



UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC

UDESC OESTE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**PERFIL GENÉTICO DE FÊMEAS BOVINAS
DA RAÇA HOLANDESA DA REGIÃO OESTE
DE SANTA CATARINA**

FABRÍCIO PILONETTO

Chapecó, 2018

FABRÍCIO PILONETTO

**PERFIL GENÉTICO DE FÊMEAS BOVINAS DA RAÇA HOLANDESA DA REGIÃO
OESTE DE SANTA CATARINA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Ciência e Produção Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Zootecnia**.

Orientador: Dr. Diego de Córdova Cucco
Co-orientador: Dr^a. Aline Zampar

Chapecó, SC, Brasil

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CEO/UDESC

Pilonetto, Fabrício

Perfil genético de fêmeas bovinas da raça
holandesa da região Oeste de Santa Catarina /
Fabrício Pilonetto. - Chapecó , 2018.
98 p.

Orientador: Diego de Córdova Cucco

Co-orientadora: Aline Zampar

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do
Oeste, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,
Chapecó, 2018.

1. correlação entre GPTA. 2. frequência alélica e
genotípica. 3. haplótipo recessivo. 4. produção de
leite. I. de Córdova Cucco, Diego. II. Zampar,
Aline. , .III. Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste,
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

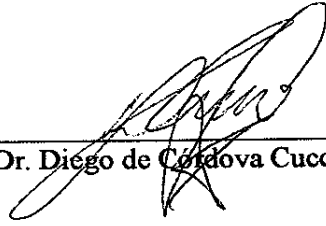
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**PERFIL GENÉTICO DE FÊMEAS BOVINAS DA RAÇA HOLANDESA DA
REGIÃO OESTE DE SANTA CATARINA**

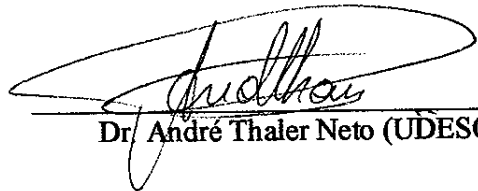
Elaborado por
Fabício Pilonetto

como requisito parcial para obtenção de grau de
Mestre em Zootecnia

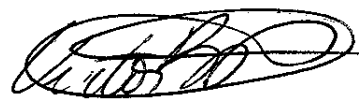
Comissão Examinadora:



Dr. Diego de Córdova Cucco (UDESC)



Dr. André Thaler Neto (UDESC)



Dr. Victor Breno Pedrosa (UEPG)

Chapecó, 08 de fevereiro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus queridos e amados pais, Valdir Pilonetto e Angelita de Fátima Pilonetto, que em tempos de dificuldade jamais me deixaram abalar e desistir. Agradeço imensamente a minha querida irmã Ingrid Pilonetto, que com tamanho afeto e esperança, fez de mim um dos seus exemplos, situação está que me deu força, disposição e fé para seguir em busca dos meus objetivos.

Agradeço especialmente a esta família que nunca deixou faltar puxões de orelha, exemplos e conselhos de vida e que comigo, sonharam e caminharam lado a lado em busca de realizações.

VOCÊS, PAI, MÃE E IRMÃ, SÃO O MAIOR MOTIVO PARA TUDO ISSO, CASO CONTRÁRIO, NADA SERIA POSSÍVEL!

Agradeço, especialmente, aos meus orientadores, Dr. Diego de Córdova Cucco e Dra. Aline Zampar, por todo o tempo dedicado a mim e por, acima de tudo, serem grandes parceiros e amigos nesta jornada. Assim, agradeço aos demais professores que até aqui, compartilharam o conhecimento e ajudaram na minha formação. Certamente, jamais serão esquecidos.

Ao Grupo de Melhoramento Genético (GMG) da UDESC pela parceria nas pesquisas e atividades acadêmicas e a FAPESC, pela concessão da bolsa de pesquisa, o meu obrigado.

Agradeço a empresa DNA Genética do Brasil e a sua equipe de gestores pela colaboração com o fornecimento de dados e informações para a elaboração deste projeto de pesquisa.

Por fim, agradeço a todos os demais familiares e amigos pelas energias positivas e pelo incentivo, sem cada ação, sem cada pessoa que, de alguma forma ou outra, ajudou a chegar até aqui.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

PERFIL GENÉTICO DE FÊMEAS BOVINAS DA RAÇA HOLANDESA DA REGIÃO OESTE DE SANTA CATARINA

AUTOR: Fabrício Pilonetto
ORIENTADOR: Dr. Diego de Córdova Cucco
Chapecó, 08 de fevereiro de 2018

No Brasil, a seleção do gado leiteiro, muitas vezes, é realizada por meio das informações genômicas de GPTA (*Genomic Predicted Transmitting Ability*) dos touros e há escassez de relatos científicos sobre o perfil genético das fêmeas que compõem os rebanhos nacionais, tampouco, para a região Oeste de Santa Catarina, segunda maior bacia produtora de leite do Brasil. Diante disso, o propósito deste estudo foi identificar o perfil genético de fêmeas da raça Holandesa, pertencentes a rebanhos leiteiros do Oeste catarinense. Foram genotipadas 391 fêmeas de 30 rebanhos e analisadas características de produção de leite, gordura, proteína, reprodução e lineares. Foram calculadas as frequências alélicas e genotípicas para as variantes gênicas da κ -caseína I e II, α -s1-caseína e β -lactoglobulina e verificada portadores presença de doenças genéticas. Foram estimadas as correlações entre GPTAs de volume de leite (libra), proteína (libra e %), gordura (libra e %), reprodução e lineares (composição corporal, úbere, pernas e pés). Para as proteínas do leite o alelo A e o genótipo AA apresentaram a maior frequência para κ -CN I e II. Para α -s1-CN, o alelo B e o genótipo BB foram os mais frequentes (85,3% e 80,26%, respectivamente). O genótipo AB para β -LG foi o mais frequente (47,15%). Quanto a doenças genéticas a Brachyspina e o Complexo de Malformação Vertebral apresentaram a maior frequência de portadores (7,67% e 6,14% fêmeas, respectivamente). Além disso, foi identificada portabilidade para cinco haplótipos recessivos do Holandês (HH1, HH2, HH3, HH4 e HH5). As médias para as GPTAs foram negativas para a grande maioria das características analisadas, principalmente para produção de leite (-82,11 libra), gordura e proteína (-8,93 e -3,48 libra, respectivamente). Foram encontradas associações positivas entre as características de volume de leite e sólidos (0,37 a 0,79), e negativas entre os teores de sólidos (-0,54 a -0,48 e características de reprodução (-0,09 a -0,35). Os resultados deste estudo sugerem que há animais nesta população com potencial para melhorar os índices produtivos, devido aos altos valores de GPTA encontrados. No entanto, as médias de GPTAs revelam a necessidade em melhorar geneticamente os rebanhos leiteiros do Oeste catarinense. As correlações encontradas entre as características, sugerem o aumento do volume e teor de sólidos e das características lineares, quando selecionado para aumentar a quantidade de leite. Animais de maior produção leiteira, podem apresentar menor desempenho reprodutivo, devido as associações negativas entre estas características. No entanto, a seleção para teores de sólidos pode melhorar a fertilidade do rebanho.

Palavras-chave: correlação entre GPTA, frequência alélica e genotípica, haplótipo recessivo, produção de leite.

ABSTRACT

Master's Dissertation

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Universidade do Estado de Santa Catarina

GENETIC PROFILE OF HOLSTEIN BOVINE FEMALES FROM WESTERN SANTA CATARINA STATE, BRAZIL

AUTHOR: Fabrício Pilonetto

ADVISER: Dr. Diego de Córdova Cucco

Chapecó, 08 de february de 2018

In Brazil, the selection of dairy cattle is carried out through the genomic information of GPTA (Genomic Predicted Transmission Capacity) of bulls and there is no scientific information about the genetic profile of the females that compose the herds national, neither from Western Santa Catarina, the second biggest milk production region in Brazil. The aim of this study was to identify the genetic profile of Holstein female, from Western Santa Catarina. Database consists of 391 genomic information of 30 dairy herds for milk production, fat and protein, reproduction and linear traits. Bovine Allelic and genotypic frequencies were calculated for genic variants κ -casein I and II (κ -CN), α -s1-casein (α -s1-CN) and β -lactoglobulin (β -LG) and whether they had genetic diseases. The correlation PTA were estimated between for milk volume (pounds), protein (pounds and %), fat (pounds and %), reproduction and linear traits (body composition, udder, legs and feet composition). Form milk protein, A allele and AA genotype showed the highest frequency for κ -CN I and II. For α -s1-CN, B allele and BB genotype were the most frequent (85.3% and 80.26%, respectively). The AB genotype for β -LG was the most frequent (47.15%). As for genetic diseases, the Brachyspina and CVM showed the highest number of carriers in the population (7.67% e 6.14% females, respectively). In addition, we identified carriers for five Holstein recessive haplotypes (HH1, HH2, HH3, HH4 and HH5). Averages for PTAs were negative for most of analyzed traits, mainly for milk production (-82.11 pounds), fat and protein (-8.93 and -3.48 pounds, respectively). Positive associations were found between milk volume and solids traits (0.37 to 0.79), and negative associations between solids contents (-0.54 to -0.48) and reproduction traits (-0.09 to -0.35). The results of this study suggest that the bovine female population has the potential to improve the productivity index, due to the high PTA values found in this population. Selection to increase milk yield, may increase solids volume and reduce milk solids concentration. Selection to increase milk production can increase solids volume and reduce concentration. The correlations found among the characteristics suggest the increase in the volume and content of solids and the linear traits, when selected to increase the amount of milk. Animals with higher milk production may decrease reproductive performance due to negative associations between these traits, however selection of solids content may improve herd fertility.

Keywords: correlation between PTA, allelic and genotypic frequency, recessive haplotype, milk production.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	11
REVISÃO DE LITERATURA	11
1 INTRODUÇÃO	11
2 PRODUÇÃO DE LEITE EM NÚMEROS: CENÁRIO E PERSPECTIVAS	12
3 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE	14
4 FATORES GENÉTICOS E AMBIENTAIS LIGADOS A QUALIDADE DO LEITE ...	17
4.1 Produção de leite, reprodução e conformação: interação e impacto na produção leiteira.....	19
5 A GENÔMICA COMO FERRAMENTA NO MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL.....	24
5.1.1 Polimorfismos das principais proteínas do leite	26
5.1.2 Haplótipos para doenças genéticas.....	30
CAPÍTULO II.....	36
MANUSCRITO I	37
Genotypic profile of Holstein females for milk proteins and recessive haplotypes portability from Western Santa Catarina, Southern Brazil.	38
SUMMARY	38
INTRODUCTION.....	39
MATERIALS AND METHODS	40
DISCUSSION.....	41
<i>Haplotypes of genetic diseases</i>	44
REFERENCES	46
Table 1. Genetic frequencies of main milk proteins in Holstein cows from Western Santa Catarina State, Brazil.	52
Table 2. Frequencies of haplotypes for diseases in Holstein cows from Western Santa Catarina State, Brazil.	53
MANUSCRITO II.....	54
Perfil genômico de fêmeas bovinas da raça Holandesa da região Oeste de Santa Catarina.....	55
RESUMO	55
INTRODUÇÃO.....	56
MATERIAL E MÉTODOS.....	57
RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
CONCLUSÃO.....	67
REFERÊNCIAS	68
Tabela 1. Média, desvio padrão, valores de mínima e máxima da GPTA (<i>Genomic Predicted Transmitting Ability</i>), das características de produção, reprodução e conformação, de fêmeas da raça Holandês, pertencentes a rebanhos leiteiros do Oeste de Santa Catarina.	74
Tabela 2. Correlações entre GPTAs de fêmeas da raça Holandês, pertencentes a rebanhos leiteiros do Oeste de Santa Catarina, para as características de produção de leite (libra), gordura e proteína (libra e teor).....	76
Tabela 3. Correlações entre GPTAs de fêmeas bovinas da raça Holandês, pertencentes a rebanhos leiteiros do Oeste de Santa Catarina, para produção de leite (libra) e sólidos (libra e teor) em relação as características de reprodução.	77

Tabela 4. Correlações entre GPTAs de fêmeas da raça Holandês, pertencentes a rebanhos leiteiros do Oeste de Santa Catarina, para produção de leite e as características de conformação.....	78
Tabela 5. Correlações entre GPTAs de reprodução de conformação, de fêmeas da raça Holandês pertencentes a rebanhos leiteiros do Oeste de Santa Catarina.....	80
CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
REFERÊNCIAS	83

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1 INTRODUÇÃO

A função primária na bovinocultura leiteira é produzir leite, diante disso, medidas são tomadas para promover a qualidade do produto, tais como genética, manejo nutricional adequado, manejo de ordenha que assegure a qualidade sanitária do leite, limpeza e adequação dos equipamentos e instalações e bem-estar animal. No que tange a questão ambiental, muitas precauções e ajustes podem ser feitos ao longo do sistema de produção, para a genética, cabe ao técnico e ao produtor buscar animais adaptados ao seu sistema de produção e que possam promover melhorias na produção. Contudo, a seleção dos animais é uma etapa que deve ser conduzida seriamente e de forma prudente, pois é a partir dela que se espera promover o progresso genético do rebanho.

A bovinocultura leiteira é uma das principais atividades geradoras de renda aos produtores do Oeste de Santa Catarina. Pela crescente demanda no fornecimento de matéria prima para a industrialização de leite, bem como seus derivados, torna-se imprescindível promover a qualidade deste. O setor lácteo do estado é composto por importantes laticínios, distribuídos por toda a extensão catarinense, principalmente na região Oeste, na qual contam com parcerias de cooperativas que realizam a captação do leite nas propriedades rurais.

Pela busca de matéria prima de qualidade e que possua características tecnológicas importantes para o processamento de derivados lácteos, principalmente para a fabricação de queijos, empresas e os próprios produtores rurais buscam opções para promover melhorias na produção leiteira. Assim, uma das alternativas utilizadas por produtores e técnicos, é a aplicação de projetos de melhoramento genético, com vistas na seleção dos animais geneticamente superiores para produção de leite e sólidos.

O progresso genético no rebanho leiteiro pode ocorrer por diversas formas, a mais praticada é a seleção de touros através da PTA (*Predicted Transmitting Ability*) (MARTINEZ et al., 2000), que corresponde à predição do valor genético deste animal para determinada característica. No entanto, esta avaliação é atribuída ao touro, e existe um déficit no conhecimento genético das fêmeas no Brasil e no estado de Santa Catarina, não há relatos

científicos sobre o perfil genético de vacas e novilhas em produção. Com isso, traçar o perfil genético, por meio das informações genômicas, pode aumentar a precisão na seleção dos animais e acelerar o progresso genético.

Com o objetivo de ofertar aos laticínios, matéria prima com maior rendimento, torna-se interessante o estudo e conhecimento do potencial genético das vacas em produzir leite com composição físico-químico desejável. Neste contexto, sabe-se que os principais componentes que promovem rendimento são as proteínas, principalmente as variantes da caseína e beta-lactoglobulina (BUITENHUIS et al. 2016), e que a presença destas pode ser afetada por fatores como, raça, idade, nível de produção e nutrição (DEPETERS e CANT, 1992; NORO et al., 2006).

Outro fator interessante na avaliação genômica dos animais é a possibilidade de identificar outros elementos, que não só representam o potencial de produção de leite e sólidos, mas também, sobre a presença ou não de haplótipos responsáveis pela expressão de doenças relacionadas à herança genética, a qual, estão associadas a redução da produção e fertilidade dos rebanhos (MEYDAN et al., 2010; NASREEN et al., 2009). No entanto, a presença de animais portadores destas doenças, nos rebanhos brasileiros e, principalmente, na região Oeste de Santa Catarina, é comumente atribuída aos touros e pouco é relatado sobre as fêmeas, uma vez que os portadores nem sempre apresentam sinais fenotípicos e transmitem silenciosamente estes haplótipos para as suas progênies.

2 PRODUÇÃO DE LEITE EM NÚMEROS: CENÁRIO E PERSPECTIVAS

O leite tem uma importante contribuição social na geração de renda aos produtores. No Brasil, a bovinocultura leiteira se tornou uma das principais atividades geradoras de renda aos produtores rurais, principalmente aqueles com baixa escala de produção e os que possuem baixo emprego de tecnologia. De acordo com o IBGE (2016), o Brasil gerou aproximadamente R\$ 39,5 bilhões com a produção de leite no ano, a região Sul contribuiu com aproximadamente 37,36% do valor total da produção brasileiro e o estado de Santa Catarina, gerou aproximadamente R\$ 3,0 bilhões com a produção de leite em 2016 e deste total, R\$ 2.860.909,00 foram gerados na região Oeste do estado, ou seja, cerca de 78% do total estadual. Além disso, Santa Catarina é o 4º estado com maior produção de leite, com aproximadamente 3.113.769 bilhões de litros produzidos em 2016, e a região Oeste Catarinense produziu aproximadamente 2.367.477 bilhões de litros de leite em 2016 (IBGE, 2016). Estes resultados, mostram que, de fato, o setor leiteiro do país tem um grande potencial econômico e Santa

Catarina, principalmente na região Oeste, contribuem significativamente para a geração de renda aos produtores locais.

O Brasil é um país que possui uma grande diversidade ecológica e ambiental, por tal característica, torna-se uma grande potência para a produção de diferentes espécies de plantas e animais. De acordo com dados da Embrapa (2017), o Brasil ocupa a quarta colocação no ranking mundial de produção de leite, com aproximadamente 35,12 bilhões de litros de leite produzidos em 2014, e de acordo com o IBGE (2016), a produção em 2016 foi de 33,62 bilhões.

Para atingir esta produção o país demanda de uma alta quantidade de animais nos rebanhos, diferentemente de países com maior produção, como por exemplo Estados Unidos, que em 2014 possuía um rebanho de aproximadamente 9,207 milhões de cabeças de bovinos de leite, com produção média vaca/ano de 10.150 Kg (Embrapa, 2017), e para este mesmo período, o Brasil possuía um rebanho de 23,027 milhões de animais leiteiros, com produção aproximada de 1.525 Kg/cabeça (IBGE, 2016). Estes dados remetem a necessidade do país em tornar os nossos rebanhos mais eficientes em produção de leite, principalmente para o uso da terra, que de acordo com Oliveira et al. (2005), pode ser uma barreira para a adoção de sistemas de produção de larga escala.

Apesar do retrocesso na produção de leite de 2015 para 2016, a bovinocultura leiteira, ao longo dos anos, sofreu importantes mudanças no cenário produtivo, de 2006 a 2016 houve um crescimento de aproximadamente 32,39%. De acordo com o IBGE (2016), a região Sul é a maior produtora, com aproximadamente 12,457 bilhões de litros de leite produzidos (37,05% da produção total), e a região Sudeste a segunda maior produtora, com 11,546 bilhões litros de leite, cerca de 34,34% da produção total. Ao comparar o número de animais ordenhados entre estas duas regiões, o Sul possui um rebanho de 4.200.266 milhões de animais, aproximadamente 38,41% menor que a região Sudeste, na qual, possui 6.678.817 milhões de vacas ordenhadas.

Mais uma vez percebemos que mesmo dentro do Brasil, a produção de leite é diversificada, não há um padrão de produção e nem de um sistema específico para produzir leite. Segundo Assis et al. (2005), o Brasil possui grande diversidade de sistemas de produção de leite e a caracterização destes é importante para identificar os gargalos do setor e implementar projetos que promovam o desenvolvimento regional.

Como já mencionado anteriormente, a terra brasileira, por si só, é uma potência para a produção animal, seja ela para carne, lã e, especialmente, para a produção de leite, justamente pela vasta possibilidades para o cultivo de diferentes tipos de grãos e espécies forrageiras. A sazonalidade do clima, os índices de luminosidade, umidade e temperatura são um dos

principais fatores que incidem sobre a diversificação na produção, o que torna cada região do país especializada em diferentes sistemas de produção, tanto para a produção animal quanto para a vegetal. A produção de leite pode ser realizada em sistemas de pastagem, desde que executada adequadamente e com a utilização de pastagens de boa qualidade. Nestas condições de produção a pasto, pode-se preservar a quantidade e a qualidade de leite produzido, com custo de produção mais baixo, como constatado por Silva et al. (2008) em uma análise de viabilidade econômica da produção de leite na região de Campos Gerais no estado do Paraná. Esta informação é especialmente importante aos pequenos produtores que são a grande maioria na bovinocultura leiteira, principalmente no estado de Santa Catarina.

Logicamente, somos guiados pelos resultados e os números que são informados sobre a produção da pecuária nacional, e por consequência, ranqueamos as regiões e os estados que se destacam nos setores produtivos, mas não podemos ignorar o fato de que o potencial para produzir leite, por exemplo, pode ser trabalhado em diferentes regiões do país, desde que realizada de forma prudente e de acordo com as condições da região. Santa Catarina é composta, na grande maioria, por pequenas propriedades, que, de acordo com Monteiro et al. (2007), a falta de práticas básicas de manejo de ordenha, como lavagem dos tetos, utilização de pré e pós-*dipping*, higienização das instalações e equipamentos, implicam na baixa qualidade do leite e revela a necessidade de melhorias nas condições de produção. Outro ponto importante a ser observado é o efeito do ambiente sobre os sistemas de produção. Neiva et al. (2004), citam que a interação do animal com o ambiente deve ser considerada quando se busca melhorar a produção e que a resposta dos animais frente a adversidade do ambiente é muito peculiar para cada região e é isso que determina o sucesso da atividade produtiva. Logo, é necessário que, para o desenvolvimento da bovinocultura leiteira do Brasil, os trabalhos sejam voltados a estas diferenças ambientais, com vistas no conceito de interação genótipo e ambiente, que pode interferir no desempenho genético dos animais (VAN DER LAAK et al., 2016).

Este contraste entre produção e qualidade não deve coexistir, e para que a bovinocultura de leite no Brasil aumente seu potencial de produção, é necessário que os trabalhos desenvolvidos na área da produção de leite sejam direcionados para promover o aumento da produção com qualidade e eficiência.

3 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE

O leite é composto por aproximadamente 87% de água e 13% de sólidos, sendo que destes, aproximadamente 3,9% são lipídios, 3,4% proteínas, 4,8% lactose e 0,8% de vitaminas e minerais (REIS et al., 2012). Esta composição, é responsável não só pelo valor nutritivo do leite, mas também pela sua capacidade de rendimento para a produção de derivados, como o queijo (CECCHINATO et al., 2015). Os sólidos, principalmente as proteínas e suas variantes, são um dos elementos mais importantes quando se trata de fabricação de derivados lácteos (BUITENHUIS et al., 2016), e segundo Santos e Rodrigues (2013), são divididas em duas frações, sendo elas representadas por quatro tipos de caseína (α -S₁, α -S₂, β e κ) que correspondem cerca de 80% da proteína total do leite e o restante constitui o soro do leite (α -lactoglobulina e β -Lactoglobulina). Este perfil proteico pode variar de acordo com a raça dos animais (BONFATTI et al., 2010), idade, estágio de lactação, nutrição (NORO et al., 2006) e nível de produção, pois animais de menor escala de produção de leite, tendem a compensar na maior produção de sólidos (STOCCO et al., 2017).

Além de importante fonte de renda, o consumo de leite e derivados são fundamentais para a saúde humana (KANWAR et al. 2009), pois possuem um alto valor biológico e são importantes fontes de proteínas, vitaminas e minerais, principalmente de cálcio, magnésio e potássio (WEAVER, 2009). O consumo destes produtos está ligado à prevenção de distúrbios como osteoporose, hipertensão, prevenção de diabetes e acidentes vasculares cerebrais e cardiovasculares (WEAVER, 2009; MARTINI & WOOD, 2009). Não há dúvidas de que o leite, principalmente nas fases iniciais do desenvolvimento, desempenha um papel importante para um crescimento saudável, e a associação do consumo de lácteos com uma dieta saudável nos leva a crer que é indispensável que haja qualidade na produção de leite e derivados.

Nos países em desenvolvimento, onde os problemas sociais de desnutrição são graves, o leite bovino e seus derivados exerce um importante papel na alimentação de crianças e adultos malnutridos, especialmente pela sua composição proteica, mineral e pela lactose (MICHAELSEL et al., 2011). Para a indústria, o soro do leite é crucial para a produção de subprodutos, e além do valor agregado, a sua composição proteica tem tomado uma crescente importância para a saúde humana, devido as suas propriedades nutricionais e principalmente pela atividade biológica que as proteínas possuem na digestão, absorção de nutrientes, crescimento e desenvolvimento de órgãos e resistência a algumas doenças (HERNÁNDEZ-LEDESMA et al., 2011).

