixo) como alternativa na reprodução da pecuária de corte. **Revista científica eletrônica de medicina veterinária**, v. 11, p. 1-8, 2008.

JANG, S.; LOURENÇO, D.; MILLER, S. **Inclusion of Sire by Herd interaction effect in the genomic evaluation for weaning weight of American Angus**. **Journal of Animal Science**, 2021.

KLUSKA, S., BIANCA FERREIRA OLIVIERI, B. F., BONAMY, M., CHIAIA, H. L. J., FEITOSA, F. L. B., BERTON, M. P., PERIPOLLI, E., LEMOS, M. V. A., TONUSSI, R.L., LÔBO, R.B., MAGNABOSCO, C.U., DI CROCE, F., OSTERSTOCK, J., PEREIRA, A.S.C., MUNARI, D.P., BEZERRA, L.A., LOPES, F.B., BALDI, F. Estimates of genetic parameters for growth, reproductive, and carcass traits in Nelore cattle using the single step genomic BLUP procedure. **Livestock Science**, v. 216, p. 203-209, 2018.

LEGARRA, A.; AGUILAR, I.; MISZTAL, I. A relationship matrix including full pedigree and genomic information. **Journal of dairy science**, v. 92, n. 9, p. 4656-4663, 2009.

LEGARRA, A., CHRISTENSEN, O. F., AGUILAR, I., & MISZTAL, I. Single Step, a general approach for genomic selection. **Livestock Science**, v. 166, p. 54-65, 2014.

LEGARRA, A., REVERTER, A. Semi-parametric estimates of population accuracy and bias of predictions of breeding values and future phenotypes using the LR method. **Genetics Selection Evolution**, v. 50, n. 1, p. 1-18, 2018.

MACEDO, F. L., REVERTER, A., & LEGARRA, A. Behavior of the Linear Regression method to estimate bias and accuracies with correct and incorrect genetic evaluation models. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 1, p. 529-544, 2020.

MACNEIL, M. D., DEARBORN, D. D., CUNDIFF, L. V., DINKEL, C. A., & GREGORY, K. E. Effects of inbreeding and heterosis in Hereford females on fertility, calf survival and preweaning growth. **Journal of Animal Science**, v. 67, n. 4, p. 895-901, 1989.

MAGI, L. H. R.; DAMIÃO, I. L.; MORAIS, M. C. F.; SILVA, R. A. B.; POLIZELLE, S. R.; FRIAS, D. F. R. Efeito de diferentes métodos de indução à puberdade sobre a resposta reprodutiva em novilhas nelore. **Nativa**, Sinop, v. 8, n. 5, p. 658-662, 2020.

MELLO, R. R. C., FERREIRA, J. E., SOUSA, S. L. G. D., MELLO, M. R. B. D., PALHANO, H. B. Produção in vitro (PIV) de embriões em bovinos. **Revista brasileira de Reprodução Animal**, p. 6458-6458, 2016.

MENEGHETTI, M., SÁ FILHO, O. G., PERES, R. F. G., LAMB, G. C., & VASCONCELOS, J. L. M. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows I: basis for development of protocols. **Theriogenology**, v. 72, n. 2, p. 179-189, 2009.

NEGREIROS, M. P. M **Estimativas de correlação genética entre facilidade de parto em primíparas e características economicamente importantes em bovinos Nelore**. 2022. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

PURSLEY, J. R., KOSOROK, M. R., WILTBANK, M. C. Reproductive management of lactating dairy cows using synchronization of ovulation. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 2, p. 301-306, 1997.

SILVA NETO, J. B., PERIPOLLI, E., E SILVA, E. V. D. C., ESPIGOLAN, R., NEIRA, J. D. R., SCHETTINI, G., COSTA FILHO, L.C.C, BARBOSA, F.B., MACEDO, G.G., COSTA, BRUNES, L., LOBO, R.B., PEREIRA, A.S.C., BALDI, F. Genetic correlation estimates between age at puberty and growth, reproductive, and carcass traits in young Nelore bulls. **Livestock Science**, v. 241, p. 104266, 2020.

4 CAPÍTULO III - RELAÇÃO ENTRE PRECOCIDADE SEXUAL COM CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E CARÇAÇA EM NOVILHAS DA RAÇA NELORE

BIS, F.C. **Relação entre precocidade sexual com características de crescimento e carcaça em novilhas da raça Nelore**. 2023. 64 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2023.

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi verificar quais as características de crescimento, carcaça e reprodução que possuem relação com a característica probabilidade de parição precoce antes dos 30 meses de idade (PP30). Para esse estudo, foi utilizado 89 novilhas Nelore pertencentes a Fazenda Bacuri. As análises discriminantes foram realizadas para verificar a associação das características fenotípicas e das características genéticas com o diagnóstico de prenhez. Com os resultados obtidos foi possível observar que dentre as variáveis fenotípicas a EGP final foi a característica com maior poder em discriminar novilhas prenhes de vazias, e as DEPs genômicas com maior poder discriminaram foram as DEPs genômicas para PP30 e IPP. Em nível prático, esses resultados direcionam manejo e auxiliam nas tomadas de decisão para selecionar animais para precocidade sexual.

Palavras-chave: puberdade, prenhez, novilhas, espessura de gordura na picanha.

