

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**CARACTERÍSTICAS DE RELEVÂNCIA EM PROGRAMAS DE
MELHORAMENTO GENÉTICO DE REBANHOS LEITEIROS DA RAÇA
HOLANDESA**

Autor: Kelly Alves Evangelista

Porto Alegre

2022/2

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**CARACTERÍSTICAS DE RELEVÂNCIA EM PROGRAMAS DE
MELHORAMENTO GENÉTICO DE REBANHOS LEITEIROS DA RAÇA
HOLANDESA**

Autora: Kelly Alves Evangelista

**Trabalho apresentado à Faculdade de
Veterinária como requisito parcial
para a obtenção da graduação em
Medicina Veterinária**

**Orientador: André Gustavo Cabrera
Dalto**

**Coorientadora: Monique Tomazele
Rovani**

Porto Alegre

2022/2

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Selma e Antônio, pelo incentivo e apoio incondicional ao longo desses anos. Obrigada por me permitirem estudar e acreditarem em mim, mesmo que não tenha sido fácil, essa conquista também é de vocês. Ao meu irmão, Everton, que mesmo a distância sempre se fez presente me ajudando no que era necessário.

Agradeço ao meu namorado, Junior, por toda compreensão, apoio e incentivo ao longo dessa trajetória. E à minha amiga, Talissa, que sempre esteve por perto me apoiando. Vocês são minha segunda família e tornaram mais agradável a vivência em Porto Alegre.

Agradeço as amizades feitas ao longo da graduação: Carol, Helena, Ester e Izadora. Obrigada por todas as jantãs, noites de estudo e dificuldades compartilhadas. Sem a parceria de vocês, desde o início do curso, teria sido mais difícil.

Agradeço ao Setor de Grandes Ruminantes, onde permaneci metade da graduação e que me ensinou tanto. Aos mestrandos e professores pela dedicação e todos os ensinamentos. À Prof. Monique por toda a contribuição para minha formação e para elaboração desse trabalho.

Ao meu orientador, Prof. André Dalto, por toda a disponibilidade em nos ensinar e por ser, além de tudo, um amigo. Teu entusiasmo e paixão pelo que faz nos motiva.

Obrigada aos colegas e amigos do setor que me acompanharam durante esse período: Emília, Gabriely, Vanessa, Kevin, Breno, Andressa, César, Bárbara e Fernanda. A convivência com vocês tornou o aprendizado mais leve e produtivo. Vou sentir saudades.

Agradeço a Agropecuária Fortaleza e a Fazenda Fini pelo auxílio e por fornecer os dados usados nesse trabalho.

Agradeço a empresa Select Sires do Brasil por ter me aberto as portas. Especialmente a Mariana, Daniel e Bruna por todos os ensinamentos durante esse um ano de estágio.

À UFRGS pelo ensino gratuito e de qualidade.

RESUMO

A eficiência produtiva das fazendas leiteiras tem papel importante para a manutenção da atividade por parte dos produtores. O melhoramento genético é uma ferramenta que possibilita ao produtor maximizar a produção do seu rebanho e assim, obter maior lucratividade. Dentro do melhoramento genético, a Inseminação Artificial (IA) e a Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) são as biotécnicas mais utilizadas, pois geram ganhos genéticos e aumento da produtividade leiteira ao utilizar-se sêmen de touros provados em diferentes características. O sêmen utilizado na IA de bovinos de leite no Brasil é importado majoritariamente de países temperados que produzem a raça Holandesa há mais tempo, como os Estados Unidos. Todavia, entende-se que as características de produção, bem como o ambiente onde os reprodutores estão inseridos são diferentes do encontrado no Brasil. Dessa forma, a potencial interação genótipo e ambiente do país importador é uma questão relevante em programas de melhoramento genético baseados em sêmen importado e deve ser considerada, visto que genótipos escolhidos em locais distintos dos quais serão inseridos podem afetar o resultado do aprimoramento genético. Com isso, este estudo tem como objetivo realizar uma revisão acerca das características genéticas de relevância em programas de melhoramento de rebanhos leiteiros da raça Holandesa. Objetivou-se também avaliar índices zootécnicos relacionados com produção de leite, conformação e fertilidade, através da análise de PTAs para tipo, leite e DPR de duas propriedades distintas, localizadas nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná e a correlação com o material genético de suas matrizes, a fim de analisar a expressão do potencial genético paterno adquirido.

Palavras-chave: pecuária de leite; genética; interação genótipo-ambiente

ABSTRACT

The productive efficiency of dairy farms plays an important role in maintaining activity on the part of producers. Genetic improvement is a tool that allows the producer to maximize the production of his herd and thus obtain greater profitability. Within genetic improvement, Artificial Insemination (AI) and Fixed-Time Artificial Insemination (FTAI) are the most used biotechniques, as they generate genetic gains and increase milk productivity when using semen from bulls proven in different traits. The semen used in the AI of dairy cattle in Brazil is mostly imported from temperate countries that have produced the Holstein breed for a longer time, such as the United States. However, it is understood that the production characteristics, as well as the environment where the animals are inserted are different from those found in Brazil. Thus, the potential interaction between genotype and environment of the importing country is a relevant issue in genetic improvement programs based on imported semen and must be considered, since genotypes chosen in different locations from which they will be inserted can affect the result of genetic improvement. Thus, this study aims to carry out a review of the genetic characteristics of relevance in breeding programs for Holstein dairy herds. The objective was also to evaluate zootechnical indices related to milk production, conformation and fertility, through the analysis of PTAs for type, milk and DPR of two different properties of two different properties, located in the states of Rio Grande do Sul and Paraná, and hence, to analyze their correlation with the genetic material of their brood cows, in order to observe the expression of the acquired paternal genetic potential.

Key words: dairy farming; genetics; genotype-environment interaction

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Evolução do valor agregado em libras de touros e vacas a partir da seleção para produção de leite.....15
- Figura 2** – Média de DPR dos touros da raça Holandesa nascidos ao longo dos anos desde 1975.....16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação linear das vacas pela Associação dos Criadores de Gado Holandês do Rio Grande do Sul.....	14
Tabela 2 – Herdabilidade (h^2) das características de tipo, vida produtiva, produção de leite e fertilidade.....	18

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 Catálogo leiteiro de sêmen	10
2.2 Avaliações genéticas dos touros	10
2.2 Avaliação genética das vacas	12
2.2.1 Predição Parental	12
2.3 Características do catálogo leiteiro	13
2.3.1 Tipo.....	13
2.3.3 Produção de leite.....	15
2.3.4 Índice de Prenhez das Filhas (DPR)	16
2.4 Herdabilidade (h^2) das características	17
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS	20
4 ARTIGO	24

1 INTRODUÇÃO

A atividade leiteira tem grande participação na economia do país, sendo essencial para o suprimento de alimentos, além de gerar renda e emprego à população. Nesse contexto, a eficiência produtiva das fazendas tem papel importante para a manutenção da atividade por parte dos produtores. O melhoramento genético é uma ferramenta que possibilita ao produtor maximizar a produção do seu rebanho e assim, obter maior lucratividade (MATTE JÚNIOR, 2017).

As biotecnologias da reprodução são uma grande ferramenta do melhoramento e difundiram de forma global o material genético de animais com alto potencial produtivo (MOREIRA *et al.*, 2019). A Inseminação Artificial (IA) e a Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) são as biotécnicas mais utilizadas e geram ganhos genéticos e aumento da produtividade leiteira, pois utilizam sêmen de touros provados em diferentes características (BARUSELLI *et al.*, 2006). Segundo dados da Associação Brasileira de Inseminação Artificial, no primeiro semestre de 2022 foram vendidas 9.815.104 milhões de doses de sêmen para produtores rurais, das quais 2.496.143 milhões de doses foram de touros com aptidão leiteira. Do total de doses de sêmen de raças leiteiras utilizadas, 1.566.274 milhão (63%) foram importadas de outros países (ASBIA, 2022).

No Brasil, a produção de leite é proveniente principalmente de vacas mestiças de raças taurina e zebuína, sendo que a raça Holandesa predomina nos cruzamentos. O acasalamento de bovinos da raça Holandesa com a raça Gir (Girolando) é o mais frequente (CARVALHO FILHO *et al.*, 2002). O sêmen utilizado na IA de bovinos de leite no Brasil é importado majoritariamente de países temperados que produzem a raça Holandesa há mais tempo, como Estados Unidos. Todavia, entende-se que as características de produção, bem como o ambiente onde os reprodutores estão inseridos são diferentes do encontrado no Brasil, que se localiza em uma zona tropical e demanda animais adaptados à criação nesses ambientes (MARTINS XIMENES, 2010; MOREIRA *et al.*, 2019). A importação de sêmen desses países que contém programas de melhoramento mais consolidados e efetivos é uma alternativa de ganho genético para países em desenvolvimento (BANOS; SMITH, 1991).

O catálogo ou sumário leiteiro de sêmen é um material que contém os resultados das avaliações genéticas de touros usados em programas de melhoramento (EMBRAPA, 2022). As características destacadas no catálogo são mensuradas através da base genética das vacas dos Estados Unidos e, tendo em vista que o desempenho de um animal não é determinado apenas

pela sua composição genética, podem sofrer influência do ambiente. Por isso, a interação genótipo e ambiente deve ser considerada, visto que genótipos escolhidos em locais distintos dos quais serão inseridos podem afetar o resultado do aprimoramento genético (HOLSTEIN FOUNDATION, 2017; MOREIRA *et al.*, 2019). Com isso, este estudo tem como objetivo realizar uma revisão acerca das características genéticas de relevância em programas de melhoramento de rebanhos leiteiros da raça Holandesa. Objetivou-se também avaliar índices zootécnicos relacionados com produção de leite, conformação e fertilidade de duas propriedades distintas, localizadas nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. Para assim, analisar a sua correlação com o material genético de suas matrizes, a fim de analisar a expressão do potencial genético paterno adquirido.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Catálogo leiteiro de sêmen

O catálogo ou sumário é um material que contém os resultados das avaliações genéticas de touros usados em programas de melhoramento, visando expor o valor genético dos animais disponível para venda. O material contém informações de raça, nome do touro, data de nascimento, número de registro definitivo do touro, linhagem, pedigree (dados de pai e mãe) e, entre outros, a prova do touro que demonstra os valores genéticos dos reprodutores para diferentes características. Esta é uma ferramenta importante para a escolha de touros de acordo com as necessidades de cada rebanho (EMBRAPA, 2022). O sêmen é disponível para comercialização envasado em palhetas e conservado em nitrogênio líquido a -196°C (criopreservação) (ABUD *et al.*, 2014).

2.2 Avaliações genéticas dos touros

Os touros utilizados em programas de melhoramento são avaliados geneticamente por meio da avaliação de sua progênie ou pelos testes de genoma. Os testes de progênie consistem em analisar as filhas e assim estimar a composição genética dos touros. No entanto, para aumentar a confiabilidade, o teste deve avaliar uma grande quantidade de descendentes, o que implica em maior demanda de tempo e custo para obtenção desses dados quando comparado

aos testes genômicos (WHITT; TAUER; HUSON, 2019; GUTIERREZ-REINOSO; APONTE; GARCIA-HERREROS, 2021).