O leite fornece grande parte dos aminoácidos necessários para a produção de proteínas no organismo, que define o leite como uma das principais fontes de maior qualidade na dieta humana (KANWAR et al., 2009). As caseínas, na forma de micelas, estão ligadas ao transporte

de alguns nutrientes no leite, principalmente de fósforo e cálcio (KANWAR et al., 2009), que na prole, são passadas via amamentação (MCMAHON & OOMMEN, 2008), além de facilitarem a coagulação do leite quando submetidos a tratamentos térmicos (CREAMER et al., 1998) que é fundamental para a fabricação de derivados lácteos na indústria. As lactoglobulinas, são uma das principais proteínas encontradas no soro do leite, participam de importantes reações metabólicas no organismo, como na digestão dos lipídios do leite durante o período de crescimento dos mamíferos (HERNÁNDEZ-LEDESMA et al., 2011), carreador de ácidos graxos e triglicerídeos (PÉREZ et al., 1992), transferência de imunidade passiva (SUTTON & ALSTON-MILS, 2006) e síntese de lactose (MARKUS et al., 2002).

A lactose, apesar de não ser o foco deste estudo, merece seus créditos, pois é o principal açúcar presente no leite. Este componente pode estar positivamente associado ao crescimento e pode beneficiar positivamente no tratamento da subnutrição, no entanto, há preocupação quanto a condição de intolerância a lactose (MICHAELSEN et al., 2011). Esta intolerância é devida a má função da enzima responsável pela quebra da lactose, que é a lactase, que causa a má absorção e consequentemente casos de diarreia nos humanos (VANDENPLAS, 2015). A lactose é o principal carboidrato na alimentação infantil, que diminui seu efeito benéfico com o crescimento (VANDENPLAS, 2015). Para os intolerantes, é aconselhável ingerir produtos sem lactose, no entanto, há relatos científicos de que pode haver agravamento nos casos de diarreia aguda em crianças que não foram amamentadas, caso seja fornecida uma dieta sem lactose, o que pode, precocemente, acelerar os casos de intolerância (MACGILLIVRAY et al., 2013). Apesar desta preocupação social em relação a esta doença, muitos estudos são desenvolvidos afim de proporcionar alternativas para o consumo de leite e derivados sem preocupações quanto a ingestão de lactose, como por exemplo, o consumo de leite hidrolisado, uso de cápsulas de lactase antes ou depois da ingestão de leite e derivados, adição de lactase líquida no produto contendo lactose ou consumo de probióticos que podem reduzir os sintomas da intolerância por aumentarem a atividade da enzima lactase (CUNHA et al., 2008).

A fração lipídica ou gordura do leite contribui positivamente com as características organolépticas dos subprodutos, tais como, textura, sabor e aparência, e serve como fonte de energia e ácidos graxos essenciais (como o ácido linoleico) e pode atuar como transportadora de vitaminas lipossolúveis (A, D e E) (KANWAR et al., 2009; KANWAR et al., 2007).

Muito tem sido debatido por diversos pesquisadores sobre os efeitos da ingestão de leite com diferentes perfis físico-químicos, principalmente pelo leite ser uma fonte de alguns ácidos graxos saturados (SAT) que podem estar associados a incidência de doenças cardiovasculares (MADALENA et al., 2008). No entanto, o efeito destes SATs não deve ser generalizado, pois

não é claro os possíveis malefícios do consumo de determinados ácidos graxos presentes no leite à saúde humana e mais estudos devem ser feitos para concluir o real efeito do alto consumo de leite e derivados sobre a saúde (MUEHLHOFF et al., 2013), situação está que implica em barreiras éticas e metodológicas em relação aos estudos com humanos, que são umas das principais limitações nas pesquisas sobre os efeitos do consumo de leite (ÁLVAREZ-LEÓN et al., 2006).

Apesar desta sensível discussão sobre o efeito negativo da ingestão de leite e derivados, principalmente relacionada aos ácidos graxos, estudos comprovam que a inclusão destes produtos na dieta, desde que de forma equilibrada e moderada, não acarretaram em riscos com problemas vasculares ou de hipertensão arterial (THOLSTRUP, 2006; ELWOOD et al., 2008), e de acordo com uma revisão elaborada por Gibson et al., (2009), mesmo o leite constituído por ácidos graxos saturados, não foram encontradas fortes evidências sobre a incidência de acidentes cardiovasculares relacionados ao consumo de lácteos.

4 FATORES GENÉTICOS E AMBIENTAIS LIGADOS A QUALIDADE DO LEITE

Os parâmetros ideais de qualidade do leite são questionáveis quanto as necessidades da indústria para a industrialização do leite fluido e produção de derivados lácteos, e a exigência do consumidor por um produto que atenda suas expectativas de qualidade, principalmente nos aspectos organolépticos, sabor e odor por exemplo. De acordo com Madalena et al., (2008), são os laticínios que determinam ou não a valorização das características do leite e não os consumidores, pois estes, na grande maioria, não pagariam por um leite mais caro. Todavia, mesmo sabendo que a indústria impõe aos produtores parâmetros de qualidade, como quantidade de proteína e gordura, CCS e CBT, ainda existem lacunas em relação a remuneração ao produtor que não é feita adequadamente, como vem sendo realizado em países mais desenvolvidos (MOURÃO et al., 2012). Diante disto, cria-se uma confusão em relação a seleção genética dos animais, pois dependerá do produtor a decisão sob quais características produtivas terão o foco no melhoramento genético do rebanho.

Os sólidos no leite possuem grande importância para as indústrias, principalmente as proteínas e gordura, pois são responsáveis pelo rendimento na fabricação de derivados lácteos, principalmente de queijos (BITTANTE et al., 2013; SANTOS e RODRIGUES, 2013; CECCHINATO et al., 2015). Estas características podem ser manipuladas pela genética e pelo ambiente (MOURÃO et al., 2012; BITTANTE et al., 2014), e isso remete a importância que o

produtor rural deve ter quanto à adequação do manejo nutricional e sanitário dos animais, pois estas mudanças podem ser refletidas na qualidade do leite, que é bem vista pelos laticínios.

A qualidade do leite sofre influência de diversos fatores e está fortemente ligada ao manejo nutricional dos animais, da saúde e bem-estar do rebanho, higiene de equipamentos e utensílios utilizados na ordenha e até mesmo no transporte do leite para o laticínio (MOURÃO et al., 2012. ANDRADE et al., 2007). A nutrição dos animais é um dos principais fatores responsáveis pelas modificações qualitativas do leite (BITTANTE et al, 2014), principalmente pelo alto potencial de mudanças nas concentrações de gordura e os perfis de ácidos graxos do leite (VICENTE et al., 2017; BAUMAN & GRINARI, 2003), diferentemente da proteína e lactose, que possuem menor sensibilidade à manipulação dietética do animal (JENKINS & MCGUIERE, 2006). Por outro lado, a maior proporção de concentrado em relação ao volumoso pode promover maior produção de teor de proteína no leite em relação a gordura (JENKINS & MCGUIERE, 2006), fato este que ressalta a nutrição como fator de alteração na composição do leite, através do fornecimento de forragens ou alimento concentrado (ração).

Dentro da fração genética sobre as melhorias na produção e composição do leite, diversos trabalhos foram desenvolvidos com vistas a explorar as informações genéticas dos animais, tais como herdabilidade e correlação entre as características, que são os principais parâmetros genéticos utilizados nos projetos de melhoramento genético. A seleção dos animais é um passo extremamente importante para as melhorias dos índices de produção e reprodução dos rebanhos e avaliar geneticamente os animais é essencial para a tomada de decisões sobre os acasalamentos (PETRINI et al., 2016)

São inúmeros os trabalhos que estudam os parâmetros genéticos para as principais características de produção de leite, e a importância de tais pesquisas se dá no entendimento do comportamento genético das características de interesse dentro da produção de leite, como é o trabalho de Freitas et al. (2001), que em um estudo com vacas da raça Holandês de primeira, segunda e terceira ordem de lactação no estado de Minas Gerais, encontraram herdabilidades de média a baixa magnitude e altas correlações genéticas entre a produção de leite e gordura e indicam que selecionar os animais para produção de leite também selecionará para produção de gordura. Da mesma forma foi relatado por Boligon et al. (2005) e Pereira et al. (2013), que estudaram as herdabilidades e correlações para as características leiteiras e estas informações reforçam a importância em se estudar estes parâmetros quando na seleção dos animais para as melhorias dos índices de produção de leite e sólidos.

Outro estudo interessante nesta área foi realizado por Haile-Mariam e Pryce (2017), em rebanhos leiteiros australianos, que encontraram valores de herdabilidade de média a baixa

magnitude para a lactose no leite e correlações genéticas que variaram de baixa a alta magnitude entre a quantidade de lactose, rendimento de lactose e proteína e CCS em três estágios de lactação. Estes autores destacam a importância do conhecimento e inclusão destas características nos programas de melhoramento genético, voltados ao interesse futuro dos laticínios neste constituinte em casos de mudanças no mercado consumidor.

Diante destes fatos, é possível identificar a importância que a genética tem sobre a produção de leite, construir uma única definição de leite ideal não é possível, pois na presença de diferentes sistemas de produção no Brasil e diferentes perfis de consumidores, a qualidade pode ser definida pelo ponto de vista da indústria, devido ao tipo de leite necessário para a produção de derivados lácteos, ou pelo produtor, de acordo com o leite que fornecerá maior lucratividade dentro do sistema de pagamento das empresas. Busca-se desta forma, selecionar os animais que possam fornecer um leite que atenda a demanda da indústria, tanto em quantidade (volume de leite), qualidade (proteína e gordura principalmente).

4.1 Produção de leite, reprodução e conformação: interação e impacto na produção leiteira

A bovinocultura leiteira se desenvolveu e aprimorou em diversos países, e no Brasil, o setor leiteiro ainda passa por mudanças estruturais, conceituais e científicas. Sabe-se que os animais mais lucrativos são aqueles que produzem mais (DEGROOT et al., 2002) e a seleção para aumentar o volume de leite é uma das principais características utilizadas nos programas de melhoramento genético. O estudo dos parâmetros genéticos é uma das principais formas de promover o progresso genético por meio da seleção dos animais com base na capacidade das características serem herdáveis e pela associação entre elas.

A herdabilidade é um parâmetro populacional e não devem ser atribuído ao animal. Os valores de herdabilidade são mutáveis e tendem a ser diferentes entre populações e dentro da população. Um exemplo desta variação foi retratado por Naserkheil et al., (2016), que estimaram parâmetros genéticos para rendimento de proteína do leite em diferentes estágios de lactação, e encontraram valores de 0,086 a 0,213, na qual, os menores valores encontrados foram nas primeiras duas lactações e depois aumentaram até a 12^a lactação.

Da mesma forma, Cobuci et al., (2006), encontraram maiores valores de herdabilidade para rendimento de leite no meio da lactação. Druet, et al. (2005), para diversas características de produtivas, tais como produção de leite, proteína, gordura e CCS, encontraram diferentes herdabilidades durante 335 dias de produção de leite e nas três primeiras ordens de lactação,

que no geral, aumentaram até o meio da lactação e depois reduziram, com exceção da CCS que apresentou maiores valores ao final da lactação.

Por muito tempo a seleção dos animais leiteiros foi realizada para aumentar o volume de leite produzido (LAGROTTA et al., 2010) e outras características não foram levadas em consideração como critério de seleção. Devido a isso, muitos problemas, principalmente ligados a reprodução, se desenvolveram nos rebanhos leiteiros e continuam a afetar economicamente os sistemas de produção (OLORI et al., 2002; BAGNATO E OLTENACU, 1994). Em decorrência destes eventos negativos, os programas de melhoramento genético têm incluído as características reprodutivas nos índices de seleção dos animais, pois os animais precisam reproduzir para produzir leite e problemas como a baixa taxa de fertilidade e concepção nos rebanhos, pode gerar importantes impactos econômicos para a indústria e para o produtor rural.

Liu et al., (2017), avaliaram a associação genética entre algumas características reprodutivas em rebanhos de vacas e novilhas da raça Holandês e encontraram baixas herdabilidades para a fertilidade das vacas, que variaram de 0,005 para retorno ao cio aos 56 dias após a primeira inseminação e 0,102 intervalo entre partos em vacas. Para as novilhas, estas estimativas foram menores, com valor mínimo de 0,006 para taxa de não retorno ao cio aos 56 dias e máximo de 0,083 para intervalo entre partos. As correlações genéticas encontradas no estudo destes autores foram de alta magnitude, como por exemplo a associação entre o intervalo entre partos com a taxa de concepção (0,85), número de inseminações por concepção (-0,94) e taxa de não retorno ao cio aos 56 dias da primeira inseminação (-0,63). Estes resultados indicam que a seleção dos animais para qualquer uma destas características tende a contribuir positivamente para o aumento da fertilidade do rebanho com aumento na taxa de concepção e redução do intervalo entre partos e retorno ao cio.

Wenceslau et al., (2000), encontraram em sua pesquisa estimativas de herdabilidade de 0,56 para idade ao primeiro parto de animais Gir leiteiro e alta correlação genética da produção de leite com o intervalo entre partos (0,49) e uma fraca e positiva associação com idade ao primeiro parto (0,18). Estes resultados reforçam a ideia de que, somente selecionar os animais para o aumento da produção de leite, pode reduzir a performance reprodutiva dos animais.

A correlação genética é outra metodologia indicada para melhor entender o comportamento das características e para quando se propõem selecionar os animais para várias características, e assim como a herdabilidade, é um parâmetro populacional. Este parâmetro pode promover o progresso genético do rebanho, tanto para as características lineares de tipo e conformação (DALIRI et al., 2008; CAMPOS et al., 2015), quanto para as características de produção de leite e sólidos, como proteína e gordura (PEREIRA et al., 2013).

De acordo com Cucco et al. (2017), em estudo com informações de PTA (*Predicted Transmitting Ability*) de touros da raça Holandês disponíveis para comercialização no Brasil, encontraram valores de correlação entre PTAs de média a alta magnitude e positivo entre a produção de leite e volume de sólidos (0,53 para proteína e 0,80 para gordura), no entanto, na medida em que se aumenta a produção de leite, a concentração destes sólidos tende a reduzir, de acordo com as correlações negativas relatadas por estes mesmos autores (-0,40 para proteína e -0,43 para gordura).

Esta mesma situação foi relatada por outros autores, como na pesquisa desenvolvida por Sneddon et al. (2015), que trabalharam com rebanhos leiteiros na Nova Zelândia, e encontraram correlações genéticas positivas e de alta magnitude entre a produção de leite e quantidade de proteína e gordura (0,92 e 0,75, respectivamente), e negativas entre a concentração destes sólidos (-0,36 para proteína e -0,35 para gordura). É clara esta relação entre o aumento do volume de leite e redução da concentração de sólidos (Bobe et al., 2007), para tanto, é necessário que o produtor tenha em vista qual o objetivo da sua produção, e procurar, quando na seleção dos animais, estar ciente da existência de associações entre as características produtivas e buscar com estes conceitos a melhor alternativa para selecionar os animais sem afetar a produção de sólidos, caso contrário poderá ser penalizado pelo laticínio caso não se encontre dentro dos padrões exigidos.

Tendo em vista a importância econômica do volume de leite, além da associação clássica entre produção de leite e sólidos, é importante estudar as correlações que podem haver entre as características lineares e de reprodução com a produção de leite. De acordo com Berry et al. (2004), as características não produtivas, ou seja, aquelas que não são responsáveis diretas pela produção de leite e sólidos, tornaram-se importantes nos projetos de melhoramento genético, devido a deterioração da saúde e longevidade dos animais. A forte seleção para a produção de leite pode prejudicar a integridade física dos animais (DEGROOT et al., 2002), e as características de tipo e conformacionais podem estar diretamente ligadas aos parâmetros produtivos de um rebanho (MADRID & ECHEVERRI, 2014). Diante disso, muitos estudos foram desenvolvidos com o intuito de explorar as associações que as características lineares têm sobre a produção de leite, como pode ser observado na tabela 2.

Cucco et al., (2017), em estudo com PTA de touros da raça Holandês, encontraram importantes correlações entre estas características e indicam que a selecionar os animais somente para produção tende a afetar, negativamente as taxas reprodutivas. Essa tendência pode ser explicada pelas correlações negativas encontradas pelos autores, na qual, touros com alto potencial para produção de leite tendem a reduzir a taxa de prenhez e a facilidade de parto (-

0,14 e -0,37, respectivamente), e o mesmo ocorre para a produção de proteína, que além de reduzir facilidade de parto (-0,36), pode afetar negativamente a vida produtiva e a taxa de prenhez (-0,15 e -0,23, respectivamente).

A estimativa dos parâmetros genético são de suma importância para os programas de melhoramento genético e se concentram em melhorar as diversas características de interesse econômico na produção de leite (ROUT et al., 2017), bem como auxiliar na seleção dos animais e prever precocemente a resposta desta seleção (WASANA et al., 2015). Assim como a correlação genética, a herdabilidade é um dos principais parâmetros utilizados nos programas de melhoramento genético, que tem por objetivo auxiliar na seleção dos animais e prever a possível resposta desta seleção, seja para produção de leite, sólidos, CCS e demais características importantes na bovinocultura leiteira (PETRINI et al., 2016).

A interação que existe entre as características leiteiras, gera um importante impacto econômico no campo e na indústria, devido a isso, a seleção dos animais deve considerar os efeitos herdáveis e correlacionados entre a produção de leite e demais características morfológicas e reprodutivas, para que assim, a melhoria das características possa ser alcançada através do progresso genético.

Tabela 2. Correlações genéticas entre características morfológicas e lineares com produção de leite.

Característica	Correlação com produção de leite	Referência
Estatura	0,32; 0,42; 0,21;	Rennó et al. (2003); Berry et al. (2004); DeGroot et al. (2002)
Força	-0,36; -0,10;	Rennó et al. (2003); DeGroot et al. (2002);
Profundidade corporal	0,36; 0,03	Berry et al. (2004); DeGroot et al. (2002);
Angulosidade	0,48; 0,19; 0,25	Berry et al. (2004); Esteves et al. (2004); *Cucco et al. (2017)
Ângulo de garupa	0,24; 0,62	Berry et al. (2004); DeGroot et al. (2002);
Largura de garupa	0,05; 0,37	DeGroot et al. (2002); Esteves et al. (2004)
Pernas vistas anterior	-0,08; 0,07; 0,28	Campos et al. (2015); DeGroot et al. (2002); Vukasinovic e Kunzi (1995)
Pernas vistas posterior	0,83; 0,23	DeGroot et al. (2002); Vukasinovic e Kunzi (1995)
Ângulo de casco	0,08; 0,30; 0,10	Berry et al. (2004); Esteves et al. (2004); Campos et al. (2015)
Inserção anterior de úbere	0,04; -0,31; -0,09	Rennó et al. (2003); Esteves et al. (2004); Campos et al. (2015)
Ligamento central	0,36; -0,04	Berry et al. (2004); Esteves et al. (2004)
Profundidade de úbere	-0,05; -0,10; -0,32	Berry et al. (2004); Esteves et al. (2004); Cucco et al. (2017)
Colocação tetos posteriores	-0,03; 0,09;	Campos et al. (2015); Esteves et al. (2004);
Colocação tetos anteriores	-0,09;	Esteves et al. (2004);
Comprimento de tetos	-0,14; -0,11; -0,10;	Berry et al. (2004); DeGroot et al. (2002); Esteves et al. (2004)

5 A GENÔMICA COMO FERRAMENTA NO MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL

Na produção animal, a genômica desempenha importante papel no estudo e compreensão das variações fenotípicas e genéticas das diferentes espécies de interesse zootécnico, bem como a identificação de diferentes mutações (ANDERSON E GEORGES, 2004) e de genótipos de interesse comercial, como é o caso dos polimorfismos das proteínas do leite e de doenças genéticas herdáveis. A seleção genômica é uma forma de seleção assistida por marcadores genéticos que estão distribuídos todo o genoma, estes podem ser utilizados para identificar as regiões de QTL (*Quantitative Trait Loci*) que estejam em desequilíbrio de ligação com pelo menos um marcador (GODDARD E HAYES, 2007), em outras palavras, refere-se a tomada de decisão na seleção dos animais baseada nos valores genômicos estimados (do inglês GEBV – *Genomic Breeding Values*). É uma das ferramentas mais utilizadas na seleção dos animais em países desenvolvidos, tais como Estados Unidos, Canadá, Nova Zelândia, Austrália e vários outros países europeus (SILVA et al., 2014), a qual, proporcionou o aumento no ganho genético dos rebanhos leiteiros (COLE E SILVA, 2016; GADDIS et al., 2015) e redução no intervalo de gerações (WIGGANS et al., 2017).

A base para estimar os valores genéticos genômicos (GEBV), são os efeitos dos SNPs (*Single Nucleotide Polymorphism*), estimados a partir de uma população de referência (HAYES et al., 2009; PRYCE et al., 2011), combinada a uma matriz de relacionamento, ao genótipo e fenótipo desta população. A partir disso, é gerada uma equação de predição desta população referência, que é utilizada para, posteriormente, prever o GEBV das gerações futuras (HAYES et al., 2009), sem, obrigatoriamente, existir ou utilizar as informações de fenótipos destes. Resumidamente, para a população referência, será estimado um valor para cada marcador genético, que incide sobre determinada característica de interesse, estes valores serão utilizados para estimar os valores genéticos genômicos, somado ao efeito dos marcadores que o animal possui, nas gerações seguintes.

Desta forma, a combinação das informações de fenótipo, genótipo e pedigree, associado ao maior número de informações, contribuirá para aumentar a acurácia da previsão dos valores genômicos (VANRADEN et al., 2009). Existem diversas formas de prever os valores genéticos, tais como BLUP/GWS, bayesianos, quadrados mínimos e entre outros, e de acordo com Resende et al., (2010), o melhor método é aquele que reflete melhor a natureza biológica o caráter poligênico. O método de seleção genômica ampla (*Genome Wide Selection - GWS*) foi proposto inicialmente por Meuwissen et al., (2001), com o intuito de aumentar a eficiência

no melhoramento genético e acelerar o progresso genético. Estes autores compararam três métodos de estimação de valores genéticos, e encontraram maior precisão para os métodos bayesianos e BLUP em comparação com as análises de quadrados mínimos.

A GWS é interessante para as características de baixa herdabilidade, de forma a abranger todos os segmentos do genoma, a qual seleciona simultaneamente centenas ou milhares de marcadores, de forma que todos os genes de caráter quantitativo estejam em desequilíbrio de ligação com pelo menos uma parte dos marcadores (RESENDE et al., 2008). O BLUP/GWS assume os efeitos de QTL que possuem distribuição normal com variância constante para todos os segmentos do cromossomo (RESENDE et al., 2010), que diferentemente do processo tradicional do BLUP, não utiliza a matriz de parentesco baseada no pedigree (SCHAFFER, 2006), mas sim, uma matriz de parentesco estimada pelos marcadores (matriz $Z'Z$), sendo Z matriz de incidência para os efeitos dos marcadores (RESENDE et al., 2008).

Segundo Weller et al., (2017), a genômica possibilitou avaliar o potencial genético de touros jovens, mesmo antes de entrarem na idade reprodutiva. Este avanço contribuiu significativamente para o desenvolvimento da seleção genômica e na criação de banco de dados genômicos, que contribuíram para o aumento da comercialização de sêmen de touros entre países.

De acordo com Wiggans et al., (2017), foram genotipados mais de 1 milhão de bovinos da raça holandesa, para 30 características de interesse zootécnico. Os fenótipos foram coletados, armazenados e avaliados de forma independente para cada país e os dados foram processados pelo *Interbull*, na qual, as avaliações podem ser consultadas gratuitamente ou pela plataforma online do *Dairy Bulls* (Vanraden e Sullivan, 2010). Este número aumentou expressivamente no decorrer dos anos, de acordo com o CDCB (2017), até julho de 2017, o banco de dados dos Estados Unidos era composto por 2 milhões de genótipos, entre machos e fêmeas.

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), em parceria com outros centros de pesquisas e Universidades, desenvolveram um banco de dados com informações de fenótipos e genótipos e desenvolveram a base genética para raças leiteiras, que hoje é utilizada por inúmeros países nas estimativas dos valores genéticos e na seleção genômica dos rebanhos, sendo que, para raça Holandês, Jersey e Pardo Suíço, as primeiras avaliações genômicas oficiais foram lançadas em 2009 e para raça Guernsey foi em 2016 (WIGGANS et al., 2017).