BIS, F.C. **Relationship between sexual precocity and growth and carcass characteristics in Nelore heifers**. 2023. 64 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2023.

ABSTRACT

The objective of this study was to verify which growth, carcass and reproduction traits were related to the trait probability of precocious calving at 30 months (PPC30). For this study, 89 Nelore heifers belonging to Bacuri Farm were used. Discriminant analyzes

were performed to verify the association of phenotypic characteristics and genetic characteristics with pregnancy diagnosis. With the results obtained, it was possible to observe that among the phenotypic variables, the RFT final was the trait with the greatest power in discriminating pregnant from empty heifers, and the GEBV with the greatest discriminating power were the GEBV for PPC30 and AFC. On a practical level, these results guide management and assist in decision-making to select animals for sexual precocity.

Keywords: puberty, pregnancy, heifers, fat thickness in the picanha

4.1 INTRODUÇÃO

Nos sistemas de produção de bovinos de corte, as características relacionadas a crescimento e reprodução são de grande importância para determinar a eficiência econômica da produção (PIRES et al., 2015). A principal meta para o desenvolvimento da pecuária de corte é a melhoria na eficiência reprodutiva (FREITAS et al., 2011).

O progresso econômico da produção de bovinos está ligado a evolução do desempenho reprodutivo e com diminuição da idade a puberdade, uma vez que a idade a puberdade e a idade ao primeiro parto interferem diretamente no ciclo de produção (BALDI et al., 2008). Assim, uma forma de aprimorar os índices produtivos e econômicos do rebanho bovino brasileiro é com a antecipação da vida reprodutiva das fêmeas; ou seja, reduzindo a idade à puberdade e, conseqüentemente, a idade ao primeiro parto (BRUNES et al., 2020).

Para que esse objetivo seja alcançado, é necessário observar vários fatores que podem influenciar a idade a puberdade, dentre eles fatores genéticos e ambientais, como também manejo reprodutivo e nutricional. Neste sentido, as características relacionadas ao crescimento e a carcaça, podem estar associadas à antecipação da puberdade, o que poderia auxiliar no processo de seleção para precocidade sexual (BOLIGON et al., 2009).

Uma maneira indireta de medir a precocidade sexual de novilhas é através da prenhez precoce de novilhas, que é uma característica binária expressa como sucesso ou falha da novilha em conceber ou parir precocemente (FERNANDES JÚNIOR et al., 2022). A prenhez precoce pode ser estimada para todas as novilhas e em geral, é encontrado herdabilidade de magnitude moderada a alta, podendo variar de 0,44 a 0,55 (BOLIGON & ALBUQUERQUE, 2011; TERAKADO et al., 2015; VALENTE et al.,

2015) para animais que concebem aos 16 meses. A prenhez precoce pode ser medida em diferentes meses de idade em raças Nelore, aos 24, 26, 28 e 30 meses, desse modo, Bonamy et al. (2019), relataram herdabilidade de 0,56, 0,50, 0,46 e 0,29, respectivamente. Essas estimativas indicam que essa característica deve responder rapidamente à seleção direta, uma vez que uma resposta maior à seleção é esperada para novilhas com prenhez precoce em idades mais jovens (FERNANDES JÚNIOR et al., 2022).

A puberdade acontece quando a novilha atinge a capacidade de se reproduzir, resultado de inúmeras alterações endócrinas, fisiológicas e morfológicas que a permitem conceber, manter a gestação e parir uma cria (RESENDE et al, 2014). O início da ciclicidade reprodutiva é consequência de uma série acumulativa de eventos hormonais e acredita-se estar mais associada com o peso corporal do que com a idade (MOUSQUER et al, 2014).

O aumento das modificações no sistema neuroendócrino que possuem influência sobre a reprodução, ocorrem devido a um *status* nutricional positivo originado do ganho de peso dos animais, onde resulta em um aumento da liberação pulsátil de GnRH/LH (CARDOSO, ALVES & WILLIAMS, 2018). Os autores observaram que a leptina apresenta um papel importante, ao atuar como um sinalizador do *status* nutricional para o eixo neuroendócrino e com isso impactando sobre o início da puberdade em novilhas.

Recentemente, Brunes et al. (2022), estudaram a associação entre as características fenotípicas de crescimento, carcaça e escores visuais com a prenhez precoce utilizando análises multivariadas em bovinos da raça Nelore. Os autores verificaram que o nível de gordura corporal afetou o início da puberdade e que os escores de estrutura óssea, musculatura, profundidade, inserção da cauda e garupa apresentaram o maior valor de discriminação para prenhez precoce, demonstrando que essas características podem ser utilizadas como ferramentas de seleção para melhorar a precocidade sexual em fêmeas Nelore.

Diante disso, é possível observar a necessidade de estudos para analisar se as características de composição de carcaça obtidas por ultrassonografia e consideradas em programas de melhoramento genético podem afetar ou influenciar as características relacionadas com precocidade sexual da fêmea. Por isso, o objetivo desse trabalho foi verificar se as características de crescimento e carcaça possuem relação com a precocidade sexual de novilhas da raça Nelore.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O conjunto de dados fenotípicos utilizado neste estudo pertence ao programa de melhoramento Nelore Brasil, coordenado pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP, Ribeirão Preto, Brasil). Foram coletados Registros de 89 novilhas Nelore nascidas em 2019 e 2020, pertencentes a fazenda Bacuri, localizada na cidade de Barretos, região norte do estado de São Paulo. Os animais divididos em dois grupo, foram mantidos em sistemas de produção a pasto durante a estação de monta sendo realizada apenas monta natural, onde teve início em novembro de 2020 e fim em março de 2021 para o primeiro grupo e para o segundo, a estação de monta teve início em novembro de 2021 e fim em março de 2022.