Com o objetivo de obter informação de forma mais precoce, a partir de 2009, tornaram-se disponíveis comercialmente os testes genômicos (HOLSTEIN FOUNDATION, 2017). A avaliação do genoma é uma ferramenta que permite, através da análise de uma amostra de DNA, a obtenção de informação genética de touros jovens, pois avaliam quais genes estão presentes e podem ser expressos, sem a necessidade de aguardar a avaliação de suas filhas (JUNIOR BRIQUET, 1918). A seleção genômica pode ser utilizada nos programas de melhoramento para pré-selecionar machos que terão sua progênie testada ou para selecionar machos a serem usados como reprodutores ativos na população. Ao realizar a pré-seleção de machos para testar sua progênie se tem ganhos genéticos moderados e não há alteração da estrutura dos programas de melhoramento. Por outro lado, ao utilizar o genoma para selecionar machos como reprodutores há grandes ganhos genéticos, pois reduz o intervalo médio entre gerações (BOUQUET; JUGA, 2013). Antes da genômica, touros com aproximadamente um ano de idade normalmente entravam em um programa de teste de progênie como um método para determinar seu valor genético. Os touros tinham pelo menos cinco anos de idade quando seu sêmen podia ser comercializado com base nos resultados do teste de progênie. Com o uso do genoma, tanto touros quanto novilhas são testados geralmente antes de completarem um mês de idade, e alguns embriões são genotipados antes da implantação (WIGGANS *et al.*, 2017). Um estudo realizado por Kariuki *et al.* (2017) comparou a utilização de testes de progênie e genômicos ao longo de 20 anos em pequenos rebanhos e observou que a utilização de genoma resulta em maior ganho genético acumulado, bem como maiores margens brutas quando comparado ao teste de progênie. Como descrito por Guinan *et al.* (2023) em um estudo visando estimar as mudanças nas tendências genéticas do gado leiteiro dos Estados Unidos desde a implementação do genoma, as raças Holandesa e Jersey foram as que mais se beneficiaram da genômica, com até 192% de aumento no ganho genético desde 2009.

Por meio da análise dos touros se obtém a Habilidade Prevista de Transmissão (*Predicted Transmitting Ability - PTA*) que é uma estimativa de superioridade genética (ou inferioridade) que um touro transmitirá à sua progênie para uma determinada característica. Os PTAs são calculados para várias características, incluindo leite, gordura, proteína e vida produtiva, e os números podem ser usados para classificar touros por seu mérito genético (HOLSTEIN FOUNDATION, 2017).

Nos Estados Unidos as avaliações genéticas oficiais dos touros usados em programas de melhoramento são realizadas três vezes ao ano pela *Dairy Herd Information Associations*

(DHIA) ou por associações de raças leiteiras, como a *Holstein Association* no caso da raça Holandesa. Posteriormente, as avaliações são informadas ao *Council on Dairy Cattle Breeding* (CDCB), onde ficam registradas. As avaliações dos touros têm como ponto de referência uma base genética dos Estados Unidos, que é atualizada a cada cinco anos, a fim de manter as informações comparáveis ao longo do tempo. A atualização da base genética é feita através da avaliação de todas as vacas registradas nascidas em um determinado ano e o valor genético desses animais para cada característica é mensurado. Com os valores mensurados, é feita uma média da população para cada característica, em que essa média é utilizada como base e é considerada igual a zero para fim de comparação. Por exemplo, para vida produtiva que estima a longevidade da vaca dentro do rebanho, a média atual é 25,7 meses, atualizada em 2020, o que nos catálogos leiteiros de sêmen que utilizem essa base genética constará como zero. Um touro que agregue +7 no seu PTA para vida produtiva apresenta em média filhas que permanecem em produção leiteira por 7 meses a mais, ou seja, 32,7 meses aproximadamente (HOLSTEIN FOUNDATION, 2017; CDCB 2020; SELECT SIRES DO BRASIL, 2022).

2.2 Avaliação genética das vacas

2.2.1 Predição Parental

A predição parental pode ser feita utilizando a matriz de parentesco, ou seja, informações de pai e mãe das vacas. Dessa forma, obtém resultados mais acurados do que avaliações somente paternas. Esse método é um componente fundamental do modelo de avaliação genética BLUP (Melhor Predição Linear Não Viciada) (RESENDE; PEREZ, 1999). O modelo BLUP foi desenvolvido por Henderson no ano de 1949 e apresentado em 1973 (HENDERSON 1973; 1984). As medições realizadas por esse método consideram informações de matriz de parentesco, variância ambiental, variância genética aditiva e herdabilidade (h^2) para cada característica avaliada (RESENDE; PEREZ, 1999). Os coeficientes de parentesco e de endogamia são muito utilizados em análises genéticas, tanto de populações humanas, quanto para animais e plantas (PETERNELLI *et al.*, 2009), e sua principal limitação é a dependência de informações corretas sobre a genealogia dos animais (KHANG, 1989).

2.3 Características do catálogo leiteiro

O catálogo leiteiro de sêmen apresenta diversas informações sobre o valor genético dos touros, dentre elas características de tipo, índice de performance total (*Total Performance Index* – TPI), produção de leite, índice de prenhez das filhas (*Daughter Pregnancy Rate* -DPR) e vida produtiva (*Productive Life* - PL). Essas são características fenotípicas quantitativas, controladas por muitos genes e que podem sofrer influência significativa do ambiente onde o animal está inserido (HOLSTEIN ASSOCIATION, 2017; HOLSTEIN FOUNDATION, 2017).

2.3.1 Tipo

As avaliações genéticas de traço de tipo linear são primeiro calculadas como PTAs semelhantes aos traços de produção e posteriormente são padronizadas em pontuação, a fim de permitir a comparação de diferentes características morfológicas. Essa padronização em pontos é denominada *Standardized Transmitting Abilities* (STAs) e a sua faixa de valores é a mesma para todas as características, sendo que 68% dos valores de STA estão entre -1,0 e +1,0, 95% dos STAs têm valores entre -2,0 e +2,0 e 99% de todos os STAs estão entre -3,0 e +3,0 (HOLSTEIN ASSOCIATION, 2023b).

As avaliações genéticas de tipo linear incorporam uma análise de múltiplas características, visto que consideram vários atributos morfológicos, sendo eles: estatura, característica leiteira, força, profundidade corporal, largura e ângulo de garupa, pernas traseiras vista lateral e de trás, ângulo de casco, escore de pernas e pés, inserção de úbere anterior, altura e largura de úbere posterior, ligamento central, profundidade de úbere, colocação de tetos anteriores e posteriores e comprimento de tetos. Através da observação do índice de tipo de um touro é possível definir metas de melhoramento para cada característica, identificar e escolher touros com base em traços morfológicos desejados para cada propriedade e acumular ganhos genéticos ao longo de gerações (HOLSTEIN ASSOCIATION, 2023a). Sendo assim, o PTA Tipo é um índice que estima a superioridade genética de um determinado touro para conformação. Geralmente os valores de PTA Tipo variam de -3,0 a +3,0, sendo que valores mais altos indicam um tipo morfológico mais desejável (ACCELERATED GENETICS, 2021).

Além da avaliação dos touros para PTA Tipo, as associações dos criadores da raça Holandesa avaliam morfológicamente as vacas registradas e determinam uma pontuação que vai de 50 a 100, classificando os animais em categorias como demonstrado na Tabela 1. As

vacas primíparas recebem no máximo a classificação “Muito bom”, ou seja, 89 pontos e nenhuma vaca pode ser classificada como excelente se não tiver no mínimo 3 crias comprovadas (GADOLANDO, 2023).

A seleção de vacas para conformação tem resultado importante na produtividade, como descrito por Kadarmideen (2004) várias características de tipo, principalmente ligadas à composição de úbere tem correlação genética com menor contagem de células somáticas (CCS) e melhor fertilidade. Semelhante ao que foi relatado por Mrode *et al.* (1998), em que vacas com úberes mais firmes e altos e com tetos mais curtos tem menor CCS. Além disso, um estudo desenvolvido com bovinos leiteiros da raça Holandesa no Canadá, demonstrou que algumas características de tipo como conformação geral, força leiteira, profundidade de úbere e estatura tiveram correlação com maior consumo de matéria seca durante a lactação. Esses resultados sugerem que dados de conformação podem ser utilizados para mensurar a eficiência alimentar e consequente produtividade das vacas (MANAFIAZAR *et al.*, 2016).

Tabela 1 – Classificação linear das vacas pela Associação dos Criadores de Gado Holandês do Rio Grande do Sul

Classificação	Pontuação
EXCELENTE (EX)	De 90 a 100 pontos
MUITO BOM (MB)	De 85 a 89 pontos
BOM MAIS (B+)	De 80 a 84 pontos
BOM (B)	De 75 a 79 pontos
REGULAR (R)	De 65 a 74 pontos
FRACO (F)	De 50 a 64 pontos

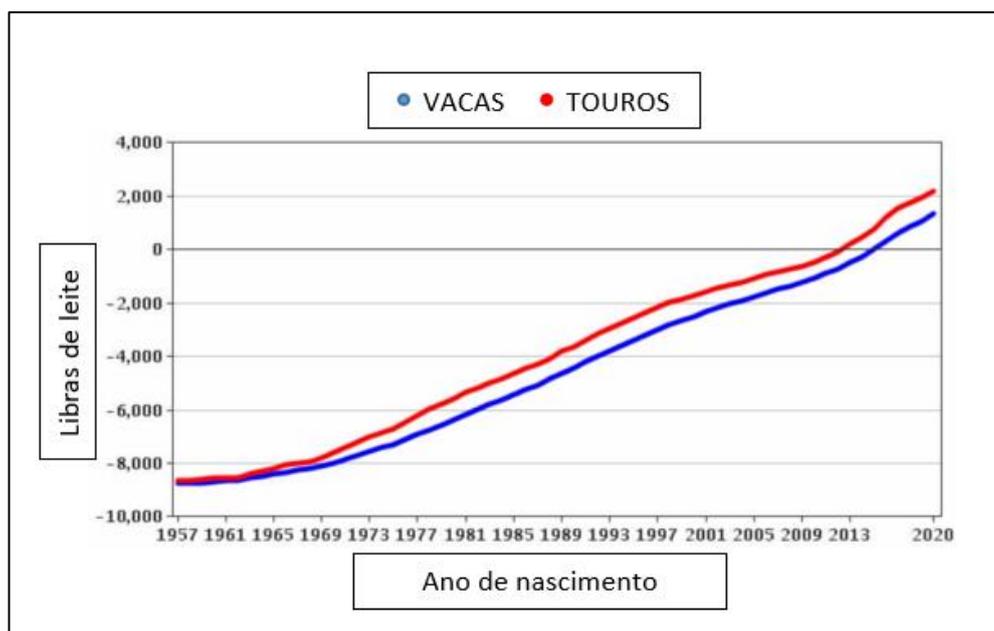
Fonte: o próprio autor

2.3.3 Produção de leite

A PTA para produção de leite é mensurada em libras e indica o incremento esperado dessa característica na média das filhas de um determinado touro quando comparadas à média da população (ACCELERATED GENETICS, 2021). A média de produção leiteira nos Estados Unidos é 28.014 libras de leite por vaca/ano, ou seja, aproximadamente 12.707 quilogramas, o que em uma lactação de 305 dias significa em média 41 litros de leite/dia (CDCB, 2020). Então, um touro com PTA para produção de leite de +2000 libras, agrega esse valor acima da média de 28.014 libras da população.

Observando dados de produção (Figura 1), começando no ano de 1957, pode-se perceber que com a aplicação da seleção para produção de leite, houve um aumento nos valores que os touros agregam em libras, deixando de serem negativos e passando para valores próximos a +2000 libras de leite, sendo acompanhado pelos valores de produção das vacas (CDCB, 2022). No entanto, essa seleção de animais para produção de leite resultou em decréscimo na fertilidade. Conforme demonstrado em um estudo realizado por Vanraden *et al.* (2004), a seleção para alto rendimento ao longo de várias gerações contribuiu para intervalos entre partos mais longos devido à correlação genética desfavorável entre rendimento e intervalo parto concepção (IPC).