Infelizmente o Brasil não participa desta base genética, por inúmeros motivos, mas o principal deles é a falta de informações fenotípicas dos rebanhos leiteiros nacionais. No entanto, o conceito da genômica no Brasil tem tomado grande proporção entre os técnicos, pesquisadores e empresas comercializadoras de sêmen. Devido a isso, e ao fato de que

praticamente todos os touros leiteiros comercializados no país são de origem estrangeira (em grande parte americana, canadense ou europeia), muito tem sido debatido sobre a seleção genômica. Mas para que este tipo de seleção possa ser efetivamente aplicado, alguns critérios, tais como o interesse e suporte técnico das empresas para os produtores rurais, incentivo financeiro para os custos com a genotipagem e a educação básica entre produtores, técnicos e pesquisadores para com a coleta e armazenamento de dados fenotípicos e de pedigree dos rebanhos.

5.1.1 Polimorfismos das principais proteínas do leite

Devido a sua composição química rica em nutrientes, o leite fornece inúmeros benefícios a saúde humana e para indústria é utilizado como matéria prima no processamento de subprodutos lácteos. As caseínas são os principais constituintes do leite responsáveis pelo rendimento no processamento industrial (VISENTIN et al., 2017) e identificar os genes que codificam estas proteínas pode ser útil na seleção dos animais (STIPP et al., 2013).

Os alelos são diferentes versões de uma sequência de DNA, em um determinado local no cromossomo, chamado de *locus* (STIPP et al., 2013) e a existência de dois ou mais alelos em um determinado locus são chamados de polimorfismos (NICHOLAS, 2011). Através da genômica é possível investigar o comportamento destes polimorfismos na expressão do fenótipo, diante disto, os genes responsáveis pela codificação das caseínas foram identificados e estudados, e atualmente podem ser utilizados como critérios de seleção dos animais nos programas de melhoramento genético (SANTOS e RODRIGUES, 2013).

As principais proteínas presentes no leite bovino são as caseínas (CN) (α -S₁, α -S₂, β e κ), que são expressas pelos genes CSN1S1, CSN1S2, CSN3 e CSN2, e as lactoglobulinas (LG, variantes α e β), correspondentes aos genes LALBA e LGB para as lactoglobulinas (AHMED et al., 2017; FERRETTI et al., 1999). Estas proteínas e o seu comportamento genético tem sido estudado ao longo do tempo com o intuito de identificar os genes responsáveis pela sua expressão e os genótipos associados a produção de leite, sólidos e rendimento lácteo (ERHARDT, 1993).

Nilsen et al., (2009), em estudo com gado Vermelho Norueguês, confirmam a ação dos genes CSN1S1, CSN2 e CSN1S2 na produção de caseína e identificaram seis haplótipos para CSN2, sendo que, quatro deles apresentaram efeitos positivos sobre o rendimento de proteína e de produção de leite. Em geral, estes pesquisadores encontraram oito haplótipos com efeitos positivos sobre a produção de leite e de proteínas, sendo que o alelo C no gene CSN2 obteve

uma maior associação e positiva com o rendimento lácteo e proteico do leite, diferentemente dos alelos A e G. Poulsen et al., (2013), também encontraram fortes associações entre estes genes no potencial de rendimento e coagulação do leite em vacas dinamarquesas, inclusive para o gene CSN3, no entanto, os genes que obtiveram maior efeito sob a coagulação do leite foi o CSN1S1 com o alelo C, CSN2 B e, principalmente o gene CSN3 B, que foi relacionado ao maior teor de κ -caseína (κ -CN). Resultado este que está de acordo com o encontrado por Alim et al., (2014), que sugeriram que o gene CSN3 é um importante candidato nos estudos com as características de produção de leite e como critério nos programas de seleção em bovinos leiteiros.

Em um estudo com modelos de regressão aleatória, adaptada a lactação, Visentin et al., (2017), identificaram diferentes associações das características de qualidade do leite e de rendimento lácteo, no entanto, estes resultados podem não apresentar alta precisão, devido a necessidade de recursos para medir estas características de qualidade e conduzir um projeto de estudo nessa área e além disso, as diferentes frequências alélicas e genótípicas relatadas na literatura, dificultam concluir qual alelo e genótipo estão associados a estas proteínas.

De acordo com Gamba et al., (2013), em estudo realizado com animais cruzados (Holandês x Jersey) x Holandês, afirmam que a produção de κ -CN e β -lactoglobulina (β -LG) são reguladas pela atividade de quinase e fosfatase, incluindo mecanismos que regulam a matriz celular. Através da leitura do genoma, estes autores encontraram uma arquitetura genômica complexa para as características de composição do leite e identificaram SNP's (*Single Nucleotide Polymorphism*) em diferentes cromossomos e várias vias que contribuem para a concentração destas proteínas. Por mais complexo que seja o entendimento da expressão gênica destas características e como elas interagem entre si e com outras características, os autores concluem que estas características podem ser utilizadas nos programas de melhoramento genético para melhorar a produção de leite e o rendimento.

É possível também estimar parâmetros genéticos para estas características qualitativas, tais como herdabilidade e correlação genética, como descrito por Sanchez et al., (2017), que encontraram valores de média a alta magnitude para as frações proteicas do leite em três diferentes raças (Holandês, Montbéliard e Normando). Neste mesmo estudo, os autores identificaram que, para as três raças, a β -LG foi a característica com maiores coeficientes de herdabilidade (0,61 a 0,68), para as caseínas os valores variaram de 0,30 a 0,67 para a variante S₁, 0,25 a 0,58 para S₂ e 0,32 a 0,55 para κ -CN. Em relação as correlações genéticas, Sanchez et al., (2017), encontraram fortes associações e positivas entre a quantidade de proteína do leite com as frações proteicas das caseínas e lactoglobulinas, para as três raças estudadas, a qual,

variaram de 0,52 a 0,99. No entanto, para as concentrações destas proteínas, as correlações encontradas, em geral foram próximas a zero ou de baixa magnitude e negativas, exceto para a β -LG que foi correlacionada negativamente de magnitude moderada com as caseínas tipo α -S₁ e S₂ e β -CN (-0,08 a -0,33) e foi mais forte com a κ -caseína (-0,55 a -0,75) e para α S₂-CN em relação a β -CN e κ -CN, que variou de -0,51 a 0,49.

Da mesma forma que o estudo anterior, Gebreyesus et al., (2016) encontraram correlações genéticas negativas e de baixa a alta magnitude entre as concentrações de caseínas e lactoglobulinas, na qual, α -S₁-caseína (α -S₁-CN) se correlacionou fortemente com β -CN (-0,70) e α -S₁ com α -S₂ (-0,45), poucas correlações positivas foram encontradas, sendo as mais importantes entre a β e κ -CN (0,38). E as herdabilidades variaram de baixa a alta magnitude, na qual, para κ -caseína, α -S₁ e S₂ e β -lactoglobulina os valores estimados foram de 0,79, 0,14, 0,36 e 0,56, respectivamente. O mesmo foi relatado por Buitenhuis et al., (2016), que encontraram herdabilidade de média a alta magnitude para concentração de proteína (0,47), percentual de caseína (0,43), κ -CN (0,77), β -CN (0,58) e β -LG (0,58) em gado Holandês e para Jersey a maior herdabilidade encontrada foi de 0,70 para percentual de proteína e 0,52 para concentração de caseína. Embora foram relatadas correlações genéticas negativas entre as concentrações de proteína e as variantes, as altas correlações genéticas e a capacidade de serem herdáveis, podem ser utilizadas como critérios de seleção dos animais nos programas de melhoramento genético, sendo possível geneticamente alterar a concentração e produção destas proteínas na composição do leite (SCHOPEN et al., 2009).

Estudos como o de Perna et al., (2016), mostraram que os haplótipos para as caseínas influenciam na composição de leite e nas propriedades de rendimento na fabricação de queijos. Segundo estes autores, no gado da raça Holandês, os haplótipos que influenciaram na maior produção de proteína e gordura e maior teor de matéria seca foi o leite BB-A²A²-BB, dos genes *CSN1S1*, *CSN2* e *CSN3*, respectivamente (α S₁, β e κ -CN, respectivamente), em comparação com outros genótipos avaliados. Da mesma forma ocorreu para as propriedades de coagulação, que foram melhores para este genótipo, que consequentemente, apresentou maior capacidade de rendimento na fabricação de queijo.

Gustavsson et al., (2014), realizaram uma pesquisa com 3 raças de vacas (Holandês-HO, Jersey-JE e Sueca Vermelha-SV), e encontraram diferentes frequências alélicas e genótípicas para as proteínas do leite. As maiores frequências encontradas de α S₁-CN foi BB para HO e SV, e BC para JE, para β -CN foi A¹A¹ para HO, A¹A² para SV e A²A² para JE e para κ -CN foi o genótipo AA para HO e SV, e BB para JE. Para a concentração de β -LG na raça Sueca Vermelha e Holandês, foi maior no genótipo BB-A¹A²-AB, diferentemente dos animais da raça

Jersey, que apresentaram maior concentração no genótipo BB-BB-BB. Em relação a α -S₂-CN, no rebanho Holandês, o genótipo que apresentou maior concentração foi o BB-A²I-AB e para Jersey foi CC-A²A²-BB. Esse comportamento não foi o mesmo para κ -caseína, na qual, os genótipos BB-A¹A²-AA, BB-A¹A²-AB e BB-BA²-AB apresentaram maiores concentrações na raça Holandês, diferentemente na raça Sueca Vermelha, na qual todos os genótipos, exceto BB-A²A²-AA, apresentaram concentrações relativamente altas e nas fêmeas Jersey, o genótipo BC-A¹A²-BB apresentou as maiores concentrações. Todas as caseínas e lactoglobulinas, salvo algumas exceções, foram associadas por diferentes genótipos nas três raças estudadas e os autores concluem que as raças Holandês e Sueca Vermelha foram semelhantes quanto as frequências dos genótipos das caseínas e que os genótipos BB-A²A²-AA, com frequências de 30 e 15%, resultaram em leite com menores concentrações de κ e β -caseína.

Semelhante a estes resultados, Ren et al., (2011), encontraram maior frequência do genótipo AA em gado Holandês (alelo A com maior frequência) e BB em Jersey (68% de frequência do alelo B), para κ -caseína e para β -lactoglobulina, as maiores frequências foram do genótipo BB para Holandês e Jersey (alelo B com maior frequência em ambas as raças). Segundo os autores, o alelo B no locus da κ -caseína e o genótipo BB para β -LG estão associados aos maiores teores de caseína e gordura no leite e consequentemente maior rapidez de coagulação. Da mesma forma foi relatado por Vallas et al., (2012), que encontraram em animais da raça Holandês maior associação do alelo B da κ -CN com as características de coagulação do leite e o haplótipo BI para β e κ -CN com maior efeito de firmeza da coalhada e na concentração de proteína, sendo que os genótipos A2A2AA e A1A2AA se apresentaram em maior frequência (20% da população), na qual, outros 31 genótipos foram inferiores a 8% e destes, 20 foram menores que 1% em um total de 344 animais avaliados. Estes resultados estão de acordo com os relatados por Bonfatti et al., (2010), que trabalharam com animais da raça Simental, e concluíram que o genótipo BB também obteve maior associação com o aumento do teor e da quantidade de caseínas no leite, sendo o alelo B aquele que apresentou maior efeito no conteúdo de β -LG.

Em dois estudos realizados no Brasil, Stipp et al., (2013) e Botaro et al., (2009) encontraram resultados interessantes referente a associação das caseínas com a produção de leite. Botaro et al., (2009) trabalharam com avaliação de haplótipos para κ -CN e encontraram maior frequência para o genótipo AA (66,83%), seguido de AB e BB (31,84 e 1,33 %, respectivamente) para a raça Holandês (603 animais estudados), e na raça Girolando (276 animais), encontraram maior predominância do genótipo AA (71,38%), seguidos de AB e BB (27,90 e 0,72%, respectivamente) e em ambas as raças, o alelo A foi mais frequente que o B, no

entanto, as vacas com genótipos AB e BB apresentaram maior teor de gordura no leite em relação ao genótipo AA. Stipp et al., (2013), realizaram uma pesquisa semelhante e encontraram resultados que vão de acordo com os relatados anteriormente, na qual, o genótipo AA apresentou maior frequência para as raças Holandês e Girolando (37% e 63%, respectivamente), com maior associação do alelo B para produtividade leiteira, diferentemente para raça Jersey, que obtiveram maior frequência do genótipo BB.

Stipp et al., (2013) também avaliaram as frequências da β -LG nas três raças, e encontraram valores diferentes em relação a κ -CN, na qual, os genótipos AB foram mais frequentes nas raças Holandês e Girolando (58 e 45%, respectivamente), e BB para Jersey (45%), com maior afinidade para produção de leite os alelos B da β -LG para Holandês e Girolando, e do alelo A para Jersey.

Nota-se com estes resultados que ainda existem divergências na literatura quanto aos genótipos e os alelos associados as proteínas do leite, mas é evidente que determinados genes em determinados loci no cromossomo são responsáveis pela expressão das características de qualidade do leite e este marcador pode ser utilizado como critério de seleção dos animais leiteiros. Apesar dos diferentes perfis alélicos e genotípicos relatados pelos estudos, o alelo B e C, possivelmente, estão associados a produção de grande parte das proteínas e gordura presentes no leite e o alelo A estaria mais relacionado ao volume de leite. Diante disto, é primordial que mais estudos sejam realizados com vistas em explorar a fração genética da qualidade do leite para que os programas de melhoramento genético utilizem estas informações como base de pesquisa e como critério de seleção dos animais.

5.1.2 Haplótipos para doenças genéticas

A genômica facilitou o processo de seleção dos animais. Com isto, é possível estimar o valor genético dos animais e estimar a capacidade de transmissão de inúmeras características de touros e fêmeas para as suas progênes. Atualmente é possível não só conhecer o perfil genético de um rebanho, mas também identificar facilmente os animais que são portadores de doenças genéticas herdáveis e utilizar esta informação como critério de seleção, sabendo que estas doenças estão atreladas a redução da vida produtiva, produção de leite e fertilidade dos mesmos (MEYDAN et al., 2010; NASREEN et al., 2009).

O Fator XI (FXI) é uma das doenças que já foi identificada em diversos mamíferos, como humanos, bovinos, cães e gatos (CITEK et al., 2008), consiste na deficiência de uma proteína plasmática FXI que participa na coagulação sanguínea e está associada ao excesso de hemorragia (MEYDAN et al., 2009; GHANEM & NISHIBORI, 2009). Esta doença é autossômica recessiva, na qual os animais heterozigotos são os portadores (MARRON et al., 2004), sendo que estes animais e os homozigotos poderão apresentar sintomas da redução da atividade da FXI (GENTRY & BLACK, 1980), tais como sangramento prolongado, presença de sangue no leite e colostro, menor desempenho reprodutivo e maior susceptibilidade a pneumonia, mastite e metrite (MEYDAN et al., 2010).

A síndrome brachyspina bovina (BS) é outra doença genética interessante a ser identificada nos rebanhos leiteiros. É um distúrbio hereditário autossômico recessivo, letal em homozigose por causar aborto no início da gestação ou, em casos raros, bezerros mumificados (FANG et al., 2013). Em um estudo de caso realizado por Agerholm e Peperkam (2007), foram relatados três casos desta doença em animais da raça Holandês, na qual, relataram uma série de problemas gerados em bezerros abortados em final de gestação. Segundo os autores, nos três casos estes animais foram abortados por volta dos 288 a 290 dias de gestação e apresentaram retardo no crescimento, encurtamento da coluna vertebral com membros muito alongados, além de defeitos nos órgãos internos, como displasia renal e atresia intestinal. Foi comprovado o caso de Brachyspina, pois todos os testes realizados para outras possíveis doenças, como o Complexo de Má Formação Vertebral (CVM), foram negativos e embora a BS e a CVM apresentem semelhanças fenotípicas em relação a malformação, os autores citam que os bezerros abortados por conta da BS possuem menor peso e as lesões vertebrais são mais difundidas e graves que na CVM.

Pelo fato da Brachyspina ser uma doença com estudos recentes em bovinos da raça Holandês, poucos são os trabalhos disponíveis da literatura que relatam o seu caso, no entanto, já foram identificados casos na China (FANG et al., 2013), Canadá (AGERHOLM et al., 2010), Itália (TESTONI et al., 2008), Holanda e Dinamarca (AGERHOLM e PEPERKAM, 2007), que também relataram malformações vertebrais e abortos ao longo da gestação. É importante que esta doença seja estudada e a informação difundida, pois ainda é difícil o diagnóstico em bovinos Holandês por apresentar sintomas semelhantes à de outras doenças e exigir que seja realizado inúmeros testes clínicos e de análise do DNA além da avaliação do pedigree dos animais suspeitos.

Recentemente, haplótipos recessivos relacionados as reduções de fertilidade e perdas embrionárias em homozigose, foram relatados por VanRaden et al., (2011), que identificaram

três haplótipos para Holandês (HH1, HH2 e HH3), um para Jersey (JH1) e outro para Pardo Suíço (BH1). Norman et al., (2012) comprovaram o efeito destes haplótipos na raça Holandês, na qual, registraram aumento de perdas embrionária aos 100 dias de prenhez para HH1 e HH2 e aos 60 dias para HH3. Para JH1 e BH1, os autores identificaram maiores perdas aos 60 e 80 dias após acasalamento, respectivamente. Fritz et al., (2013) também observaram perdas embrionárias devido ao efeito destes haplótipos em bovinos da raça Holandês e identificaram outros dois associados a problemas reprodutivos e ocorrências de aborto em rebanhos franceses, denominados HH4 e HH5, além de outros na raça Montbéliard e Normanda. Cooper et al., (2014) em um estudo com um banco de dados norte americano, identificaram outro alelo presente na raça Ayrshire (AH1) e ressaltam a importância na identificação dos animais portadores de haplótipos recessivos e que estes animais não devem ser incluídos nos acasalamentos, afim de evitar possíveis reduções no desempenho reprodutivo dos rebanhos. Cole et al., (2016) reforçam o impacto econômico devido a recessividade destes haplótipos e citam que o acasalamento entre animais recessivos deverá ser evitado, para que as progênes não apresentem baixa fertilidade e problemas reprodutivos, no entanto, animais portadores podem continuar a serem selecionados desde que não gere homozigose, ou seja, que não haja acasalamentos entre animais portadores.

Neste caso, o controle dos acasalamentos deverá ser realizado com o intuito de evitar que animais portadores destes alelos sejam utilizados nos programas de melhoramento genético, contudo, o controle alélico para estes haplótipos pode ser economicamente eficiente quando se utiliza índices direcionados as fêmeas e aos touros, como relatado por Segelk et al., (2016), que simularam um programa de acasalamento com um índice baseado no custo de perdas embrionárias em bovinos da raça Holandês na Alemanha, e identificaram que o melhor caminho para evitar problemas com estes haplótipos, em um rebanho com frequências alélicas variadas ou desconhecidas, é selecionar as fêmeas com base no desempenho reprodutivo (selecionar os melhores fenótipos para fertilidade) e os machos com base nas características de produção e desempenho, deste modo garantirá o ganho genético e o desempenho produtivo das fêmeas leiteiras.

Outras doenças genéticas de interesse zootécnico, com ocorrência em recessividade, podem causar sérios prejuízos econômicos devido a mortes embrionárias, aumento do índice de aborto e redução no desempenho reprodutivo, tais como o Complexo de Malformação Vertebral (CVM) e a DUMPS, que levam a morte embrionária e aborto em animais homozigotos (MEYDAN et al., 2010; SCHWENGER et al., 1993). A condrodisplasia ou nanismo, é uma doença que além de causar abortos, morte do bezerro no pós-parto e redução

da fertilidade, é caracterizada pela ossificação anormal, que leva a formação de bezerros com membros reduzidos e cabeça grande e achatada (COELHO et al., 2013; WRUSTER et al., 2012).

Em alguns casos, doenças geneticamente herdáveis são expressas após o nascimento dos animais, tais como Deficiência de colesterol (HCD), BLAD e Citrulinemia. O HCD é responsável pela redução dos níveis séricos do colesterol, que em animais homozigotos, até o quinto mês de idade apresentam redução do apetite, perda de peso, diarreia e morte e os animais heterozigotos podem apresentar baixos níveis de colesterol, em comparação com animais não portadores (KIPP et al., 2015; SCHUT et al., 2016). A BLAD é uma doença letal, que leva a morte de bezerros homozigotos em até 1 ano de vida e fêmeas com até 2 anos, devido a redução da imunidade decorrente da baixa produção leucocitária, que deixa os animais mais susceptíveis a graves infecções e morte (MEYDAN et al., 2010). E a Citrulinemia, afeta o ciclo da ureia em animais homozigotos, que após o primeiro dia de vida, os animais apresentam depressão, redução do consumo de alimento, movimentos lentos e entre o 3º e 5º dia de vida, apresentam sinais neurológicos graves e entram em colapso, que leva a morte (PATEL et al., 2006; MEYDAN et al., 2010). Estas doenças estão apresentadas na tabela 3, e assim como as discutidas anteriormente, são responsáveis indiretas pela redução da produtividade do rebanho devido a causarem distúrbios que levam a baixa taxa de fertilidade, aumento dos índices de aborto, baixa taxa de sobrevivência do recém-nascido e da redução da produção de leite. Diante disso, os trabalhos voltados para a identificação destes haplótipos devem ser realizados e difundidos, principalmente para as regiões que dependem de material genético externo, como é o caso do Brasil, que importa sêmen de touros leiteiros de outros países.

Tabela 3. Descrição das principais doenças genéticas relatadas em bovinos leiteiros.

Doença	Descrição	Autores
Complexo da Malformação Vertebral (CVM)	É uma mutação gênica pontual nas bases G-T no nucleotídeo 559 do gene <i>SLC35A3</i> , autossômica recessiva e herdável. Animais em heterozigose são portadores e tendem a apresentar baixa fertilidade e maior taxa de retorno ao estro. Desenvolve-se durante a gestação e leva ao aborto ou morte perinatal associada a anomalias vertebrais. Os sinais fenotípicos são encurtamento do pescoço e má formação das articulações nos membros anteriores e posteriores.	Berglund et al., (2004) Meydan et al., (2010) Kanae et al., (2005)
Condrodisplasia (nanismo)	Doença conhecida como nanismo, relatada em bovinos, cães, gatos e também em humanos. Caracteriza-se pela ossificação anormal, membros reduzidos e cabeça grande e achatada. São três tipos: tipo Dexter, que é a mais severa e letal em homozigose (causa aborto ocorre por volta do 7º mês de gestação) e ocorre em dominância incompleta; Telemark, causada por um gene recessivo autossômico, que causa a morte do bezerro após o parto; Braquicefálica, caracterizada por bezerros com cabeça pequena e arredondada, focinho curto e olhos proeminentes na lateral. Em grande parte dos casos ocorrem abortos, morte do bezerro no pós-parto e problemas reprodutivos. Os Heterozigotos: condrodisplasia com encurtamento dos membros; Animais normais: homozigotos recessivos.	Latter et al., (2006) Wurster et al., (2012) Coelho et al., (2013)
Deficiência de colesterol (HCD)	Responsável por causar distúrbios metabólicos na absorção do colesterol (redução nos níveis séricos do colesterol). Os bezerros homozigotos, até o 5º mês de idade, podem apresentar diminuição do apetite, perda de peso, diarreia e levar a morte. Animais heterozigotos podem apresentar baixos níveis de colesterol. Heterozigotos são portadores e os homozigotos manifestarão a doença.	Schutz et al., (2016) Kipp et al., (2016) Kipp et al., (2015) Saleem et al., (2016)

Deficiência da Adesão Leucocitária Bovina (BLAD)	É um distúrbio autossômico recessivo, causado por uma mutação pontual nas bases A–G do nucleotídeo 383 do gene <i>CD18</i>. Doença letal, que leva a morte de bezerros em até 1 ano de vida e de fêmeas com até 2 anos (baixa reprodução e desempenho leiteiro). É decorrente da expressão reduzida moléculas de adesão dos leucócitos, que leva a baixa imunidade. Os animais apresentam graves infecções que levam ao baixo desenvolvimento (gengivite, perda dos dentes, baixo peso), pneumonia e morte.	Meydan et al., (2010) Shuster et al., (1992) Ribeiro et al., (2000) Nasreen et al., (2009)
Citrulinemia	Doença que impede a síntese da enzima que catalisa a conversão de citrulina e aspartato em argininosuccinato no ciclo da ureia. Após primeiro dia de vida os animais apresentam depressão, má alimentação, movimentos lentos e entre o 3º e 5º dia de vida apresentam sinais neurológicos graves e entram em colapso (cabeça pressionada contra parede ou cerca, parecem estar cegos e podem desenvolver convulsões). Os homozigotos morrem na primeira semana de vida. É causada por uma mutação devido a transição da citosina em timina (CGA-TGA) no códon 86.	Meydan et al., (2010) Patel et al., (2006) Healy et al., (1990)
Deficiência da Uridina Monofosfato Sintase (DUMPS)	Transtorno hereditário autossômico recessivo letal. Causada por uma mutação pontual nas bases C-T no códon 405 no éxon 5. Leva a morte embrionária em homozigose. Doença que interfere na biossíntese da pirimidina (constituente do DNA e RNA) e leva a morte embrionária a aproximadamente 40 dias após a concepção (o embrião pode sobreviver até a fase de mórula ou blastocisto). Geralmente, o heterozigoto (portador) tende a apresentar atividade reduzida pela metade do valor normal da uridina monofosfato sintase.	Schwenger et al., (1993) Schwenger et al., (1994) Ghanem et al., (2006) Shanks e Robinson, (1989).