As novilhas foram expostas à reprodução quando atingiram 10 a 14 meses de idade, e a época de monta que durou aproximadamente quatro meses. As novilhas foram expostas à reprodução entre os 10 - 14 meses de idade, em média, três meses de reprodução, se não atingissem a prenhez, foram reexpostas por volta dos 24 meses de idade. O diagnóstico de prenhez foi realizado 45 dias após o final da estação. Todas as novilhas sob avaliação PP30 foram expostas a reprodução em seu ano de desmame para determinar a precocidade sexual. Novilhas que tinham prenhez confirmada e pariram até os 30 meses de idade, foram categorizadas como as de sucesso (2), aquelas que pariram após esta idade foram categorizadas como falhas (1),

As características reprodutivas avaliadas neste estudo foram: probabilidade de parto precoce (PP30), idade ao primeiro parto (IPP) e perímetro escrotal ajustada aos 365 dias de idade (PE365). As características de crescimento analisadas peso ao nascimento (PNASC), peso a desmama (PDESM), peso no início da estação de monta (PEM inicial), peso ao final da estação de monta (PEM final), ganho de peso antes da estação de monta (da desmama até o início da EM) (GDESM), ganho de peso durante a estação de monta (GMONTA), ganho de peso durante a pré desmama (GPREDDES) e ganho o total de peso na recria (GRECRIA total).

As características relacionadas à carcaça: área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), espessura de gordura na picanha (EGP), foram medidas por ultrassom (no início e no final da estação de monta), e a varredura e análise das imagens foram realizadas pelos técnicos da ANCP seguindo os critérios do Ultrasound Guidelines Council, de acordo com a metodologia da Beef Improvement Federation (HOHENBOKEN, 2002).

As medidas de ultrassonografia como área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), espessura de gordura na picanha (EGP), aliado a observação dos GANHOAOL, GANHOEGS e GANHOEGP foram realizadas no início e final da estação de monta. As medidas de AOL e EGS são feitas no músculo *Longissimus dorsi* entre a 12^a e a 13^a costela, e na garupa entre o ísquio e o ílio, na interseção do *Gluteus medius* and *Biceps femoris* foi mensurado a EGP. A ultrassonografia para medir as características da carcaça foi realizada usando um transdutor de matriz linear de 3,5 MHz conectado a um scanner de modo B (Aloka SSD 500; Tóquio, Japão). A EGP e EGS foram medidos em milímetros (mm) e AOL em centímetros quadrados (cm²).

As DEPs genômica (Diferenças Esperadas na Progênie) foram extraídas da avaliação genética de outubro de 2022 da ANCP e foram utilizadas como referência para as análises das características. Foram utilizadas as DEP para PP30 (Probabilidade de Parto Precoce até os 30 meses de idade), IPP (Idade ao Primeiro Parto), PE365 (Perímetro Escrotal aos 365 dias), P8 (Espessura de gordura na picanha), ALT (Altura), PN (Peso ao Nascer), P240 (Peso aos 240 dias), P365 (Peso aos 365 dias), MAR (Marmoreio), AOL (Área de Olho de Lombo).

As análises de variância foram realizadas no SAS (SAS Institute, 9.0 Ed., USA) para comparar as medidas das características de crescimento, carcaça e reprodução e das DEPs genômicas entre os grupos de novilhas com a prenhez confirmada e vazias, e para identificação das características mais representativas na classificação em relação a prenhez precoce, considerou como valor de p de < 0,05. Para as características fenotípicas, no modelo foi considerado o efeito de grupo de prenhez (1, 2) como efeito fixo e o efeito do pai.

Para a execução das análises foi utilizando um banco de dados fenotípico e de dados genômicos contendo 89 animais, onde 63 foram desafiadas em 2021 e 26 desafiadas em 2022.

Para a avaliação da associação das características de crescimento com a prenhez precoce foram realizadas análises multivariadas, do tipo discriminante, utilizando o software SAS (SAS v9.4). Esta análise foi realizada com base em uma equação de regressão, utilizada para classificar as observações nos grupos. Assim, foram identificadas as combinações lineares entre as variáveis fenotípicas (AOLinicial, EGSinicial, EGPinicial, AOLfinal, EGSfinal, EGPfinal, GMONTA, GRECRIA total, GDESM, PDESM, PEM inicial, PEM final, GANHOAOL, GANHOEGp, GANHOEGS e PN) e genéticas (DEP IPP, DEP PE365, DEP ALT, DEP PN, DEP P210, DEP MAR,

DEP PP30, DEP AOL, DEP ACAB, DEP P365), possibilitando assim, a identificação de quais são mais representativas na classificação de prenhez precoce, utilizando como ponto de corte o valor de p-level. Na análise discriminante, os fenótipos foram ajustados para o efeito de ano através de um modelo linear.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva para as características de crescimento e carcaça analisada nos dois anos e comparadas por grupo de novilhas prenhas e vazias foram apresentados na tabela 4.1

