

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LORENA CARLA GOMES VERNASCHI

IMPACTO DA CLASSIFICAÇÃO LINEAR E DO ESCORE DE CÉLULAS
SOMÁTICAS NA AVALIAÇÃO DA VIDA PRODUTIVA DE VACAS
HOLANDEASAS NO ESTADO DO PARANÁ

CURITIBA-PR

2023

LORENA CARLA GOMES VERNASCHI

IMPACTO DA CLASSIFICAÇÃO LINEAR E DO ESCORE DE CÉLULAS
SOMÁTICAS NA AVALIAÇÃO DA VIDA PRODUTIVA DE VACAS
HOLANDESAS NO ESTADO DO PARANÁ

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Orientadora: Profa. Dra. Laila Talarico Dias

Coorientador: Prof. Dr. Francisco
Peñagaricano

CURITIBA-PR

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Vernaschi, Lorena Carla Gomes

Impacto da classificação linear e do escore de células
somáticas na vida produtiva de vacas Holandesas no Estado do
Paraná / Lorena Carla Gomes Vernaschi. – Curitiba, 2023.
1 recurso online: PDF.

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

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Laila Talarico Dias

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Peñagaricano

1. Bovinos de leite. 2. Bovinos de leite - Produtividade. 3.
Vacas. 4. Células somáticas. I. Dias, Laila Talarico. II.
Peñagaricano, Francisco. III. Universidade Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

Bibliotecária: Telma Terezinha Stresser de Assis CRB-9/944

ATA Nº0042023

**ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DOUTORADO PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE DOUTORA EM ZOOTECNIA**

No dia vinte e quatro de março de dois mil e vinte e três às 13:30 horas, na sala Auditório da ADAPAR, Agência de Defesa Agropecuária do Paraná, Rua dos Funcionários, 1559, foram instaladas as atividades pertinentes ao rito de defesa de tese da doutoranda **LORENA CARLA GOMES VERNASCHI**, intitulada: **Impacto da classificação linear e do escore de células somáticas na avaliação da vida produtiva de vacas Holandesas no estado do Paraná**, sob orientação da Profa. Dra. LAILA TALARICO DIAS. A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: LAILA TALARICO DIAS (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), SANDRA MARIA SIMONELLI (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - PR), RODRIGO DE ALMEIDA (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), LENIRA EL FARO ZADRA (INSTITUTO DE ZOOTECNIA IZ/APTA-SAA/SP). A presidência iniciou os ritos definidos pelo Colegiado do Programa e, após exarados os pareceres dos membros do comitê examinador e da respectiva contra argumentação, ocorreu a leitura do parecer final da banca examinadora, que decidiu pela APROVAÇÃO. Este resultado deverá ser homologado pelo Colegiado do programa, mediante o atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca dentro dos prazos regimentais definidos pelo programa. A outorga de título de doutora está condicionada ao atendimento de todos os requisitos e prazos determinados no regimento do Programa de Pós-Graduação. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, LAILA TALARICO DIAS, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais membros da Comissão Examinadora.

CURITIBA, 24 de Março de 2023.

Assinatura Eletrônica

27/03/2023 23:22:01.0

LAILA TALARICO DIAS

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

24/05/2023 19:29:32.0

SANDRA MARIA SIMONELLI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - PR)

Assinatura Eletrônica

27/03/2023 17:41:07.0

RODRIGO DE ALMEIDA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

28/03/2023 09:58:28.0

LENIRA EL FARO ZADRA

Avaliador Externo (INSTITUTO DE ZOOTECNIA IZ/APTA-SAA/SP)

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **LORENA CARLA GOMES VERNASCHI** intitulada: **Impacto da classificação linear e do escore de células somáticas na avaliação da vida produtiva de vacas Holandesas no estado do Paraná**, sob orientação da Profa. Dra. LAILA TALARICO DIAS, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

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

CURITIBA, 24 de Março de 2023.

Assinatura Eletrônica

27/03/2023 23:22:01.0

LAILA TALARICO DIAS

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

24/05/2023 19:29:32.0

SANDRA MARIA SIMONELLI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - PR)

Assinatura Eletrônica

27/03/2023 17:41:07.0

RODRIGO DE ALMEIDA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

28/03/2023 09:58:28.0

LENIRA EL FARO ZADRA

Avaliador Externo (INSTITUTO DE ZOOTECNIA IZ/APTA-SAA/SP)

AGRADECIMENTOS

Nesses 4 anos de doutorado aprendi que tudo é possível! E, quando estamos ao lado das pessoas amamos, o caminho da vida torna-se mais fácil.

Por isso agradeço, principalmente, à minha família; aos meus pais e a minha irmã por acreditarem em mim e por estarem sempre ao meu lado me apoiando e me incentivando a seguir em frente.

Agradeço a Deus por me dar forças para não desistir dos meus objetivos e sonhos de vida.

Aos meus amigos GAMA, muito obrigado!

À minha orientadora e amiga Prof. Dra. Laila Talarico Dias por ter aceitado me orientar durante toda a minha jornada acadêmica. Obrigada por tudo nesses 12 anos de UFPR! Você sabe que é muito mais do que uma orientadora, é um exemplo de pessoa, de profissional e de mãe para mim! Uma pessoa que guardarei e mantereí sempre em minha vida.

Ao meu “segundo orientador” Prof. Dr. Rodrigo de Almeida Teixeira, que assim como a Prof. Laila, fez com que eu me apaixonasse ainda mais pelo melhoramento genético animal. Obrigada por me ajudar nas análises e por apresentar o gosto de “brincar” com os modelos estatísticos do melhoramento. Como diz a mamys acadêmica, você é o meu papys da vida acadêmica e estará sempre no meu coração.

À minha banca examinadora, obrigada por terem aceitado o meu convite! Agradeço, inicialmente, ao Prof. Dr. Rodrigo de Almeida por feito parte da minha jornada acadêmica, que fez parte da construção de todo conhecimento que tenho sobre vacas da raça Holandesa. Obrigada à Dra. Lenira El Faro, pelos conselhos e pelas sugestões e correções para deixar meus artigos, dissertação e agora tese ainda melhores. Obrigada à Profa. Dra. Sandra Maria Simonelli por ter aceitado fazer parte da minha banca, saiba que para mim é uma honra ser avaliada por alguém com um enorme conhecimento.

Obrigada aos meus amigos da APCBRH que fizeram parte dessa etapa importante da minha vida. Sinto falta de vocês todos os dias!

Obrigada aos produtores de leite do estado do Paraná, sem vocês o projeto de doutorado não teria sido finalizado.

Enfim, obrigada a todos que fazem e que fizeram parte da minha trajetória. Não foi nada fácil, mas superei minhas maiores dificuldades e consegui finalizar essa etapa. Hoje recebo o título de doutora após muito esforço e dedicação, por isso terei orgulho em dizer que sou Dra. Lorena Carla Gomes Vernaschi.

“Science and everyday life cannot and should not be separated. Science, for me, gives a partial explanation of life.”

ROSALIND ELSIE FRANKLIN

“Sabemos como é a vida: num dia dá tudo certo e no outro as coisas já não são tão perfeitas assim. Altos e baixos fazem parte da construção do nosso caráter. Afinal, cada momento, cada situação que enfrentamos em nossas trajetórias é um desafio, uma oportunidade única de aprender, de se tornar uma pessoa melhor. Só depende de nós, das nossas escolhas.”

ALBERT EINSTEIN

RESUMO

O objetivo dessa tese de doutorado foi avaliar a influência das características lineares dos compostos de sistema mamário, pernas e pés, força leiteira e garupa, e do escore de células somáticas sobre a duração da vida produtiva de vacas Holandesas do estado do Paraná, por meio do Modelo de Regressão de Cox. No Capítulo intitulado: “Influência das características lineares sobre o risco de descarte de vacas Holandesas no estado do Paraná”, o objetivo foi identificar quais características lineares estão mais associadas a longevidade de vacas da raça Holandesa. Para tanto, foi usado o Modelo de Regressão de Cox para ponderar o efeito das características lineares que compõem os compostos sobre a duração da vida produtiva (DVP), por meio do procedimento PHREG do software SAS. No modelo utilizado, foi considerada como variável de tempo, a duração da lactação, como efeito fixo rebanho e data de classificação e como covariáveis (efeito linear), a produção de leite aos 305 dias na primeira lactação, a idade ao primeiro parto (mês) e as características dos compostos lineares. A DVP foi definida como número de dias em lactação entre o primeiro e o último dia de controle leiteiro oficial de fêmeas primíparas. Pode-se notar que vacas com ângulo de garupa intermediário (Escore 6) obtiveram o menor risco de descarte e para as fêmeas com garupa invertida (Escore 1) o risco de descarte foi 4 vezes maior do que para as fêmeas de garupa extremamente inclinada (Escore 9). Já, os animais com pernas moderadamente curvas foram os que permaneceram por mais tempo no rebanho. Para o composto força leiteira, as primíparas não angulosas e pouco profundas apresentaram os maiores riscos de descarte (RD=2 e 12, respectivamente). As vacas com úbere extremamente alto e bem inseridos no abdômen tiveram o menor risco de descarte (1,0). Dessa forma, pode-se concluir que as características lineares podem ser usadas como indicadoras de DVP para vacas Holandesas e que, para suportar a alta produção de leite e permanecerem por mais tempo no rebanho, as fêmeas devem apresentar estatura mediana, úberes bem inseridos, com tetos inseridos no centro dos quartos, ligamento mediano bem destacado, pernas moderadamente curvas e ossatura limpa. No Capítulo intitulado: “Como a contagem de células somáticas influencia a longevidade produtiva de vacas Holandesas?”, o objetivo foi avaliar o efeito do escore de células somáticas (ECS) sobre a duração da vida produtiva (DVP) em vacas da raça Holandesa. Para tanto foi utilizado o Modelo de Regressão de Cox pelo procedimento PHREG do software SAS. A variável tempo foi definida como número de dias em lactação entre o primeiro e o último dia de controle leiteiro oficial de fêmeas primíparas, efeito fixo o grupo de contemporâneo (rebanho, ano e mês de classificação) e, como covariáveis (efeito linear), produção de leite aos 305 dias e os escores de células somáticas. Por meio da metodologia foi possível constatar que mesmo apresentando alta CCS, as vacas foram mantidas no rebanho por mais de 4 lactações. As fêmeas que apresentaram baixa CCS foram as que mais sofreram com o descarte voluntário devido ao maior número de animais em rebanhos, porém conseguiram