CAPÍTULO II

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de artigos, com suas formatações de acordo com as orientações das revistas em que serão submetidos.

MANUSCRITO I**Perfil genotípico de fêmeas bovinas da raça Holandesa para proteínas do leite e portabilidade de haplótipos recessivos no Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil.**

Autores: Fabrício Pilonetto, Aline Zampar, Diego de Córdova Cucco

De acordo com normas para publicação em:
Journal of Animal Breeding and Genetics

Genotypic profile of Holstein females for milk proteins and recessive haplotypes portability from Western Santa Catarina, Southern Brazil.

F. Pilonetto, A. Zampar, D.C. Cucco

SUMMARY

Genotyping in dairy cattle allows to know the alleles and genotype associated with important milk proteins. Furthermore, it is possible to identify animals with genetic disorders that affect the herds productivity. In Brazil, this information is generally attributed to bulls and little is known about the genetic profile of females. The objective was to characterize the genetic profile for the main milk proteins and the genetic diseases with important impact in dairy cattle. The database consists of genomic records of 391 Holstein females from the West of Santa Catarina, the second biggest milk producing region in Brazil. The allele and genotype frequencies, were calculated by direct counting and was verified the genic equilibrium, for three caseins (κ -CN I e II, e α -s1-CN) and β -lactoglobulin (β -LG). Haplotypes for genetic diseases were evaluated by descriptive method and the carriers frequency was calculated. Allele A and AA genotype showed the highest frequency for κ -CN I and II. For α -s1-CN, the B allele and BB genotype were the most frequent (85.3% and 80.26%, respectively). The AB genotype for β -LG was the most frequent in population (47.15%) and B allele showed the highest frequency. Brachyspina syndrome was the disease that presented the largest carriers amount (7.67% of females), followed by CVM (6.14% carriers). Five recessive haplotypes were found for Holstein cattle, of which HH1, HH3 and HH5, presented the highest frequencies (22%, 10% and 17%, respectively). For BLAD and HCD the frequencies were low, approximately 1.03% and 0.26% respectively. This dairy females population presents genotypic profile of proteins and technological properties interesting to produce dairy products. However, there are large presence of carriers animals for some genetic diseases, and these can reduce fertility and milk production.

KEY WORDS

allele, bovine females, genetic disorders, genotype, milk yield, proteins.

INTRODUCTION

Dairy cattle in Brazil is one of the main income-generating activities, especially in the Santa Catarina state and the Western region, which is the second biggest milk producing region in Brazil (IBGE, 2016), composed in great majority, by small rural properties. Milk industry has a strong influence on the milk quality and solids are important for it, especially proteins and fat, due to the yield for the manufacture of dairy products, for example the cheeses production (Bittante, Cipolat-Gotet, & Cecchinato, 2013; Cecchinato, Albera, Cipolat-Gotet, Ferragina, & Bittante, 2015). The caseins (CN), α -S1, α -S2, β , κ , and whey protein, α -lactalbumin (α -LA) and β -lactoglobulin (β -LG) are the major variants of bovine milk protein (Visker et al., 2010). These are codified by the genes *CSN1S1* (α -S1-CN), *CSN1S2* (α -S2-CN), *CSN2* (β -CN) and *CSN3* (κ -CN) for the caseins, and for lactoglobulins e lactalbumin, *LALBA* (α -LA) and *LGB* (β -LG) respectively (Ahmed et al., 2017; Ferretti, Leone, & Sgaramella, 1990).

These proteins were studied over time to identify the genotypes associated with the industrial characteristics of milk (Erhardt, 1993). Thus, different alleles and genotypes were associated with the caseins variants and their influence on the dairy products production. Nilsen et al., (2009) found that eight haplotypes are associated with milk and protein production in which the C allele was associated with the *CSN2* gene for increased milk production. Similarly, Poulsen et al., (2013) reported a strong association of the C allele of *CSN1S1* gene and B allele of *CSN3* gene for better milk coagulation and higher κ -CN content. Although a large part of the literature indicates that alleles B and C are associated with higher caseins production and lactoglobulins, there are few scientific reports regarding the milk proteins allelic and genotypic frequency in Brazilian herds, being unknown in the studied region.

Some genetic diseases were indirectly associated with reduced productivity due to decreased reproductive performance and animals longevity (Meydan, Yildiz & Agerholm, 2010; Nasreen, Malik, Riaz, & Qureshi, 2009). These diseases are genetically inheritable and reduce the animals reproductive efficiency, they are Brachyspina syndrome (Agerholm, & Peperkam, 2007), Holstein recessive haplotypes (HH1, HH2, HH3, HH4 and HH5) (Vanraden, Olson, Null, & Hutchison, 2011), Haplotype cholesterol deficiency (HCD) (KIPP et al., 2016), Bovine leukocyte adhesion deficiency (BLAD) (Meydan et al., 2010) and Complex vertebral malformation (CVM) (Kanae, Endoh, Nagahata, & Hayashi, 2005).

Brazil commonly imports the genetic material of dairy bulls from countries that provide genomic evaluation for the identification of recessive haplotypes carriers, however, there are

no scientific reports on the portability of these haplotypes in bovine females from Western Santa Catarina state.

Due to the importance that milk proteins have in milk industrialization, the impact of genetic diseases and the possibility of knowing the genetic profile and thus, improving the selection of dairy cattle, this study objective was to verify the genetic profile for the main milk proteins and the genetic diseases that impacts in dairy cattle.

MATERIALS AND METHODS

The database consists of 391 Holstein females genomic records, born between 2008 and 2015, from 30 properties in the Western region of Santa Catarina state, Southern Brazil. The genomic results were generated by the genetic evaluation of the US Department of Agriculture/ Council on Dairy Cattle Breeding (USDA-CDCB).

Statistical analysis

Allele and genotype frequencies were calculated for four genetic variants of milk protein, κ -casein I and II (κ -CN I and II), α -s1-casein (α -s1-CN) and β -lactoglobulin (β - LG). These frequencies were estimated by direct counting and it was verified if the population was in Hardy-Weinberg equilibrium (EHW) by the chi-square test (χ^2), calculated by the statistical program RStudio® versão 1.0.136.

The haplotypes frequency for genetic diseases in the population was calculated by means of the descriptive method, through the carriers identification. The following haplotypes were studied: Chondrodysplasia, Citrullinaemia, Deficiency of Uridine Monophosphate Synthase (DUMPS), Factor XI deficiency, Complex vertebral malformation (CVM), Bracyspina, Haplotype Cholesterol Deficiency (HCD), Bovine leukocyte adhesion deficiency (BLAD), Holstein recessives haplotypes HH1, HH2, HH3, HH4 e HH5.

RESULTS

Table 1 shows the results for allele and genotype frequencies for the four milk proteins studied. For κ -casein I and II, the highest frequency was for allele A (0.767 and 0.899, respectively), and for κ -casein I, genotype AA was the most frequent in the population, nearly 56.77%, followed by AB and BB genotypes (39.84 and 3.39%, respectively). Likewise, for κ -

casein II, the highest frequency was for AA (80.36%), followed by AB (19.05%) and the lowest frequency for BB (0.59%). For α -s1-casein, the genotyping test detected the presence of three alleles (A, B and C) that presented different distributions in the studied population, in which the B allele showed the highest frequency (0.853), followed by A and C (0.115 and 0.031, respectively). The BB genotype for α -s1-CN was the most frequent, with approximately 80.26%, followed by AA (9.49%), BC (6.15%) and AB (4.10%). For β -lactoglobulin, AB genotype was the most frequent (47.15%), followed by BB and AA (30.05 and 22.80%, respectively), and B allele greater predominance (0.536).

According to the χ^2 test, κ -casein II and β -lactoglobulin are in genetic equilibrium (HWE) in the studied population. For κ -casein I and α -s1-casein, there was significant difference in the χ^2 test, in which α -s1-CN was highly significant ($P < 0.005$) and κ -CN was significant ($P < 0.05$).

The haplotypes frequencies of genetic diseases are described in table 2. There were found no female carriers for Chondrodysplasia, Citrulinemia, DUMPS and Factor XI. The Brachyspina syndrome was the disease that presented the highest frequency of carriers animals, in which 30 females out of a 391 total were identified as having this disease (7.67% of the population), followed by the CVM, 24 carriers (6.14%). For BLAD, four from 390 genotyped females were identified as carriers, representing 1.03% of the population. Five haplotypes were identified for the Holstein breed, in which, HH1 was the most frequent haplotype, followed by HH5 and HH3 (22, 17 and 10 carriers, respectively) and with the lowest frequencies, HH4 and HH2 (0.51% and 0.26%, respectively). It was found a low frequency of carriers in the population for HCD. Of the 337 animals evaluated, 5 (1.28%) were identified as carriers and only 1 (0.26%) as a suspect carrier for the HCD haplotype.

DISCUSSION

The genetic portion responsible for the expression of milk quality traits in dairy cattle, has been extensively studied because milk proteins variants affect dairy products manufacture. Vallas et al., (2012), in a study with a Holstein cattle population in Estonia, identified higher frequency for genotype AA for κ -CN, and genotypes associated with the B allele showed greater coagulation capacity and protein percentage in milk. Gustavsson et al. (2014) also found higher frequency of AA genotype in Holstein cattle from Denmark and greater association of AB genotype with κ -CN concentration in milk.

In Brazil, Bataro et al., (2009), analyzed samples of 603 Holstein and 276 Girolando cows, of eleven commercial dairy herds, from the Pirassununga region, São Paulo state, found a greater predominance of the AA genotype for κ -CN in Holstein (66.83%) and Girolando (71.83%). Stipp, Bignardi, Poli-Frederico, Silveira, & Costa, (2013), in herds from the Tamarana, Paraná state, Brazil, found similar frequencies between AA, AB and BB genotype in Holstein cattle (nearly 30%, of total 38 animals), in which, AB genotype was associated with higher quantity of milk and BB with fat volume.

In the present study, the allele A was the most frequent for κ -CN I and II (approximately 0.767 and 0.899, respectively), followed by AB genotype (39.84 and 19.05, respectively) and BB (3.39 and 0.59%, respectively). These results corroborate with other authors studies and according to the presence of genotypes bound to the κ -CN B allele, it is suggested that this herd has genetic potential to produce milk with desirable properties for the industrial dairy products manufacture. According to these results, the population can present milk production with higher protein content in relation to the fat content, due to the higher frequency of AB genotype in relation to BB. Therefore, due to the presence of genotypes linked to the B allele of the κ -CN variant, it is suggested that this herd has genetic potential for the milk production with desirable properties for the industrial manufacture of dairy products.

Poulsen et al., (2013) and Perna, Intaglietta, Gambocorta, & Simonetti (2016), affirm that the genotypes linked to the B allele of κ -CN have greater milk coagulation capacity and yield in milk derivatives production, mainly cheeses. The same was reported for α -s1-CN, in which, Poulsen et al. (2013) identified two allelic types in Holstein, B and C herds, and found significant difference in rennet coagulation time and curd firming rate for two alleles. Perna et al., (2016), found greater association between milk yield and BB-genotype of α -s1-CN.

Three alleles were found for α -s1-CN (A, B and C) and the BB genotype presented the highest frequency (80.26%) and 0.853 to the B allele. Gustavsson et al., (2014) reported similar frequency for BB genotypes, and BB/AA (α -CN/ κ -CN) was associated with greater amount of the α -s1-CN variant in milk, in Swedish Red, Holstein and Jersey cattle from Sweden and Denmark. As for α -s1-CN, the results indicate the potential from Santa Catarina herd for milk production with important technological properties to produce cheese, due to mainly the higher frequency of the BB genotype and the B allele, which result in animals that will produce milk with better coagulation capacity.

The β -LG is the protein present in milk whey, as well as caseins, is an important industrial component for dairy industry, responsible for milk processing yield. In this study, higher frequencies of AB genotype (47.15%) were found, followed by BB and AA (30.05 and

22.80%, respectively) and B allele was the most frequent (0.536). Similar results were reported for Simental cattle, in which was found a higher genotype frequency for AB (46.6%), followed by AA and BB (30.6% and 21.3%, respectively) (Bonfantti, Di Martino, Cecchinato, Vicario, & Carnier, 2010), however, the highest frequency was for allele A (0.543). These authors reported in their research a positive effect on the casein contents increase and whey protein reduction. Similarly, Bedere & Bovenhuis (2017) and Heck et al., (2009) found a positive effect of the β -LG haplotype on casein contents and B-allele effect in reducing the content of this variant, and the allele A presented opposite effect for these components. These authors suggest the animals selection for the β -LG variant B to improve the protein indices and the milk industrial properties.

Hallén, Wedholm, Andre, & Lund (2008), also reported the association of the β -LG B allele with caseins and whey protein. In addition, homozygous animals BB show lower content of β -LG than heterozygous AB, and β -LG variants A and B were expressed in higher proportion in heterozygous animals. Similarly, Poulsen et al. (2017), in Swedish native cattle, found less amount of β -LG associated with the genotypes AA and AB, and the BB animals showed higher casein content. Results found by Heck et al. (2009) suggest that selection for genotype BB will result in animals that produce milk more suitable for cheese production.

Apparently, β -LG alleles A and B are found more frequently in dairy herds and are strongly associated with milk protein composition and industrial milk yield. Results found in the literature suggest that the selection of animals for β -LG can be made according to the industry needs, since heterozygous animals for β -LG may have protein composition and milk yield, especially the BB genotype, which can result in higher casein content in milk. Thus, the results found in this study indicates that this population may produce milk with desirable properties for cheese production, due to the greater number of AB and BB animals (47.15% and 30.05%, respectively).

The four protein variants were tested for Hardy-Weinberg equilibrium. According to the results, only κ -casein II and β -lactoglobulin are in genic equilibrium, in other words, there was no selection, migration or mutation process for these proteins, which is expected, since in Brazil, it is not common to select for protein variants. In addition, the A allele of κ -CN II and the α -s1-CN B are close to the fixation and, due to the low frequency found, it may be difficult to change their frequencies in the population (ONER & ELMACI 2006). On the other hand, the frequencies of β -LG and κ -CN I, can be more easily changed due to their greater distribution in the population. This information may contribute to the animals selection, due to the importance that the B-allele of β -LG and κ -CN have on the protein concentration and yield capacity in the

dairy products manufacture, mainly cheese (REN et al., 2011; PERNA et al., 2016; GOUDA et al., 2013; HECK et al., 2009).

Haplotypes of genetic diseases

In Brazil, it is possible to select the bulls based on the diseases portability information, due to the purchase of imported genetic material. The genetic disorders known in cattle are mainly caused by autosomal recessive genes, genetically inherited and expressed in homozygotes (Meydan et al., 2010). These genetic diseases can cause congenital malformations (Latter, Latter, Wilkins, & Windsor, 2006), and reproductive performance reduction (Nasreen et al., 2009).

In this study, were not identified haplotype carriers for Chondrodysplasia, Citrullinaemia, DUMPS and Factor XI Deficiency. Latter et al., (2006) reported the occurrence of chondrodysplasia in Angus cattle in northern New South Wales, Australia. In Brazil there are reports on the presence of animals with this disease in Jersey and Shorthorn cattle, and Murrah buffalo (Marcolongo-Pereira, Schild, Soares, Vargas Junior, & Riet-Correa, 2010; Coelho et al., 2013).

Citrullinaemia was identified in the Australian Holstein-Friesian cattle population (Healy, Happer, & Dennis, 1990; Winderson & Aerholm, 2009), just one Holstein milk bull in United States (Robinson, Burns, Magura, & Shanks, 1993) and 0.23% of a 868 Holstein bulls population from China and, in this same population, reported the presence of approximately 0.12% of animals with DUMPS (Sun et al., 2011). For the Factor XI deficiency, Meydan et al. (2010) identified 1.2% carriers of 350 total Holstein cows in Turkey. In Brazil, there are no scientific reports on the haplotypes portability for Citrullinaemia, DUMPS and Factor XI deficiency, in bovine herds.

In the present study, the highest carrier frequency was for CVM and Brachyspina syndrome (BS) (6.14% and 7.67%, respectively). BS has already been reported in other countries, such as, Canada (Agerholm et al., 2010), Italy (Testoni, Diana, Olzi, & Gentile, 2008), China (approximately 4.85% bulls and 2.21% cows which were evaluated) (Fang et al., 2013), Holland and Denmark (Agerholm & Peperkam, 2007). Similarly, the CVM was identified in Chinese herds (7.72%), Turkey (3.4%), Switzerland (23%, 228 bulls total) and Denmark (Sun et al., 2011; Meydan et al., 2010; Berglund et al., 2004; Agerholm et al., 2001).

The presence of CVM (1.53%) in Brazil was detected in Girolando cattle (Paiva et al., 2013), and for BS, there are no scientific reports on portability in herds. These two diseases

have similar phenotypic symptoms, such as abortions recurrent during gestation, low birth weight, congenital malformations, and vertebral development abnormalities. According to this study results, milk producers in the region should be attentive to the females selection, to avoid the spread of CVM and BS and to reduce the carriers frequencies.

Regarding haplotypes frequencies for BLAD and HCD, Sun et al., (2011), found similar frequency to this study for BLAD, in a Chinese population of Holstein bulls (approximately 1.38% carriers). Also, were reported cases of carriers in Pakistan (Nasreen et al., 2009), Turkey with 4,0% of carriers (Meydan et al., 2010) and United States, with high percentage of bulls (15%) and cows, approximately 6% carriers (Shuster, Kehrli Junior, Ackermann, & Gilbert, 1992). In Brazil, Paiva et al., (2013) found a lower carriers frequency for BLAD (0,77%) than that study. Ribeiro, Baron, Martinez, & Coutinho (2000), in a 88 Holstein cows population, found frequency of 5.7% of BLAD carriers.

For HCD there are no scientific reports of animal carriers for this disease in Brazil. However, were reported higher frequencies in other countries for Holstein cattle, for example in Germany, with approximately 4.2% of carriers in Holstein population (Kipp et al., 2016) and 3% in Holstein-Friesian from Poland (Kaminski & Rusc, 2016).

In addition to the genetic diseases associated with the fertility reduction, some authors found recessive haplotypes that cause, mainly, embryo loss and abortion in homozygous dairy cows, at 60 to 180 days after insemination (Norman, Miller, Wright, Hutchison, & Olson, 2012). VanRaden et al., (2011) were the first to identify three haplotypes in Holstein cattle, called HH1, HH2 and HH3, later, Fritz et al. (2013) discovered two other haplotypes (HH4 and HH5).

This study identified the presence of five haplotypes in the population and higher carriers frequency for HH1, HH2, HH3 e HH5. The effect of these haplotypes is economically important and scientific reports indicate that is no phenotypic difference between carriers and non-carriers. In addition, scientific researches show possible reductions in genomic values for milk and solids production traits and reduced longevity, decreasing pregnancy rate of daughters and conception of heifers and cows (Cole, Null, & VanRaden, 2016).

These results imply not only in the reproductive and productive losses of the herds, but also directly affect the economy, due to the increase in the reproductive management costs of the herd (Cole et al., 2016; Segelk, Taubert, Reinhardt, & Thaller, 2016). Moreover, the dairy herds genomic evaluation, especially the presence of genetic diseases carriers, prevent recessive mating (Cole et al., 2016). However, in populations where the genome is unknown, the females selection can be made through the best phenotypes for fertility and for bulls, according to the

productive performance, thus reducing the impact of these genetic disorders effects and allowing genetic progress to occur (Segelk et al., 2016). In Brazil, there are not scientific reports on the portability of these recessive haplotypes and the results found in this study are relevant for the animals selection, mainly to the West of Santa Catarina.

In conclusion, the dairy females herd from Western Santa Catarina presents genotypic profile of proteins and technological properties interesting to produce dairy products, due to the alleles and genotypes frequency associated with higher industrial yield and milk production. However, the presence of carriers for some genetic diseases, can negatively affect fertility and milk production. This information can be used as animals selection criterion, to reducing the carriers animals frequency and prevent the recessive haplotypes to be transmitted for progeny.

REFERENCES

- AGERHOLM, J. S., BENDIXEN, C. B., ANDERSEN, O., & ARNBJERG, J. (2001). Complex vertebral malformation in Holstein calves. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 13, 283–289. doi: 10.1177/104063870101300401.
- AGERHOLM, J. S., DELAY, J., HICKS, B., & FREDHOLM, M. (2010). First confirmed case of the bovine brachyspina syndrome in Canada. *The Canadian Veterinary Journal*, 51, 1349-1350.
- AGERHOLM, J., & PEPERKAMP, K. (2007). Familiar occurrence of Danish and Dutch cases of the bovine brachyspina syndrome. *BMC Veterinary Research*, 3, 8. doi: 10.1186/1746-6148/3/8.
- AHMED, A. S., RAHMATALLA, S., BORTFELDT, R., ARENDS, D., REISSMANN, M., & BROCKMANN, G. A. (2017). Milk protein polymorphisms and casein haplotypes in Butana cattle. *Journal Applied Genetics*, 58, 261-271.
- BEDERE, N. & BOVENHUIS, H. (2017). Characterizing a region on BTA11 affecting β -lactoglobulin content of milk using high-density genotyping and haplotype grouping. *BMC Genetics*, 18, 17. doi: 10.1186/s12863-017-0483-9.
- BERGLUND, B., PERSSON, A., & STÅLHAMMAR, H. (2004). Effects of complex vertebral malformation on fertility in Swedish Holstein cattle. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 45, 161-165. doi: 10.1186/1751-0147-45-161.
- BITTANTE, G., CIPOLAT-GOTET, C., & CECCHINATO, A. (2013). Genetic parameters of different measures of cheese yield and milk nutrient recovery from an individual model cheese-manufacturing process. *Journal of Dairy Science*, 96, 7966-7979.

- BONFATTI, V., DI MARTINO, G., CECCHINATO, A., VICARIO, D., & CARNIER, P. (2010). Effects of β - κ -casein (CSN2-CSN3) haplotypes and β -lactoglobulin (BLG) genotypes on milk production traits and detailed protein composition of individual milk of Simmental cows. *Journal of Dairy Science*, 93, 3797-3808.
- BOTARO, B. G., DE LIMA, Y. V. R., CORTINHAS, C. S., PRADA E SILVA, L. F., RENNÓ, F. P., & DOS SANTOS, M. V. (2009). Effect of the Kappa-casein gene polymorphism, breed and seasonality on physicochemical characteristics, composition and stability of bovine milk. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 12, 2447-2454. doi: 10.1590/S1516-35982009001200022.
- CECCHINATO, A., ALBERA, A., CIPOLAT-GOTET, A., FERRAGINA, A., & BITTANTE, G. (2015). Genetic parameters of cheese yield and curd nutrient recovery or whey loss traits predicted using Fourier-transform infrared spectroscopy of samples collected during milk recording on Holstein, Brown Swiss, and Simmental dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98, 4914-4927.
- COELHO, A. C. B., MARCOLONGO-PEREIRA, C., SOARES, M. P., QUEVEDO, P. de S., RIET-CORREA, F., & SCHILD, A. L. (2013). Condrodisplasia em bovinos do Sul do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 33, 10, 1195-1200. doi: 10.1590/S0100-736X2013001000004.
- COLE, J. B., NULL, D. J., & VANRADEN, P. M. (2016). Phenotypic and genetic effects of recessive haplotypes on yield, longevity, and fertility. *Journal of Dairy Science*, 99, 7274-7288. doi: 10.1590/S1415-47572000000400021.
- ERHARDT, G. (1993). Short communication: A new α_{S1} -casein allele in bovine milk and its occurrence in different breeds. *Animal Genetics*, 24, 65-66. doi: 10.1111/j.1365-2052.1993.tb00922.x.
- FERRETTI, L., LEONE, P., & SGARAMELLA, V. (1999). Long range restriction Analysis of the bovine casein genes. *Nucleic Acids Research*, 18, 23, 6829-6833. doi.org/10.1093/nar/18.23.6829.
- FRITZ, S., CAPITAN, A., DJARI, A., RODRIGUEZ, S. C., BARBAT, A., BAUR, A., ... BOICHARD, D. (2013). Detection of haplotypes associated with prenatal death in dairy cattle and identification of deleterious mutation in GART, SHBG and SLC37A2. *Plos One*, 8, 6, 1-8. doi: 10.1371/journal.pone.0065550.
- GOUDAL, E. M., HALALL, M. K., & ABDELAZIZ, S. A. (2013). Genetic Variants and Allele Frequencies of Kappa Casein in Egyptian Cattle and Buffalo Using PCR-RFLP. *Journal of Agricultural Science*, 5, 2. doi:10.5539/jas.v5n2p197.