Tabela 4.1 - Estatística descritiva para características de crescimento e carcaça para novilhas precoces por grupo de prenhas e vazias

| Característica | N | Média ± Desvio Padrão | N | Média ± Desvio Padrão | Pr > F |
|----------------------|----|-----------------------|----|-----------------------|--------|
| | | Vazias | | Prenhas | |
| EGPfinal | 63 | 4,43 ± 1,71 | 27 | 6,62 ± 2,27 | 0,0055 |
| GANHOEGP | 63 | 0,02 ± 0,02 | 27 | 0,04 ± 0,01 | 0,0056 |
| PEM final | 63 | 352,57 ± 35, 35 | 27 | 363,63 ± 36,21 | 0,0411 |
| PEM inicial | 63 | 255,91 ± 25,49 | 27 | 282,11 ± 28,37 | 0,0579 |
| EGSfinal | 63 | 2,32 ± 1,14 | 27 | 3,68 ± 1,05 | 0,1926 |
| GMONTA | 63 | 0,81 ± 0,16 | 27 | 0,66 ± 0,09 | 0,2367 |
| GDESM | 62 | 0,89 ± 0,10 | 27 | 0,89 ± 0,10 | 0,2745 |
| PDESM | 62 | 253,87 ± 24,54 | 27 | 248,41 ± 25,07 | 0,4065 |
| EGSinicial | 63 | 0,50 ± 0,96 | 27 | 1,51 ± 1,39 | 0,4295 |
| PNASC | 63 | 36,46 ± 3,57 | 27 | 32,82 ± 4,60 | 0,4627 |
| EGPinicial | 63 | 1,80 ± 1,82 | 27 | 2,25 ± 1,39 | 0,5193 |
| AOLinicial | 63 | 41,58 ± 5,39 | 27 | 43,53 ± 4,66 | 0,5382 |
| GANHOAOL | 63 | 0,12 ± 0,04 | 27 | 0,10 ± 0,04 | 0,6866 |
| AOLfinal | 63 | 55,78 ± 5,84 | 27 | 55,37 ± 5,44 | 0,8549 |
| GANHOEGS | 63 | 0,02 ± 0,01 | 27 | 0,02 ± 0,01 | 0,9174 |
| GRECRIA total | 62 | -0,07 ± 1,40 | 27 | 0,23 ± 0,08 | 0,9552 |

EGP: espessura de gordura na picanha, PEM final: peso no final da estação de monta, PEM inicial: peso no início da estação de monta, EGS: espessura de gordura subcutânea, GMONTA: ganho de peso durante a estação de monta, GDESM: ganho de peso antes da estação de monta (da desmama até o início da EM), PDESM: peso a desmama, PNASC: Peso ao nascimento, AOL: área de olho de lombo, GRECRIA total: ganho total de peso na recria.

As médias para as características de carcaça como EGP final, EGS final, EGS inicial, EGP inicial e AOL inicial foram maiores para o grupo de prenhas quando comparado ao grupo de novilhas vazias (Tabela 4.1). A EGP final apresentou valor significativo ($P < 0,005$) quando comparados os dois grupos. Para as características de

crescimento envolvendo peso e ganho de peso, o grupo de novilhas prenhas apresentaram maiores médias de PEM final, PEM inicial, GRECRIA total (Tabela 4.1). Segundo Brunet et al. (2022), esses resultados confirmam que o início da puberdade é um reflexo do maior desempenho apresentado por novilhas precoces. As novilhas vazias apresentaram maiores valores de GMONTA, PDESM e PNASC (Tabela 4.1), porém nenhum desses valores demonstrou ser significativo quando comparados entre os grupos

Na tabela 4.2 são apresentados os resultados da análise discriminante para as variáveis fenotípicas. As características de peso e ganho de peso, não apresentaram poder discriminante para prenhez (Tabela 4.2). Para Perry (2012), o peso mínimo de 65% do peso adulto em fêmeas zebuínas é o necessário para que seja alcançada a puberdade, mas segundo Clanton, Jones & England (1983), esse manejo para ganho de peso no início do desenvolvimento pode não ser vantajoso, pois se o peso mínimo for alcançado antecipadamente, maior será o custo de manutenção da novilha até o acasalamento. Além disso, outros autores indicam que o desenvolvimento de novilhas para atingirem 50 a 57% do peso adulto no início da estação reprodutiva pode ser economicamente vantajoso e sem efeitos negativos no desempenho (MARTIN et al., 2008). Para Greer et al., (1983), peso e primeiro estro são respostas fisiológicas do animal, que parecem não possuir relação de causa e efeito.