chegar a 3ª lactação. Concluiu-se, portanto, que, as fêmeas com baixa CCS permaneceram por mais tempo no rebanho. Para diminuir o risco de descarte no primeiro parto é necessário que a fêmea seja classificada na primeira lactação como, pelo menos, B+ (entre 80-84 pontos na pontuação final), pois assim a vaca conseguirá suportar ao longo da vida produtiva a alta produção de leite. Além disso, a CCS no primeiro parto não é um indicador adequado de longevidade produtiva de vacas Holandesas.

Palavras-chave: análise de sobrevivência; descarte voluntário; gado leiteiro; permanência no rebanho.

ABSTRACT

The objective of the PhD thesis was to evaluate the influence of linear characteristics of the mammary system, legs and feet, dairy strength and rump, and somatic cell score on the length of productive life of Holstein cows in the state of Paraná, using the Cox Regression Model. In the Chapter entitled: "Influence of linear types of traits on the risk of culling of Holstein cows", the objective was to identify which linear type are most associated with the functional longevity of Holstein cows. To achieve this, the Cox Regression Model was used to measure the effect of the linear type traits that make up the composites on the length of productive life (LPL), by the PHREG procedure of the SAS software, in which the time variable was the LPL and, as a fixed effect the herd and date of classification, and covariate (linear effect) the milk production at 305 days in the first lactation, the age at first calving (month) and the linear types traits. The LPL was defined as the number of days in lactation between the first and last day of official milk controlling for primiparous. It can be noted that cows with intermediate rump angle (Score 6) had the lowest risk of culling and for cows with inverted rump (Score 1) the risk of culling was 4 times higher than for cows with drained rump (Score 9). On the other hand, animals with moderately curved legs were the ones that remained longer in the herd. For the dairy strength composite, non-angular and shallow primiparous cows had the highest culling risks (2 and 12, respectively). Cows with extremely high udders and well inserted in the abdomen had the lowest risk of culling (1.0). Thus, it can be concluded that the linear characteristics can be used as indicators of LPL for Holstein cows and that to support high milk production and remain longer in the herd, the cows should have medium stature, well inserted udders, with teats inserted in the center of the quarters, well-defined median ligament, moderately curved legs, and scrawny bones. In the Chapter entitled: "How does somatic cell count influence the productive longevity of Holstein cows?", the objective was to evaluate the effect of somatic cell score (SCS) on the length of productive life (LPL) in first calving Holstein cows. To do so, the Cox Regression Model was used by the PHREG procedure of the SAS software. The variable time was defined as the number of days in lactation between the first and the last day of official milk control of primiparous females, fixed effect the contemporary group (herd, year and month of linear classification) and, as covariates (linear effect), milk production at 305 days and somatic cell scores. Through this methodology it was possible to verify that even presenting high SCS, the cows were kept for more than 4th lactation. The females that presented low SCS were the ones that suffered most with voluntary culling due to the greater number of animals in the herd but managed to reach the 3rd lactation. It was concluded, therefore, that females with low SCC remained longer in the herd. To decrease the risk of culling at first calving it is necessary that the female is classified in the first lactation, as at least, B+ (between 80-84 points in the final score), because this way the cow will be able

to support throughout her productive life the high milk production. Furthermore, SCC at first calving is not an adequate indicator of production longevity in Holstein cows.

Keywords: Survival analysis; voluntary culling; dairy cattle; herd life.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1: CONSIDERAÇÕES GERAIS

Figura 1: Taxa de descarte no Canadá entre os anos de 2016 e 2021 conforme o motivo.....	28
Figura 2: “True type” para a raça holandesa	31
Figura 3: Características lineares avaliadas para animais da raça holandesa na classificação canadense	33
Figura 4: Contribuição das características lineares na longevidade de vacas da raça jersey.....	36
Figura 5: Contribuição das características lineares a longevidade para vacas da raça holandesa.....	37
Figura 6: Tendência genética para resistência a mastite em vacas e touros da raça holandesa nos EUA	41
Figura 7: Gráfico da função de risco de falha.....	49

CAPÍTULO 2: INFLUENCE OF LINEAR TYPES TRAITS ON THE RISK OF CULLING OF HOLSTEIN COWS*

Figure 1: Hazard of culling according to final linear classification score in Holstein cows raised in Paraná.....	70
Figure 1: Hazard of culling according to final score for rump traits in primiparous Holstein cows.....	71
Figure 2: Hazard of culling according to final score for dairy strength traits in primiparous Holstein cows.....	72
Figure 3: Hazard of culling according to final score for feet and leg traits in primiparous Holstein cows.....	73
Figure 4: Hazard of culling according to final score for mammary system traits in primiparous Holstein cows.....	75

CAPÍTULO 3: COMO A CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS INFLUENCIA A LONGEVIDADE PRODUTIVA DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA?

Figure 1: Risco de descarte conforme a ECS em vacas Holandesas do estado do Paraná.....	88
---	----

Figure 2: Razão de riscos proporcionais entre as ECS de vacas da raça Holandesa do estado do Paraná.....	89
Figure 3: Curvas de probabilidade de sobrevivência para os escores de células somáticas, em função da duração da vida produtiva de vacas Holandesas de primeira cria.....	91

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1: CONSIDERAÇÕES GERAIS

Tabela 1: Valores médios da base populacional utilizadas na avaliação genéticas de bovinos da raça holandesa na holanda (hol) e estados unidos (eua)	23
tabela 2: Definições de longevidade em vacas leiteiras de acordo com diferentes autores.	25
Tabela 3: Coeficientes de herdabilidade para longevidade produtiva de vacas holandesas de acordo com diferentes autores.....	26
Tabela 4: Motivos de descarte conforme a ordem de parto de vacas holandesas no estado do paraná nos anos de 2007 a 2016	29
Tabela 5: Características lineares divididas conforme o composto e as respectivas pontuações para a classificação canadense	32
Tabela 6: Classificação final de vacas holandesas conforme a pontuação final para a classificação canadense	33
Tabela 7: Produção de leite, gordura e proteína conforme a pontuação final da classificação linear para animais da raça holandesa no Canadá.....	35
Tabela 8: Porcentagem de animais com 6 anos conforme a pontuação final e a produção de leite ao longo da vida produtiva	35
Tabela 9: Potenciais fenótipos para avaliar saúde de úbere, conforme diferentes autores.	40
Tabela 10: Média anual de ccs nos estados unidos, reino unido e Canadá para vacas holandesas de primeira cria	42
Tabela 11: Relação entre o escore de células somáticas (ecs) e a contagem de células somáticas (ccs) em vacas holandesas	42
Tabela 12: Perdas na produção de leite aos 305 dias (kg) associadas ao escore de células somáticas (ecs) e a média da contagem de célula somática (ccs) .	43

CAPÍTULO 2: INFLUENCE OF LINEAR TYPES TRAITS ON THE RISK OF CULLING OF HOLSTEIN COWS*

Table 1: Mean and standard deviation of linear type traits of Holstein cows raised in the state of Paraná.....	68
Table 2: Hazard of culling according to scores for rump traits in primiparous Holstein cows.....	70

Table 3: Hazard of culling according to scores for dairy strength traits in primiparous Holstein cows.....	71
--	----

Table 4: Hazard of culling according to scores for feet and leg traits in primiparous Holstein cow.....	73
---	----

Table 5: Hazard of culling according to scores for mammary system traits in primiparous Holstein cows.....	74
--	----

CAPÍTULO 3: COMO A CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS INFLUENCIA A LONGEVIDADE PRODUTIVA DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA?