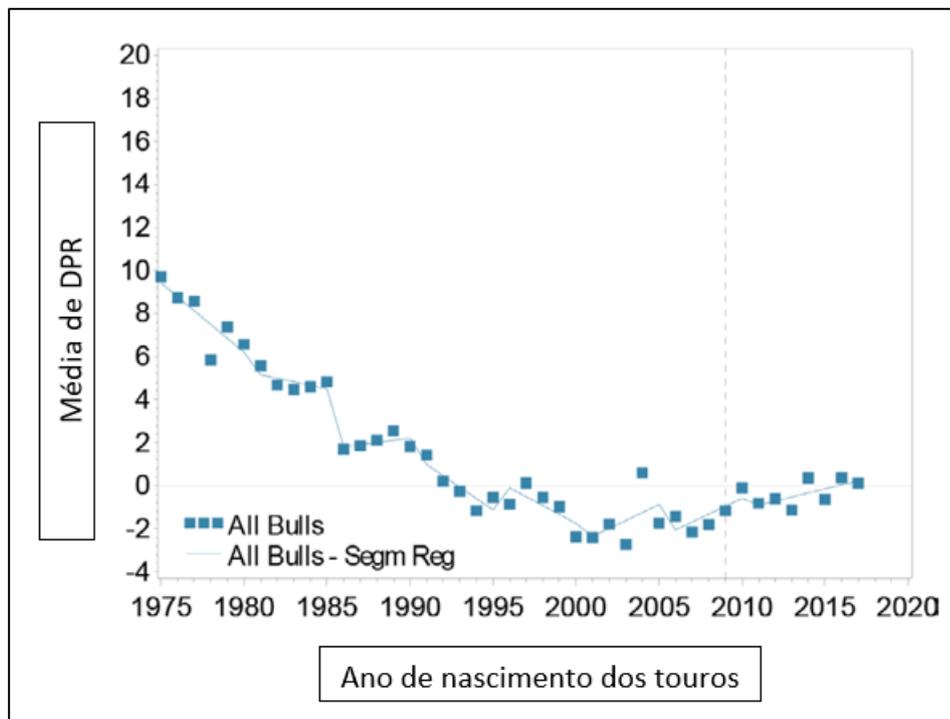
Figura 1 – Evolução do valor agregado em libras de touros e vacas a partir da seleção para produção de leite



Fonte: adaptado de CDCD, 2022.

Sendo assim, avaliações genéticas para DPR foram introduzidas em 2003 nos Estados Unidos, a fim de diminuir esse declínio (VANRADEN; SEYKORA, 2003). Como observado na Figura 2, a média de DPR dos touros apresenta queda ao longo dos anos, contrária ao aumento da produção de leite observado na Figura 1, além disso pode-se constatar ligeiro aumento nas médias dos touros nos anos subsequentes a 2003, quando se iniciou as avaliações para DPR.

Figura 2 – Média de DPR dos touros da raça Holandesa nascidos ao longo dos anos desde 1975



Fonte: adaptado de GUINAN *et al.*, 2023.

2.3.4 Índice de Prenhez das Filhas (DPR)

O DPR é o Índice de Prenhez das Filhas e leva em consideração a porcentagem de filhas não prenhes de um touro e que concebem dentro de cada período de 21 dias. Para calcular esse índice são considerados o período de espera voluntária (PEV) e o intervalo parto concepção (IPC) (USDA, 2022). O PEV é descrito como o intervalo padrão em que as vacas não são inseminadas com o objetivo de evitar inseminações no momento que a fertilidade é menor

devido à involução uterina e ao anestro pós-parto. Este período geralmente é de 60 dias, porém ele é determinado nas fazendas de acordo com as características produtivas dos animais. O IPC corresponde ao período entre o parto e uma nova concepção e ao reduzi-lo é possível diminuir o intervalo entre partos (IEP), visando maior rentabilidade para a produção (GUAGNINI, 2017, TEMESGEN *et al.*, 2021). Segundo Inchaisri *et al.* (2010), uma média de 83 dias de IPC é considerada satisfatória, pois permite um IEP médio de 362 dias, possibilitando um parto por ano. Como demonstrado por Ribeiro *et al.* (2012), uma redução 161 para 98 dias de IEP (63 dias de diferença) em dois rebanhos americanos gerou um aumento de 1,51 e 1,11 kg de leite/vaca/dia, o que ao ano representa 498 e 366 kg de leite/vaca/ano. O valor de DPR tem alta correlação com o IPC, sendo que valores mais altos indicam a diminuição dos dias entre o parto e uma nova concepção. Sabe-se que um incremento de 1% no DPR equivale à redução de 4 dias no IPC, ou seja, um touro com índice +2,0 teria -8 dias no IPC quando comparado à média da população (USDA, 2022). Dessa forma, o DPR tem influência no número de inseminações, como descrito por Madureira *et al.* (2022) a seleção para um DPR mais alto resultou em melhor desempenho reprodutivo, pois a prenhez na primeira IA e a prenhez por IA aumentaram à medida que o DPR aumentou.

2.4 Herdabilidade (h^2) das características

Dentro de um programa de melhoramento genético, os indivíduos são avaliados pelos seus fenótipos, ou seja, pelas características que podem ser observadas e mensuradas. O fenótipo não é resultado somente da constituição genética do indivíduo (genótipo), mas sim da interação entre o genótipo do animal com fatores não genéticos e principalmente com o ambiente (PEREIRA, 1983). Nesse sentido, o conhecimento da h^2 é de suma importância para o melhoramento genético, pois ela representa a proporção da variação fenotípica que é de origem genética, ou seja, a fração das diferenças fenotípicas que é transmitida aos filhos. Os valores de h^2 podem ser considerados baixos (0,0 a 0,1), médios (0,1 a 0,3) e altos quando forem maiores que 0,3 (PEREIRA, 1983). Quanto mais alta for a h^2 , mais as características fenotípicas são influenciadas pela composição genética do indivíduo e menos pelo ambiente (PEREIRA, 1983; SELECT SIRE DO BRASIL, 2022).

As h^2 das características do catálogo leiteiro estão descritas na Tabela 2. As características de tipo possuem h^2 que variam de 0,11 a 0,42, sendo pernas vista lateral e estatura as características de menor e maior h^2 , respectivamente (HOLSTEIN ASSOCIATION, 2023a). As características de vida produtiva e produção de leite (volume e gordura) possuem h^2 médias,

já os percentuais de proteína e gordura do leite tem alta h^2 (SELECT SIRES DO BRASIL, 2022). De maneira geral, os traços de fertilidade são os mais difíceis de mensurar, pois são complexos e de baixa h^2 , por isso, testes genômicos são úteis nas mensurações (LIMA *et al.*, 2020).

Tabela 2 – Herdabilidade (h^2) das características de tipo, vida produtiva, produção de leite e fertilidade

Característica	h^2	Referência	Característica	h^2	Referência
Estatura	0,42	*	Inserção de úbere anterior	0,29	*
Característica leiteira	0,29	*	Altura de úbere posterior	0,28	*
Força	0,31	*	Largura de úbere posterior	0,23	*
Profundidade corporal	0,37	*	Ligamento central	0,24	*
Largura de garupa	0,26	*	Profundidade de úbere	0,28	*
Ângulo de garupa	0,33	*	Colocação de tetos anteriores	0,26	*
Pernas traseiras vista lateral	0,21	*	Colocação de tetos posteriores	0,32	*
Pernas traseiras vista posterior	0,11	*	Vida produtiva	0,12	**
Ângulo de casco	0,15	*	Volume de leite e gordura	0,30	**
Escore de pernas e pés	0,17	*	Percentual de gordura e proteína	0,45	**
Comprimento de tetos	0,26	*	DPR	0,04	***

* HOLSTEIN ASSOCIATION, 2023a

** SELECT SIRES DO BRASIL, 2022

*** USDA, 2017

Fonte: o próprio autor

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O melhoramento genético é uma ferramenta importante para o aprimoramento da produção leiteira dentro de uma propriedade. Dessa forma, a escolha de touros com características genéticas desejáveis para cada objetivo é fundamental para gerar avanços genéticos. No entanto, o fenótipo das vacas sofre influência também do ambiente, sendo esse um componente a ser considerado por parte dos produtores.

O sêmen utilizado em programas de melhoramento genético é, em sua maioria, importado de países com climas diferentes do encontrado no Brasil. Sendo assim, deve-se considerar que genótipos escolhidos em locais distintos dos quais serão inseridos podem afetar o resultado do aprimoramento genético.

REFERÊNCIAS

- ABUD, C. O. G. ABUD, L. J., OLIVEIRA NETO, J. C., DODE, M. A. N., SERENO, J. R. B., & MARTINS, C. F. Comparação entre os sistemas automatizado e convencional de criopreservação de sêmen bovino. **Ciência Animal Brasileira**, [s.l.], v. 15, n. 1, p. 32-37, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5216/cab.v15i1.12233>.
- ACCELERATED GENETICS. **Catálogo Leite Europeu**. São Paulo: AG, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL (ASBIA). **Dados estatísticos Index Asbia 1º semestre 2022**. São Paulo: ASBIA, 2022. Disponível em: <https://asbia.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Index-Asbia-1o-Semestre-2022-Midia-2.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2022.
- ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE GADO HOLANDÊS DO RIO GRANDE DO SUL (GADOLANDO). **Classificação linear**. Rio Grande do Sul: GADOLANDO, 2023. Disponível em: <https://www.gadolando.com.br/informacoes/classificacao-linear>. Acesso em: 20 mar. 2023
- BANOS, G.; SMITH, C. Selecting bulls across countries to maximize genetic improvement in dairy cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Germany, v. 108, p. 174-181, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1991.tb00172.x>.
- BARUSELLI, P. S., AYRES, H., SOUZA, A. H., MARTINS, C. D. M., GIMENES, L. U., & TORRES JÚNIOR, J. R. Impacto da IATF na eficiência reprodutiva em bovino de corte. In: II Simpósio Internacional de Reprodução Animal Aplicada – Biotecnologia da Reprodução de Bovinos, 2, 2006, Paraná. Anais [...]. Paraná, 2006, p. 113-128.
- BOUQUET, A.; JUGA, J. Integrating genomic selection into dairy cattle breeding programmes: a review. **Animal**, [s.l.], v. 7, n. 5, p. 705-13, 2013. DOI: 10.1017/S1751731112002248.
- CARVALHO, F. Sistema de Produção. In: Embrapa Gado de Leite. Brasília, 2002. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteSemiArido/racas>. Acesso em: 25 jan. 2023.
- COUNCIL ON DAIRY CATTLE BREEDING (CDCB). **BREED MEANS, BASES, HETEROSIS, AND INBREEDING REGRESSION**. Estados Unidos: CDCB, 2020. Disponível em: <https://webconnect.uscpcb.com/#/summary-stats/breed-means-bases-heterosis-inbreeding-regressions>. Acesso em: 13 jan. 2023.
- COUNCIL ON DAIRY CATTLE BREEDING (CDCB). **TPI Formula – April 2021**. Estados Unidos: CDCB, 2021. Disponível em: https://www.holsteinusa.com/genetic_evaluations/ss_tpi_formula.html. Acesso em: 02 dez. 2022.
- COUNCIL ON DAIRY CATTLE BREEDING (CDCB). **Genetic and phenotypic trend**. Estados Unidos: CDCB, 2022. Disponível em: https://queries.uscpcb.com/eval/summary/trend.cfm?R_Menu=HO.m#StartBody. Acesso em: 10 dez. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Interpretação dos Sumários de Avaliações de Touros**. [Brasília, DF]: EMBRAPA, [2022?]. Disponível em:

http://ead.senar.org.br/wpcontent/uploads/capacitacoes_conteudos/bovino_cultura_de_leite/CURSO_1_RGBL/AULA_8_INTERPRETACAO_DOS_SUMARIOS_DE_AVALIACAO_EM_TOUROS.pdf. Acesso em: 25 jan. 2023.