- GUSTAVSSON, F., BUITNHUIS, A. J., JOHANSSON, M., BERTELSEN, H. P., GLANTZ, M., POULSEN, N. A., ... ANDRÉN, A. (2014). Effects of breed and casein genetic variants on protein profile in milk from Swedish Red, Danish Holstein, and Danish Jersey cows. *Journal of Dairy Science*, 97, 3866-3877.
- HALLÉN, E., WEDHOLM, A., ANDRE, A. & LUND, A. (2008). Effect of b-casein, j-casein and b-lactoglobulin genotypes on concentration of milk protein variants. *Journal of Animal Breeding and Genetic*, 125, 119-129.
- HEALY, P. J., HAPPER, P. A. W., DENNIS, J. A. (1990). Bovine citrullinaemia: a clinical, pathological, biochemical and genetic study. *Australian Veterinary Journal*, 67, 6, 255-258.
- HECK, J. M. L., SCHENNINK, A., VAN VALENEBERG, H. J. F., BOVENHUIS, H., VISKER, M. H. P. W., VAN ARENDONK, J. A. M., & VAN HOOIJDONKA. C. M. (2009). Effects of milk protein variants on the protein composition of bovine milk. *Journal of Dairy Science*, 92:1192-1202.
- IBGE, 2016. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Pesquisa Pecuária Municipal. Retrieved from <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2016>
- KAMINSK, S., & RUSC, A. (2016). Cholesterol Deficiency – new genetic defect transmitted to Polish Holstein-Friesian cattle. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 19, 4, 885–887. doi: 10.1515/pjvs-2016-0110. doi: 10.1515/pjvs-2016-0110.
- KANAE, Y., ENDOH, D., NAGAHATA, H., & HAYASHI, M. (2005). A method for detecting complex vertebral malformation in Holstein calves using polymerase chain reaction-primer introduced restriction analysis. *Journal of Veterinary Diagnostic investigation*, 17, 258-262. doi: 10.1177/104063870501700309.
- KIPP, S., SEGELK, D., SCHIERENBECK, S., REINHARDT, F., REENTS, R., WURMSER, C., ... GRUNBERG, W. (2016). Identification of a haplotype associated with cholesterol deficiency and increased juvenile mortality in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*, 99, 8915-8931.
- LATTER, M. R., LATTE, B. D. H., WILKINS, J. F., & WINDSOR, P. A. (2006). Inheritance of proportionate dwarfism in Angus cattle. *Australian Veterinary Journal*, 84, 4, 122-128.
- MARCOLONGO-PEREIRA, C., SCHILD, A. L., SOARES, M. P., VARGAS JUNIOR, S. F., & RIET-CORREA, F. (2010). Defeitos congênitos diagnosticados em ruminantes na Região Sul do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 30, 10, 816-826. doi: 10.1590/S0100-736X2010001000003.

- MEYDAN, H., YILDIZ, M. A., & AGERHOLM, J. S. (2010). Screening for bovine leukocyte adhesion deficiency, deficiency of uridine monophosphate synthase, complex vertebral malformation, bovine citrullinaemia, and factor XI deficiency in Holstein cows reared in Turkey. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 52, 56, 1-8. doi: 10.1186/1751-0147-52-56.
- NASREEN, F., MALIK, N. A., RIAZ, M. N., & QURESHI, J. A. (2009). Detection and screening of bovine leukocyte adhesion deficiency in Pakistan using molecular methods. *Hereditas*, 146, 74-78. doi: 10.1111/j.1601-5223.2009.02093.x.
- NILSEN, H., OLSEN, H. G., HAYES, B., SEHESTED, E., SVENDSEN, M., NOME, T., ... LIEN, S. (2009). Casein haplotypes and their association with milk production traits in Norwegian Red cattle. *Genetics Selection Evolution*, 41, 24, 1-12. doi:10.1186/1297-9686-41-24.
- NORMAN, H. D., MILLER, R. H., WRIGHT, J. R., HUTCHISON, J. L., & OLSON, K. M. (2012). Factors associated with frequency of abortions recorded through Dairy Herd Improvement test plans. *Journal of Dairy Science*, 95, 4074-4084.
- ONER, Y., & ELMACI, C. (2006). Milk protein polymorphisms in Holstein cattle. *International Journal of Dairy Technology*, 59, 3, 180-182.
- PAIVA, D. S., FONSECA, I., PINTO, I. S. B., IANELLA, P., CAMPOS, T. A., CAETANO, A. R., ... MARTINS, M. F. (2013). Incidence of bovine leukocyte adhesion deficiency, complex vertebral malformation, and deficiency of uridine-5-monophosphate synthase carriers in Brazilian Girolando cattle. *Genetics and Molecular Research*, 12, 3, 3186-3192.
- PERNA, A., INTAGLIETTA, I., GAMBOCORTA, E., & SIMONETTI, A. (2016). The influence of casein haplotypes on quality, coagulation, and yield traits of milk from Italian Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 99, 3288-3294.
- POULSEN, N. A., BERTELSEN, H. P., JENSEN, H. B., GUSTAVSSON, F., CLANTZ, M., LINDMARK MANSSON, H., ... LARSEN, L. B. (2013). The occurrence of noncoagulation milk and the association of bovine milk coagulation properties with genetic variants of the caseins in 3 Scandinavian dairy breeds. *Journal of Dairy Science*, 96, 4830-4842.
- POULSEN, N. A., GLANTEZ, M., ROSENGAARD, A. K., PAULSSON, M., & LARSEN, L. B. (2017). Comparison of milk protein composition and rennet coagulation properties in native Swedish dairy cow breeds and high-yielding Swedish Red cows. *Journal of Dairy Science*, 100, 8722-8739.

- REN, D. X., MIAO, S. Y., CHEN, Y. L., ZOU, C. X., LIANG, X. W., & LIU, J. X. (2011). Genotyping of the κ -casein and β -lactoglobulin genes in Chinese Holstein, Jersey and water buffalo by PCR-RFLP. *Journal of Genetics*, 90, 1, 1-5.
- RIBEIRO, L. A., BARON, E. E., MARTINEZ, M. L., & COUTINHO, L. L. (2000). PCR screening and allele frequency estimation of bovine leukocyte adhesion deficiency in Holstein and Gir cattle in Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, 23, 4, 831-834.
- ROBINSON, J. L., BURNS, J. L., MAGURA, C. E., & SHANKS, R. D. (1993). Low Incidence of Citrullinemia Carriers Among Dairy Cattle of the United States. *Journal of Dairy Science*, 76, 853-858.
- SEGELKE, D., TAUBERT, H., REINHARDT, F., & THALLER, G. (2016). Considering genetic characteristics in German Holstein breeding programs. *Journal of Dairy Science*, 99, 1-10.
- SHUSTER, D. E., KEHRLI JUNIOR, M. E., ACKERMANN, M. R., & GILBERT, R. O. (1992). Identification and prevalence of a genetic defect that causes leukocyte adhesion deficiency in Holstein cattle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 8, 9225-9229.
- STIPP, A. T., BIGNARDI, P. R., POLI-FREDERICO, R. C., SIVIERI, K., & COSTA, M. R. (2013). Polimorfismos genéticos da kappa-caseína e da beta-lactoglobulina e produção de leite em bovinos. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65, 1, 275-280. doi: 10.1590/S0102-09352013000100039.
- SUN, D. X., FAN, X. H., XIE, Y., CHU, Q., SUN, Y., ZHANG, Y., ZHANG, S. L., ... ZHANG, Y. (2011). Short communication: Distribution of recessive genetic defect carriers in Chinese Holstein. *Journal of Dairy Science*, 94 :5695–5698.
- TESTONI, S., DIANA, A., OLZI, E., & GENTILE, A. (2008). Brachyspina syndrome in two Holstein Calves. *The Veterinary Journal*, 177, 144-146.
- VALLAS, M., KAART, Y., SARV, S., PARNA, K., JÕUDO, I., VINALASS, H., & PARNA, E. (2012). Composite β - κ -casein genotypes and their effect on composition and coagulation of milk from Estonian Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 95, 6760-6769.
- VANRADEN, P. M., OLSON, K. M., NULL, D. J., & HUTCHISON, J. L. (2011). Harmful recessive effects on fertility detected by absence of homozygous haplotypes. *Journal of Dairy Science*, 94, 6153-6161. doi:10.3168/jds.2011-4624.
- VISKER, M. H. P. W., DIBBITS, B. W., KINDERS, S. M., VAN VALENBERG, H. J. F., VAN ARENDONK, J. A. M., & BOVENHUIS, H. (2010). Short communication:

Association of bovine b-casein protein variant I with milk production and milk protein composition. *Animal Genetics*, 42, 212-218.

WINDSOR, P. A. & AGERHOLM, J. S. (2009). Inherited diseases of Australian Holstein-Friesian cattle. *Australian Veterinary Journal*, 87, 5, 193-199. doi: 10.1111/j.1751-0813.2009.00422.x.

Table 1. Genetic frequencies of main milk proteins in Holstein cows from Western Santa Catarina State, Brazil.

Protein	Genotype frequency			Allelic frequency	χ^2
	Genotype	Observed number	%		
κ-casein I	AA	218	56.77		
	AB	153	39.84	A 0.767	5.035*
	BB	13	3.39	B 0.233	
	Total	384			
κ-casein II	AA	270	80.36	A 0.899	0.747 ^{NS}
	AB	64	19.05	B 0.101	
	BB	2	0.59		
	Total	336			
α-s1-casein	AA	37	9.49	A 0.115	246.520**
	AB	16	4.10	B 0.853	
	BB	313	80.26	C 0.031	
	BC	24	6.15		
	Total	390			
β-lactoglobulin	AA	88	22.80	A 0.464	0.884 ^{NS}
	AB	182	47.15	B 0.536	
	BB	116	3.05		
	Total	386			

NS, not significant, ** highly significant (P <0.005), * significant (P <0.05). χ^2 = Chi-Square.

Table 2. Frequencies of haplotypes for diseases in Holstein cows from Western Santa Catarina State, Brazil.

Genetic disorder	Observed number	Carriers number	Carrier frequency (%)
Chondrodysplasia	325	0	0
Citrullinaemia	391	0	0
DUMPS	391	0	0
Factor XI	391	0	0
CVM	391	24	6.14
Brachyspina	391	30	7.67
BLAD	390	4	1.03
HH1	391	22	5.63
HH2	391	1	0.26
HH3	391	10	2.56
HH4	391	2	0.51
HH5	391	17	4.35
HCD	337	5†	1.28
	337	1‡	0.26

†Carrier; ‡Suspect carrier – haplotype origin could not be confirmed by pedigree.

MANUSCRITO II**Perfil genômico de fêmeas bovinas da raça Holandesa da região Oeste de Santa Catarina**

Autores: Fabrício Pilonetto, Aline Zampar, Diego de Córdova Cucco

De acordo com normas para publicação em:

Ciência Rural

1 **Perfil genômico de fêmeas bovinas da raça Holandesa da região Oeste de Santa** 2 **Catarina**

3 **Genomic profile of Holstein females from Western Santa Catarina**

4
5 **Fabício Pilonetto^{I*}, Aline Zampar^{II}, Diego de Córdova Cucco^{II}**
6

7 **RESUMO**

8 As GPTAs (*Genomic Predicted Transmitting Ability*), tornaram-se importantes para a
9 seleção dos touros leiteiros no Brasil, no entanto, não é comumente utilizada para as fêmeas. O
10 presente estudo objetivou analisar o perfil genético de fêmeas bovinas da raça Holandês, do
11 Oeste de Santa Catarina. Os registros genômicos foram analisados e correlacionados entre si,
12 para as características de produção de leite e sólidos, reprodução e lineares (corpo, úbere, pernas
13 e pés). A maioria das médias de GPTA foram negativas, principalmente para produção de leite,
14 gordura e proteína. Foram encontradas associações positivas entre as características de volume
15 de leite e sólidos (0,37 a 0,79), e negativas entre os teores de sólidos (-0,54 a -0,48) e
16 características de reprodução (-0,09 a -0,35). A maioria das características lineares se
17 associaram fracamente com as características de produção e reprodução. Foi identificado
18 animais com alto potencial genômico para as características estudadas, no entanto, as médias
19 foram negativas, a qual revelam a necessidade em melhorar geneticamente os índices
20 produtivos. Além disso, as correlações encontradas neste estudo, podem nortear os programas
21 de seleção para melhorar os índices reprodutivos.

22 **Palavras-chave:** correlações, características lineares, produção, GPTA, registros genômicos,
23 reprodução.

24 ^{I*}Mestre em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia-PPGZOO,
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC Oeste), 89815-630, Chapecó, Santa
Catarina, SC, Brasil. E-mail: fabripilonetto@hotmail.com. Autor para correspondência.

^{II}Professor(a) Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC Oeste), Chapecó, Santa
Catarina, SC, Brasil.

1 ABSTRACT

2 Genomic Predicted Transmitting Ability (GPTA) have become important for the selection of
3 dairy bulls in Brazil, however, it is not commonly used for females. The present study aimed to
4 analyze the genetic profile of Holstein cows, from Western Santa Catarina. The genomic
5 records were analyzed and correlated to each other, for production traits of milk and solids,
6 reproduction and linear (body, udder, legs and feet). The majority of GPTA averages were
7 negative, mainly for milk, fat and protein production. Positive associations were found between
8 milk with solids volume (0.37 to 0.79, and negative associations with solids contents (-0.54 to
9 -0.48) and reproduction characteristics (-0.09 to -0.35). Most of the linear traits were little
10 associated with production and reproduction traits. In this study, animals with genetic potential
11 were identified for the traits analyzed, however, the means were negative, which reveal the need
12 to improve genetically the productive indexes. In addition, the correlations found in this study
13 can be used in selection programs to improve productive indexes.

14 **Key words:** correlations, genomic records, linear, production, GPTA, reproduction.

15 INTRODUÇÃO

16
17 Sabe-se que os animais mais lucrativos são aqueles que efetivamente produzem mais
18 (DEGROOT et al., 2002) e desde os primórdios, a seleção dos animais leiteiros no Brasil é
19 realizada com base no desempenho produtivo, ou seja, as características ligadas ao aumento da
20 produção de leite são as mais utilizada nos programas de melhoramento genético em bovinos
21 leiteiros (CAMPOS et al., 2015). Devido as correlações genéticas que existem entre as
22 características, a seleção para aumentar o volume de leite pode afetar positivamente a produção
23 de sólidos e reduzir a concentração destes no leite (SNEDDON et al., 2015).

24 A ênfase na seleção dos animais para o aumento na produção de leite pode ter reflexos
25 negativos nas características lineares de tipo e na integridade física dos animais (DEGROOT et
26 al., 2002; RENNÓ et al., 2003). Além disso, alguns autores citam a importância da inclusão
27 destas características nos programas de melhoramento genético, para que de fato, a longevidade
28 dos animais e a economia da propriedade não sejam afetadas negativamente (POSSADAS et
29 al., 2008; PÉREZ-CABAL et al., 2006; SAMORÉ et al., 2010).

30 Diversos trabalhos foram desenvolvidos no intuito de estudar a associação entre as
31 características e seus efeitos na produção leiteira (MADRID E ECHEVERRI, 2014; BERRY et
32 al., 2004; CORRALES et al., 2011). Em estudo com bovinos da raça Holandês na Colômbia,
33 MADRID E ECHVERRI (2014) encontraram associação positiva entre as características de

1 conformação com a produção de leite e negativa com o percentual de gordura e proteína.
2 BERRY et al., (2004) e CORRALES et al., (2011) encontraram fortes correlações entre as
3 características de tipo e indicam que a seleção dos animais pode ser realizada com número
4 reduzido de critérios, devido a seleção de uma característica poder afetar positivamente a outra.

5 A fertilidade das fêmeas é um dos fatores que deve ser levado em consideração devido
6 à importância econômica na produção (HOEKSTRA et al., 1994). Estas características são de
7 difícil mensuração e possuem, em grande maioria, coeficiente de herdabilidade de baixa
8 magnitude (MERCADANTE et al., 2000; WALL et al., 2003). Tornam-se assim um entrave no
9 progresso genético dos rebanhos leiteiros. Além disso, ao longo do tempo, houve declínio da
10 fertilidade dos bovinos leiteiros por consequência da forte seleção para aumento de produção
11 de leite, a qual possui correlação desfavorável, que afeta não só a produção e a capacidade
12 reprodutiva, mas também aumenta o intervalo entre gerações (VANRADEN et al., 2004).

13 No Brasil, a seleção dos animais na bovinocultura leiteira é realizada com base, muitas
14 vezes, apenas nos maiores valores de PTA dos touros, no entanto, isto é muito pouco realizado
15 nas fêmeas. Geralmente os critérios adotados para a seleção das vacas, baseiam-se nas
16 observações visuais dos fenótipos e, quando disponível, informações de pedigree. Diante disto,
17 o objetivo deste estudo foi elaborar um perfil genético de fêmeas bovinas da raça Holandês,
18 pertencentes a rebanhos da região Oeste de Santa Catarina, segunda maior região produtora de
19 leite no Brasil (IBGE 2016), por meio das capacidades previstas de transmissão (PTAs
20 genômicas) e correlações entre as PTAs de características de produção de leite, gordura,
21 proteína, reprodução e lineares de corpo, úbere e pernas e pés.

23 MATERIAL E MÉTODOS

24
25 O banco de dados foi composto por valores de GPTA (*Genomic Predicted Transmitting*
26 *Ability*) de 391 fêmeas (vacas e novilhas) da raça Holandês, nascidas entre os anos 2008 e 2015,
27 pertencentes a rebanhos brasileiros da região Oeste do estado de Santa Catarina. Os resultados
28 genômicos foram gerados por meio da avaliação genética do Departamento de Agricultura dos
29 EUA/Conselho da Criação de Gado Leiteiro (USDA/CDCB).

30 Neste estudo, foram analisadas as correlações entre GPTAs para as características de
31 produção: produção de leite (libra), quantidade e concentração de gordura e proteína (libra e
32 %). As características de reprodução estudadas foram: taxa de prenhez das filhas, taxa de
33 concepção das novilhas e vacas, vida produtiva, facilidade de parto e índice natimorto.

As características de conformação analisadas foram classificadas em composição corporal, composta pela estatura, abertura de peito, profundidade corporal, angulosidade, ângulo de garupa e largura de garupa; composição de úbere, que reúne as características de conformação do sistema mamário, tais como: inserção anterior de úbere, altura de úbere posterior, largura de úbere, ligamento médio, profundidade de úbere, colocação de tetos anterior e posterior e comprimento de tetos; e por fim, as características de composição de pernas e pés: pernas vista lateral, pernas vista posterior, ângulo de cascos e escore de pernas e pés.

Para que melhor pudesse ser observado o comportamento das GPTAs desta população, foram realizadas as análises de estatística descritiva para a obtenção das médias, desvio padrão e amplitude, para todas as variáveis do banco de dados, pelo programa estatístico SAS. Foram realizadas as análises de correlação de Pearson entre as características de produção, produção e reprodução e produção em relação as características de conformação, pelo software estatístico RStudio® versão 1.0.136, a nível de 1% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que os dados de produção de leite, quantidade de gordura e proteína e a concentração de gordura apresentam médias negativas (-82,11, -8,93, -3,48 e -0,02, respectivamente) e a concentração de proteína possui média igual a zero (Tabela 1). Nota-se que há grande discrepância entre os valores de GPTA para produção de leite, a qual, variam de -1.939,00 a 1.150,00. No presente estudo, as médias de GPTA para estas características são negativas e denotam o baixo valor genético médio para produção de leite, gordura e proteína, que implicará na transmissão de baixos valores genéticos para a progênie. Em comparação com a média de PTA de 921.330 mil vacas e novilhas de elite avaliadas pelo *Council on Dairy Cattle Breeding* (CDCB) 16,67% das fêmeas em estudo se encontram acima da média americana que é de 384 libras de leite, para gordura 8,44% estão acima de 17,9 libras de gordura e 9,46% acima da média de 12,9 libras de proteína (CDCB, 2017). No entanto, os valores máximos de GPTA encontrados neste estudo, revelam fêmeas potencialmente capazes de transmitir altos valores de produção de leite e sólidos, para a progênie.

Para o escore de células somáticas (CCS), a média da GPTA foi de 3,03, com valor mínimo de 2,68 e máximo 3,46 e 25,06% dos animais da população em estudo, apresenta-se abaixo da média americana de 2,92 (CDCB, 2017). Estes valores indicam que a população de

fêmeas em estudo, possuem maior capacidade genética em apresentar altos valores de CCS e maior susceptibilidade a mastite.

Para as características de reprodução e conformação, as médias encontradas foram relativamente baixas. Entre as características de reprodução, a taxa de concepção das novilhas e a vida produtiva são as características que apresentaram média negativa (-0,17 e -0,58, respectivamente) e a facilidade de parto foi a que apresentou média de 8,31. Da mesma forma, grande parte das características de conformação apresentam baixas médias, no entanto, grande maioria foi negativa, com exceção da abertura de peito (0,04), ângulo de garupa (0,05) e comprimento de tetos (0,10).

Tanto para as características de produção, quanto para os índices reprodutivos, as médias de PTA encontradas nesta população são baixas. O mesmo ocorre para as características de conformação, a qual, grande maioria apresentou médias negativas. Uma das maneiras em buscar a melhoria destas características, é seleção dos animais que, supostamente, apresentam maior potencial genético melhorador, ou seja, selecionar aqueles que apresentarem os melhores valores de GPTA para as características de interesse.

Na tabela 2, são apresentadas as correlações entre GPTAs de produção de leite e sólidos. As correlações entre a produção de leite e o volume de gordura e proteína possuem de média a alta magnitude (0,37 e 0,79, respectivamente) e associações negativas com a concentração destes sólidos (-0,54 e -0,48, respectivamente). Maiores valores de correlação foram relatados por Cucco et al., (2017) em um estudo com avaliação de GPTA de touros leiteiros da raça Holandesa disponíveis para comercialização no Brasil, que encontraram correlação de alta magnitude entre produção de leite e quantidade de gordura (0,80) e de média magnitude entre o volume de proteína (0,53). Estes mesmos autores relataram associações negativas e com valores semelhantes à do presente estudo, entre o volume de leite a concentração de gordura e proteína (-0,43 e -0,40, respectivamente).

Em estudos que avaliaram correlações genéticas, SNEDDON et al., (2015), encontraram em rebanhos leiteiros da Nova Zelândia, alta associação e positiva entre o volume de leite, gordura (0,70) e proteína (0,87) e negativas entre a concentração destes sólidos (-0,67 e -0,67, respectivamente). O mesmo foi relatado por BOLIGON et al., (2005) que encontraram correlação genética de alta magnitude (0,82) para produção de leite e volume de gordura e negativa, embora de baixa magnitude, para concentração deste sólido (-0,15).

A associação entre as características de produção de leite e sólidos é marcada pelo antagonismo entre o volume de leite e a concentração de proteína e gordura (BOBE et al., 2007) e pode ser atribuído ao efeito diluidor do leite sob as concentrações dos sólidos, que ocorre na

medida em que aumenta a quantidade de leite produzido. PEREIRA et al., (2013) relatam o ganho genético para o aumento de proteína e gordura no leite, quando os animais são selecionados para aumentar a produção. Assim, os resultados deste estudo, indicam que a seleção das fêmeas para o aumento do volume de leite produzido, poderá contribuir no aumento do volume de proteína e gordura do leite, no entanto, pode reduzir a concentração destes sólidos, devido as correlações negativas entre estas características.