Tabela 4.2 - Análise discriminante entre características de crescimento e carcaça com diagnóstico de prenhez.

| Variável | R-Square | F Value | Pr > F |
|--------------------|-----------------|----------------|------------------|
| EGPfinal | 0,0857 | 8,16 | 0,0054 |
| GANHOEGP | 0,0808 | 7,65 | 0,0069 |
| PEM final | 0,0436 | 3,97 | 0,0496 |
| PEM inicial | 0,0398 | 3,60 | 0,0610 |
| EGSfinal | 0,0196 | 1,74 | 0,1909 |
| GDESM | 0,0137 | 1,21 | 0,2745 |
| GMONTA | 0,0129 | 1,14 | 0,2887 |
| EGSinicial | 0,0097 | 0,85 | 0,3578 |
| PDESM | 0,0079 | 0,70 | 0,4065 |
| EGPinicial | 0,0079 | 0,69 | 0,4086 |
| PNASC | 0,0063 | 0,55 | 0,4597 |
| AOLinicial | 0,0059 | 0,52 | 0,4730 |
| GANHOAOL | 0,0022 | 0,19 | 0,6628 |
| AOLfinal | 0,0007 | 0,06 | 0,8092 |

| | | | |
|----------------------|--------|------|--------|
| GRECRIA total | 0,0000 | 0,00 | 0,9552 |
| GANHOEGS | 0,0000 | 0,00 | 0,9859 |

EGP: espessura de gordura na picanha, PEM final: peso no final da estação de monta, PEM inicial: peso no início da estação de monta, EGS: espessura de gordura subcutânea, GMONTA: ganho de peso durante a estação de monta, GDESM: ganho de peso antes da estação de monta (da desmama até o início da EM), PDESM: peso a desmama, PNASC: Peso ao nascimento, AOL: área de olho de lombo, GRECRIA total: ganho total de peso na recria.

No que se refere à composição corporal, é necessário uma quantidade de gordura corporal para que a puberdade seja iniciada (SPICER, 2001). Conforme a puberdade se aproxima, ocorre uma mudança na composição corporal, onde há uma redução da deposição muscular e ocorre um aumento na deposição de gordura (MAHLER, 2016). Porém, as características de carcaça (EGSfinal, EGSinicial, EGPinicial, AOLinicial e AOLfinal,) não apresentaram poder discriminante significativo para prenhez, com exceção da EGPfinal (Tabela 4.2).

O grupo das vazias apresentou valor para EGPfinal de 4,43mm enquanto no grupo das prenhas o valor foi de 6,61mm e essa diferença apresentou diferença significativa para prenhez ($P < 0,05$). As taxas de ciclicidade em novilhas Nelore aparentam ter relação com a deposição de gordura na picanha. Freitas (2015), estudou novilhas Nelore de 14 meses de idade submetidas a protocolo de IATF e observou que as fêmeas que possuíam espessura de gordura na picanha acima de 3,4 mm apresentaram taxas de ciclicidade 19,4% maiores em relação a fêmeas com espessura de gordura na picanha menores que 3,4mm ($P = 0,002$).

Leme et al. (2000), afirmam que os tecidos do corpo desenvolvem e crescem em ondas de crescimentos específicas, assim na ordem de crescimento começando com tecido nervoso que ocorre no desenvolvimento fetal, em seguida ósseo, muscular ocorre na puberdade e, por último, tecido adiposo.

Donoghue et al. (2011) observaram que animais cíclicos possuíam maiores espessuras de gordura na picanha do que animais não cíclicos, concordando com a ideia de que um mínimo de gordura é necessário para o início da puberdade (RANDEL & WELSH JR, 2013). Isso pode ser explicado pelo fato de que a deposição de gordura corporal é um indicador do estado nutricional (SCHRODER & STAUFENBIEL, 2006), e está relacionada diretamente com a idade à puberdade por intermédio da leptina, que atua como sinalizador da condição corporal do animal ao hipotálamo (SPICER et al., 1992). O sistema nervoso central (SNC) reconhece que o corpo chegou ao peso adequado para a reprodução através da sinalização da leptina, hormônio produzido pelos adipócitos

que estimula a secreção do Fator de crescimento semelhante insulina tipo I (IGF-I), uma molécula bioativa cujos níveis circulantes aumentam durante a puberdade, além de aumentar a disponibilidade de glicose para o SNC (FOSTER & NAGATANI, 1999).

Para avaliar reservas corporais, como a espessura de gordura na picanha (EGP), realiza-se ultrassonografia, que permite selecionar novilhas mais propensas a atingir a puberdade (PEREIRA et al., 2017). Para quantificar da espessura de gordura subcutânea pode ser utilizado a medida de EGP8, mensurada na interseção dos músculos *Gluteus mediuse e Biceps femoris* localizada na gordura da ponta do corte cárneo da picanha (BONAMY et al., 2019). Esta característica indica grau de acabamento da carcaça, assim como a Espessura de Gordura Subcutânea (EGS), porém em diferentes tempos de deposição corporal, a EGP é depositada mais precocemente em relação a EGS (LOPES et al., 2011). Desse modo, o ambiente e o manejo destinado a aumentar a deposição de gordura pode resultar na redução da idade da puberdade.

O poder discriminante da EGP final comparado com as demais características de carcaça pode estar relacionado com a curva de crescimento dos animais, pois o início da deposição de gordura está relacionado com a redução do crescimento muscular e a abordagem de maturidade física. As alterações metabólicas, associado com a curva de crescimento de novilhas, resultam em sinais metabólicos que são capazes de desencadear a puberdade (Kinder et al. 1995).