Tabela 1: Estatística descritiva para produção de leite aos 305 dias (l305), produção de gordura aos 305 dias (g305), produção de proteína aos 305 dias (p305) e contagem de células somáticas (ccs) na primeira lactação de vacas Holandesas no estado do Paraná.....	87
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	–	Ângulo de casco
AG	–	Ângulo de garupa
ANG	–	Angulosidade
AU	–	Altura do úbere posterior
B	–	Boa
B+	–	Boa para mais
CCS	–	Contagem de células somáticas
CLA	–	Colocação dos tetos anteriores
CLP	–	Colocação dos tetos posteriores
CT	–	Comprimentos dos tetos
DVP	–	Duração da vida produtiva
ECC	–	Escore de condição corporal
EST	–	Estatura
EX	–	Excelente
F	–	Fraca
FL	–	Força de lombo
FS	–	Função de sobrevivência
IA	–	Inserção de úbere anterior
LG	–	Largura de garupa
LM	–	Ligamento mediano
LP	–	Largura de peito
LPI	–	Lifetime performance index
LU	–	Largura do úbere posterior
MB	–	Muito boa
NIV	–	Nivelamento da linha superior
NVI	–	Net merit index
PC	–	Profundidade corporal
PF	–	Pontuação final
PPVL	–	Pernas posteriores vista lateral
PPVP	–	Pernas posteriores vista posterior
PT	–	Profundidade de talão
PTA	–	Predicted transmitting ability

PU	–	Profundidade de úbere
QO	–	Qualidade óssea
R	–	Regular
RD	–	Risco de descarte
TPI	–	Total performance index
TU	–	Textura de úbere
VP	–	Vida produtiva

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	9
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE ABREVIATURAS.....	15
SUMÁRIO	17
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	19
1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 LONGEVIDADE DE VACAS HOLANDESAS	21
2.2 CONFORMAÇÃO LINEAR.....	30
2.3 CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS	38
2.4 ANÁLISE DE SOBREVIVÊNCIA	46
2.5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	52
CAPÍTULO 2: INFLUENCE OF LINEAR TYPES TRAITS ON THE RISK OF CULLING OF HOLSTEIN COWS	63
ABSTRACT	63
INTRODUCTION	64
MATERIAL AND METHODS	65
RESULTS.....	67
DISCUSSION.....	75
CONCLUSIONS	78
REFERENCES.....	79
CAPÍTULO 3: COMO A CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS INFLUENCIA A LONGEVIDADE PRODUTIVA DE VACAS HOLANDESAS? 82	
RESUMO.....	82
INTRODUÇÃO	83
MATERIAL E MÉTODOS	84
RESULTADOS	86
DISCUSSÃO	93
CONCLUSÃO.....	95

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	102

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

Para que os animais de produção apresentem desempenho adequado é essencial que haja ação conjunta do ambiente, que envolve fatores como: manejo alimentar, sanitário e bem-estar animal, e da genética.

De acordo com Carneiro Júnior (2009), embora os fatores ambientais influenciem diretamente a expressão de características de interesse econômico, estes não têm importância no processo de seleção, uma vez que não são transmitidos para os descendentes. Portanto, o sucesso do melhoramento genético está estreitamente relacionado com a capacidade de distinção entre as variações de origem ambiental e as de origem genética.

A seleção genética para aspectos econômicos importantes auxiliou na transformação e no avanço da indústria da pecuária leiteira. De acordo Miglior et al. (2017), essas características de importância econômica evoluíram com o tempo, com a ajuda de avanços na tecnologia e programas de melhoramento genético, como resposta às mudanças nas necessidades dos produtores, consumidores e sociedade.

Embora a seleção para aumentar o volume de leite produzido esteja sendo realizada há mais de 40 anos em diversos países, esse processo tem resultado na diminuição da taxa de sobrevivência de vacas leiteiras (VAN PELT; DE JONG; VEERKAMP, 2016). Trabalhos na literatura relataram que entre as principais consequências da seleção realizada para aumentar a produção de leite estão o aumento dos problemas de pernas e pés (PÉREZ-CABAL et al., 2006), na taxa de descarte voluntário e involuntário (MILLER et al., 2008) e da

infertilidade (NORMAN et al., 2009), o que indiretamente tem afetado a vida produtiva e a permanência das vacas nos rebanhos.

Prolongar a vida produtiva de vacas leiteiras pode reduzir o descarte involuntário (ZAVADILOVÁ;ŠTŤPKOVÁ, 2012) e intensificar o descarte voluntário (SEWALEN et al., 2008), além de aumentar a lucratividade da propriedade, a satisfação do mercado consumidor e melhoria no bem-estar dos animais (GRANDL et al., 2019).

A longevidade é considerada uma característica complexa, com herdabilidade de baixa magnitude e apresenta pouca informação fenotípica coletada em programas de melhoramento genético animal. Essa característica pode ser afetada por diversos fatores de origem ambiental e genético, como os inerentes ao indivíduo (lactação, saúde, características de conformação e desempenho reprodutivo – FERRIS et al., 2014), e aos fatores externos (preço do leite, nutrição, manejo, custo alimentar e taxa de reposição de novilhas – (GRANDL et al., 2019; DE VRIES;MARCONDES, 2020). Devido a diversidade de fatores que a influenciam, diversos países não a consideram nos índices de seleção o que dificulta a seleção de animais longevos em rebanhos leiteiros.

No entanto, com o crescente interesse em melhorar a genética animal, considerando os benefícios de alongar a vida produtiva e na sustentabilidade ambiental, alguns países como Estados Unidos, Canadá, Alemanha, França, Austrália e Holanda começaram a incluir nos índices econômicos de seleção critérios que refletem a longevidade, saúde, bem-estar e qualidade do leite (HU et al., 2021).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência das características lineares, dos compostos (sistema mamário, força leiteira, garupa e pernas e pés)

e da contagem de células somáticas sobre a longevidade produtiva de vacas Holandesas criadas no Estado do Paraná.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Por meio da seleção dos animais geneticamente superiores é possível, ao longo do tempo, alterar as frequências gênicas otimizando os resultados esperados o que contribui para o aumento da produtividade e da lucratividade das propriedades leiteiras (VERNEQUE et al., 2016).

No entanto, a seleção para longevidade é complexa, por ser uma característica de mensuração tardia uma vez que é necessário esperar até o final da vida produtiva do animal para obter a informação, e por apresentar herdabilidade de baixa magnitude que provavelmente ocorre em função da multiplicidade de fatores que influenciam essa característica.

Portanto, identificar e usar as características indicadoras de longevidade em rebanhos leiteiros é essencial para o desenvolvimento da indústria leiteira (HU et al., 2021).

1.1 LONGEVIDADE DE VACAS HOLANDESAS

O aumento da longevidade produtiva das vacas leiteiras poderá resultar em maior lucro das fazendas, em função da redução do custo com a reposição das matrizes, aumento da média de produção leiteira do rebanho, multiplicação do número de animais com alta produção leiteira e incremento do descarte voluntário (VAN PELT et al., 2015).

Segundo Vargas et al. (2002), na Costa Rica, o aumento de 1% na longevidade resultou na adição de US\$1,35 a 6,20/vaca/ano no lucro absoluto

da fazenda. Já a redução na taxa de descarte involuntário em 2,9%, além de ter aumentado a longevidade, proporcionou acréscimo de US\$22,00/vaca/ano na receita líquida (ROGERS et al., 1988). No Brasil, de acordo com Kern et al. (2016), o incremento da rentabilidade das propriedades está associado à redução do descarte involuntário causado por problemas reprodutivos e saúde do úbere, e com o aumento do descarte voluntário, principalmente pela baixa produção de leite.

A longevidade da vaca leiteira pode ser definida como a duração da vida do animal, que por sua vez é determinada pela decisão de descarte tomada pelo produtor ou pela morte do animal (DALLAGO et al., 2021). Na indústria leiteira moderna, o descarte por idade avançada em vacas Holandesas é muito raro. A longevidade está ligada ao desempenho econômico das fazendas, a pegada (*footprint*) ambiental da indústria leiteira e ao bem-estar animal (GRANDL et., 2019). Assim, longevidade curta limita o alcance da indústria leiteira em ser uma atividade mais sustentável e funcional (DALLAGO et., 2021).

A importância da longevidade nos programas de melhoramento vem crescendo ao longo dos anos (DE VRIES, 2017) e, por isso, vem sendo utilizada em índices de seleção ao redor do mundo (VAN DOORMAL, 2020). De acordo com Lawlor (2017), o uso de características que refletem a longevidade nos índices de seleção é essencial, pois proporcionará maior retorno econômico a fazenda por meio da diminuição do descarte involuntário no rebanho.

Por essa razão, Estados Unidos, Canadá e Holanda, para incrementarem o lucro das propriedades de bovinos leiteiros, além de selecionarem para as características de produção e de qualidade, passaram a considerar critérios de seleção relacionados à saúde, fertilidade e longevidade.

Para tanto, desenvolveram índices de seleção que englobam características de longevidade, o *Total Performance Index* (TPI), o *Lifetime Performance Index* (LPI) e o *Nederlands-Vlaamse Index* (NVI), respectivamente.

A proposta de cada índices difere em relação às características consideradas, a metodologia usada para gerar os valores genéticos, a ponderação utilizada para cada uma e a população usada como base para os cálculos (base genética).

A composição do TPI (HOLSTEIN ASSOCIATION USA, 2021) apresenta 46% para produção, 28% para saúde e fertilidade e 26% para conformação. A canadense LPI (LACTANET, 2022) pondera 40% produção, 40% durabilidade e 20% saúde e fertilidade. Já a Holandesa NVI (CRV, 2023) considera 52% saúde, 37% produção e 11% conformação.