Entre as características de volume e teor de sólidos, as correlações variaram de baixa a alta magnitude. O volume de gordura foi moderadamente correlacionado com volume de proteína e percentual de gordura (0,59 e 0,58, respectivamente) e fracamente correlacionado com a concentração de proteína (0,24). Neste estudo, o volume de proteína apresentou fraca associação com a concentração de sólidos, sendo que, em relação ao teor de gordura, a correlação foi negativa entre estes componentes (-0,17). De acordo com estes resultados, é possível que ocorra a redução da concentração de gordura ao selecionar para o volume de proteína, além disso, o teor de gordura foi moderadamente correlacionado com o percentual de proteína (0,64) e diante a associação positiva, pode-se esperar que a seleção para o teor de gordura contribua com o aumento do percentual de proteína do leite. Resultados superiores foram relatados por CUCCO et al., (2017), que encontraram moderadas correlações de GPTAs de touros entre volume de gordura e proteína (0,64) e teor de gordura (0,53), e para o teor de proteína, a correlação descrita pelos autores foi menor que a deste estudo (0,14).

De acordo com os resultados do presente estudo, o volume e teor de gordura é o mais indicado como critério de seleção para melhorar os ganhos em quantidade e concentração de sólidos no leite. Além disso, a seleção para aumentar o volume de leite pode contribuir no aumento do volume de gordura e proteína, no entanto, reduz a concentração destes sólidos.

As correlações entre as GPTAs das características de produção e reprodução foram de baixa a média magnitude (Tabela 3). Foram identificadas associações de baixa a média magnitude e negativas entre as características de produção de leite (libra) e reprodução, a qual, o maior coeficiente encontrado foi para taxa de prenhez das filhas (-0,48), seguido da taxa de concepção das vacas e novilhas (-0,35 e -0,17, respectivamente). TIEZZI et al., (2012), encontraram correlações genéticas de média magnitude entre a produção de leite, taxa concepção de vacas de primeira e segunda paridade (-0,55 e -0,51, respectivamente) e de baixa magnitude entre a taxa de concepção das novilhas (-0,15). Os resultados encontrados no presente estudo, apontam que a seleção das fêmeas para aumentar o volume de leite, poderá reduzir a capacidade de prenhez e concepção de vacas e novilhas após o parto e a cada inseminação/serviço.

Estudos de MOKHTARI et al., (2015) e VANRADEN et al., (2004), confirmam a redução do desempenho reprodutivo dos animais em decorrência da seleção para aumento do volume de leite e sólidos. Além disso, os coeficientes de herdabilidade para grande parte das características reprodutivas são baixos e altamente influenciados pelo ambiente (ZINK et al., 2012; MONTALDO et al., 2010), o que implica em longo período e dificuldade em promover o progresso genético, devido à baixa capacidade de serem herdadas. Neste caso, a seleção direta para as características reprodutivas, como taxa de prenhez e concepção, poderá acelerar o ganho genético para fertilidade (GONZÁLEZ-RECIO & ALENDA, 2005; WALL et al., 2003).

De acordo com o volume de sólidos, foram encontradas baixas correlações com as GPTAs de reprodução. A quantidade de gordura foi negativamente correlacionada com a taxa de prenhez (-0,14) e facilidade de parto (-0,13), da mesma forma, o volume de proteína com taxa de prenhez (-0,27), taxa de concepção das novilhas e vacas (-0,13 e -0,23, respectivamente), facilidade de parto (-0,20) e índice de natimorto (-0,12). Embora foram encontradas fracas associações entre estes elementos, assim como neste estudo, CUCCO et al., (2017) encontraram baixas correlações entre PTAs de touros para volume de sólidos e características de reprodução, na qual, apontam maior influência do volume de proteína e gordura sob a taxa de prenhez (-0,36 e -0,27, respectivamente).

Diferentemente das correlações encontradas entre as características de volume e reprodução, as concentrações de sólidos, embora de baixa magnitude, correlacionaram-se positivamente com a taxa de prenhez (0,25 e 0,30), taxa de concepção das novilhas (0,16) e taxa de concepção das vacas (0,22 para teor de gordura e proteína). Além disso, a vida produtiva apresentou correlações de baixa magnitude e positivas com o volume e teor de sólidos, que variaram de 0,16 e 0,15 para volume e teor de gordura, respectivamente, e 0,19 para teor proteína. GIBSON & DECHOW, (2017), encontraram correlações de maior magnitude para produção de leite, volume de gordura e proteína em relação a vida produtiva (0,25, 0,23 e 0,26, respectivamente). Aparentemente, a seleção para concentração destes sólidos, poderá minimizar o declínio dos índices reprodutivos e o descarte involuntário dos animais.

Para as demais características não foi encontrada significância entre as correlações, o que reforça a baixa ou nenhuma influência da seleção para concentração de sólidos no índice de natimorto, por exemplo. Além disso, a inclusão das características de fertilidade nos programas de melhoramento genético é uma alternativa, mesmo que a longo prazo, para promover melhorias nos índices reprodutivos do rebanho (PRYCE et al., 2004).

A forte seleção para a produção de leite pode prejudicar, não só a fertilidade, mas também a integridade física dos animais (DEGROOT et al., 2002) e as características de

conformação podem estar diretamente ligadas aos parâmetros produtivos de um rebanho (MADRID & ECHEVERRI, 2014). De acordo com Berry et al. (2004), as características não produtivas, ou seja, aquelas que não são responsáveis diretas pela produção de leite e sólidos, tornaram-se importantes nos projetos de melhoramento genético, devido a deterioração da saúde e longevidade dos animais.

Neste estudo, foram encontradas correlações de baixa a média magnitude entre as características de conformação e a produção de leite (Tabela 4). A angulosidade foi a característica que obteve maior coeficiente de correlação entre as características de composição corporal e produção de leite (0,45), e menores valores foram encontrados para estatura (0,21), profundidade corporal (0,25) abertura de peito e largura de garupa (0,15 e 0,19, respectivamente), que apresentaram correlações, embora de baixa magnitude, positivas com a produção de leite. Diferentes resultados foram relatados por CAMPOS et al., (2015) e CUCCO et al., (2017), que encontraram pouca ou nenhuma influência entre estas características. Entretanto, corroboram com os resultados de WASANA et al., (2015), DEGROOT et al., (2002) e HASS et al., (2007). Os resultados encontrados neste estudo, sugerem que animais mais produtivos são aqueles que apresentam melhor composição corporal, maior habilidade leiteira, mais altos, angulosos e com maior capacidade de ingestão de alimento. No entanto, deve-se atentar para a estatura dos animais, pois os animais de estatura alta, tendem a apresentar menor longevidade no rebanho, diferentemente de animais moderados, que podem ser mais longevos (WASANA et al., 2015).

Para as características de úbere e composição de pernas e pés, foram encontradas correlações de menores magnitudes que para a composição corporal em relação a produção de leite. A altura de úbere posterior e largura de úbere foram as características que apresentaram as maiores associações com a produção de leite (0,25) e menores valores foram encontrados em relação ao ligamento médio (0,19), colocação dos tetos anterior e posterior (0,18 e 0,17, respectivamente) e pernas vista posterior (0,14). Além disso, a profundidade de úbere foi associada negativamente com a produção de leite (-0,16). Estes resultados estão de acordo com SHORT & LAWLOR (1992) e BERRY et al., (2004), que encontraram correlações de baixa a média magnitude entre as características de composição corporal e produção de leite. Diferentes associações genéticas entre estas características foram relatadas por ESTEVES et al., (2004), que encontraram valores de correlações maiores para altura e largura de úbere (0,30 e 0,60, respectivamente) e fracas associações negativas entre colocação dos tetos anteriores, ligamento médio e profundidade de úbere (-0,09, -0,04, -0,15, respectivamente).

GIBSON & DECHOW (2017), encontraram correlação genética para altura de úbere (0,20) e maior para largura de úbere (0,48) e para profundidade de úbere (-0,40), em relação a produção de leite em animais da raça Pardo Suíço. Para esta mesma raça, RENNÓ et al., (2003) encontraram de moderada a alta correlação positiva para altura e largura de úbere, no entanto, relataram fraca associação negativa entre ligamento médio e colocação dos tetos em relação a produção de leite (-0,09 e -0,07, respectivamente), e maior correlação genética negativa com a profundidade de úbere (-0,30). Resultados de HARRIS & FREEMAN (1992) sugerem que a seleção para o aumento da produção de leite levará a aumentos correlacionados da angulosidade, altura, largura e profundidade de úbere, em contrapartida, o úbere apresentaria fraca inserção e ligamento.

De acordo com as correlações entre as GPTAs de produção de leite e composição de úbere, encontradas neste estudo, a capacidade de produção está associada a úberes maiores, com alta capacidade de suporte e melhor conformação dos tetos. No entanto, a correlação negativa entre profundidade de úbere e o volume de leite, apesar de fraca, indica o aumento da produção de leite em decorrência de úberes mais profundos. Neste caso, não é interessante para a produção de leite, visto a maior susceptibilidade a traumas e desenvolvimento de patologias ocasionadas pela proximidade com o solo. Da mesma forma, úberes rasos possuem capacidade de produção de leite reduzida, por não suportarem a alta produção, sendo assim, úberes medianos tendem a preservar a saúde e integridade física do sistema mamário. Além disso, as características locomotoras pouco influenciam a produção de leite, devido as fracas correlações encontradas entre estas características. Entretanto, os autores Battagin et al., (2013) e Penev et al., (2017), mostraram resultados em que fêmeas de maior capacidade de produção, tendem a apresentar uma melhor locomoção do que as de baixa produção. Isto é, muito provavelmente, devido a facilidade em buscar alimento e água.

Foram encontradas correlações de baixa a média magnitude entre as GPTAs de volume de gordura e proteína em relação as características de composição. As correlações entre GPTAs de volume de gordura e proteína, em relação as características de conformação, em geral, foram de baixa magnitude. Para a composição corporal, foram encontrados maiores valores de correlação para o angulosidade em relação ao volume de gordura e proteína (0,39 e 0,49, respectivamente). Entre as GPTAs de estatura, abertura de peito, profundidade corporal e largura de garupa, as correlações foram positivas e tiveram pouca variação entre gordura e proteína (variou de 0,19 a 0,31). O mesmo foi encontrado para as características de composição de úbere que variou de 0,13 a 0,37 para gordura e 0,15 a 0,38 para proteína e para composição

de pernas e pés, as correlações foram de baixa magnitude (0,18 a 0,27, em relação ao volume de sólidos).

MISZTAL et al., (1991), BOHLOULI et al., (2015) relataram valores de correlação genética semelhantes equivalente as correlações obtidas neste estudo. Além disso, MISZTAL et al., (1991) encontraram correlações moderadas e negativas entre profundidade do úbere e volume de sólidos, diferentemente deste estudo, que não foram encontradas associações significativas entre estas características. HARRIS et al. (1992), relataram resultados semelhantes ao deste estudo, em animais da raça Guernsey. WASANA et al., (2015), encontraram fracas correlações genéticas entre características de úbere em relação a produção de gordura e proteína, para fêmeas de primeira e segunda lactação. Contudo, estas correlações foram maiores para os animais de terceira lactação, sendo o angulosidade, a característica que apresentou o maior valor de correlação nas três lactações (0,67 para gordura e 0,75 para proteína, em animais de terceira lactação).

Neste estudo, grande parte das correlações entre as concentrações de gordura e proteína em relação as características de conformação, não foram significativas. O percentual de gordura apresentou fraca associação com a profundidade de úbere (0,16) e negativa com comprimento de tetos (-0,08). Para o teor de proteína, as correlações foram fracas, sendo o maior coeficiente encontrado para a profundidade de úbere (0,24) e negativo com o comprimento de tetos (-0,17). O mesmo foi relatado por MEYER et al., (1987) e CUCCO et al., (2017), que encontraram pouco ou nenhum efeito das concentrações de sólidos nas características de conformação de animais Frisian-Holandês.

Embora grande parte das características morfológicas e de tipo apresentam fraca associação com o volume de gordura e proteína, estes resultados indicam que a seleção dos animais para volume de sólidos pode contribuir para melhorar as características de conformação dos animais. De acordo com Cucco et al., (2017), as correlações negativas encontradas para colocação e comprimento dos tetos, pouco podem influenciar no teor de gordura e proteína, sendo estas, mais importantes para a integridade e saúde do úbere e para o manejo da ordenha.

Neste estudo, foram analisadas as correlações entre as GPTAs das características de reprodução e conformação, conforme ilustrado na tabela 5. A taxa de prenhez das filhas foi negativamente correlacionada com as características de conformação, exceto para profundidade de úbere, que foi positiva e de fraca magnitude (0,22). Entre estas características, o maior coeficiente de correlação encontrado foi entre profundidade corporal (-0,42) e angulosidade (-0,47). Estes resultados indicam que selecionar para taxa de prenhez das filhas, poderá acarretar em animais com menor habilidade leiteira e capacidade para produção de leite, devido as

1 correlações negativas encontradas entre as características de composição corporal (estatura,
2 abertura de peite, profundidade corporal e angulosidade).

3 Estes resultados corroboram com BERRY et al. (2003), que encontraram correlações
4 genéticas negativas de média a alta magnitude entre a fertilidade e as características corporais.
5 Os autores relataram que animais mais profundos, largos e mais angulosos, tinham menor
6 potencial genético para taxa de prenhez. Diante disso, as correlações encontradas neste estudo,
7 para a taxa de prenhez das filhas e as características de úbere, indicam que a seleção para
8 aumentar a taxa de prenhez das filhas, poderá acarretar em úberes mais profundos e com
9 ligamento central fraco, tetos compridos e fechados.

10 Em relação as características de pernas e pés, foi observado pouco ou nenhum efeito
11 correlacionado entre sobre as características de locomoção e reprodução, resultados que
12 corroboram com PENEV et al., (2017). No entanto, BERRY et al., (2003), relataram redução
13 da taxa de prenhez em animais com pernas traseiras mais retas e maior ângulo de casco, além
14 disso, estes animais tendem a apresentar maior tempo para a primeira inseminação.

15 Para a taxa de concepção das novilhas, as correlações entre as características de
16 conformação foram de baixa magnitude (-0,21 a 0,19), a qual, denota o baixo efeito associativo
17 ao selecionar para estas características. No entanto, a taxa de concepção da vaca obteve maiores
18 coeficientes de correlação, principalmente entre profundidade corporal (-0,43), angulosidade
19 (-0,41), estatura (-0,26) e abertura de peite (-0,29). Assim, a seleção para aumentar a taxa de
20 concepção da vaca pode reduzir a profundidade corporal e a angulosidade dos animais. Além
21 disso, o aumento da taxa de concepção pode estar associado a animais de estatura mais baixa,
22 menor abertura de peito, garupa estreita, úbere profundo e solto, tetos mais compridos e
23 fechados. WALL et al., (2005), encontraram pouca associação entre ângulo e largura de garupa,
24 ligamento central e altura de úbere posterior em relação ao intervalo entre partos, taxa de não
25 retorno ao estro e dias para a primeira inseminação, a qual, sugere-se que estas características
26 possuem pouco efeito sobre a fertilidade.

27 Os resultados encontrados neste estudo sugerem que as características de corpo pouco
28 influenciam na fertilidade, diferentemente, das características de úbere, a qual, apresentaram os
29 maiores valores de correlação para taxa de concepção. Esta relação pode ser explicada pela
30 associação negativa entre a produção de leite e a fertilidade, logo, animais com melhor
31 conformação de úbere tendem a apresentar maior produção de leite e menor desempenho
32 reprodutivo (WALL et al., 2005; TIEZZI et al., 2012; MOKHTARI et al., 2015; VANRADEN
33 et al., 2004).

Não foram encontradas associações significativas entre a taxa de concepção de novilhas e taxa de concepção de vacas em relação as características de pernas e pés. Resultados encontrados por PENEV et al., (2017), relataram fraca associação entre redução da concepção de novilhas com maior ângulo de casco e pernas vista posterior fechadas. O mesmo foi relatado por PÉREZ-CABAL et al., (2006), que encontraram pouco efeito das características de escore de pernas e pés e ângulo de casco, sobre o intervalo entre partos (0,17 e 0,12, respectivamente) e número de inseminações por lactação (0,07 e 0,05, respectivamente). Diferentemente do que foi relatado por WALL et al., (2005), que identificaram a redução do retorno ao estro em animais com melhor escore de pernas e pés, devido as associações negativas entre as características. Estes achados sugerem a baixa influência das características de pernas e pés sobre a taxa de concepção.

De acordo com WALL et al., (2003), a taxa de concepção e o número de serviços/inseminações, são altamente correlacionados e positivos. Dessa forma, para buscar melhorias das taxas de concepção, uma alternativa seria selecionar as fêmeas que foram inseminadas em menor número de vezes por concepção ou as que mais rapidamente conceberam.

A facilidade de parto e o índice de natimortos, apresentaram baixos valores de correlação e negativos com as características de conformação. Para facilidade de parto, os maiores coeficientes encontrados foram entre as características de úbere, que variaram de -0,17 para comprimento de tetos posterior a -0,38 para inserção anterior de úbere e profundidade de úbere, e para locomoção, os valores variaram de -0,25 para ângulo de casco a -0,36 para escore de pernas e pés. Menores valores foram encontrados para estatura (-0,20) e angulosidade (-0,12). Em relação ao índice de natimortos, foram encontradas correlações fracas e negativas entre as características de conformação, sendo que os maiores valores foram para escore de pernas e pés e pernas vista posterior (-0,26 e -0,23, respectivamente). Estes resultados indicam que animais com melhor conformação de úbere, mais angulosos e com melhor escore de pernas e pés tendem a apresentar menor taxa de natimortos.

CUE et al., (1990), encontraram correlações de menor magnitude entre facilidade de parto e pernas e pés (-0,15 para novilhas e -0,19 para vacas). EAGLEN et al., (2013), encontraram correlação de média magnitude e positiva entre a estatura e ângulo de garupa em relação a facilidade de parto (0,48 e 0,52, respectivamente). Diante disso, é esperado que animais com maior dificuldade de parto apresentem maior risco de bezerros nascidos mortos. Isto pode ser observado mediante as correlações encontradas entre as características de habilidade leiteira e conformação de úbere, a qual, animais com melhor conformação para

1 produção, tendem a apresentar fertilidade reduzida. Além disso, estas características tendem a
2 apresentar forte influência do ambiente, neste caso, a seleção pela observação do desempenho
3 reprodutivo dos animais é a maneira mais eficiente para melhorar, diretamente, a fertilidade do
4 rebanho (JAMROZIK et al., 2005).

5 Em relação a vida produtiva, as correlações entre PTAs das características de
6 composição corporal, foram de baixa magnitude e negativas (-0,12 a -0,35), assim como para
7 comprimento de tetos (-0,22). Em relação as características de úbere, pernas e pés, as
8 correlações encontradas foram de baixa a média magnitude e positivas, onde profundidade de
9 úbere, foi a característica que obteve o maior coeficiente de correlação (0,44). WALL et al.
10 (2003), sugeriram que a melhoria da vida produtiva/longevidade dos animais, poderia melhorar
11 sua fertilidade, de forma a reduzir o intervalo entre partos, número de inseminações por parto e
12 dias para a primeira inseminação. PÉREZ-CABAL et al., (2006) encontraram pouco efeito das
13 características de pernas e pés sobre a longevidade dos animais, com variação de -0,10 a 0,05
14 entre as características.

15 Estes resultados indicam que animais com maior vida produtiva são aqueles com menor
16 estatura, abertura de peito e menor habilidade leiteira. Além disso, possuem úbere melhor
17 conformado, mais largo, melhor inserido, mais alto e profundo e possuem melhor locomoção e
18 conformação de pernas e pés.

20 CONCLUSÃO

22 A partir dos dados analisados, conclui-se que a referida população de fêmeas, é
23 composta por animais com possível potencial melhorador para as características produtivas,
24 devido aos altos valores de PTA aqui encontrados. Entretanto, há grande discrepância entre os
25 valores de GPTA dos animais, e a média das características são baixas e precisam ser
26 melhoradas. Estas informações podem ser utilizadas como direção nos programas de
27 melhoramento genético, com vistas em identificar e selecionar os animais com maior valor de
28 GPTA para as características de interesse.

29 Verificou-se que a correlação entre a GPTA para produção de leite é favorável para
30 melhorar o volume de sólidos. No entanto, o volume e teor de gordura podem ser mais
31 vantajosos para melhorar os índices de produção de sólidos no leite, do que selecionar para
32 quantidade de leite, devido as correlações desfavoráveis encontradas entre os percentuais de
33 sólido com produção de leite.

A seleção de fêmeas com alto valor de GPTA para a concentração de gordura e proteína, pode afetar positivamente a fertilidade e aumentar a vida produtiva. Além disso, a seleção para volume de leite e sólidos pode melhorar as características de conformação, com pouco afetam as características de pernas e pés.

A associação entre as características de reprodução e lineares indicam que a seleção de fêmeas para GPTAs de conformação pode afetar negativamente a reprodução dos animais, principalmente as características ligadas ao úbere. E, também, a vida produtiva tende a ser maior para os animais com melhores valores lineares.

REFERÊNCIAS

- BATTAGIN, M. et al. Genetic parameters for body condition score, locomotion, angularity, and production traits in Italian Holstein cattle. **Journal of Dairy Science**, v.96, p.5344-5351, 2012. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6352>>. Acessado: 11 de dezembro de 2017. doi: 10.3168/jds.2012-6352.
- BERRY, D. P. et al. Genetic relationships among linear type traits, milk yield, body weight, fertility and somatic cell count in primiparous dairy cows. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v.43, p.161-176, 2004. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/25562515>>. Acessado: 11 de dezembro de 2017.
- BOBE, G. et al. *Short communication*: Composition of milk protein and milk fatty acids is stable for cows differing in genetic merit for production. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.3955-3960, 2007.
- BOHLULI, M. et al. Genetic relationships among linear type traits and milk production traits of Holstein dairy cattle. **Annals of Animal Science**, v.15, n.4, p.903-917, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2007-0099>>. Acesso: 11 de dezembro de 2017. doi: 10.3168/jds.2007-0099.
- BOLIGON, A. A. et al. Herdabilidade e tendência genética para as produções de leite e de gordura em rebanhos da raça holandês no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1512-1518, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982005000500011>>. Acesso: 11 de dezembro de 2017. doi: 10.1590/S1516-35982005000500011.
- CAMPOS, R. V. et al. Genetic parameters for linear type traits and milk, fat and protein production in Holstein cows in Brazil. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.28,

- n.4, p.476-484, 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0288>>. Acesso: 6 de dezembro de 2017. doi: 10.5713 / ajas.14.0288.
- CDCB-USDA, The Council on Dairy Cattle Breeding. **December 2017 elite cow and heifer statistics**. 2017. Disponível em: <<https://queries.uscdcb.com/eval/summary/elitestat.cfm>>.
- CORRALES, J. et al. Parâmetros genéticos de características de tipo y producción em ganado Holstein del departamento de Antioquia. **Revista MVZ Córdoba**, v.17, n.1, p.2870-2877, 2001. Disponível em: < <http://revistas.unicordoba.edu.co/revistamvz/mvz-171/V17N1A9.pdf>>. Acesso: 4 de dezembro de 2017.
- CUCCO, D. de C. et al. Estudo das correlações entre as PTAs (capacidade prevista de transmissão) de touros da raça Holandês com avaliação genética disponíveis no Brasil: características de produção, reprodução e conformação. **Livestock Research for Rural Development**, v.29, n.1, 2017. Disponível em: <<http://www.lrrd.org/lrrd29/1/cucc29001.html>>. Acesso em: 20 de Set. 2017.
- DEGROOT, B. J. et al. Genetic parameters and responses of linear type, yield traits, and somatic cell scores to divergent selection for predicted transmitting ability for type in Holstein. **Journal Dairy Science**, v.85, p.1578-1585, 2002. Disponível em: < [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74227-6](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74227-6)>. Acesso: 4 de dezembro de 2017. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74227-6.
- EAGLEN, S. A. E. et al. Direct and maternal genetic relationships between calving ease, gestation length, milk production, fertility, type, and lifespan of Holstein-Friesian primiparous cows. **Journal of Dairy Science**, v.96, p.4015-4025, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6229>>. Acesso: 4 de dezembro de 2017. doi: 10.3168/jds.2012-6229.
- ESTEVES, A. M. C. et al. Correlações genéticas e fenotípicas entre características de tipo e produção de leite em bovinos da raça Holandesa. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.4, p.529-535, 2004. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v56n4/21991.pdf>>. Acesso: 4 de dezembro de 2017.
- GIBSON, K. D.; DECHOW, C. D. Genetic parameters for yield, fitness, and type traits in US Brown Swiss dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.1-7, 2017. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13041>>. Acesso: 6 de dezembro de 2017. doi: 10.3168 / jds.2017-13041.
- GONZÁLEZ-ECIO, O.; ALENDA, R. Genetic parameters for female fertility traits and a fertility index in Spanish Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.3282-3289, 2005.