Tabela 4.3 – Análise discriminante entre DEPs genômicas com diagnóstico de prenhez.

| Variável | R-Square | F Value | Pr > F |
|------------------|----------|---------|--------|
| DEP PP30 | 0,170 | 18,04 | <,0001 |
| DEP IPP | 0,116 | 11,60 | 0,0010 |
| DEP AOL | 0,072 | 6,83 | 0,0106 |
| DEP ALT | 0,012 | 1,04 | 0,3109 |
| DEP P365 | 0,009 | 0,77 | 0,3840 |
| DEP PE365 | 0,004 | 0,34 | 0,5623 |
| DEP P8 | 0,003 | 0,27 | 0,6057 |
| DEP PN | 0,002 | 0,18 | 0,6758 |
| DEP P240 | 0,002 | 0,14 | 0,7050 |
| DEP MAR | 0,001 | 0,12 | 0,7251 |

DEP: Diferença Esperada na Progênie, DEP PP30: Probabilidade de Parto Precoce até os 30 meses de idade, DEP IPP: Idade ao Primeiro Parto, DEP AOL: Área de Olho de Lombo, DEP ALT: Altura, DEP PE365: Perímetro Escrotal aos 365 dias, DEP P365: Peso aos 365 dias, DEP P8: Espessura de gordura na picanha, DEP PN: Peso ao Nascer, DEP P240: Peso aos 240 dias, DEP MAR: Marmoreio.

Na tabela 4.3 são apresentados os resultados da análise discriminante para as DEPs genômicas. Vários estudos já comprovaram que há a necessidade de um peso mínimo e certa taxa de deposição de gordura para o alcance da puberdade em novilhas (DICKINSON et al., 2019; GARCIA et al. 2002), porém, nesse estudo foi possível observar que DEPs relacionadas com peso não afetaram a taxa de prenhez e não apresentaram resultados significativos.

As DEPs genômicas para PP30 e IPP foram significativas ($P < 0,05$) (Tabela 4.3). Paterno (2015), realizou análise genética de características de peso e escores visuais e estudou suas relações com características reprodutivas em bovinos Nelore. A correlação entre probabilidade de prenhez precoce e IPP foi de -0,99, demonstrando ser favorável, ou seja, animais com menores IPP são mais precoces sexualmente.

Brunes et al. (2022), estudaram o efeito da idade na primeira concepção como critério de seleção sobre características de crescimento e carcaça em bovinos Nelore e encontraram correlação genética de -0,62 entre idade a primeira concepção (característica indicadora de precocidade sexual) e AOL, -0,45 entre idade a primeira concepção e espessura de gordura subcutânea, e -0,39 entre idade a primeira concepção e espessura de gordura na picanha, indicando que a seleção para prenhez precoce de novilhas pode aumentar o desempenho para características de carcaça. A seleção fenotípica e as mudanças ambientais visando aumentar essas características de carcaça poderia ser utilizado como um indicativo de precocidade sexual.

Para DEP genômica PE365 (Tabela 4.3), não foi encontrado valor significativo, porém Vozzi (2008) encontrou uma correlação genética de 0,43 entre PE365 e probabilidade de parto precoce obtidas em modelo Bayesiano multicaracterística. Esse valor indica que a seleção para PE365 teriam reflexo positivos na seleção para precocidade sexual em um curto período de tempo.

As DEPs genômica para peso não foram significativas, porém estudos já demonstraram correlação entre peso e características indicadoras de precocidade. Brunes et al. (2016), encontrou correlação negativa (-0,51) entre idade a primeira concepção e peso aos 450 dias de idade.

Segundo Brunes et al. (2018), a correlação genética entre probabilidade de prenhez precoce e características produtivas e reprodutivas indicam seleção para redução da idade ao primeiro parto e assim, selecionam para precocidade sexual; e utilizar probabilidade de prenhez precoce como critério de seleção pode aumentar o peso corporal e o perímetro escrotal do rebanho.

Os resultados obtidos para as características fenotípicas e genéticas indicaram que em nível prático, é possível realizar manejos específicos para espessura de gordura na picanha e determinado peso no início da estação de monta para melhorar a taxa de prenhez de novilhas. Os resultados das DEPs influenciam na tomada de decisões, auxiliam no direcionamento dos acasalamentos e assim, selecionam animais para precocidade sexual.

4.4 CONCLUSÃO

Dentre as características de carcaça, a variável de espessura de gordura na picanha no final da estação de monta foi a que apresentou maior poder de discriminação de novilhas prenhes e vazias, podendo ser usada como direcionamento de manejo.

A DEP para probabilidade de parto precoce (PP30) foi a DEP mais importante em discriminar novilhas prenhes e vazias, demonstrando auxiliar na tomada de decisão e ser um bom critério de seleção para precocidade sexual.

REFERÊNCIAS

BALDI, F., ALENCAR, M. M. D., FREITAS, A. R. D., & BARBOSA, R. T. Parâmetros genéticos para características de tamanho e condição corporal, eficiência reprodutiva e longevidade em fêmeas da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 247-253, 2008.

BOLIGON, A. A., ALBUQUERQUE, L. G. D., MERCADANTE, M. E. Z., LÔBO, R. B. Herdabilidades e correlações entre pesos do nascimento à idade adulta em rebanhos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 2320-2326, 2009.