TABELA 1: VALORES MÉDIOS DA BASE POPULACIONAL UTILIZADAS NA AVALIAÇÃO GENÉTICAS DE BOVINOS DA RAÇA HOLANDESA NA HOLANDA (HOL) E ESTADOS UNIDOS (EUA)

CARACTERÍSTICAS	HOL	EUA
<i>Leite (PL305 dias - kg)</i>	10.522	12.700
<i>Gordura (%)</i>	4,30	3,80
<i>Proteína (%)</i>	3,54	3,10
<i>Sólidos totais (kg)</i>	2.892	2.077
<i>Peso vivo (kg)</i>	650	750
<i>Estatura (metros)</i>	1,47	1,5
<i>Longevidade (lactações)</i>	4,00	2,50
<i>Produção vitalícia (litros)</i>	42.088	31.750
<i>Taxa de concepção 1º serviço (%)</i>	63%	35%

FONTE: CRV, 2023

Pela Tabela 1 nota-se que as vacas criadas na Holanda permanecem por mais tempo no rebanho, o que pode ser explicado pelo sistema de produção (semi-intensivo) ou o objetivo de seleção adotado no país. Os produtores Holandeses buscam animais longevos (média de 4 lactações – 6 anos de vida)

e que produzem grande volume de leite (produção vitalícia 42.088 mil litros de leite) de forma a proporcionar maior lucro. No Canadá as vacas Holandesas apresentam potencial de viverem em média por 9,1 anos (acabam morrendo por causas naturais como idade avançada), ou vivem por 6,8 anos (vida produtiva) representando, aproximadamente, média de 6 lactações, com idade ao primeiro parto de 27 meses (VAN DOORMAL, 2020).

Já na Polônia a curta vida produtiva tem sido um problema, pois de acordo com Adamczuk et al. (2017), vacas de alta produção (7.742 kg de leite) vivem em torno de 3,2 anos, o que pode ser explicado pela infertilidade (39,6% dos descartes) e problemas reprodutivos (15,5% dos descartes) ligados a doenças que afetam o úbere.

Mensurar a longevidade resultará em maior quantidade de registros de desempenho da vaca no rebanho, além de adicionar informações importantes para os programas de melhoramento genético leiteiro, como: produção de leite, gordura e proteína (KERN et al., 2016). Porém, em cada país a definição da permanência no rebanho pode diferir, o que tem sido apontado como um problema pela indústria leiteira pois, diferente do controle leiteiro, não há uma abordagem padronizada para mensurar a longevidade, o que resulta no uso de diferentes métricas (DALLAGO et al., 2021).

A Tabela 2 apresenta as diferentes maneiras de mensurar a longevidade, de acordo com diversos autores. Ducrocq (1987) considerou a longevidade de duas formas, sendo: (1) Verdadeira: que reflete a habilidade da vaca em evitar ser descartada prematuramente (por exemplo, quando é descartada por baixa produção de leite) ou (2) Funcional: que se refere a

habilidade da vaca em não ser descartada involuntariamente, por exemplo, por apresentar mastite.

TABELA 2: DEFINIÇÕES DE LONGEVIDADE EM VACAS LEITEIRAS DE ACORDO COM DIFERENTES AUTORES.

Característica	Unidade	Prazo	Descrição	Referência
Lactação	Contagem	Primeiro parto até o descarte/abate	Número acumulado de lactações	Essl (1998)
Mais de 3 lactações	Prevalência no rebanho	Número a partir de um determinado ponto	Porcentagem de vacas com 3 ou mais lactações	Villetaz Robichaud et al. (2019)
Taxa de descarte	Prevalência no rebanho	Número a partir de um determinado ponto	Porcentagem de descarte	Villetaz Robichaud et al. (2019)
Duração da vida	Anos	Nascimento e a morte	Dias entre o nascimento e a morte do animal	Haworth et al. (2008)
Duração da vida produtiva	Anos	Primeiro parto até o descarte/abate	Dias entre o primeiro parto e o descarte	Ducrocq (1994); Schneider et al. (2007) e Vernaschi et al. (2022)
Longevidade funcional	Rank	Primeiro parto até o descarte/abate	Duração da vida produtiva ajustado ao nível de produção de leite	Sewalem et al. (2008)
Índice de longevidade	%	Nascimento até a morte	Duração de vida produtiva dividido por dias de vida	Brickell e Wathes (2011); Haworth et al. (2008)

Mais recentemente, Charfeddine e Pérez-Cabal (2017) definiram a longevidade como o tempo de vida produtiva da vaca, no qual são mensurados os dias entre o primeiro parto e o último dia de ordenha.

Os coeficientes de herdabilidade para a longevidade produtiva, em geral, apresentam baixa magnitude (Tabela 3) provavelmente em função da multiplicidade de fatores que influenciam essa característica. Dessa forma, o progresso genético obtido por meio da seleção direta seria pequeno e lento, o

que justifica utilizar a seleção indireta. A seleção para longevidade é complexa, por ser uma característica de mensuração tardia uma vez que é necessário esperar até o final da vida produtiva do animal para obter a informação, e por apresentar herdabilidade de baixa magnitude.

TABELA 3: COEFICIENTES DE HERDABILIDADE PARA LONGEVIDADE PRODUTIVA DE VACAS HOLANDESAS DE ACORDO COM DIFERENTES AUTORES

Autores (Ano)	País	Nº de animais	Herdabilidade
Pritchard et al. (2012)	Reino Unido	75.137	0,05
Kern et al. (2016)	Brasil	132.922	0,07 - 0,08
Clasen et al. (2017)	Dinamarca	73.741	0,02 - 0,09

Devido às herdabilidades de baixa magnitude, justifica-se o uso da seleção indireta para longevidade produtiva, normalmente realizada por meio da produção de leite e das características de tipo, em função das correlações genéticas favoráveis entre tais características (CLASEN et al., 2017).

A longevidade de vacas leiteiras é afetada pelos motivos de descarte da propriedade que podem ser voluntários ou involuntários. O descarte voluntário, ou descarte por razão econômica, é aquele em que o produtor decide quais vacas devem deixar o rebanho com base nos critérios de seleção da propriedade. Nesse caso, o produtor de leite busca a lucratividade por meio da melhoria produtiva e de características desejáveis ao rebanho (SEWALEM et al., 2008).

De acordo com Paula (2018), os motivos mais frequentes do descarte voluntário é a baixa produção de leite, a baixa classificação para tipo, má conformação de úbere e pernas e pés, inadequada habilidade leiteira e idade avançada. Já, o descarte involuntário, ou por razão biológica, é realizado por

razões alheias à vontade do produtor, quando a vaca deixa de ser produtiva e/ou rentável ao rebanho (WEIGEL et al., 2003; FETROW, 2006). O descarte involuntário reduz a capacidade do criador de selecionar animais apenas com base na produção atingida na vida produtiva, forçando-o a retirar um animal que de outra forma seria mantido no rebanho (DALLAGO et al., 2021).

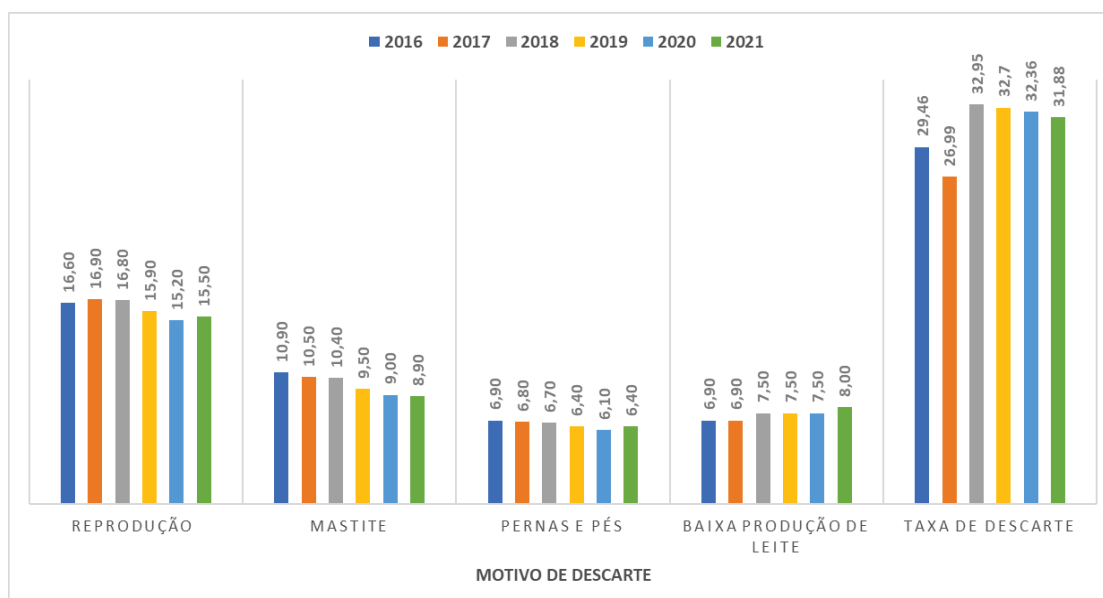
As taxas de descarte variam conforme o rebanho e a região onde está inserido (COMPTON et al., 2017). Por exemplo, segundo Compton et al. (2018), no Canadá a média do descarte involuntário é de 73,6%, voluntário é de 20,7% e por motivos desconhecidos é de 5,7%. A principal razão para a menor proporção do descarte voluntário deve-se, provavelmente, a seleção genética de vacas de alta produção de leite, o que reduz o risco relativo dos animais serem descartados devido à baixa produção de leite. Essa alta porcentagem de descarte por razões desconhecidas é devido a limitação de alguns produtores em indicar e/ou identificar o porquê a vaca foi retirada do rebanho (DALLAGO et al., 2021). A frequência dos diferentes motivos de descarte varia ao longo dos anos, pois dependem de diversos fatores como: ordem de parto, estágio de lactação, produção de leite e status de reprodução (PINEDO et al., 2010; HEISE et al., 2016; HAINE et al., 2017).