GUINAN, F. L., WIGGANS, G. R., NORMAN, H. D., DÜRR, J. W., COLE, J. B., VAN TASSELL, C. P., ... & LOURENCO, D. Changes in genetic trends in US dairy cattle since the implementation of genomic selection. **Journal of Dairy Science**, [s.l.], v. 106, n. 2, p. 1110-1129, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22205>.

GUTIERREZ-REINOSO, M. A.; APONTE, P. M.; GARCIA-HERREROS, M. Genomic Analysis, Progress and Future Perspectives in Dairy Cattle Selection: A Review. **Animals**, [s.l.], v. 11, n.3, p. 599, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11030599>.

HENDERSON, C.R. Sire evaluation and genetic trends. In: Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of J. Lush. **American Society of Animal Science**, Champaign, v. 3, p.10-41, 1973.

HENDERSON, C.R. Applications of linear models in animal breeding. **University of Guelph**, Guelph. 462p, 1984.

HOLSTEIN ASSOCIATION. **Linear Type Evaluations**. Estados Unidos: 2023. Disponível em: https://www.holsteinusa.com/genetic_evaluations/ss_linear.html. Acesso em: 29 jan. 2023a.

HOLSTEIN ASSOCIATION. **Interpreting Linear Type Trait STAs**. Estados Unidos: 2023. Disponível em: https://www.holsteinusa.com/genetic_evaluations/ss_interpret_linear.html. Acesso em: 05 mar. 2023b.

HOLSTEIN FOUNDATION. **Understanding Genetics**. Estados Unidos: 2017. Disponível em: http://www.holsteinfoundation.org/pdf_doc/workbooks/Gen_Sire_WKBK.pdf. Acesso em: 12 dez. 2022.

INCHAI SRI, C., JORRITSMA, R., VOS, P. L., VAN DER WEIJDEN, G. C., & HOGEVEEN, H. Economic consequences of reproductive performance in dairy cattle. **Theriogenology**, [s.l.], v. 74, n. 5, p. 835–846, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.04.008>.

JUNIOR BRIQUET, R. Seleção pelo mérito leiteiro. Ed 1. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1918.

KADARMIDEEN, H. N. Genetic correlations among body condition score, somatic cell score, milk production, fertility and conformation traits in dairy cows. **Animal Science**, [s.l.], v. 79, n. 2, p. 191-201, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1357729800090056>.

KARIUKI, C. M., BRASCAMP, E. W., KOMEN, H., KAHN, A. K., & VAN ARENDONK, J. A. M. Economic evaluation of progeny-testing and genomic selection schemes for small-sized nucleus dairy cattle breeding programs in developing countries. **Journal of Dairy Science**, [s.l.], v. 100, n. 3, p. 2258-2268, 2017. DOI: [10.3168/jds.2016-11816](https://doi.org/10.3168/jds.2016-11816).

- KHANG, J.V.T. A FORTRAN subroutine to compute inbreeding and kinship coefficients according to the number of ancestral generations. **Bioinformatics**, [s.l.], v. 5, n. 3, p. 199-204, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/5.3.199>.
- LIMA, F. S., SILVESTRE, F. T., PEÑAGARICANO, F., & THATCHER, W. W. Early genomic prediction of daughter pregnancy rate is associated with improved reproductive performance in Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 103, n. 4, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17488>.
- MADUREIRA A. M. L., DENIS-ROBICHAUD, J., GUIDA, T. G., CERRI, R. L. A., & VASCONCELOS, J. L. M. Association between genomic daughter pregnancy rates and reproductive parameters in Holstein dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 105, n. 6, p. 5534-5543, 2022. DOI: [10.3168/jds.2021-21766](https://doi.org/10.3168/jds.2021-21766)
- MANAFIAZAR, G., GOONEWARDENE, L., MIGLIOR, F., CREWS, D. H., BASARAB, J. A., OKINE, E., & WANG, Z. Genetic and phenotypic correlations among feed efficiency, production and selected conformation traits in dairy cows. **Animal**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 381-389, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731115002281>.
- MARTINS, G.A.; XIMENES, L. J. F. Aspectos econômicos do melhoramento genético de novilhas leiteiras. In: PEREIRA, E. S. *et al.* **Novilhas leiteiras**, Fortaleza: Graphiti, 2010. P. 35-73.
- MATTE JÚNIOR, A. A.; JUNG, C. F. Produção leiteira no Brasil e características da bovinocultura leiteira no Rio Grande do Sul. **Ágora**, Santa Cruz do Sul, v. 19, n. 1, p. 34-47, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17058/agora.v19i1.8446>.
- MOREIRA, R. P., PINTO, L. F. B., VALLOTO, A. A., & PEDROSA, V. B. Evaluation of genotype by environment interactions on milk production traits of Holstein cows in southern Brazil. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 459, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0174>.
- MRODE, R. A.; SWANSON, G. J. T.; WINTERS, M. S. Genetic parameters and evaluations for somatic cell counts and its relationship with production and type traits in some dairy breeds in the United Kingdom. **Animal Science**, [s.l.], v. 66, n. 3, p. 569-576, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1357729800009140>.
- PEREIRA, J. C. C. **Herança e meio**. In: Melhoramento genético aplicado aos animais domésticos. 1. Ed. Belo Horizonte: UFMG, 1983.
- PETERNELLI, L. A., FERREIRA, F. M., ROCHA, R. B., BARROS, W. S., & BARBOSA, M. H. P. Análise dos coeficientes de endogamia e de parentesco para qualquer nível de ploidia usando o pacote estatístico R. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 849-855, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000400004>.
- RESENDE, M. D. V; PEREZ, J. R. H. R. Melhoramento animal: Predição de valores genéticos pelo modelo animal-BLUP em bovinos de leite, bovinos de corte, ovinos e suínos. **Archives of Veterinary Science**, [s.l.], v. 4, n. 1, 1999.
- RIBEIRO, E. S., GALVÃO, K. N., THATCHER, W. W., & SANTOS, J. E.P. Economic aspects of applying reproductive technologies to dairy herds. **Anim Reprod**, [s. l.], v.9, n.3, p.370-387,2012. Disponível em: <https://www.animal-reproduction.org/article/5b5a605af7783717068b46f4>. Acesso em: 29 dez, 2022.

SELECT SIRES DO BRASIL. **Catálogo Holandês Dezembro**. Porto Alegre: SSB, 2022.

TEMESGEN, M. Y., ASSEN, A. A., GIZAW, T. T., MINALU, B. A., & MERSHA, A. Y. Factors affecting calving to conception interval (days open) in dairy cows located at Dessie and Kombolcha towns, Ethiopia. **PlosOne**, California, v. 17, n. 2, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264029>.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Daughter pregnancy rate evaluation**. Estados Unidos: USDA, 2017. Disponível em: <https://www.aipl.arsusda.gov/reference/fertility/dpr.htm>. Acesso em: 02 fev.2023.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Daughter pregnancy rate evaluation of cow fertility**. Estados Unidos: USDA, 2022a. Disponível em: https://aipl.arsusda.gov/reference/fertility/DPR_rpt.htm#DPR. Acesso em: 05 dez. 2022.

VANRADEN, P. M., SANDERS, A. H., TOOKER, M. E., MILLER, R. H., NORMAN, H. D., KUHN, M. T., & WIGGANS, G. R. Development of a National Genetic Evaluation for Cow Fertility. **Journal Of Dairy Science**, [s. l.], v. 87, n. 7, p. 2285-2292, 2004. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(04\)70049-1](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(04)70049-1).

WEIGEL, K. Understanding genomics and its applications on a commercial dairy farm. *In: High Plains Dairy Conference*. Amarillo, Texas. 2010. Disponível em: http://highplainsdairy.org/2010/21_Weigel_Understanding%20Genomics_FINAL.pdf. Acesso em: 14 dez. 2022.

WIGGANS, G. R., COLE, J. B., HUBBARD, S. M., & SONSTEGARD, T. S. Genomic selection in dairy cattle: The USDA experience. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 5, p. 309-327, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021815-111422>.

WHITT, C. E.; TAUER, L. W.; HUSON, H. Bull efficiency using dairy genetic traits. **PlosOne**, California, v. 14, n. 11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223436>.

4 ARTIGO

Neste item será apresentado o artigo intitulado “Avaliação da expressão de características genéticas em um rebanho leiteiro da raça holandesa”.

Avaliação da expressão de características genéticas em um rebanho leiteiro da raça holandesa

Kelly Alves Evangelista¹, Daniel Kanheski Moreira², Mariana Souto Nasi², Bruna Scheifelbein², Monique Tomazele Rovani¹, André Gustavo Cabrera Dalto^{1*}

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Veterinária (FAVET)-Setor de Grandes Ruminantes (SGR), Porto Alegre, Brasil, ²Select Sires do Brasil, Porto Alegre, Brasil *Autor para correspondência: andre.dalto@ufrgs.br

Resumo

As biotecnologias da reprodução são componentes importantes do melhoramento genético, pois difundiram de forma global o material genético de animais com alto potencial produtivo. No Brasil, o sêmen utilizado em programas de melhoramento genético é majoritariamente importado de outros países, como os Estados Unidos. Sabe-se que a interação genótipo-ambiente deve ser considerada, pois o desempenho de um animal não é determinado apenas pela sua composição genética. Os objetivos desse trabalho foram avaliar a influência do mérito genético das vacas para libras de leite, conformação e DPR com a produção de leite real observada; correlacionar os valores de PTA DPR obtidos por meio de genoma e predição parental; verificar a influência do DPR sobre o N° IA/P e comparar a composição corporal fenotípica e genotípica com a produção leiteira. Houve relação negativa entre DPR e produção de leite. Os valores de DPR genômico e parental apresentaram alta correlação. A conformação corporal influencia no volume de leite produzido, sendo que a composição corporal fenotípica tem efeito positivo na produção, já a composição corporal genotípica (PTA tipo) tem efeito negativo. No geral, nossas descobertas confirmam que o ambiente influencia na expressão genética das características produtivas e reprodutivas, que DPR e PTA Leite devem ser analisados em conjunto e que características morfológicas podem interferir na produção de leite.

Palavras-chave: ambiente, genética, desempenho produtivo

Abstract

Reproduction biotechnologies are important components of genetic improvement, as they have globally disseminated the genetic material of animals with high productive potential. In Brazil, the semen used in genetic improvement programs is mostly imported from other countries, such as the United States. It is known that the genotype-environment interaction must be considered, as the performance of an animal is not determined only by its genetic composition. The objectives of this work were to evaluate the influence of the genetic merit of cows for pounds of milk, conformation and DPR with the actual observed milk production; correlate PTA DPR values obtained through genome and parental prediction; to verify the influence of DPR on N° AI/P and to compare phenotypic and genotypic body composition with milk production. There was a negative relationship between DPR and milk production. Genomic and parental DPR values showed high correlation. Body conformation influences the volume of milk produced, with phenotypic body composition having a positive effect on production, while genotypic body composition (PTA type) has a negative effect. Overall, our findings confirm that the environment influences the genetic expression of productive and reproductive traits, that DPR and PTA Milk should be analyzed together and that morphological traits can interfere with milk production.