BOLIGON, A. A.; ALBUQUERQUE, Lucia Galvão de. Genetic parameters and relationships of heifer pregnancy and age at first calving with weight gain, yearling and mature weight in Nelore cattle. **Livestock Science**, v. 141, n. 1, p. 12-16, 2011.

BONAMY, M., KLUSKA, S., PERIPOLLI, E., DE LEMOS, M. V. A., AMORIM, S. T., VACA, R. J., LÔBO, R. B., CASTRO, L. M., FARIA, C.U., FERRARI, F. B., BALDI, F. Genetic association between different criteria to define sexual precocious heifers with growth, carcass, reproductive and feed efficiency indicator traits in Nelore cattle using genomic information. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 136, n. 1, p. 15-22, 2019.

BRUNES, L. C., MAGNABOSCO, C. U., BALDI, F., COSTA, M. F. O., CASTRO, L. M., SANTOS, M. F., QUEIROZ, L. C. R., GUIMARÃES, N. C. Seleção genética para características de precocidade sexual em bovinos Nelore. Embrapa Cerrados. 2018.

BRUNES, L. C., BALDI, F., LOBO, R. B., LOPES, F. B., MAGNABOSCO, C. U. Genetic-quantitative analysis for reproductive traits in Nellore cattle selected for sexual precocity. **Animal Production Science**, v. 60, n. 7, p. 896-902, 2020.

BRUNES, L. C., BALDI, F. S., COSTA, M. F. O. E., QUINTANS, G., BANCHERO, G., LÔBO, R. B., MAGNABOSCO, C. U. Early growth, backfat thickness and body condition has major effect on early heifer pregnancy in Nellore cattle. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 94, 2022.

BRUNES, L. C., BALDI, F., E COSTA, M. F. O., LOBO, R. B., LOPES, F. B., MAGNABOSCO, C. U. Effect of age at first conception as selection criteria on growth and carcass traits in Nellore cattle. **Research Square**. 2022.

CARDOSO, R. C., ALVES, B. R., WILLIAMS, G. L. Neuroendocrine signaling pathways and the nutritional control of puberty in heifers. **Animal Reproduction (AR)**, v. 15, n. Supplement 1, p. 868-878, 2018.

CLANTON, D. C.; JONES, L. E.; ENGLAND, M. E. Effect of rate and time of gain after weaning on the development of replacement beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 56, n. 2, p. 280-285, 1983.

DICKINSON, S. E.; ELMORE, M. F.; KRIESE-ANDERSON, L.; ELMORE, J. B.; WALKER, B. N.; DYCE, P. W.; RODNING, S. P.; BIASE, F. H. Evaluation of age, weaning weight, body condition score, and reproductive tract score in pre-selected beef heifers relative to reproductive potential. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, Reino Unido, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2019.

FERNANDES JÚNIOR, G. A., SILVA, D. A., MOTA, L. F. M., DE MELO, T. P., FONSECA, L. F. S., SILVA, D. B. D. S., CARVALHEIRO, R., ALBUQUERQUE, L. G. Sustainable intensification of beef production in the tropics: the role of genetically improving sexual precocity of heifers. **Animals**, v. 12, n. 2, p. 174, 2022.

FREITAS, A. R., SOUZA, J. F., MOREIRA, A. Predição da precocidade sexual em bovinos da raça Nelore por meio de componentes principais. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 54, n. 2, p. 153-158, 2011.

FREITAS, B. G. **Influência do desenvolvimento corporal na resposta aos programas de sincronização para inseminação artificial em tempo fixo em novilhas Nelore de 14 meses de idade**. 2015. 86 f. Dissertação (Mestrado) -

Programa de Pós-Graduação em Reprodução Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

FOSTER, D.L.; NAGATANI, S. Physiological perspectives on leptin as a regulator of reproduction: role in timing puberty. **Biol. Reprod.**, v. 60, p. 205–215, 1999.

GARCIA, M. R.; AMSTALDEN, M.; WILLIAMS, S. W.; STANKO, R. L.; MORRISON, C. D.; KEISLER, D. H.; NIZIELSKI, S. E. Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development. the estrous cycle and different seasons in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 2158-2167, 2002

GREER, R. C., WHITMAN, R. W., STAIGMILLER, R. B., & ANDERSON, D. C. Estimating the impact of management decisions on the occurrence of puberty in beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 56, n. 1, p. 30-39, 1983.

KINDER, J. E., BERGFELD, E. G. M., WEHRMAN, M. E., PETERS, K. E., & KOJIMA, F. N. Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. **Journal of Reproduction and Fertility-Supplements only**, n. 49, p. 393-408, 1995.

LEME, P. R., BOIN, C., MARGARIDO, R. C. C., TEDESCHI, L. O., HAUSKNECHT, J. C. O. V., ALLEONI, G. F., & LUCHIARI FILHO, A. Desempenho em confinamento e características de carcaça de bovinos machos de diferentes cruzamentos abatidos em três faixas de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2347-2353, 2000.

LOPES, D. T., VIU, M. A. O., MAGNABOSCO, C. U., FARIA, C. U., FERRAZ, H. T., TROVO, J. B. D. F., TERRA, J. P., PIRES, B. C. Estimativas de parâmetros genéticos de características andrológicas de touros jovens da raça Nelore por meio da inferência bayesiana. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.12, n.1, p. 72-83 2011.