Na Alemanha, Shabalina et al. (2020) destacaram que os principais motivos de descarte são problemas relacionados ao úbere (24,21%), infertilidade (21,72%), problemas de pernas e pés (16,97%), doenças metabólicas (12,84%), baixa produção de leite (7,57%) e outros (10,79%). No mesmo trabalho, os autores estimaram correlação genética entre problemas de casco (-0,21 a 0,41) e longevidade (*length of productive life*) negativa indicando que a seleção para

melhorar doenças de casco diminuirá a permanência das vacas Holandesas no rebanho.

No Canadá, as razões de descarte foram as mesmas nos últimos 6 anos (Figura 1), sendo que, no ano de 2021 as fêmeas foram descartadas por problemas reprodutivos (15,50%), mastite (8,90%), baixa produção de leite (8,00%), pernas e pés (6,40%).

FIGURA 1: TAXA DE DESCARTE NO CANADÁ ENTRE OS ANOS DE 2016 E 2021 CONFORME O MOTIVO



FONTE: Lactanet, 2021

No Estado do Paraná os principais motivos de descarte de vacas Holandesas, conforme a ordem de parto, estão apresentados na Tabela 4. Nota-se que as taxas de descarte por problemas reprodutivos diminuem e por conta de mastite e problemas de pernas e pés aumentam ao longo das lactações. Observa-se também, que em relação a pernas e pés, as vacas mais velhas (5º parto para mais) foram mais descartadas do que as mais jovens nos anos de 2007 a 2016 no estado do Paraná.

TABELA 4: MOTIVOS DE DESCARTE CONFORME A ORDEM DE PARTO DE VACAS HOLANDESAS NO ESTADO DO PARANÁ NOS ANOS DE 2007 A 2016

MOTIVOS DE DESCARTE	1º PARTO (ANIMAIS)	2º PARTO (ANIMAIS)	3º PARTO (ANIMAIS)	4º PARTO (ANIMAIS)	5º PARTO + (ANIMAIS)
<i>Reprodução</i>	39,7% (551)	37,7% (635)	34,9% (584)	29,8% (437)	27,6% (533)
<i>Mastite e CCS</i>	14,4% (200)	19,7% (332)	23,4% (391)	25,2% (369)	23,7% (458)
<i>Pernas e Pés</i>	13,7% (190)	16,1% (271)	16,7% (280)	20,6% (302)	21,4% (412)

FONTE: Adaptado de Paula (2018)

Segundo Grandl et al. (2016), as vacas saudáveis atingem a maturidade produtiva na 5ª lactação, ou seja, é nesse momento que a fêmea consegue expressar todo seu potencial genético para a produção de leite. Por isso, é essencial que a fêmea permaneça no rebanho, por pelo menos, 7 anos.

Outro aspecto relevante é que com o aumento da vida produtiva é possível reduzir o impacto ambiental da produção de leite, pois rebanhos nos quais as vacas apresentam maior longevidade precisam de menos novilhas para reposição e apresentam mais vacas maduras de alta produção (DE VRIES; MARCONDES, 2020).

Rebanhos com alta proporção de novilhas e primíparas liberam mais fósforo e emitem mais metano por litro de leite ao meio ambiente do que aqueles com alta quantidade de vacas multíparas (HRISTOV et al., 2013). De fato, o aumento na longevidade está associado a diminuição da emissão de metano por kg de leite corrigido para gordura e proteína (GRANDL et al., 2019), contribuindo para a redução do *footprint* associado a produção de leite (BENBROOK et al., 2010) e fortalece o argumento de que o aumento da longevidade pode contribuir para diminuir o impacto da emissão de metano ao ambiente causado pela atividade pecuária leiteira (DALLAGO et al., 2021).

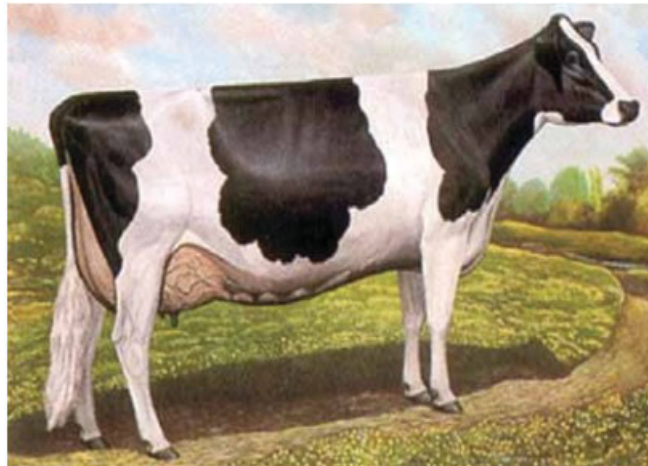
O custo com a reposição de rebanho definido como custo de manutenção a uma estrutura fixa do rebanho é de, aproximadamente, 10% do custo total da pecuária leiteira no oeste dos Estados Unidos (FRAZER, 2017). De acordo com De Vries e Marcondes (2020), no ano de 2017, esses custos foram, em média, de U\$3,68 por 100kg de leite vendido e U\$424 por vaca/ano. Segundo os autores, o custo de reposição de animais pode ser calculado como: Despesas anuais com compra de novilhas menos a receita gerada através de vacas vendidas/abatidas, dividida pela quantidade de leite vendido. Além disso, a média que deve ser obtida por reposição de novilhas é de U\$1.739/cabeça. Portanto, com o aumento da vida produtiva, o produtor diminui o gasto com reposição de vaca/ano e aumenta a produtividade animal ao longo de sua vida.

Portanto, longevidade curta de vacas leiteiras não afeta apenas a lucratividade da fazenda, mas também a oportunidade de selecionar animais superiores para outras características importantes para a atividade leiteira.

1.2 CONFORMAÇÃO LINEAR

Em 1920 para uniformizar o gado da raça Holandesa, a Associação Americana juntamente com produtores, melhoristas e especialistas na área definiram um modelo ideal (*True Type*) que contempla uma vaca forte, angulosa e profunda, com capacidade de converter alimento em produção de leite, com garupa ampla, úbere equilibrado, pernas e pés que permitam boa mobilidade (Figura 2).

FIGURA 2: "TRUE TYPE" PARA A RAÇA HOLANDESA



FONTE: The Holstein Association of Canada – The Original Painting by Ross Butler.

No entanto, conforme a demanda do mercado foi mudando, os animais foram evoluindo em conformação e o modelo ideal da vaca Holandesa foi se modificando.

De acordo com Valloto e Ribas Neto (2012), a classificação linear é essencial para os produtores de leite, pois:

1. Auxilia no acasalamento dirigido;
2. Os criadores passam a conhecer melhor os seus animais;
3. Promove a valorização econômica dos animais no momento da venda;
4. Auxilia na avaliação da evolução do rebanho;
5. Pode resultar em maior longevidade para os animais;
6. Permite a escolha mais assertiva de animais para participarem de exposições e julgamento da raça;
7. Auxilia no descarte voluntário.

Atualmente no Brasil, as associações de criadores usam a classificação linear Canadense para avaliar e classificar os animais, o que ocorre na primeira lactação, pois é quando a vaca começa a expressar sua conformação. A classificação canadense avalia 23 características no animal, divididas em 4 compostos, no qual são distribuídos escores que variam de 1 a 9 e que no final são somados para categorizar a fêmea nas classes (Tabela 5).

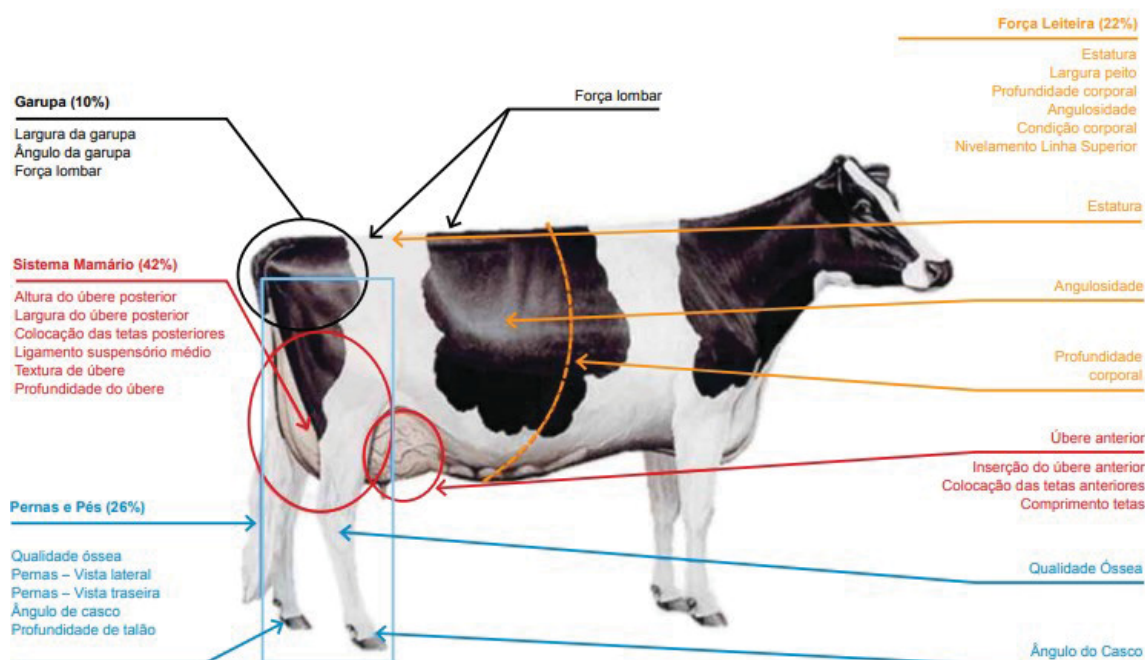
TABELA 5: CARACTERÍSTICAS LINEARES DIVIDIDAS CONFORME O COMPOSTO E AS RESPECTIVAS PONTUAÇÕES PARA A CLASSIFICAÇÃO CANADENSE