Key words: environment, genetics, productive performance

Introdução

A eficiência produtiva nas fazendas leiteiras tem papel importante para a manutenção da atividade por parte dos produtores. O melhoramento genético é uma ferramenta que possibilita ao produtor maximizar a produção do seu rebanho e assim, obter maior lucratividade (MATTE JÚNIOR, 2017). As biotecnologias da reprodução são componentes importantes do melhoramento e difundiram de forma global o material genético de animais com alto potencial produtivo (MOREIRA *et al.*, 2019).

Os touros utilizados em programas de melhoramento são avaliados geneticamente por meio da avaliação de sua progênie ou pelos testes de genoma. Os testes de progênie consistem em analisar as filhas e assim estimar a habilidade de transmissão genética dos touros. No entanto, para aumentar a confiabilidade, o teste deve avaliar uma grande quantidade de descendentes, o que implica em maior demanda de tempo e custo para obtenção desses dados quando comparado aos testes genômicos (WHITT; TAUER; HUSON, 2019; GUTIERREZ-REINOSO; APONTE; GARCIA-HERREROS, 2021). Com o objetivo de obter informação de forma mais precoce, a partir de 2009 tornaram-se disponíveis comercialmente os testes genômicos (HOLSTEIN FOUNDATION, 2017). A avaliação do genoma é uma ferramenta que permite, através da análise de uma amostra de DNA, a obtenção de informação genética de touros jovens, pois avaliam quais genes estão presentes e podem ser expressos, sem a necessidade de aguardar a avaliação de suas filhas (JUNIOR BRIQUET, 1918). Por meio da análise dos touros se obtém a Habilidade Prevista de Transmissão (*Predicted Transmitting Ability* - PTA) que é uma estimativa de superioridade genética (ou inferioridade) que um touro transmitirá à sua progênie para uma determinada característica. Os PTAs são calculados para várias características, incluindo leite, gordura, proteína, tipo e vida produtiva, e os números podem ser usados para classificar touros por seu mérito genético (HOLSTEIN FOUNDATION, 2017).

O sêmen utilizado na inseminação artificial de bovinos de leite no Brasil é importado majoritariamente de países temperados que produzem a raça Holandesa há mais tempo, como Estados Unidos. Todavia, entende-se que as características de produção, bem como o ambiente onde os animais estão inseridos são diferentes do encontrado no Brasil, que se localiza em uma zona tropical e demanda animais adaptados a criação nesses ambientes (MARTINS; XIMENES, 2010; MOREIRA *et al.*, 2019). A importação de sêmen de touros desses países que contém programas de melhoramento mais consolidados e efetivos é uma alternativa de ganho genético para países em desenvolvimento (BANOS, G.; C. SMITH, 1991). As características destacadas nos catálogos leiteiros de sêmen são mensuradas, em sua maioria através da base

genética das vacas dos Estados Unidos e, tendo em vista que o desempenho de um animal não é determinado apenas pela sua composição genética, podem sofrer influência do ambiente. Por isso, a interação genótipo e ambiente deve ser considerada, visto que genótipos escolhidos em locais distintos dos quais serão inseridos podem afetar o resultado do aprimoramento genético (HOLSTEIN FOUNDATION, 2017; MOREIRA *et al.*, 2019). Com isso, este estudo tem como objetivo avaliar índices zootécnicos relacionados com a produção de leite, conformação e fertilidade de duas propriedades distintas, localizadas nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. Para assim, analisar a sua correlação com o material genético de suas matrizes, a fim de verificar a expressão do potencial genético paterno adquirido.

Materiais e Métodos

Descrição da propriedade e do rebanho

Experimento 1

A fazenda produtora de leite se localizava na cidade de Salvador do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. Os animais eram confinados em sistema *free-stall*, com método de ventilação e aspersão para controle de temperatura do ambiente. No momento da coleta dos dados a fazenda continha 654 animais das raças Holandesa, Jersey e mestiças. As vacas eram separadas em 5 lotes dentro do pavilhão, de acordo com o manejo de alimentação e ordenha que era realizada duas vezes ao dia. Foram coletados dados de 165 vacas Holandesas que estavam em lactação e tinham dados de parentesco registrado e a média de produção foi 29 litros/vaca/dia. A fazenda era assistida e gerenciada diariamente por um Médico Veterinário. O manejo reprodutivo da propriedade era realizado a cada 14 dias, através da técnica de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF), utilizando sêmen proveniente de diferentes empresas de melhoramento genético.

Experimento 2

A propriedade se localizava na cidade de Castro, Paraná, Brasil. Os animais eram confinados em sistema *free-stall* com controle de temperatura ambiente. No momento da coleta dos dados a fazenda continha o total de 2200 animais da raça Holandesa com 977 vacas em lactação. A ordenha era realizada três vezes ao dia com os animais separados em 9 lotes de acordo com as categorias e volume de produção, sendo que a média de produção vaca/dia era de 41,6 litros/vaca/dia. O manejo reprodutivo da propriedade era realizado por meio de IATF, com a utilização de sêmen de touros de diferentes empresas de melhoramento genético.

Descrição da coleta de dados

O estudo observacional consistiu na coleta de dados retrospectiva de animais da raça Holandesa de duas propriedades de diferentes estados.

Experimento 1

Para análise de produção leiteira foram coletadas informações de vacas Holandesas que encerraram o ciclo de lactação em 305 dias (n= 165) no ano de 2021. Desses animais foram obtidas informações de volume de leite produzido em 305 dias (KG LEITE 305). Como descrito na Tabela 1, o número de animais variou conforme disponibilidade de dados de predição parental e de conhecimento do pai registrado no sistema. As informações genéticas de predição parental para PTA Tipo (TIPO P) e PTA para libras de leite (LEITE P) foram estimadas pelo programa de acasalamentos *Select Mating Service* (SMS) da empresa *Select Sires*. Essa estimativa de predição parental é feita pelo programa utilizando dados de pai, avô e bisavô maternos das vacas. Também foram coletados da avaliação genética dos touros dados de PTA para libras de leite (LEITE T) a fim de correlacionar a conformação com a produção de leite observada na progênie.

Tabela 1 – Descrição do tamanho amostral conforme dados obtidos e análise realizada.

Experimento 1	
n total = 165	
Dados obtidos e análise realizada	n*
Predição parental (KG LEITE 305 x LEITE P) KG LEITE 305 x TIPO P)	127
Prova genética do touro (KG LEITE 305 x LEITE T)	163

*As duas análises realizadas tiveram como base o n total de animais, no entanto na análise de predição parental foram mantidos apenas 127 animais que possuíssem estimativa de PTA por predição parental e na análise com base na prova genética dos touros foram mantidos 163 animais que continham dados de parentesco registrados

Fonte: o próprio autor

Experimento 2

Foram coletados dados de dois grupos distintos para avaliação de produção de leite e de desempenho reprodutivo. O Grupo 1 foi composto por 824 animais que estavam em lactação no momento da coleta dos dados e que tinham informações de predição parental obtidas por meio do programa SMS. Para esses animais, foram adquiridas informações de avaliação linear (PONTUAÇÃO FINAL TIPO), fornecida por meio de avaliação linear feita pela Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH) e dados de produção total em 305 dias (LEITE 305 DIAS). As vacas que não haviam encerrado a lactação, tiveram a média de produção estimada para 305 dias através do programa de gerenciamento da propriedade. As informações de predição parental obtidas no programa SMS foram PTA LEITE, PTA TIPO e PTA DPR. Conforme descrito na Tabela 2, o número de animais variou para análise da influência da pontuação final de tipo sobre o valor de leite em 305 dias, pois foram mantidas apenas as vacas multíparas, buscando eliminar o viés das vacas primíparas que podem receber no máximo 89 pontos (GADOLANDO, 2022).

Para avaliação de desempenho reprodutivo, um segundo grupo de 681 animais com DG positivo e que continha dados de genoma e predição parental foi selecionado. Foram registradas informações de número de inseminações por prenhez (IA/P) dos animais. Além disso, foram obtidos dados genômicos de DPR (G PTA DPR), tipo (G PTA TIPO) e libras de leite (G PTA LEITE). Da mesma forma por meio da predição parental estimada pelo programa de acasalamentos SMS, coletou-se dados de DPR (P PTA DPR), tipo (P PTA TIPO) e libras de leite (P PTA LEITE). Foi estimada a correlação do DPR genômico com o parental, além da influência do DPR sobre o número de inseminações para todos os animais amostrados. No entanto, tendo em vista que a saúde no pós-parto influencia no desempenho reprodutivo (SOARES; REIS; DIAS, 2021), foi realizada análise individual do G PTA DPR das novilhas sobre o número de IA/P, pois é uma categoria não influenciada por eventos de pós-parto (Tabela 2).

Tabela 2 – Descrição do tamanho amostral conforme dados obtidos e análise realizada para os dois grupos de animais

Experimento 2			
GRUPO 1 (n total = 824)		GRUPO 2 (n total = 681)	
Dados obtidos e análise realizada	n	Dados obtidos e análise realizada	n
Predição parental (LEITE 305 DIAS x PTA TIPO) (LEITE 305 DIAS x PTA LEITE) (LEITE 305 DIAS x PTA DPR)	824	Predição parental (Nº IA/P x P PTA DPR) Genoma (Nº IA/P x G PTA DPR) Predição parental e genoma (P PTA DPR x G PTA DPR)	681
Predição parental (LEITE 305 DIAS x PONTUAÇÃO FINAL TIPO)	692*	Genoma (Nº IA/P x G PTA DPR novilhas)	376**

*No Grupo 1, as análises foram baseadas no n total (824), no entanto para avaliação da pontuação final tipo as vacas primíparas foram excluídas, pois estas recebem no máximo nota 89 pontos

**Para o Grupo 2 as análises também foram baseadas no n total (681) e foram mantidas na avaliação do Nº IA/P x G PTA DPR das novilhas apenas essa categoria, buscando eliminar a influência de doenças do pós-parto sobre o número de inseminações

Fonte: o próprio autor

Análise estatística

Todas as variáveis contínuas, bem como os resíduos de cada modelo, foram testadas quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e normalizados, quando necessário, de acordo com cada distribuição. As diferentes estruturas de covariância foram testadas para cada modelo e a simetria composta foi utilizada, pois apresentou o menor critério de informação de Akaike (AIC). As análises foram realizadas com o software estatístico JMP (JMP Statistical Discovery LLC) e consideradas a um nível de significância mínimo de 5% para as comparações estabelecidas.