- Disponível em: < [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73011-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73011-3)>. Acesso: 11 de dezembro de 2017. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)73011-3.
- HARRIS, B. L.; FREEMAN, A. E. Genetic and phenotypic parameters for type and production in Guernsey dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.1147-1153, 1992. Disponível em: < [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77860-6](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77860-6)>. Acesso: 11 de dezembro de 2017. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(92)77860-6.
- HASS, Y. de. et al. Genetic and phenotypic parameters for conformation and yield traits in three Swiss dairy cattle breeds. **Journal of Animal Breeding and Genetic**, v.124, p.12-19, 2007. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0388.2007.00630.x/abstract;jsessionid=12B224FD2D50FAA4BE43A622BAADD6BC.f03t01>>. Acesso: 11 de dezembro de 2017. doi: 10.1111/j.1439-0388.2007.00630.x.
- HOEKSTRA, J. et al. Genetic and phenotypic parameters for milk production and fertility traits in upgraded dairy cattle. **Livestock Production Science**, v.40, p.225-232, 1994. Disponível em: < [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(94\)90090-6](https://doi.org/10.1016/0301-6226(94)90090-6)>. Acesso: 13 de dezembro de 2017. doi: 10.1016/0301-6226(94)90090-6.
- IBGE, 2016. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Pesquisa Pecuária Municipal. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2016>>. Acesso em: 24 de ago. 2017.
- JAMROZIK, J. et al. Estimates of genetic parameters for Canadian Holstein female reproduction traits. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.2199-2208, 2005. Disponível em: < [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72895-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72895-2)>. Acesso: 14 de dezembro de 2017. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72895-2.
- MADRID, S.; ECHEVERRI, J. Association between conformation traits and productive performance in Holstein cows in the department of Antioquia, Colombia. **Veterinaria y Zootecnia**, v.8, n.1, p.35-47, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.15446/rfnam.v67n2.44174>>. Acesso: 4 de dezembro de 2017.
- MERCADANTE, M. E. Z. et al. Estimativas de (Co) variâncias entre características de reprodução e de crescimento em fêmeas de um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.997-1004, 2000. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982000000400008>>. Acesso: 4 de dezembro de 2017. doi: 10.1590/S1516-35982000000400008.
- MEYER, K. et al. Inheritance of linear type traits in dairy cattle and correlations with milk production. **Animal Production**, v.44, p.1-10, 1987. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1017/S0003356100028014>>. Acesso: 11 de dezembro de 2017. doi: 10.1017/S0003356100028014.

MISZTAL, I. et al. Multiple-trait estimation of variance components of yield and type traits using an animal model. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.544-551, 1991. Disponível em: <[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77791-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77791-1)>. Acesso: 11 de dezembro de 2017. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(92)77791-1.

MOKHTARI, M. S. et al. Genetic relationship between heifers and cows fertility and milk yield traits in first-parity Iranian Holstein dairy cows. **Livestock Science**, v.182, p.76-82, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.10.026>>. Acesso: 7 de dezembro de 2017. doi: 10.1016/j.livsci.2015.10.026.

MONTALDO, H. H. et al. Genetic and environmental parameters for milk production, udder health, and fertility traits in Mexican Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.2168-2175, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2050>>. Acesso: 15 de dezembro de 2017. doi: 10.3168/jds.2009-2050.

PENEV, T. et al. Linear type traits for feet and legs, their relation to health traits connected with them, and with productive and reproductive traits in dairy cows. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v.23, n.3, p.467-475, 2017. Disponível em: <<http://www.agrojournal.org/23/03-17.pdf>>. Acesso: 11 de dezembro de 2017.

PEREIRA, R. J. et al. Genetic parameters for production traits of dairy Gyr (*Bos indicus*) x Holstein cattle estimated with a random regression model. **Livestock Science**, v.158, p.24-31, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.10.003>>. Acesso: 7 de dezembro de 2017. doi: 10.1016/j.livsci.2013.10.003.

PÉREZ-CABAL, M. A. et al. Genetic and phenotypic relationships among locomotion type traits, profit, production, longevity, and fertility in Spanish Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1776-1783, 2006. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72246-9](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72246-9)>. Acesso: 4 de dezembro de 2017. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72246-9.

POSSADAS, M. V. et al. Parámetros genéticos para características de conformación, habilidade de permanência y producción de leche em ganado Holstein em México. **Técnica Pecuaria em México**, v.46, n.3, p.235-248, 2008. Disponível em: <<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1807>>. Acesso: 4 de dezembro de 2017.

- 1 PRYCE, J. E. et al. Fertility in the high-producing dairy cow. **Livestock Production Science**,
2 v.86, p.125-135, 2004. Disponível em: < [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00145-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00145-3)>.
3 Acesso: 7 de dezembro de 2017. doi: 10.1016/S0301-6226(03)00145-3.
- 4 RENNÓ, F. P. et al. Correlações genéticas e fenotípicas entre características de conformação e
5 produção de leite em bovinos da raça Pardo-Suíça no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**,
6 v.32, n.6, p.1419-1430, 2003. Disponível em: < [http://dx.doi.org/10.1590/S1516-](http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982003000600017)
7 35982003000600017>. Acesso: 11 de dezembro de 2017. doi: 0.1590/S1516-
8 35982003000600017.
- 9 SAMORÉ, A. B. et al. Genetic parameters for functional longevity, type traits, somatic cell
10 scores, milk flow and production in the Italian Brown Swiss. **Italian Journal of Animal**
11 **Science**, v.9, n.2, p.-145-152, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.4081/ijas.2010.e28>>.
12 Acesso: 4 de dezembro de 2017. doi: 10.4081/ijas.2010.e28.
- 13 SHORT, T. H.; LAWLOR, T. J. Genetic parameters of conformation traits, milk yield, and herd
14 life in Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.1987-1998, 1992. Disponível em: <
15 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77958-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77958-2)>. Acesso: 11 de dezembro de 2017. doi:
16 10.3168/jds.S0022-0302(92)77958-2.
- 17 SNEDDON, N. W. et al. Genetic parameters for milk components including lactose from test
18 day records in the New Zealand dairy herd. **New Zealand Journal of Agricultural Research**,
19 v.58, n.2, p.97-107, 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/00288233.2014.978482>>.
20 Acesso: 6 de dezembro de 2017. doi: 10.1080/00288233.2014.978482.
- 21 TIEZZI, F. et al. Genetic parameters for fertility of dairy heifers and cows at different parities
22 and relationships with production traits in first lactation. **Journal of Dairy Science**, v.95,
23 p.7355-7362, 2012. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5775>>. Acesso: 4 de
24 dezembro de 2017. doi: 10.3168 / jds.2012-5775.
- 25 VANRADEN, P. M. et al. Development of a national genetic evaluation for cow fertility.
26 **Journal of Dairy Science**, 87, p.2285-2292, 2004. Disponível em: <
27 [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70049-1](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70049-1)>. Acesso: 5 de dezembro de 2017. doi:
28 10.3168/jds.S0022-0302(04)70049-1.
- 29 WALL, E. et al. Genetic evaluation of fertility using direct and correlated traits. **Journal of**
30 **Dairy Science**, v.86, p.4093-4102, 2003. Disponível em: <
31 [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74023-5](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74023-5)>. Acesso: 5 de dezembro de 2017. doi:
32 10.3168/jds.S0022-0302(03)74023-5.
- 33 WALL, E. et al. The relationships between fertility, rump angle, and selected type information
34 in Holstein-Friesian cows. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.1521-1528, 2005. Disponível em:

- 1 < [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72821-6](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72821-6)>. Acesso: 5 de dezembro de 2017. doi:
2 10.3168/jds.S0022-0302(05)72821-6.
- 3 WASANA, N. et al. Genetic relationship of productive life, production and type traits of Korean
4 Holstein at early lactations. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.28, n.9,
5 p.1259-1265, 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0034>>. Acesso: 9 de
6 dezembro de 2017. doi: 10.5713 / ajas.15.0034.
- 7 ZINK, V. et a. Genetic parameters for female fertility and milk production traits in first-parity
8 Czech Holstein cows. **Czech Journal Animal Science**, v.57, n.3, p.108-114, 2012. Disponível
9 em: < <http://www.vuzv.cz/sites/File/SKOT/Ml%C3%A9ko/6.pdf> >. Acesso: 6 de dezembro de
10 2017.

- 1 Tabela 1. Média, desvio padrão, valores de mínima e máxima da GPTA (*Genomic Predicted*
 2 *Transmitting Ability*), das características de produção, reprodução e conformação, de fêmeas da
 3 raça Holandês, pertencentes a rebanhos leiteiros do Oeste de Santa Catarina.

Variável	Unidade	Mínima	Máxima	Média	DP
Características de Produção					
Produção de leite	Libra	-1939,00	1150,00	-82,11	492,87
Quantidade de Gordura	Libra	-64,00	45,00	-8,93	19,00
Quantidade de Proteína	Libra	-60,00	33,00	-3,48	13,03
Concentração de Gordura	%	-0,25	0,29	-0,02	0,08
Concentração de Proteína	%	-0,11	0,08	0,00	0,03
Células somáticas	Escore	2,68	3,46	3,03	0,14
Características de Reprodução					
Taxa prenhez filhas	%	-3,70	5,60	0,41	1,58
Taxa concepção das novilhas	%	-3,90	4,20	-0,17	1,21
Taxa concepção das vacas	%	-4,10	7,10	0,29	1,77
Facilidade de parto fêmea	%	5,30	12,40	8,31	1,21
Vida produtiva	Meses	-6,70	5,10	-0,58	1,94
Características Lineares					
Estatura	Baixa a alta	-2,47	2,64	-0,11	0,89
Abertura de peito	Aberta e fechada	-2,01	1,91	0,04	0,70
Profundidade corporal	Pouca a profunda	-2,23	1,97	-0,03	0,73
Angulosidade	Grosseira a angulosa	-3,37	2,49	-0,15	0,84
Ângulo de garupa	Alta a inclinada	-2,91	2,44	0,05	0,88
Largura de garupa	Estreita a larga	-2,08	2,00	-0,03	0,75
Pernas vista lateral	Retas a curvas	-2,26	1,83	-0,01	0,70
Pernas vista posterior	Fechada a aberta	-2,31	2,07	-0,04	0,73
Ângulo cascos	Baixo a inclinado	-2,29	1,88	-0,09	0,78
Escore de pernas e pés	Baixo a alto	-2,59	1,78	-0,11	0,71
Inserção de úbere anterior	Solto a forte	-2,97	2,54	-0,19	0,95
Altura de úbere posterior	Baixo a alto	-2,88	3,09	-0,07	0,96
Largura de úbere	Estreita a larga	-2,65	2,84	-0,07	0,88
Ligamento médio	Fraco a forte	-2,77	2,53	-0,08	0,87
Profundidade de úbere	Profundo a raso	-3,56	2,83	-0,15	0,95

Colocação de tetos anterior	Aberto a fechado	-2,39	1,96	-0,06	0,81
Colocação de tetos posterior	Aberto a fechado	-2,55	2,53	-0,01	0,92
Comprimento de tetos	Curta a comprida	-2,17	2,63	0,10	0,80

- 1 Tabela 2. Correlações entre GPTAs de fêmeas da raça Holandês, pertencentes a rebanhos
 2 leiteiros do Oeste de Santa Catarina, para as características de produção de leite (libra), gordura
 3 e proteína (libra e teor).

Produção	Produção de leite (lb) (P-Value)	Gordura (lb) (P-Value)	Proteína (lb) (P-Value)	Gordura (%) (P-Value)
Gordura (lb)	0,37 (0,0001)			
Proteína (lb)	0,79 (0,0001)	0,59 (0,0001)		
Gordura (%)	-0,54 (0,0001)	0,58 (0,0001)	-0,17 (0,0013)	
Proteína (%)	-0,48 (0,0001)	0,24 (0,0001)	0,15 (0,0028)	0,64 (0,0001)

- 1 Tabela 3. Correlações entre GPTAs de fêmeas bovinas da raça Holandês, pertencentes a rebanhos
 2 leiteiros do Oeste de Santa Catarina, para produção de leite (libra) e sólidos (libra e teor) em
 3 relação as características de reprodução.

Característica	PL (lb) (P-Value)	GORD (lb) (P-Value)	PROT (lb) (P-Value)	GORD (%) (P-Value)	PROT (%) (P-Value)
TPF	-0,48 (0,0001)	-0,14 (0,0048)	-0,27 (0,0001)	0,25 (0,0001)	0,30 (0,0001)
TCN	-0,17 (0,0007)	0,02 (0,7353)	-0,13 (0,0118)	0,16 (0,0011)	0,09 (0,0640)
TCV	-0,35 (0,0001)	-0,09 (0,0507)	-0,23 (0,0001)	0,22 (0,0001)	0,22 (0,0001)
VP	-0,02 (0,7652)	0,16 (0,0019)	0,13 (0,0162)	0,15 (0,0026)	0,19 (0,0002)
FP	-0,11 (0,0308)	-0,13 (0,0080)	-0,20 (0,0001)	-0,02 (0,6620)	-0,10 (0,0536)
NAT	-0,10 (0,0487)	-0,11 (0,0244)	-0,12 (0,0145)	-0,01 (0,7803)	-0,02 (0,7543)

- 4 PL= Produção de leite, GORD= Gordura, PROT= Proteína. TPF= Taxa de prenhez filha, TCN=
 5 Taxa concepção novilha, TCV= Taxa concepção vaca, VP= Vida produtiva, FP= Facilidade de
 6 parto, NAT= Natimorto.

- 1 Tabela 4. Correlações entre GPTAs de fêmeas da raça Holandês, pertencentes a rebanhos leiteiros
 2 do Oeste de Santa Catarina, para produção de leite e as características de conformação.

	PL (lb) (P-Value)	GORD (lb) (P-Value)	PROT (lb) (P-Value)	GORD (%) (P-Value)	PROT (%) (P-Value)
Composição corporal					
	0,21	0,24	0,29	0,028	0,07
EST	(0,0001)	(0,0001)	(0,0001)	(0,5758)	(0,1606)
	0,15	0,24	0,19	0,09	0,03
AP	(0,0001)	(0,0001)	(0,0001)	(0,0837)	(0,6074)
	0,25	0,31	0,28	0,06	-0,01
PC	(0,0001)	(0,0001)	(0,0001)	(0,2371)	(0,8182)
	0,45	0,39	0,49	-0,06	-0,01
ANG	(0,0001)	(0,0001)	(0,0001)	(0,2630)	(0,7819)
	0,11	0,09	0,08	-0,01	-0,06
AG	(0,0287)	(0,0719)	(0,1317)	(0,8583)	(0,2731)
	0,19	0,28	0,26	0,09	0,07
LG	(0,0002)	(0,0001)	(0,0001)	(0,0868)	(0,1494)
Composição de úbere					
	0,02	0,16	0,15	0,12	0,17
IAU	(0,6368)	(0,0014)	(0,0031)	(0,0159)	(0,0009)
	0,25	0,37	0,38	0,11	0,13
AUP	(0,0001)	(0,0001)	(0,0001)	(0,0328)	(0,0124)
	0,25	0,37	0,38	0,11	0,126
LU	(0,0001)	(0,0001)	(0,0001)	(0,0329)	(0,0124)
	0,19	0,18	0,27	-0,01	0,08
LM	(0,0001)	(0,0003)	(0,0001)	(0,8992)	(0,1053)
	-0,16	0,03	-0,01	0,16	0,24
PU	(0,0018)	(0,6232)	(0,8724)	(0,0001)	(0,0001)
	0,18	0,17	0,27	-0,00	0,10
CTA	(0,0004)	(0,0008)	(0,0001)	(0,0572)	(0,0572)
	0,17	0,13	0,24	-0,03	0,08
CTP	(0,0008)	(0,0104)	(0,0001)	(0,1383)	(0,1383)

	0,11	0,02	0,01	-0,08	-0,17
CT	(0,0264)	(0,7466)	(0,8304)	(0,0011)	(0,0011)
Composição Pernas e Pés					
	0,02	0,09	0,08	0,06	0,08
PVL	(0,6545)	(0,0679)	(0,1213)	(0,2045)	(0,1359)
	0,14	0,27	0,27	0,12	0,15
PVP	(0,0049)	(0,0001)	(0,0001)	(0,0190)	(0,0031)
	0,11	0,18	0,19	0,07	0,09
AC	(0,0384)	(0,0003)	(0,0002)	(0,1787)	(0,0764)
	0,11	0,23	0,26	0,11	0,18
EPP	(0,0278)	(0,0001)	(0,0001)	(0,0381)	(0,0004)

- 1 Composição corporal: EST= estatura, AP= Abertura de peito, PC= Profundidade corporal,
- 2 ANG= Angulosidade, AG= Ângulo de garupa, LG= Largura de garupa. Composição de
- 3 úbere: IAU= Inserção anterior de úbere, AUP= Altura de úbere posterior, LU= Largura de
- 4 úbere, LM=Ligamento médio, PU=Profundidade de úbere, CTA=Colocação de tetos
- 5 anterior, CTP= Colocação de tetos posterior, CT= Comprimento de tetos. Composição de
- 6 Pernas e Pés: PVL= Pernas vista lateral, PVP= Pernas vista posterior, AC= Ângulo de
- 7 casco, EPP=Escore de pernas e pés. PL= Produção de leite, GORD= Gordura, PROT=
- 8 Proteína.

1

Tabela 5. Correlações entre GPTAs de reprodução de conformação, de fêmeas da raça Holandês pertencentes a rebanhos leiteiros do Oeste de Santa Catarina.

Característica	TPF (P-Value)	TCN (P-Value)	TCV (P-Value)	FP (P-Value)	NAT (P-Value)	VP (P-Value)
	-0,25	-0,06	-0,26	-0,20	-0,17	-0,17
EST	(0,0001)	(0,2272)	(0,0001)	(0,0001)	(0,0008)	(0,0006)
	-0,25	-0,14	-0,29	-0,00	-0,05	-0,25
AP	(0,0001)	(0,0044)	(0,0001)	(0,9957)	(0,3127)	(0,0001)
	-0,42	-0,21	-0,43	0,01	-0,04	-0,35
PC	(0,0001)	(0,0001)	(0,0001)	(0,7814)	(0,4202)	(0,0001)
	-0,47	-0,14	-0,41	-0,12	-0,13	-0,24
ANG	(0,0001)	(0,0046)	(0,0001)	(0,0145)	(0,0128)	(0,0001)
	-0,07	-0,03	-0,07	0,00	0,09	-0,11
AG	(0,1624)	(0,5056)	(0,1783)	(0,9981)	(0,0760)	(0,0370)
	-0,15	0,04	-0,15	-0,08	-0,11	-0,12
LG	(0,0024)	(0,3999)	(0,0034)	(0,1303)	(0,0360)	(0,0163)
	0,08	0,12	0,06	-0,38	-0,20	0,40
IAU	(0,1257)	(0,0187)	(0,2129)	(0,0001)	(0,0001)	(0,0001)
	-0,07	0,15	-0,05	-0,29	-0,22	0,23
AUP	(0,1612)	(0,0025)	(0,3636)	(0,0001)	(0,0001)	(0,0001)
	-0,07	0,15	-0,05	-0,29	-0,22	0,23
LU	(0,1627)	(0,0025)	(0,3662)	(0,0001)	(0,0001)	(0,0001)
	-0,14	0,08	-0,13	-0,26	-0,19	0,13
LM	(0,0046)	(0,1167)	(0,0133)	(0,0001)	(0,0005)	(0,0087)
	0,22	0,19	0,19	-0,38	-0,17	0,44
PU	(0,0001)	(0,0002)	(0,0001)	(0,0001)	(0,0010)	(0,0001)
	-0,12	-0,04	-0,14	-0,23	-0,10	0,08
CTA	(0,0198)	(0,4886)	(0,0065)	(0,0001)	(0,0531)	(0,1382)
	-0,16	-0,00	-0,15	-0,17	-0,10	-0,00
CTP	(0,0012)	(0,9588)	(0,0023)	(0,0009)	(0,0497)	(0,9488)
	-0,21	-0,17	-0,21	0,09	-0,02	-0,22
CT	(0,0001)	(0,0007)	(0,0001)	(0,0759)	(0,6328)	(0,0001)

	-0,02	0,02	0,03	-0,02	-0,04	-0,02
PVL	(0,6994)	(0,7240)	(0,5723)	(0,7105)	(0,3980)	(0,6405)
	-0,03	0,02	-0,05	-0,33	-0,23	0,20
PVP	(0,5014)	(0,6345)	(0,3218)	(0,0001)	(0,0001)	(0,0001)
	-0,07	-0,01	-0,10	-0,25	-0,17	0,13
AC	(0,1596)	(0,8508)	(0,0611)	(0,0001)	(0,0008)	(0,0090)
	-0,03	0,08	-0,04	-0,36	-0,26	0,23
EPP	(0,5587)	(0,1342)	(0,4175)	(0,0001)	(0,0001)	(0,0001)

1 Composição corporal: EST= estatura, AP= Abertura de peito, PC= Profundidade corporal,
2 ANG= Angulosidade, AG= Ângulo de garupa, LG= Largura de garupa. Composição de
3 úbere: IAU= Inserção anterior de úbere, AUP= Altura de úbere posterior, LU= Largura de
4 úbere, LM=Ligamento médio, PU=Profundidade de úbere, CTA=Colocação de tetos
5 anterior, CTP= Colocação de tetos posterior, CT= Comprimento de tetos. Composição de
6 Pernas e Pés: PVL= Pernas vista lateral, PVP= Pernas vista posterior, AC= Ângulo de
7 casco, EPP=Escore de pernas e pés. TPF= Taxa de prenhez das filhas, TCN= Taxa de
8 concepção de novilhas, TCV= Taxa de concepção de vacas, FP= Facilidade de parto,
9 NAT= natimorto, VP= Vida produtiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as frequências alélicas e genotípicas para os genes das caseínas e lactoglobulina, a população de fêmeas bovinas da região Oeste de Santa Catarina, apresenta perfil genético interessante para a produção de leite e derivados lácteos, principalmente para a produção de queijos, devido à presença de alelos associados as propriedades tecnológicas do leite.

Foram identificados animais portadores de algumas doenças genéticas, principalmente para Brachyspina e CVM, as quais, apresentaram as maiores frequências de portabilidade na população, e estas, podem afetar negativamente a fertilidade dos animais, e consequentemente, o desempenho produtivo do rebanho.

Os valores de PTA genômica, indicam a necessidade em melhorar geneticamente os rebanhos para produção de leite, facilidade de parto e conformação dos rebanhos, devido as médias negativas encontradas nesta população. As correlações entre estes valores, sugerem que a seleção para o volume de leite pode promover aumento do volume de gordura e proteína, e redução das concentrações destes sólidos. No entanto, a seleção para volume de gordura e concentração de sólidos, parece ser mais vantajosa na melhoria destas características, devido a associação favorável entre elas.

A seleção dos animais para aumento de volume de leite e sólidos, pode reduzir o desempenho reprodutivo, devido as correlações negativas entre as PTAs. O mesmo ocorre entre as características lineares e de conformação, que foram, em grande maioria, associadas negativamente com a reprodução.

REFERÊNCIAS

- AGERHOLM, J. S. et al. First confirmed case of the bovine brachyspina syndrome in Canada. **The Canadian Veterinary Journal**, v.51, p.1349-1350, 2010.
- AGERHOLM, J.; PEPPERKAMP, K. Familiar occurrence of Danish and Dutch cases of the bovine brachyspina syndrome. **BMC Veterinary Research**, v.3, n.8, 2007.
- AHMED, A. S. et al. Milk protein polymorphisms and casein haplotypes in Butana cattle. **Journal Applied Genetics**, v.58, p.261-271, 2017.
- ALIM, M. A. et al. Effect of polymorphisms in the *CNS3* (κ -casein) gene on milk production traits in Chinese Holstein Cattle. **Molecular Biology Reports**, v.47, p.785-7593, 2014.
- ÁLVARES-LEÓN, E. E; ROMÁN-VIÑAS, B.; SERRA-MAJEM, L. Dairy products and health: a review of the epidemiological evidence. **British Journal of Nutrition**, v.96, suppl.1, p.94-99, 2006.
- ANDERSON, L.; GEORGES, M. Domestic-Animal genomics: Deciphering the genetics of complex traits. **Nature Reviews Genetics**, v.5 p.202-212, 2004.
- ANDRADE, L. M. de. et al. Efeitos genéticos e de ambiente sobre a produção de leite e a contagem de células somáticas em vacas holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.343-349, 2007.
- ASSIS, A. G de. **Sistemas de produção de leite no Brasil**. Circular técnica, n.85, p.6, ISSN 1517-4816, 1ª ed, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG, 2005.
- BAGNATO, A.; OLTENACU, P. A. Phenotypic evaluation of fertility traits and their association with milk production of Italian Frisian Cattle. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.874-882, 1994.