Composto Linear	Característica Linear	Participação no Composto Linear	Pontuação Ideal
Garupa (10%)	Ângulo de Garupa	42%	5
	Largura de Garupa	26%	9
	Força de Lombo	32%	9
Força Leiteira (22%)	Estatuta	11%	7
	Nivelamento Linha Superior	3%	5
	Largura de Peito	20%	7
	Profundidade Corporal	15%	7
	Angulosidade	25%	9
	Escore Corporal	5%	1 a 5
Pernas e Pés (26%)	Ângulo de Casco	22%	7
	Profundidade do Talão	20%	9
	Qualidade Óssea	10%	9
	Pernas Posteriores - Vista Lateral	17%	5
	Pernas Posteriores - Vista Posterior	31%	9
Sistema Mamário (42%)	Profundidade de Úbere	14%	5
	Textura de Úbere	12%	9
	Ligamento Mediano	14%	9
	Inserção Úbere Anterior	18%	9
	Colocação Tetos Anteriores	10%	5
	Altura do Úbere Posterior	12%	9
	Largura do Úbere Posterior	12%	9
	Colocação Tetos Posteriores	6%	5
	Comprimento dos Tetos	2%	5

FONTE: Valloto e Ribas Neto (2012)

Na Figura 3 estão apresentadas as características lineares avaliadas na classificação para tipo em vacas da raça Holandesa, para cada composto.

FIGURA 3: CARACTERÍSTICAS LINEARES AVALIADAS PARA ANIMAIS DA RAÇA HOLANDESA NA CLASSIFICAÇÃO CANADENSE



FONTE: Valloto e Ribas Neto (2012)

Após a avaliação linear, as vacas são classificadas conforme a Pontuação Final (PF) na qual considera-se a pontuação de participação de cada característica conforme o respectivo composto linear (Tabela 6).

TABELA 6: CLASSIFICAÇÃO FINAL DE VACAS HOLANDESAS CONFORME A PONTUAÇÃO FINAL PARA A CLASSIFICAÇÃO CANADENSE

Classes	Pontuação Final
Fraca (F)	50 a 64 pontos
Regular (R)	65 a 74 pontos
Boa (B)	75 a 79 pontos
Boa para mais (B+)	80 a 84 pontos
Muito Boa (MB)	85 a 89 pontos
Excelente (EX)	90 a 97 pontos

FONTE: Adaptado de Valloto e Ribas Neto (2012)

A orientação técnica é de que as vacas sejam avaliadas na primeira cria, com o úbere cheio ou vazio, pois nessa idade a conformação ainda não sofreu muitas alterações causadas pelo ambiente em que vivem (VALLOTO; RIBAS NETO, 2012). Além disso, ao classificar as fêmeas primíparas, o criador poderá ter precocemente indicação das fraquezas do animal que poderão comprometer a vida produtiva do mesmo (HOLSTEIN ASSOCIATION OF CANADÁ, 2015).

De acordo com Zavadilová et al. (2011), a classificação linear é um procedimento necessário tanto para predizer a morfologia da futura progênie, quanto para identificar os pontos fenotípicos negativos da fêmea que podem ser amenizados ou corrigidos por determinado touro. No mesmo trabalho, os autores destacam ainda que o efeito das características lineares sobre a longevidade depende da seleção e das decisões de descarte voluntário e involuntário preconizado na propriedade.

As características lineares que são expressas precocemente podem ser monitoradas durante a primeira lactação o que facilita a seleção direta de animais superiores para conformação e indireta para longevidade (MIGLIOR et al., 2017). Segundo Hu et al. (2021), as características ângulo de casco e largura de garupa apresentam alta e favorável correlação genética com vida produtiva em vacas leiteiras, assim a seleção para tais critérios de seleção resultará em animais longevos dentro do rebanho.

A Tabela 7 apresenta a produção de leite, gordura e proteína de acordo com a pontuação final da classificação linear para animais da raça Holandesa no Canadá. Nota-se que, quanto maior a pontuação final maiores serão as produções de leite, gordura e proteína em vacas Holandesas do Canadá.

TABELA 7: PRODUÇÃO DE LEITE, GORDURA E PROTEÍNA CONFORME A PONTUAÇÃO FINAL DA CLASSIFICAÇÃO LINEAR PARA ANIMAIS DA RAÇA HOLANDESA NO CANADÁ.

Produção na 1ª lactação	Pontuação Final					
	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89
<i>Leite aos 305 dias (kg)</i>	8.305	8.378	8.669	8.803	8.979	9.434
<i>Gordura aos 305 dias (kg)</i>	323	325	336	341	349	371
<i>Proteína aos 305 dias (kg)</i>	265	268	276	281	288	305

FONTE: Adaptado da Associação Holandesa do Canadá (2015)

De acordo com a Associação Canadense do Canadá (2015), vacas classificadas em 70 pontos apresentam duas vezes mais chance de serem descartadas involuntariamente do que as de escore 80, e 4 vezes mais chances do que as classificadas em 85 pontos.

TABELA 8: PORCENTAGEM DE ANIMAIS COM 6 ANOS CONFORME A PONTUAÇÃO FINAL E A PRODUÇÃO DE LEITE AO LONGO DA VIDA PRODUTIVA

Escore	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89
% de animais que apresentam 6 anos de idade	9,3	12,9	19,7	26,4	35,5	54,3
Produção de leite na vida produtiva (kg)	14.930	17.408	21.897	25.566	31.479	42.275

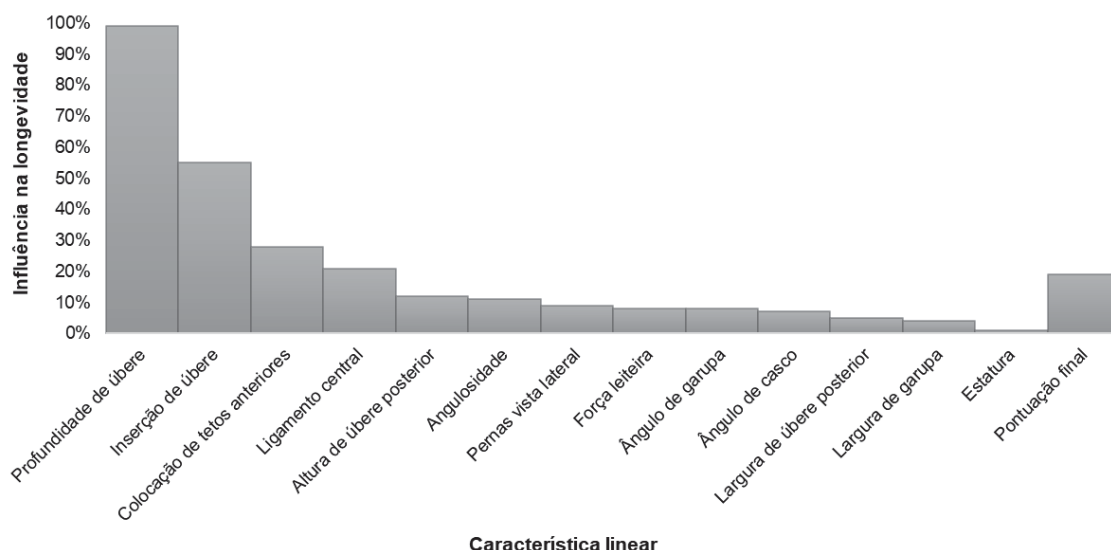
FONTE: Adaptado da Associação Holandesa do Canadá, 2015

A Tabela 8 mostra a porcentagem de animais com 6 anos conforme a pontuação final e a produção de leite ao longo da vida produtiva. É possível observar que, a proporção de animais com 6 anos de idade e a produção de leite na vida produtiva são maiores quanto maior a pontuação final.

Segundo Weigel et al. (1998), a partir da classificação das fêmeas na primeira lactação pode-se obter as estimativas dos valores genéticos dos touros, para as características lineares, sem esperar que grande porcentagem de suas

filhas tenha sido retirada do rebanho. Identificar touros que produzem filhas mais longevas é importante para se obter ganho genético para a vida produtiva.

FIGURA 4: CONTRIBUIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS LINEARES NA LONGEVIDADE DE VACAS DA RAÇA JERSEY



FONTE: Adaptado de Caraviello et al. (2003).

A Figura 4 mostra a influência das características lineares sobre a longevidade de vacas da raça Jersey. Nota-se que a pontuação final causa pouca influência na longevidade, porém as características profundidade e inserção de úbere apresentam maior interferência, indicando que vacas com úbere mais desenvolvido e com pontuação final mediana podem permanecer por mais no rebanho.