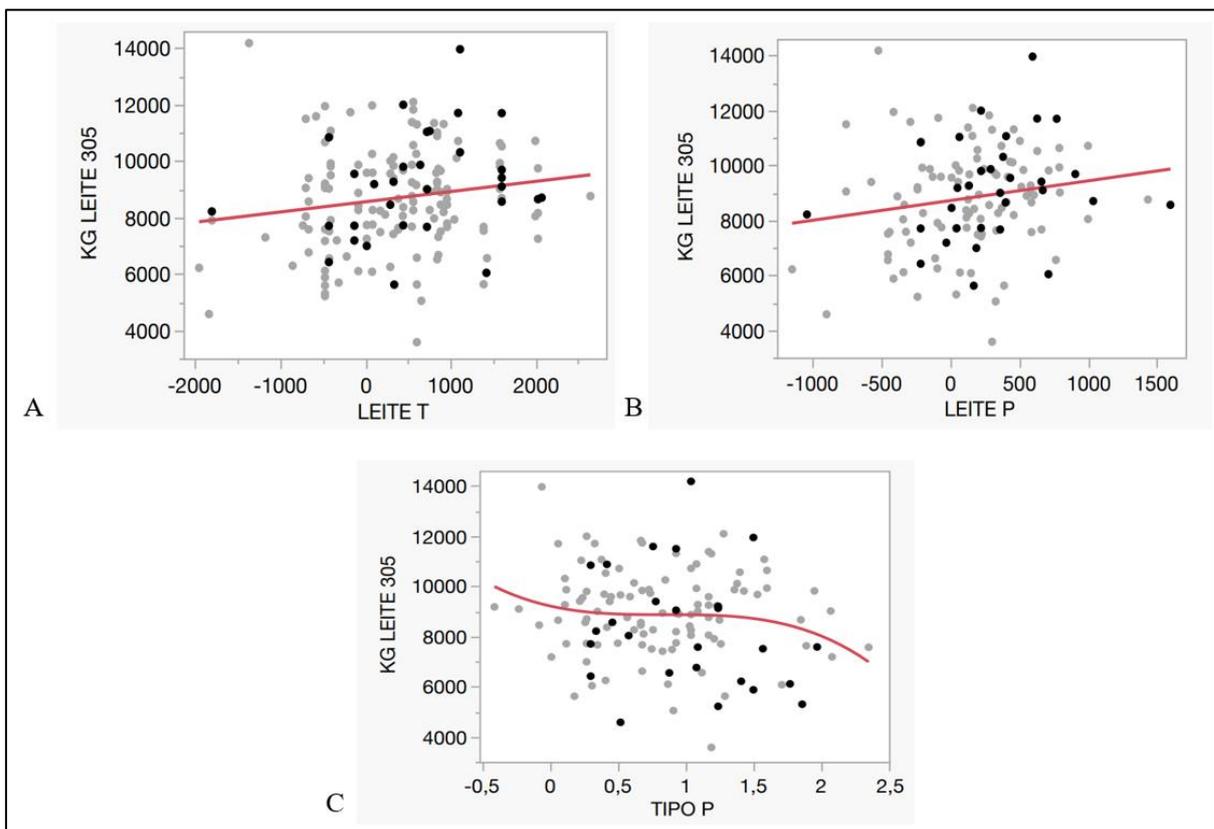
Resultados

Experimento 1

Dados de produção total de leite em 305 dias (KG LEITE 305) foram registrados para 165 animais da raça Holandesa. Ao realizar as análises foi possível determinar que touros que apresentavam maior PTA Leite (T) tiveram progênie com maior volume de leite produzido em 305 dias ($p = 0,03$) (Figura 1A). Além disso, ao analisar os animais que possuíam dados de

predição parental, observou-se que vacas que tem maior valor estimado de PTA Leite (P) tem tendência de produzir maior volume de leite ($p = 0,05$) se comparadas a vacas com menor PTA Leite (P) (Figura 1B). Ao correlacionar o PTA Tipo (P) resultante da predição parental com o total de leite produzido em 305 dias constatou-se que animais com maior PTA Tipo (P) têm tendência ($p = 0,07$) de produzirem menos leite quando comparados aos de menor PTA Tipo (P) (Figura 1C).

Figura 1 – Gráficos de dispersão comparando o volume de leite produzido em 305 dias com (A) PTA para libras de leite resultante da avaliação genética dos touros ($p = 0,03$) (B) PTA Leite das vacas estimado por predição parental ($p = 0,05$) (C) PTA Tipo das vacas holandesas estimado por predição parental ($p = 0,07$)



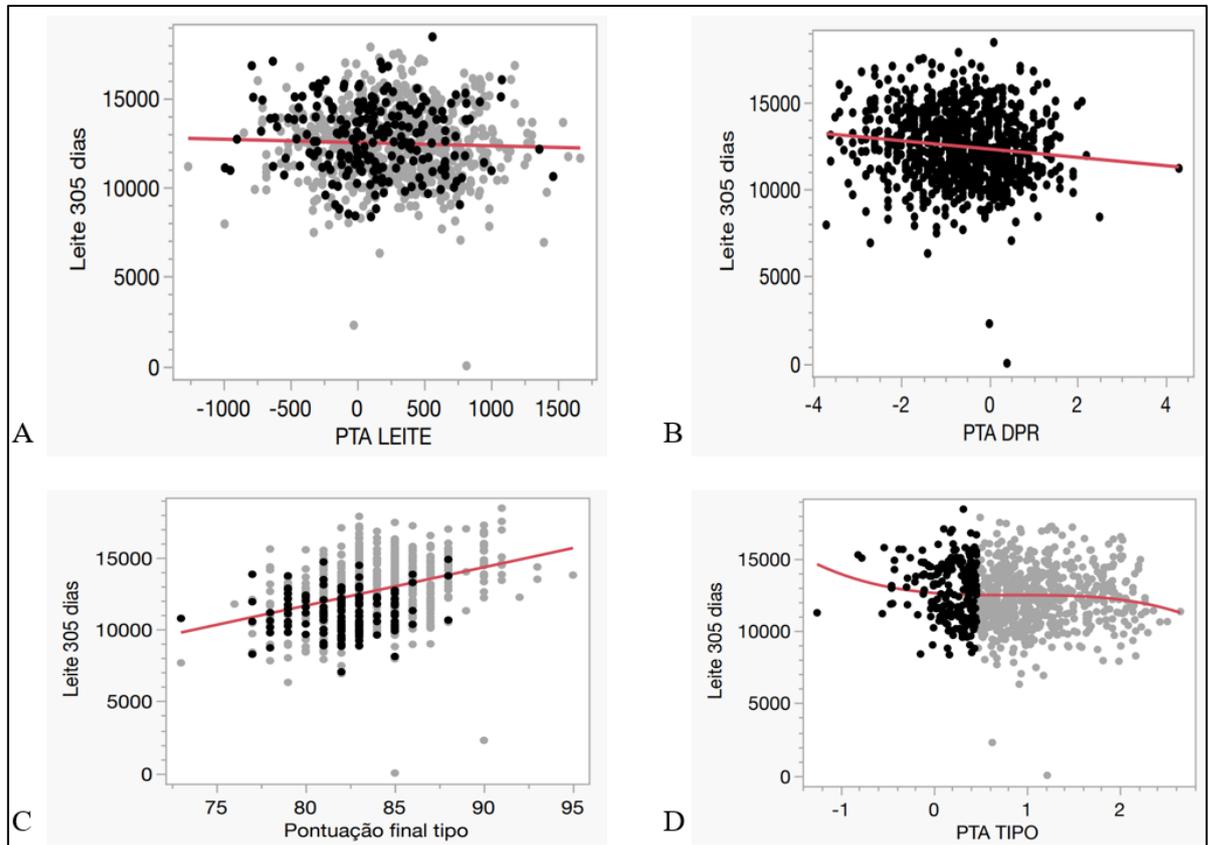
*a diferença de coloração entre os pontos refere-se a áreas de maior e menor concentração de animais

Fonte: o próprio autor

Experimento 2

Foram analisados dados de 824 vacas da raça Holandesa para produção de leite (Kg) em 305 dias. Ao correlacionar a produção de leite em 305 dias com a produção esperada predita pelo PTA Leite das vacas constatou-se que não houve diferença significativa ($p = 0,2$) entre vacas de maior e menor PTAs (Figura 2A). Por outro lado, foi possível observar que vacas que apresentam maior PTA DPR por predição parental produzem menor volume de leite em 305 dias quando comparadas a vacas de menor PTA DPR (P) ($p = 0,0003$) (Figura 2B). Ao analisar a pontuação de tipo por avaliação linear com a produção de leite determinou-se que vacas de maior pontuação produzem mais leite do que vacas de menor pontuação ($p < 0,0001$) (Figura 2C). Por outro lado, correlacionando o PTA tipo por predição parental com a produção de leite, constatou-se que vacas de maior PTA tipo produzem menos leite do que vacas de menor pontuação (Figura 2D).

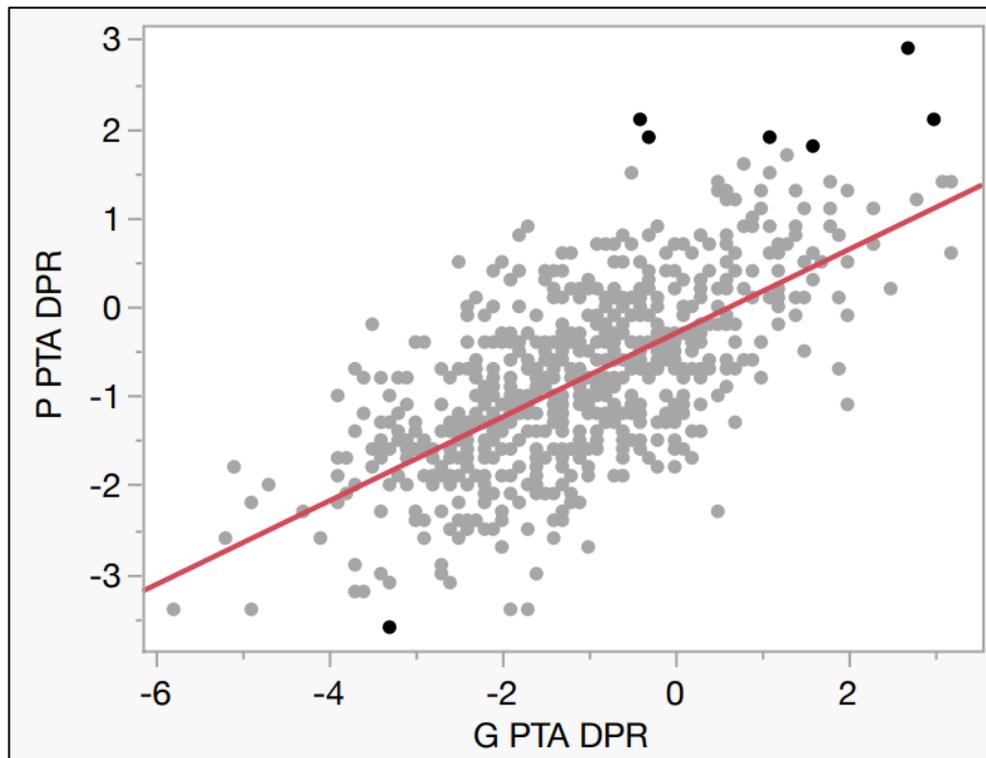
Figura 2 - Gráfico de dispersão exibindo a comparação entre produção de leite em 305 dias com (A) PTA Leite por predição parental ($p = 0,2$) (B) PTA DPR por predição parental ($p = 0,0003$) (C) Pontuação final de tipo por avaliação linear das vacas holandesas múltíparas ($p < 0,0001$) (D) PTA tipo por predição parental ($p = 0,0140$)



Fonte: o próprio autor

Dados reprodutivos de 681 animais foram coletados a fim de avaliar a influência do PTA DPR obtido por meio de predição parental e de testes genômicos no número de inseminações e conseqüentemente no IPC. A figura 3 demonstra a correlação existente entre os valores de DPR estimados pela predição parental com os obtidos por análise genômica ($p < 0,0001$).

Figura 3 – Comparação entre valores de DPR obtidos por predição parental (P PTA DPR) e por genoma (G PTA DPR) ($p < 0,0001$).



Fonte: o próprio autor

Dos 681 animais com dados reprodutivos coletados, 376 eram novilhas e 305 eram vacas (primíparas e multíparas). Quando analisado o número de inseminações por prenhez, a média de IA/P foi de 1,70, com pouca diferença entre as categorias de vacas e novilhas como descrito na Tabela 3.