BOTARO, B. C. et al. Effect of the kappa-casein gene polymorphism, breed and seasonality on physicochemical characteristics, composition and stability of bovine milk. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2447-2454, 2009.

BAUMAN, D. E.; GRIINARI, M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual Review of Nutrition**, v.23, p.203-227, 2003.

BERGLUND, B.; PERSSON, A.; STÂLHAMMAR, H. Effects of complex vertebral malformation on fertility in Swedish Holstein cattle. **Acta Veterinary Scandinavica**, v.45, p.161-165, 2004.

BERRY, D. P. et al. Genetic relationships among linear type traits, milk yield, body weight, fertility and somatic cell count in primiparous dairy cows. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v.43, p.161-176, 2004.

BITTANTE, G. et al. Comparison between genetic parameters of cheese yield and nutrient recovery or whey loss traits measured from individual model cheese-making methods or predicted from unprocessed bovine milk samples using Fourier-transform infrared spectroscopy. **Journal of Dairy Science**, v.97, p.6560-6572, 2014.

BITTANTE, G.; CIPOLAT-GOTET, C.; CECCHINATO, A. Genetic parameters of different measures of cheese yield and milk nutrient recovery from an individual model cheese-manufacturing process. **Journal of Dairy Science**, v.96, p.7966-7979, 2013.

BOBE, G. et al. *Short communication:* Composition of milk protein and milk fatty acids is stable for cows differing in genetic merit for production. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.3955-3960, 2007.

BOLIGON, A. A. et al. Herdabilidade e tendência genética para as produções de leite e de gordura em rebanhos da raça holandês no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1512-1518, 2005.

BONFATTI, V. et al. Effects of β - κ -casein (CSN2-CSN3) haplotypes and β -lactoglobulin (BLG) genotypes on milk production traits and detailed protein composition of individual milk of Simmental cows. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.3797-3808, 2010.

BOTARO, B. G. et al. Effect of the Kappa-casein gene polymorphism, breed and seasonality on physicochemical characteristics, composition and stability of bovine milk. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2447-2454, 2009.

BUITENHUIS, B. et al. Estimation of genetic parameters and detection of chromosomal regions affecting the major milk proteins and their post translational modification in Danish Holstein and Danish Jersey cattle. **BMC Genetics**, v.17, p.114, 2016.

CAMPOS, R. V. et al. Genetic parameters for linear type traits and milk, fat and protein production in Holstein cows in Brazil. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.28, n.4, p.476-484, 2015.

CDCB, Council on Dairy Cattle Breeding. **Two million genotypes in U.S dairy database**. Bowie, Maryland, Estados Unidos. 24 de Julho de 2017. Disponível em: <<https://queries.uscdcb.com/News/CDCB%20AGIL%20Two%20Million%20Genotype%20Mark.pdf>>. Acesso em: 17 de Janeiro de 2018.

CECCHINATO, A. et al. Genetic parameters of cheese yield and curd nutrient recovery or whey loss traits predicted using Fourier-transform infrared spectroscopy of samples collected during milk recording on Holstein, Brown Swiss, and Simmental dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.98, p.4914-4927, 2015.

CITEK, J. et al. Sporadic incidence of factor XI deficiency in Holstein cattle. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.88, p.2069-2072, 2008.

COBUCCI, J. A. et al. Utilização dos Polinômios de Legendre e da função de Wilmink em avaliações genéticas para persistência na lactação de animais da raça Holandesa. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.614-623, 2006.

COELHO, A. C. B. et al. Condrodisplasia em bovinos do Sul do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.33, n.10, p.1195-1200, 2013.

COLE, J. B.; DA SILVA, M. V. G. B. Genomic selection in multi-breed dairy cattle populations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.45, n.4, p.195-202, 2016.

COLE, J. B.; NULL, D. J.; VANRADEN, P. M. Phenotypic and genetic effects of recessive haplotypes on yield, longevity, and fertility. **Journal of Dairy Science**, v.99, p.7274-7288, 2016.

COOPER, T. A. et al. Genomic evaluation, breed identification, and discovery of a haplotype affecting fertility for Ayrshire dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.97, p.3878-3882, 2014.

CREAMER, L. K. et al. Micelle Stability: κ -casein structure and function. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.3004-3012, 1998.

CUCCO, D. de C. et al. Estudo das correlações entre as PTAs (capacidade prevista de transmissão) de touros da raça Holandês com avaliação genética disponíveis no Brasil: características de produção, reprodução e conformação. **Livestock Research for Rural Development**, v.29, n.1, 2017. Disponível em: <<http://www.lrrd.org/lrrd29/1/cucc29001.html>> . Acesso em: 20 de Set. 2017.

CUNHA, M. E. T. da. et al. Intolerância à lactose e alternativas tecnológicas. **UNOPAR Científica, Ciências Biológicas e da Saúde**, v.19, n.2, p.83-88, 2008.

DALIRI, Z. et al. Genetic relationships among longevity, milk production and linear type traits in Iranian Holstein cattle. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.7, p.512-515, 2008.

DEGROOT, B. J. et al. Genetic parameters and responses of linear type, yield traits, and somatic cell scores to divergent selection for predicted transmitting ability for type in Holstein. **Journal Dairy Science**, v.85, p.1578-1585, 2002.

DEPETERS, E. J.; CANT, J. P. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: A review. **Journal Dairy Science**, v.75, p.2043-2070, 1992.

DRUET, T.; JAFRÉZIC, F.; DUCROCQ, V. Estimation of genetic parameters for test day records of dairy traits in the first three lactations. **Genetics Selection Evolution**, v.37, p.257-271, 2005.

ELWOOD, P. C. et al. The survival advantage of milk and dairy consumption: an overview of evidence from cohort studies of vascular diseases, diabetes and cancer. **Journal of the American College of Nutrition**, v.27, n.6, p.723-734, 2008.

EMBRAPA, 2017. **Indicadores: Leite e derivados**. Embrapa Gado de Leite, ano 8, n.68, Juiz de Fora, MG.

ERHARDT, G. *Short communication: A new α_{S1} -casein allele in bovine milk and its occurrence in different breeds.* **Animal Genetics**, v.24, p.65-66, 1993.

ESTEVES, A. M. C. et al. Correlações genéticas e fenotípicas entre características de tipo e produção de leite em bovinos da raça Holandesa. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.4, p.529-535, 2004.

FANG, L. et al. Identification of brachyspina syndrome carriers in Chinese Holstein cattle. **Journal of Veterinary Diagnostic**, v.25, n.4, p.508-510, 2013.

FERRETTI, L.; LEONE, P.; SGARAMELLA, V. Long range restriction Analysis of the bovine casein genes. **Nucleic Acids Research**, v.18, n.23, p.6829-6833, 1999.

FREITAS, A. F. de. et al. Parâmetros genéticos para produções de leite e gordura nas três primeiras lactações de vacas Holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.709-713, 2001.

FRITZ, S. et al. Detection of haplotypes associated with prenatal death in dairy cattle and identification of deleterious mutation in GART, SHBG and SLC37A2. **Plos One**, v.8, n.6, p.1-8, 2013.

GADDIS, K. L. P. et al. Genomic prediction of disease occurrence using producer-recorded health data: a comparison of methods. **Genetics Selection Evolution**, v.47, n.41, p.1-13, 2015.

GAMBRA, R. et al. Genomic architecture of bovine κ -casein and β -lactoglobulin. **Journal of Dairy Science**, v.96, p.5333-5343, 2013.

GEBREYESUS, G. et al. *Short communication*: Multi-trait estimation of genetic parameters for milk protein composition in the Danish Holstein. **Journal of Dairy Science**, v.99, p.2863-2866, 2016.

GENTRY, P. A.; BALCK, W. D. Prevalence and inheritance of Factor XI (Plasma Thromboplastin Antecedent) deficiency in cattle. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.616-620, 1979.

GHANEM, M. E.; NAKAO, T.; NISHIBORI, M. Deficiency of uridine monophosphate synthase (DUMPS) and X-chromosome deletion in fetal mummification in cattle. **Animal Reproduction Science**, v.91, p.45-54, 2006.

GHANEM, M. E.; NISHIBORI, M. Genetic description of Factor XI deficiency in Holstein semen in Western Japan. **Reproduction in Domestic Animals**, v.44, p.792-796, 2009.

GIBSON, R. A. et al. The effect of dairy foods on CHD: a systematic review of prospective cohort studies. **British Journal of Nutrition**, v.102, p.1267-1275, 2009.

GODDARD, M. E.; HAYES, B. J. Genomic Selection. **Journal Animal Breeding and Genetic**, v.124, p.323-330, 2017.

GUSTAVSSON, F. et al. Effects of breed and casein genetic variants on protein profile in milk from Swedish Red, Danish Holstein, and Danish Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, v.97, p.3866-3877, 2014.

HAILE-MARIAM, M.; PRYCE, J. E. Genetic parameters for lactose and its correlation with other milk production traits and fitness traits in pasture-based production systems. **Journal of Dairy Science**, v.100, p.1-13, 2017.

HAYES, B. J. et al. Genomic selection in dairy cattle: Progress and challenges. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.433-443, 2009.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v.28, p.476-490, 1943.

HEALY, P. J.; HAPPER, P. A. W.; DENNIS, J. A. Bovine citrullinaemia: a clinical, pathological, biochemical and genetic study. **Australian Veterinary Journal**, v.67, n.6, p.255-258, 1990.

HERNÁNDEZ-LEDESMA, B.; RAMOS, M.; GÓMEZ-RUIZ, J. Bioactive components of ovine and caprine cheese whey. **Small Ruminant Research**, v.101, p.196-204, 2011.

HOEKSTRA, J. et al. Genetic and phenotypic parameters for milk production and fertility traits in upgraded dairy cattle. **Livestock Production Science**, v.40, p.225-232, 1994.

IBGE, 2016. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Pesquisa Pecuária Municipal. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2016>>. Acesso em: 24 de ago. 2017.

JENKINS, T. C.; MCGUIRET, M. A. Major advances in nutrition: Impact on milk composition. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1302-1310, 2006.

KANAE, Y. et al. A method for detecting complex vertebral malformation in Holstein calves using polymerase chain reaction-primer introduced restriction analysis. **Journal of Veterinary Diagnostic investigation**, v.17, p.258-262, 2005.

KANWAR, J. R. et al. Molecular and biotechnological advances in milk proteins in relation to human health. **Current Protein and Peptide Science**, v.10, p.308-338, 2009.

KANWAR, R. K. et al. Bovine milk fat enriched in conjugated linoleic and vaccenic acids attenuate allergic airway disease in mice. **Clinical and Experimental Allergy**, v.38, p.208-218, 2007.

KIPP, S. et al. A new Holstein haplotype affecting calf survival. **Interbull Buletin**, n.49, p.49-53, 2015.

KIPP, S. et al. Identification of a haplotype associated with cholesterol deficiency and increased juvenile mortality in Holstein cattle. **Journal of Dairy Science**, v.99, p.8915-8931, 2016.

LATTER, M. R. et al. Inheritance of proportionate dwarfism in Angus cattle. **Australian Veterinary Journal**, v.84, n.4, p.122-128, 2006.

LIU, A. et al. Variance components and correlations of female fertility traits in Chinese Holstein population. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.8, p.1-9, 2017.

MACGILLIVRAY, S.; FAHEY, T.; MCGUIRE, W. Lactose avoidance for young children with acute diarrhoea. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, 2013.

MADALENA, F. E. Estratégias de uso de recursos genéticos visando melhorar a qualidade do leite e derivados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 7., 2008, São Paulo, **Anais...** São Carlos: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal – SBMA, 2008.

MADRID, S.; ECHEVERRI, J. Association between conformation traits and productive performance in Holstein cows in the department of Antioquia, Colombia. **Veterinaria y Zootecnia**, v.8, n.1, p.35-47, 2014.

MARKUS, C. R. et al. Whey protein rich in α -lactalbumin increases the ratio of plasma tryptophan to the sum of the other large neutral amino acids and improves cognitive performance in stress-vulnerable subjects. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.75, p.1051-1056, 2002.

MARRON, B. M. et al. *Short communication*: Identification of a mutation associated with factor XI deficiency in Holstein cattle. **Animal Genetics**, v.35, p.454-456, 2004.

MARTINEZ, M. L. et al. Relações entre as capacidades preditas de transmissão de touros Gir e a produção de leite de suas filhas puras e mestiças. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.692-699, 2000.

MARTINI, L. A.; WOOD, R. J. Milk intake and the risk of type 2 diabetes mellitus, hypertension and prostate cancer. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v.53, p.688-694, 2009.

MECMAHON, D. J.; OOMMEN, B. S. Supramolecular structure of the casein micelle. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.1709-1721, 2008.

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

MEYDAN, H. et al. Identification of factor FI deficiency in Holstein cattle in Turke. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v.51, n.5, p.1-4, 2009

MEYDAN, H.; YILDIZ, M. A.; AGERHOLM, J. S. Screening for bovine leukocyte adhesion deficiency, deficiency of uridine monophosphate synthase, complex vertebral malformation, bovine citrullinaemia, and factor XI deficiency in Holstein cows reared in Turkey. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v.52, n.56, p.1-8, 2010.

MICHAELSEN, K. F. et al. Cow's milk in treatment of moderate and severe undernutrition in low-income countries. **Nestlé Nutrition Institute Workshop series. Pediatric Program**, v.67, p.99-111, 2011.

MONTEIRO, A. A. et al. Características da produção leiteira da região do agreste do estado de Pernambuco, Brasil. **Ciências Agrárias**, v.28, n.4, p.665-674, 2007.

MOURÃO, G. B. et al. Avaliação da viabilidade econômica do melhoramento genético para qualidade da proteína do leite no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 9., 2012, Paraíba, **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal – SBMA, 2012.

MUEHLHOFF, E.; BENNETT, A.; MECMAHON, D. Milk and dairy products in human nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, FAO, p.1-376, 2013.

NASERKHEIL, M. et al. Random regression models using Legendre Polynomials to estimate genetic parameters for test-day milk protein yields in Iranian Holstein dairy cattle. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.29, n.12, p.1682-1687, 2016.

NASREEN, F. et al. Detection and screening of bovine leukocyte adhesion deficiency in Pakistan using molecular methods. **Hereditas**, v.146, p.74-78, 2009.

NEIVA, J. N. M. et al. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.668-678, 2004.

NICHOLAS, F. W. **Introdução à genética veterinária**. 3.ed. Artmed, Porto Alegre/RS, 2011. p.347.

NILSEN, H. et al. Casein haplotypes and their association with milk production traits in Norwegian Red cattle. **Genetics Selection Evolution**, v.41, n.24, p.1-12, 2009.

NÓBREGA, G. H. da. et al. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições de Semiárido Nordestino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.1, p.67-73, 2011.

NORMAN, H. D. et al. Factors associated with frequency of abortions recorded through Dairy Herd Improvement test plans. **Journal of Dairy Science**, v.95, p.4074-4084, 2012.

NORO, G. et al. Fatores ambientais que afetam a produção e a composição do leite em rebanhos assistidos por cooperativas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1129-1135, 2006.

OLIVEIRA, A. S. de. et al. Identificação e quantificação de indicadores-referência de sistemas de produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.507-516, 2007.

OLORI, V. E.; MEUWISSEN, H. E.; VEERKAMP, R. F. Calving interval and survival breeding values as measure of cow fertility in a pasture-based production system with seasonal calving. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.689-696, 2002.

PATEL, R. K. et al. *Short communication*: Lack of carriers of citrullinaemia and DUMPS in Indian Holstein cattle. **Journal of Applied Genetics**, v.47, n.3, p.239-242, 2006.

PEREIRA, R. J. et al. Genetic parameters for production traits of dairy Gyr (*Bos indicus*) x Holstein cattle estimated with a random regression model. **Livestock Science**, v.158, p.24-31, 2013.

PEREZ, M. D. et al. Effect of β -lactoglobulin on the activity of pregastric lipase. A possible role for this protein in ruminant milk. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1123, p.151-155, 1991.

PERNA, A. et al. The influence of casein haplotypes on quality, coagulation, and yield traits of milk from Italian Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.99, p.3288-3294, 2016.

PETRINI, J. et al. Genetic parameters for milk fatty acids, milk yield and quality traits of a Holstein cattle population reared under tropical conditions. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.133, p.384-395, 2016.

POULSEN, N. A. et al. The occurrence of noncoagulation milk and the association of bovine milk coagulation properties with genetic variants of the caseins in 3 Scandinavian dairy breeds. **Journal of Dairy Science**, v.96, p.4830-4842, 2013.

REIS, A. M. dos. et al. Efeito do grupo racial e do número de lactações sobre a produtividade e a composição do leite bovino. **Ciências Agrárias**, v.33, n.2, p.3421-3436, 2012.

REN, D. X. et al. Genotyping of the κ -casein and β -lactoglobulin genes in Chinese Holstein, Jersey and water buffalo by PCR-RFLP. **Journal of Genetics**, v.90, n.1, p.1-5, 2011.

RENNÓ, F. P. et al. Correlações genéticas e fenotípicas entre características de conformação e produção de leite em bovinos da raça Pardo-Suíça no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1419-1430, 2003.

RESENDE, M. D. V. de. et al. **Computação da seleção genômica ampla (GWS)**. Embrapa Floresta, Colombo-PR, 2010. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/883425>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2018.

RESENTE, M. D. V. de. et al. Seleção genômica ampla (GWS) e maximização da eficiência do melhoramento genético. **Pesquisa Floresta Brasileira**, n.56, p.63-77, 2008.

RIBEIRO, L. A. et al. PCR screening and allele frequency estimation of bovine leukocyte adhesion deficiency in Holstein and Gir cattle in Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, v.23, n.4, p.831-834, 2000.

ROUT, P. K. et al. Estimation of genetic parameters and genetic trends for milk yield traits in Jamunapari goats in semiarid tropics. **Small Ruminant Research**, v.153, p.62-65, 2017.

SALLEM, S. et al. *Technical note*: The role of circulating low-density lipoprotein levels as a phenotypic marker for Holstein cholesterol deficiency in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.99, p.1-6, 2016.

SANCHEZ, M. P. et al. *Short communication*: Genetic parameters for milk protein composition predicted using mid-infrared spectroscopy in the French Montabéliarde, Normande, and Holstein dairy cattle breeds. **Journal of Dairy Science**, v.100, p.1-5, 2017.

SANTOS, J. F. dos.; RODRIGUES, J. A. da S. Importância da caseína do leite, aspectos econômicos e nutricionais. Levantamento do teor de caseína no leite das propriedades do pool de leite ABC, APCBRH, PR. **Veterinária e Zootecnia**, v.20. n.1, p.151-152, 2013.

SCHAEFFER, L. R. Strategy for applying genome-wide selection in dairy cattle. **Journal Animal Breeding and Genetic**, v.123, p.218-223, 2006.

SCHOPEN, G. C. B. et al. Genetic parameters for major milk proteins in Dutch Holstein-Friesians. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.1182-1191, 2009.

SCHUTZ, E. et al. The Holstein Frisian lethal haplotype 5 (HH5) results from a complete deletion of TBF1M and cholesterol deficiency (CDH) from an ERV-(LTR) insertion into the coding region of *APOB*. **Plos One**, v.11, n.4, p.1-15, 2016.

SCHWENGER, B.; SHOBER, S.; SIMON, D. DUMPS cattle carry a point mutation in the Uridine Monophosphate Synthase gene. **Genomics**, v.16, p.241-244, 1993.

SCHWENGER, B.; TAMMEN, I.; AURICH, C. Detection of the homozygous recessive genotype for deficiency of uridine monophosphate synthase by DNA typing among bovine embryos produced *in vitro*. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.100, p.511-514, 1994.

SEGELKE, D. et al. Considering genetic characteristics in German Holstein breeding programs. **Journal of Dairy Science**, v.99, p.1-10, 2016.

SHANKS, R. D.; ROBINSON, J. J. Embryonic mortality attributed to inherited Deficiency of Uridine Monophosphate Synthase. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.3035-3039, 1989.

SHUSTER, D. E. et al. Identification and prevalence of a genetic defect that causes leukocyte adhesion deficiency in Holstein cattle. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.8, p.9225-9229, 1992.

SILVA, H. A. da. et al. Análise da viabilidade econômica da produção de leite a pasto e com suplementos na região dos Campos Gerais – Paraná. **Ciência Rural**, v.38, n.2, p.445-450, 2008.

SILVA, M. V. B. et al. The development of genomics applied to dairy breeding. **Livestock Science**, v.166, p.66-75, 2014.

SNEDDON, N. W. et al. Genetic parameters for milk components including lactose from test day records in the New Zealand dairy herd. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.58, n.2, p.97-107, 2015.

STIPP, A. T. et al. Polimorfismos genéticos da kappa-caseína e da beta-lactoglobulina e produção de leite em bovinos. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.1, p.275-280, 2013.

STOCCO, G. et al. Breed of cow and herd productivity affect milk nutrient recovery in curd, and cheese yield, efficiency and daily production. **Animal**, p.1-11, 2017.

SUTTON, L. F.JR.; ALSTON-MILLS, B. β -lactoglobulin as a potential modulator of intestinal activity and morphology in neonatal piglets. **The Anatomical Record. Part A**, v.288, p.601-608, 2006.

TESTONI, S. et al. Brachyspina syndrome in two Holstein calves. **The Veterinary Journal**, v.177, p.144-146, 2008.

THOLSTRUP, T. Dairy products and cardiovascular disease. **Reprinted from Current in Lipidology**, v.17, p.1-10, 2006.

USDA, 2017. **Livestock and poultry: World markets and trade**. Foreign Agricultural Service, 2017.

VALLAS, M. et al. Composite β - κ -casein genotypes and their effect on composition and coagulation of milk from Estonian Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.95, p.6760-6769, 2012.

VAN DER LAAK, M. et al. Genotype by environment for production, somatic cell score, workability, and conformation traits in Dutch Holstein-Friesian cows between farms with or without grazing. **Journal of Dairy Science**, v.99, p.1-8, 2016.

VANDENPLAS, Y. Lactose intolerance. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v.24, n.1, p.9-13, 2015.

VANRADEN, P. M. et al. Harmful recessive effects on fertility detected by absence of homozygous haplotypes. **Journal of Dairy Science**, v.94, p.6153-6161, 2011.

VANRADEN, P. M. et al. Reliability of genomic predictions for North American Holstein bulls. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.16-24, 2009.

VANRADEN, P. M.; SULLIVAN, P. G. International genomic evaluation methods for dairy cattle. **Genetics Selection Evolution**, v.41, n.7, p.1-9, 2010.

VICENTE, F. et al. Capacity of milk composition to identify the feeding system used to feed dairy cows. **Journal of Dairy Research**, v.84, p.254-263, 2017.

VISENTIN, G. et al. Processing characteristics of dairy cow milk are moderately heritable. **Journal of Dairy Science**, v.100, p.1-13, 2017.

WASANA, N. et al. Genetic relationship of productive life, production and type traits of Korean Holstein at early lactations. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.28, n.9, p.1259-1265, 2015.

WEAVER, C. M. Should dairy be recommended as part of a healthy vegetarian diet? Point. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.89, n.5, p.1634-1637, 2009.

WELLER, J. I.; EZRA, E.; RON, M. *Invited review: A perspective on the future of genomic selection in dairy cattle.* **Journal of Dairy Science**, v.100, p.1-12, 2017.

WENCESLAU, A. A. et al. Estimaco de parmetros genticos de medidas de conformaco, produo de leite e idade ao primeiro parto, em vacas da raa Gir Leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.153-158, 2000.

WIGGANS, G. R. et al. Genomic Selection in Dairy cattle: The USDA experience. **Annual Reviews of Animal Biosciences**, v.5, p.309-327, 2017.

WURSTER, F. et a. Condrodisplasia tipo Dexter em fetos bovinos abortados. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.40, n.3, p.1-3, 2012.