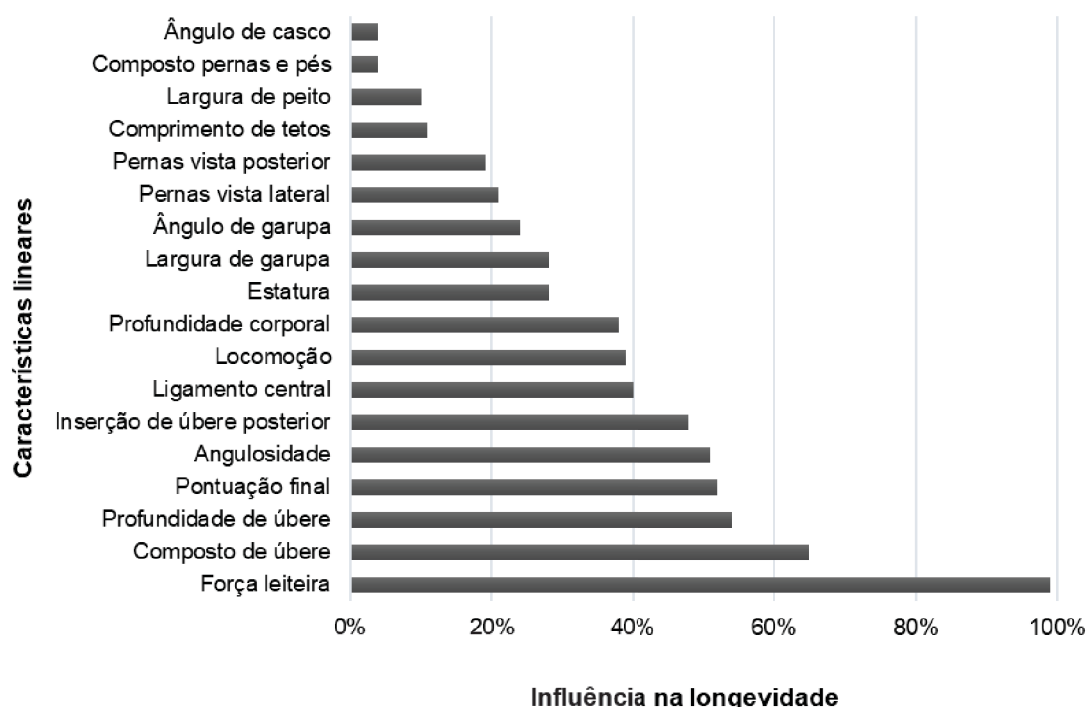
Segundo Caraviello et al. (2003), a relação entre estatura e longevidade é pouco significativa em vacas da raça Jersey, porém força leiteira e angulosidade apresentam maior influência na permanência das vacas no rebanho. Vacas com escores baixos (1 a 4) e altos (6 a 9) tem 1,1 e 1,4 chances a mais em serem descartadas do que as de escore intermediário (5), respectivamente. Segundo os autores, esses resultados sugerem que vacas

com baixo escore para angulosidade podem ser reflexo do estresse da produção de leite ou da baixa condição corporal durante o processo de lactação.

Ainda no mesmo trabalho, Caraviello et al. (2003), relataram que vacas com pernas posteriores vista lateral extremamente retas apresentam 1,15 vezes mais chance em serem descartadas do que as de escore intermediário (5). No entanto, aquelas com pernas extremamente curvas têm maior risco de descarte (1,3), ou seja, vacas que apresentam escores extremos são as que podem permanecer menos tempo nos rebanhos.

A Figura 5 mostra a influência de algumas características lineares sobre a longevidade produtiva de vacas da raça Holandesa.

FIGURA 5: CONTRIBUIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS LINEARES A LONGEVIDADE PARA VACAS DA RAÇA HOLANDESA



FONTE: Adaptado de Zavadilová et al. (2011).

Para vacas Holandesas resultados semelhantes foram encontrados por Zavadilová et al. (2011) em um estudo conduzido na República Tcheca. Os

autores relataram que, a característica com maior impacto na longevidade foi a força leiteira, seguida pelo composto úbere, pontuação final, profundidade de úbere e angulosidade (Figura 5).

Sewalem et al. (2004) mostraram que vacas extremamente angulosas apresentaram maiores riscos de descartes do que as medianas e concluíram que esse resultado pode estar relacionado com o descarte involuntário, com o escore de condição corporal das vacas (ECC) ou ainda que vacas muito angulosas são mais sensíveis a variações ambientais, o que pode resultar em vida produtiva curta. Além disso, o alto risco de descarte de vacas muito magras ou muito gordas pode estar associado ao descarte voluntário em função da baixa produção de leite. Em outro estudo, estimaram correlação genética moderada e negativa entre angulosidade e longevidade (-0,31) o que explica os resultados encontrados acima.

Em relação a pontuação final, vacas classificadas como muito boa (MB) apresentam maiores chances de serem descartadas do que as boas (B) (ZAVADILOVÁ et al., 2011).

Em trabalho recente com vacas Holandesas, Török et al. (2021) relataram que vacas com úberes bem profundos e fracos em inserção têm maior propensão a apresentar quadros de mastite e altas concentrações de células somáticas e, conseqüentemente, maior risco de descarte.

1.3 CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS

Alta incidência de problemas reprodutivos e de saúde, como a mastite e laminite, tem refletido na redução da longevidade em vacas leiteiras. No entanto, essa elevada incidência não é uma realidade em todas as propriedades,

sugerindo que há diferenças entre os rebanhos no que se refere à saúde e ao conforto animal, principalmente na adesão de práticas que diminuem problemas relacionados ao descarte involuntário (RUSHEN; PASSILLÉ, 2013).

De acordo com Ahlman et al. (2011), o descarte involuntário é necessário para reduzir o sofrimento de muitos animais, no entanto, quando a taxa é muito alta no rebanho isso é um indicativo de que o manejo é ineficiente. Portanto, com o investimento em boas práticas de manejo: nutricional, sanitário e de bem-estar, espera-se diminuir a taxa de descarte involuntário o que proporcionará maior taxa de reposição e aumentará a rentabilidade do rebanho (KERN et al., 2019).

A seleção para aumentar a produção de leite vem apresentando resultados positivos na pecuária leiteira. No entanto, esse processo afetou negativamente a saúde do úbere devido a correlação genética desfavorável com a produção de leite. Baixa saúde de úbere resulta em maior custo com veterinário, aumento das taxas de descarte e redução do bem-estar animal. Atualmente, muitos programas de melhoramento genético sugerem a seleção para resistência a mastite, porém limita-se apenas a contagem de células somáticas (CCS), devido ao custo da coleta de dados (VAN DER WERF; PRYCE, 2019).

Na Tabela 9 estão apresentados potenciais fenótipos que poderiam ser utilizados como critérios de seleção para saúde do úbere, de acordo com diferentes autores. Segundo Van der Werf e Pryce (2019), os fenótipos para avaliar a saúde do úbere podem ser divididos em duas classes: observações diretas, que envolvem a parte clínica, ou indiretas baseadas no desempenho do animal ou na composição do leite. As medidas indiretas são as mais usadas devido a facilidade de obtenção e por gerarem diversos fenótipos de forma

automatizada, no entanto, podem apresentar alguma imprecisão por serem afetadas por outros fatores além da mastite.

TABELA 9: POTENCIAIS FENÓTIPOS PARA AVALIAR SAÚDE DE ÚBERE, CONFORME DIFERENTES AUTORES.

Tipo	Medida mensurada	Autor (ano)
<i>Direto</i>	Mastite clínica	Bramley et al. (1996)
	Mastite subclínica	Bramley et al. (1996)
	Patógeno específico - Mastite	De Hass et al. (2004)
<i>Indireto</i>	CCS	Schukken et al. (2003)
	Velocidade de ordenha/milkability	Sewalem et al. (2011)
	Conformação do úbere	Nash et al. (2002)
	Imagem térmica	Hovinen et al. (2008)
	Resposta imune	Thompson-Crispi et al. (2012)

FONTE: Adaptado Van der Werf e Pryce (2019)

A mastite é definida como uma inflamação da glândula mamária associada a bactérias e geralmente é considerada como a doença de maior custo para gado leiteiro devido a sua alta incidência e por apresentar efeitos significativos na produção de leite e na composição do leite (SEEGERS et al., 2003). De acordo com Rupp e Boichard (2000), dentre os efeitos econômicos da mastite estão a diminuição da produção de leite, aumento da concentração de células somáticas, diminuição da qualidade do leite e aumento das taxas de descarte. Além disso, redução na incidência de mastite acontece com manejo apropriado e pelo uso da seleção genética por meio da resistência em mastite (KERN et al., 2019).