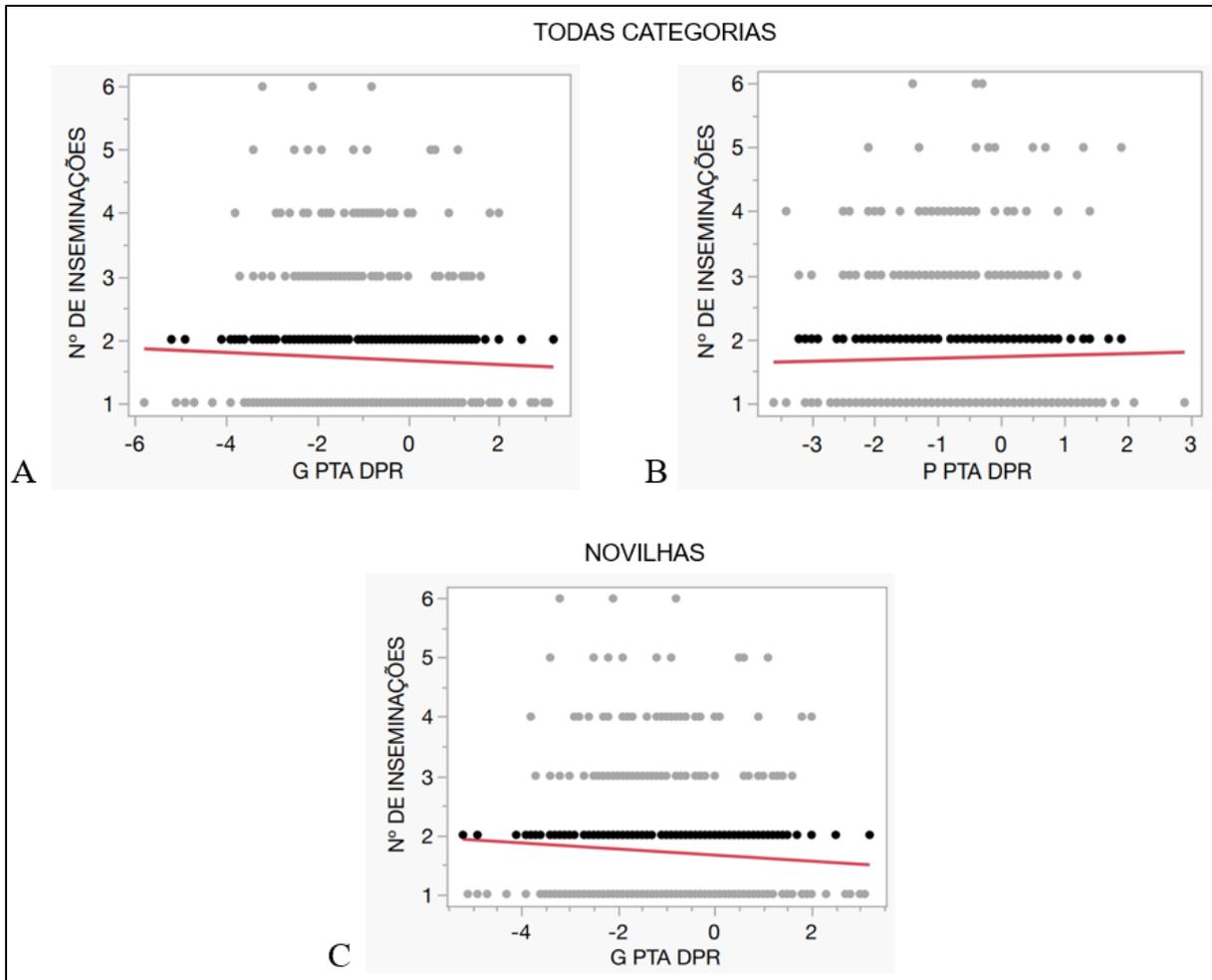
Através da análise dos PTAs para DPR genômico e de predição parental para todas as categorias em conjunto determinou-se que não houve diferença significativa entre animais com maior e menor valores de DPR em relação ao número de inseminações por prenhez (Figura 4A e 4B). Ao correlacionar o DPR genômico com número de inseminações das novilhas também não houve diferença significativa do DPR sobre o número de inseminações por prenhez (Figura 4C).

Tabela 3 – Percentual de animais por categoria e média de inseminações por prenhez (IA/P)

Categoria animal	Nº animais por categoria	Média de IA/P
Vacas	305 (44,8%)	1,68
Novilhas	376 (55,2%)	1,71
Total	681	1,70

Fonte: o próprio autor

Figura 4 – (A) comparação entre número de inseminações de todas as categorias (vacas e novilhas) com PTA DPR genômico ($p = 0,2$) (B) comparação entre número de inseminações com PTA DPR por predição parental ($p = 0,5$) (C) comparação entre número de inseminações de novilhas com PTA DPR genômico ($p = 0,1$)



Fonte: o próprio autor

Discussão

No experimento 1 a progênie dos touros com maior PTA para produção de leite produziu mais em 305 dias, quando comparadas as filhas de touros com menor PTA, o que poderia ser esperado tendo em vista que possuíam pais com maior mérito genético para produção. Além disso, um número menor de vacas que continha PTA Leite estimado por predição parental teve tendência ($p=0,05$) a produzir mais leite do que as de menor PTA, possivelmente não tendo valor de p significativo devido ao menor tamanho da amostra. No entanto, no experimento 2, não houve diferença significativa entre vacas de maior e menor potencial genético com relação a produção leiteira. Os dois experimentos tinham propriedades distintas em nível de produção

leiteira, as vacas do experimento 2 produziam 12,6 litros/dia/vaca a mais do que as do experimento 1, o que pode ter influenciado na diferença de resultados. Deve-se considerar que além da composição genética, diversos fatores de ambiente influenciam a produção de leite e a duração da lactação das vacas mestiças (REIS; CARNEIRO; TORRES, 1983). Marumo *et al.* (2022) em um estudo realizado na Escócia com vacas Holandesas, relatou que após atingir o pico de lactação, as vacas primíparas e múltiparas diminuíram a produção de leite à medida que as temperaturas mínimas internas e externas aumentaram. Por outro lado, Bava *et al.* (2012) descreveram que o aumento do consumo de matéria seca gera aumento da produção de leite, mitigando o efeito negativo do estresse térmico.

A correlação negativa existente entre produção e fertilidade foi descrita por Vanraden *et al.* (2004) em um estudo que demonstrou que a seleção para produção ao longo de várias gerações contribuiu para intervalos entre partos mais longos. Chebel e Veronese (2020) encontraram resultados semelhantes em um estudo realizado com 821 novilhas da raça Holandesa, onde animais com maior mérito genômico para produção de leite apresentavam correlação negativa com DPR, além de terem estro de menor duração. Outra explicação foi descrita por Carthy *et al.* (2016) em um estudo que avaliou registros ultrassonográficos do trato reprodutivo de 72.120 vacas leiteiras da raça Holandesa, demonstrando que vacas com maior mérito genético para produção de leite tinham capacidade reduzida de retornar a ciclicidade no pós-parto. Diferente do que foi descrito por Cummins *et al.* (2012) onde vacas classificadas como de maior fertilidade tiveram maior produção diária de leite (19,5 vs. 18,7 kg/d), menor intervalo do parto à concepção (85,6 vs. 113,8 d) e menos serviços por vaca (1,78 vs. 2,83). Neste estudo, foram utilizadas vacas de maior produção média diária do que as vacas do estudo de Cummins *et al.* (2012) que eram animais com menor desafio, o que pode explicar as diferenças encontradas. As vacas do experimento 2 que apresentavam maior volume de leite produzido correspondiam a vacas com menor mérito genético para DPR estimado por predição parental, o que pode ser resultado de anos de seleção apenas para produção de leite. Lima *et al.* (2020) demonstraram que não houve interações significativas entre a associação entre produção de leite e DPR para a maioria das características reprodutivas, o que permite influir que a seleção para os dois parâmetros é possível dentro dos rebanhos. No entanto, são necessários mais estudos com as vacas Holandesas no Brasil para obter dados que corroborem a possibilidade de seleção para as duas características.

Para avaliação de desempenho reprodutivo da progênie frente ao mérito genético para DPR foram coletados dados obtidos por meio de genoma e de predição parental para as vacas do experimento 2. Um estudo realizado por Peters *et al.* (2021) com 695 vacas e 76.355

marcadores de genótipo para características de produção de leite, gordura e proteína de 305 dias demonstrou que os dois métodos de avaliação genética possuem resultados similares. Achados divergentes foram descritos por Vanraden *et al.* (2009), onde as previsões genômicas para 26 características em touros tiveram confiabilidades 23% maiores do que as confiabilidades das médias dos pais. No presente estudo, ao confrontar os valores de DPR obtidos por genoma e por predição observou-se correlação positiva entre os dados, demonstrando que as duas formas de análise genética provêm resultados análogos e podem ser utilizadas para avaliação dos animais.

No presente estudo, informações fenotípicas (pontuação final de tipo) e genotípicas (PTA Tipo) foram correlacionadas com a produção de leite. Segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, o composto corpóreo tem correlação fenotípica positiva com a produção de leite, ou seja, vacas de maior composto corpóreo fenotípico tendem a produzir mais. Por outro lado, composto corpóreo tem correlação genética negativa com produção, sendo assim, vacas de maior PTA Tipo tendem a produzir menos leite (USDA, 2023). Os resultados obtidos nesse estudo corroboram esses dados, pois ao correlacionar o PTA tipo com a produção de leite, constatou-se que vacas de maior PTA Tipo produzem menos leite do que vacas de menor PTA Tipo. Porém, vacas de maior pontuação final pela APCBRH produziram mais leite do que as de menor pontuação. Deve-se considerar que o índice PTA Tipo influi apenas sobre a composição genética do animal para morfologia, não incluindo nos cálculos dados de produção leiteira. A avaliação morfológica fenotípica dos animais também observa apenas a conformação, no entanto, dentro da propriedade pode-se selecionar vacas de maior pontuação fenotípica (visual) e com boa produção leiteira, o que pode explicar os resultados encontrados. Um estudo conduzido por Campos *et al.* (2015) evidenciou que melhorar características de tipo não levou a melhorias significativas nas características de produção, concluindo que a utilização de índices de seleção que considerem os dois conjuntos de características (produção e tipo) parece ser a melhor opção. De outra forma, apesar da influência negativa sobre o volume de leite, o PTA Tipo parece ter influência positiva sobre outros parâmetros da produção de leite. Como descrito por Kadarmideen (2004) a seleção de vacas para conformação tem resultado importante na produtividade, pois várias características de tipo, principalmente ligadas a composição de úbere tem correlação genética favorável com contagem de células somáticas (CCS). Semelhante ao que foi relatado por Mrode *et al.* (1998), onde vacas com úberes mais firmes e altos e com tetos mais curtos tem menor CCS. Nash *et al.* (2000) em um estudo realizado com vacas da raça Holandesa em rebanhos dos Estados Unidos corrobora esses dados demonstrando que filhas de touros que transmitem vida produtiva mais

longa e características de tipo como úberes mais rasos, fenda do úbere mais profunda devido ao ligamento central mais firme e úberes anteriores fortemente aderidos tiveram menos episódios clínicos ou menor incidência de mastite clínica durante a primeira e segunda lactações. Concluindo que a seleção para características de tipo ligadas a morfologia de úbere pode reduzir a incidência de mastite clínica dentro do rebanho. No presente estudo, avaliamos somente a relação das conformações fenotípica e genética com o volume de leite produzido, concluindo que a seleção fenotípica dos animais pode corroborar para maior produção leiteira e que mais estudos são necessários para afirmar a influência da conformação sobre casos de mastite.