MAHLER, L. E. **Recommended Duration for Evaluating Feed Intake and Validating the Residual Feed Intake Model in Brangus Heifers**. 2016. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Graduate Faculty of Auburn University, Auburn, Alabama, 2016.

MARTIN, J. L., CREIGHTON, K. W., MUSGRAVE, J. A., KLOPFENSTEIN, T. J., CLARK, R. T., ADAMS, D. C., FUNSTON, R. N. Effect of prebreeding body weight or progestin exposure before breeding on beef heifer performance through the second breeding season. **Journal of animal science**, v. 86, n. 2, p. 451-459, 2008.

MOUSQUER, C. J., FERNANDES, F. F. D., FERNANDES, G. A., DE CASTRO, W. J. R., HOFFMANN, A., SIMIONI, T. A., MOUSQUER, A. J., GOMES, R. C. P. Desempenho reprodutivo de matrizes Nelore. **PUBVET**, v. 8, p. 0230-0339, 2014.

PATERNI, F. M. **Análise genética de escores visuais e sua relação com características reprodutivas de animais da raça Nelore**. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

PEREIRA, G. R., BARCELLOS, J. O. J., SESSIM, A. G., TAROUCO, J. U., FEIJÓ, F. D., BRACCINI NETO, J., PRATES, E. R., CANOZZI, M. E. A. Relationship of post-weaning growth and age at puberty in crossbred beef heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, p. 413-420, 2017.

PERRY, G. A. Physiology and endocrinology symposium: harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronization of estrus and fertility in heifers. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 4, p. 1172-1182, 2012.

PIRES, A. V., OLIVEIRA, D. C. F., DE OLIVEIRA, L. T., MARTINS, D. C., VILELA, S. D. J. Precocidade reprodutiva em bovinos de corte. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 7, p. 246-259, 2015.

RANDEL, R. D.; WELSH JR, T. H. Joint Alpha-Beef Species Symposium: interactions of feed efficiency with beef heifer reproductive development. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 3, p. 1323-1328, 2013.

RESENDE, A. O., CAMPOS, C. C., OLIVEIRA, M., DOS SANTOS, R. M. Eficiência reprodutiva de fêmeas primíparas da raça nelore. **Archives of Veterinary Science**, v. 19, n. 3, 2014.

SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM USER'S GUIDE. 2002. Version 9.1 ed. Cary: SAS Institute.

SCHRODER, U. J.; STAUFENBIEL, R. Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 1, p. 1-14, 2006.

SPICER, J. Leptin: a possible metabolic signal affecting reproduction. **Domestic animal endocrinology**, v. 21, n. 4, p. 251-270, 2001.

SPICER, L. J., CROWE, M. A., PRENDIVILLE, D. J., GOULDING, D., & ENRIGHT, W. J. Systemic but not intraovarian concentrations of insulin-like growth factor-I are affected by short-term fasting. **Biology of reproduction**, v. 46, n. 5, p. 920-925, 1992.

TERAKADO, A. P. N., BOLIGON, A. A., BALDI, F., SILVA, J. I. V., & ALBUQUERQUE, L. G. Genetic associations between scrotal circumference and female reproductive traits in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 6, p. 2706-2713, 2015.

VALENTE, T. S., SANT'ANNA, A. C., BALDI, F., ALBUQUERQUE, L. G., COSTA, M. J. P. Genetic association between temperament and sexual precocity indicator traits in Nelore cattle. **Journal of applied genetics**, v. 56, p. 349-354, 2015.

VOZZI, P. A. **Análise genético-quantitativa de características de precocidade sexual na raça Nelore**. 2008. 112 f. Tese (Doutorado em Ciências área de concentração em Genética) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina, Ribeirão Preto. 2008.

CAPÍTULO IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características associadas a precocidade sexual influenciam na rentabilidade dos sistemas de produção de bovinos de corte. Desse modo, se faz necessário estudos que sejam capazes de verificar fatores que interferem na predição de características indicadoras de precocidade sexual.

Já que os protocolos de estimulação hormonal são amplamente utilizados no país, é importante a verificação do seu efeito nas predições dos parâmetros genéticos e avaliar a acurácia da sua inclusão em modelos que estimem a precocidade sexual.

Entender quais são as características fenotípicas que influenciam nessa predição também é de grande importância, pois através delas é possível acompanhar a evolução das novilhas antes da estação de monta e assim, obter resultados positivos para cada sistema de produção.

Para auxiliar os produtores nas tomadas de decisão, visando selecionar para precocidade sexual, esse trabalho demonstrou que para gerar uma safra que trará resultados para essa característica, é necessário escolher touros com DEPs positivas para a probabilidade de parição precoce até os 30 meses de idade (PP30) e para idade ao primeiro parto (IPP). Para as novilhas, a variável fenotípica que deve ser acompanhada antes da estação de monta por possuir maior poder discriminante para prenhez foi a espessura de gordura na picanha no final da estação de monta (EGP final).

Também foi observado nesse estudo que o uso de protocolos hormonais não estão prejudicando a seleção da PP30 e apresentam grandes vantagens como, antecipação da concepção, aumento na probabilidade de prenhez, e assim e assim, maior retorno econômico.