A seleção para DPR reflete na eficiência reprodutiva da progênie, como demonstrado por Madureira *et al.* (2022) em um estudo realizado com 3499 animais, onde a seleção para DPR mais alto resultou em melhor desempenho reprodutivo, pois a prenhez na primeira IA e a prenhez por IA aumentaram à medida que o DPR aumentou. Além disso, as chances de perdas gestacionais aumentaram à medida que o DPR diminuiu e maior DPR também foi associado a maior ocorrência de estro no dia da IA cronometrada. Em concordância com o que foi encontrado por Lima *et al.* (2020), em que vacas múltiparas com maior DPR tiveram maiores taxas de prenhez no primeiro serviço e menos serviços por prenhez, além de menos dias para o primeiro serviço, redução nos dias em aberto e maior proporção de vacas prenhes no final da lactação quando comparadas com vacas múltiparas com menor DPR. No presente estudo não houve diferença significativa entre vacas com maior e menor valores de DPR em relação ao número de IA/P. Ao isolar a categoria novilhas e correlacionar o DPR genômico com número de inseminações também não houve diferença significativa. Esses resultados podem ser explicados pelos excelentes índices reprodutivos da propriedade do experimento, como a média de IA/P que é um bom indicador do estado sanitário dos animais, além de avaliar a qualidade do sêmen e fatores intrínsecos da reprodução (ROCHA; CARVALHEIRA, 2002). Para os animais do estudo foi necessário menos que duas IA/P (1,70), sendo inferior a valores encontrados por Villadiego *et al.* (2016), demonstrando que outros parâmetros, além dos genéticos, estão influenciando positivamente nos índices reprodutivos. Como o DPR tem uma herdabilidade baixa de 0,04 (USDA, 2017), fatores ambientais e de manejo podem explicar a falta de influência desse índice sobre o número de IA/P nas vacas do estudo, tendo em vista que o ambiente é um fator significativo que contribui para o desempenho reprodutivo e expressão do mérito genômico (LIMA *et al.*, 2020). Chebel *et al.* (2004) descreveu a influência da temperatura sobre parâmetros reprodutivos em vacas Holandesas no estado da Califórnia, onde observou queda na taxa de concepção em animais expostos a estresse térmico 50 a 20 dias antes da IA. Semelhante ao descrito por De Rensis *et al.* (2017) onde no Hemisfério Norte, de junho

a setembro e no Hemisfério Sul, de dezembro a março, ocorrem períodos de fertilidade reduzida (subfertilidade) em vacas leiteiras que são descritos como infertilidade de verão. Esse evento ocorre devido a temperatura ambiente, umidade e fotoperíodo, além de que em dias quentes ocorre redução da ingestão de alimento. Esses fatores reduzem o desempenho reprodutivo e comprometem a qualidade dos oócitos, folículos e corpo lúteo. Os animais do estudo possuem sistema de ventilação e aspersão eficientes para controle da temperatura ambiente, o que também pode explicar a média baixa de IA/P apresentada e a falta de influência do mérito genético para DPR nos parâmetros reprodutivos. Outra explicação seria a utilização de protocolos de IATF na propriedade, o que pode interferir diretamente nos dias em aberto e conseqüentemente afetar a influência do DPR.

Conclusões

A seleção de animais para maior PTA Leite pode resultar em maior volume de leite produzido, desde que condições adequadas de ambiente sejam fornecidas aos animais. Vacas de maior produção leiteira correspondem a animais com menor valor de DPR, o que sugere que a seleção apenas para produção de leite resultou em declínio do DPR. Dados genéticos obtidos por meio de genoma e predição parental apresentam alta correlação, sugerindo que as duas formas de avaliação apresentam concordância. O mérito genético dos animais para DPR não apresentou correlação com o número de inseminações por prenhez, demonstrando que condições ambientais podem se sobrepor à genética nos resultados reprodutivos da propriedade. Dados de conformação interferem no volume de leite produzido, sendo que a composição corporal fenotípica tem efeito positivo na produção, diferente da composição corporal genotípica.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE GADO HOLANDÊS DO RIO GRANDE DO SUL (GADOLANDO). **Classificação linear**. Rio Grande do Sul: GADOLANDO, 2023. Disponível em: <https://www.gadolando.com.br/informacoes/classificacao-linear>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- BANOS, G.; SMITH, C. Selecting bulls across countries to maximize genetic improvement in dairy cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Germany, v. 108, p. 174-181, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1991.tb00172.x>.
- BAVA, L., TAMBURINI, A., PENATI, C., RIVA, E., MATTACHINI, G., PROVOLO, G., & SANDRUCCI, A. Effects of feeding frequency and environmental conditions on dry matter intake, milk yield and behaviour of dairy cows milked in conventional or automatic milking systems. **Italian Journal of Animal Science**, v. 11, n. 3, p. 42, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4081/ijas.2012.e42>.
- CAMPOS, R. V., COBUCI, J. A., KERN, E. L., COSTA, C. N., & MCMANUS, C. M. Genetic parameters for linear type traits and milk, fat, and protein production in holstein cows in Brazil. **Asian-Australas Journal Animal Science**, [s.l.], v. 28, n. 4, p. 476-84, 2015. DOI: 10.5713/ajas.14.0288.
- CARTHY, T. R., RYAN, D. P., FITZGERALD, A. M., EVANS, R. D., & BERRY, D. P. Genetic relationships between detailed reproductive traits and performance traits in Holstein-Friesian dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, [s.l.], v. 99, n. 2, p. 1286-1297, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9825>.
- CARVALHO, F. Sistema de Produção. *In*: Embrapa Gado de Leite. Brasília, 2002. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteSemiArido/racas>. Acesso em: 25 jan. 2023.
- CHEBEL R. C., SANTOS, J. E., REYNOLDS, J. P., CERRI, R. L., JUCHEM, S. O., & OVERTON, M. Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. **Animal Reproduction Science**, [s.l.], v. 84, n. 3-4, p. 239-55, 2004. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2003.12.012.
- CHEBEL, C.; VERONESE, A. Associations between genomic merit for daughter pregnancy rate of Holstein cows and metabolites postpartum and estrus characteristics. **Journal of dairy science**, [s.l.], v. 103, n. 11, p. 10754-10768, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18207>.
- CUMMINS, S. B., LONERGAN, P., EVANS, A. C. O., BERRY, D. P., EVANS, R. D., & BUTLER, S. T. Genetic merit for fertility traits in Holstein cows: I. Production characteristics and reproductive efficiency in a pasture-based system. **Journal of dairy science**, [s.l.], v. 95, n. 3, p. 1310-1322, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4742>.
- DE RENSIS F., LOPEZ-GATIUS, F., GARCÍA-ISPIERTO, I., MORINI, G., & SCARAMUZZI, R. J. Causes of declining fertility in dairy cows during the warm season. **Theriogenology**, [s.l.], v. 91, p. 145-153, 2017. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2016.12.024.

GUTIERREZ-REINOSO, M. A.; APONTE, P. M.; GARCIA-HERREROS, M. Genomic Analysis, Progress and Future Perspectives in Dairy Cattle Selection: A Review. **Animals**, [s.l.], v. 11, n.3, p. 599, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11030599>.

HOLSTEIN FOUNDATION. **Understanding Genetics**. Estados Unidos: 2017. Disponível em: http://www.holsteinfoundation.org/pdf_doc/workbooks/Gen_Sire_WKBK.pdf. Acesso em: 12 dez. 2022.

JUNIOR BRIQUET, R. Seleção pelo mérito leiteiro. Ed 1. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1918.

LIMA, F. S., SILVESTRE, F. T., PEÑAGARICANO, F., & THATCHER, W. W. Early genomic prediction of daughter pregnancy rate is associated with improved reproductive performance in Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 103, n. 4, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17488>.

MADUREIRA A. M. L., DENIS-ROBICHAUD, J., GUIDA, T. G., CERRI, R. L. A., & VASCONCELOS, J. L. M. Association between genomic daughter pregnancy rates and reproductive parameters in Holstein dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 105, n. 6, p. 5534-5543, 2022. DOI: [10.3168/jds.2021-21766](https://doi.org/10.3168/jds.2021-21766).

MARTINS, G.A.; XIMENES, L. J. F. Aspectos econômicos do melhoramento genético de novilhas leiteiras. In: PEREIRA, E. S. *et al.* **Novilhas leiteiras**, Fortaleza: Graphiti, 2010. P. 35-73.

MARUMO, J.L., LUSSEAU, D., SPEAKMAN, J. R., MACKIE, M., & HAMBLY, C. Influence of environmental factors and parity on milk yield dynamics in barn-housed dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, [s.l.], v. 105, n. 2, p. 1225-1241, 2022. DOI: [10.3168/jds.2021-20698](https://doi.org/10.3168/jds.2021-20698).

MATTE JÚNIOR, A. A.; JUNG, C. F. Produção leiteira no Brasil e características da bovinocultura leiteira no Rio Grande do Sul. **Ágora**, Santa Cruz do Sul, v. 19, n. 1, p. 34-47, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17058/agora.v19i1.8446>.

MOREIRA, R. P., PINTO, L. F. B., VALLOTO, A. A., & PEDROSA, V. B. Evaluation of genotype by environment interactions on milk production traits of Holstein cows in southern Brazil. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 459, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0174>.

NASH D. L., ROGERS, G. W., COOPER, J. B., HARGROVE, G. L., KEOWN, J. F., & HANSEN, L. B. Heritability of clinical mastitis incidence and relationships with sire transmitting abilities for somatic cell score, udder type traits, productive life, and protein yield. **Journal of Dairy Science**, [s.l.], v. 83, n. 10, 2000. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75123-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75123-X).

PETERS, S. O., KIZILKAYA, K., IBEAGHA-AWEMU, E. M., SINECEN, M., & ZHAO, X. Comparative accuracies of genetic values predicted for economically important milk traits, genome-wide association, and linkage disequilibrium patterns of Canadian Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, [s.l.], v.104, n.2, p. 1900-1916, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18489>.

REIS, S. R., CARNEIRO, G., & TORRES, J. Alguns fatores de ambiente que afetam a duração do período de lactação de um rebanho mestiço. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, [s.l], v.35, p.715-722, 1983.

ROCHA, A.; CARVALHEIRA, J. Parâmetros reprodutivos e eficiência de inseminadores em explorações de bovinos de leite, em portugal [Reproductive parameters and efficiency of inseminators in dairy farms, in Portugal]. 2002.

SOARES, S. R. V.; REIS, R. B.; DIAS, A. N. Fatores de influência sobre o desempenho reprodutivo em vacas leiteiras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 73, n. 2 p. 451-459, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11689>.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Daughter pregnancy rate evaluation**. Estados Unidos: USDA, 2017. Disponível em: <https://www.aipl.arsusda.gov/reference/fertility/dpr.htm>. Acesso em: 02 fev.2023.

VANRADEN, P. M. VAN TASSELL, C. P., WIGGANS, G. R., SONSTEGARD, T. S., SCHNABEL, R. D., TAYLOR, J. F., & SCHENKEL, F. S. Invited review: Reliability of genomic predictions for North American Holstein bulls. **Journal of dairy science**, [s.l], v. 92, n. 1, p. 16-24, 2009. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1514>.

VILLADIEGO, F. A. C. PEREIRA, J. V., COSTA, E. P. D., MARCONDES, M. I., LEON, V. E., MAITAN, P. P., ... & GUIMARÃES, J. D. Parâmetros reprodutivos e produtivos em vacas leiteiras de manejo *free stall*. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 55-61, 2016. DOI: 10.1590/S0100-736X2016000100009.

WHITT, C. E.; TAUER, L. W.; HUSON, H. Bull efficiency using dairy genetic traits. **PlosOne**, California, v. 14, n. 11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223436>.