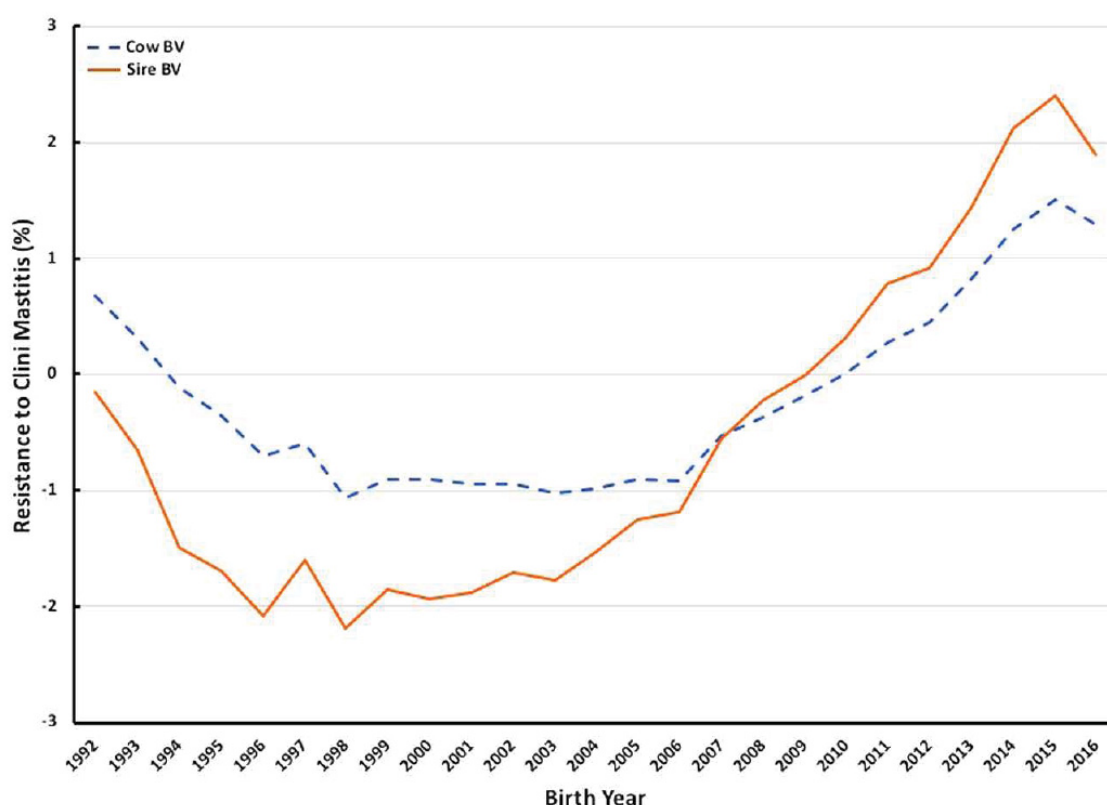
Em vários países, inclusive no Brasil, a ocorrência dessa doença não é detectada e registrada devido ao fato de apresentar difícil mensuração e baixa herdabilidade (0,02 – HERINGSTAD et al., 2000; 0,12 - KOECK et al., 2012) e, por essa razão, a seleção de animais resistentes a mastite não é fácil.

Uma maneira de selecionar animais para resistência a mastite é através do escore de células somáticas (ECS) (KERN et al., 2019; SANTOS; FONSECA,

2023). Em grande parte dos rebanhos, o ECS é registrado nos controles leiteiros e apresenta correlação genética positiva e alta (0,60) com mastite clínica (KOECK et al., 2010). Portanto, a seleção para diminuir ECS poderá reduzir mastite clínica e subclínica das vacas leiteiras (KERN et al., 2019).

Nos Estados Unidos, entre 1992 e 2016, a inclusão ECS nos índices de seleção resultou em ganho genético para resistência a mastite (Figura 6). Portanto, a seleção pode ser uma ferramenta eficaz para diminuir a incidência de mastite e o descarte involuntário nos rebanhos.

FIGURA 6: TENDÊNCIA GENÉTICA PARA RESISTÊNCIA A MASTITE EM VACAS E TOUROS DA RAÇA HOLANDESA NOS EUA



FONTE: Council on Dairy Cattle Breeding (CDCB, 2016)

Na Tabela 10 está apresentada a média anual de contagem de células somáticas para vacas de primeira cria, de acordo com diferentes autores. Nota-se que a média de CCS varia conforme o país, que o controle e monitoramento

de CCS deve ser rotina em propriedades de leite e que é possível produzir leite de qualidade.

TABELA 10: MÉDIA ANUAL DE CCS NOS ESTADOS UNIDOS, REINO UNIDO E CANADÁ PARA VACAS HOLANDESAS DE PRIMEIRA CRIA

País (autor, ano)	CCS (células/mL)
<i>Estados Unidos – Hadrich et al. 2018</i>	197.690
<i>Reino Unido – Eastham et al. 2018</i>	99.558
<i>Canadá – Sewalem et al. 2006</i>	167.000

Segundo Kern et al. (2019), no Brasil a média de CCS é de 322.000 células/mL para primíparas da raça Holandesa. Os autores sugeriram que com a adoção de medidas sanitárias e a seleção de animais com valores genéticos adequados para CCS (abaixo de 200 x 1000 células/mL), por exemplo, é possível reduzir ainda mais a média de CCS no país.

Para facilitar a interpretação dos resultados, o DHI (*Dairy Herd Improvement*) dos EUA desenvolveu uma metodologia denominada escore linear de células somáticas. Uma vez adotado esse procedimento é possível observar que a cada aumento de 1 escore linear a CCS é dobrada (Tabela 11).

TABELA 11: RELAÇÃO ENTRE O ESCORE DE CÉLULAS SOMÁTICAS (ECS) E A CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS (CCS) EM VACAS HOLANDESAS

ECS	Média da CCS (x1000/mL)	Variação (x1000/mL)
0	12,5	0-17
1	25	18-34
2	50	35-70
3	100	71-140
4	200	141-282
5	400	283-565
6	800	566-1.130
7	1.600	1.131-2.262
8	3.200	2.263-4.525
9	6.400	4.526

FONTE: NMC (1996)

A partir da informação do escore de célula somática (ECS) é possível identificar de forma mais objetiva as perdas relacionadas a mastite e é de fácil entendimento por parte do produtor de leite.

Na Tabela 12 estão apresentadas as perdas na produção de leite aos 305 dias conforme o escore de célula somática, e nota-se que embora não haja um valor definitivo de ECS que indique se a vaca está doente ou não, considera-se que as fêmeas que apresentam ECS acima de 4 estão com mastite. Vacas com CCS acima de 300 x 1000 células/ml, geralmente, apresentam redução de 91 kg de leite em sua produção. No entanto, as que tem CCS superior a 1600 x 1000 células/mL apresentam uma redução de 455 kg de leite na primeira lactação (SANTOS; FONSECA, 2023).

TABELA 12: PERDAS NA PRODUÇÃO DE LEITE AOS 305 DIAS (KG) ASSOCIADAS AO ESCORE DE CÉLULAS SOMÁTICAS (ECS) E A MÉDIA DA CONTAGEM DE CÉLULA SOMÁTICA (CCS)

Média do ECS	Média da CCS (x 1000/mL)	Perdas na produção de leite aos 305 dias (kg)	
		Lactação 1	Lactação 2
0	12,5	-	-
1	25	-	-
2	50	-	-
3	100	91	182
4	200	182	364
5	400	273	545
6	800	364	727
7	1600	455	909

FONTE: NMC (1996)

De acordo com Dallago et al. (2021), animais que são criados a pasto apresentam menor ocorrência de mastite do que os criados em ambientes fechados. Nos Estados Unidos, as fêmeas mantidas em *free-stall* tiveram 8 vezes mais chance de serem descartadas do que as vacas criadas em sistema extensivo (WASHBURN et al., 2002).

Kern et al. (2019), em um estudo conduzido no Brasil, relataram que o risco de descarte foi maior conforme aumentou o escore de células somáticas e pode ter diferença entre as lactações (0,90 – 1,45), indicando que vacas de alta CCS podem permanecer menos tempo no rebanho. Outra explicação é que devido a presença de imunoglobulinas há aumento de células de defesa durante o pós-parto, e durante o período seco ocorre descamação do tecido epitelial do sistema mamário fazendo com que aumente a concentração de células somáticas (NÓBREGA; LANGONI, 2011).

A alta concentração de células somáticas no leite é indesejável para os laticínios porque reduz a qualidade, quantidade de proteína e o tempo de armazenamento do leite. Além disso, vacas com baixo ECS apresentam maiores vidas produtivas do que aquelas de alto escore (KERN et al., 2019; VAN DER WERF; PRYCE, 2019). Além disso, vacas que apresentam CCS acima de 100.000 células/mL produzem menos leite e perdem US\$ 1,20/vaca/dia no primeiro mês de lactação e US\$ 2,06/vaca/dia no décimo mês de lactação (HADRICH et al., 2018).

O escore de célula somática pode ser usado como critério de decisão para o descarte involuntário, e seleção indireta para essa característica pode melhorar indiretamente a saúde do úbere dos animais. Vacas de 5ª lactação com contagem de células somáticas (CCS) entre 30.000 e 100.000 células/mL tendem a apresentar baixo risco de descarte quando comparadas com aquelas de CCS alta (>551.000 células/mL) (KERN et al., 2019).

Em um estudo realizado no Canadá, as vacas com escore de CCS 8, 9 e 10 apresentaram 1,49, 2,05 e 4,95, respectivamente, mais chance de serem descartadas do que as vacas referência (escore 5) (SEWALEM et al., 2006).

Nos Estados Unidos, Miller et al. (2009) mostraram que 10% das vacas Holandesas (rebanho com 2.626.425 dados de lactação) foram descartas devido a mastite e concluíram que uma maneira de evitar o descarte precoce das primíparas são através do uso de touros de baixa PTA para leite.

De acordo com Shabalina et al. (2020), a incidência de mastite aumenta conforme a ordem de lactação (1ºParto – 28,06%; 2ºParto – 35,69% e 3ºParto – 40,33%), e vacas que tiveram mastite no primeiro parto apresentaram mais chance de desenvolverem a doença nos partos subsequentes. Em estudo realizado nos Estados Unidos com vacas Holandesas, Bar et al. (2007) mostraram que fêmeas que apresentaram alta CCS em 2 lactações subsequentes apresentaram queda de 164 kg e 198 kg na produção de leite. Já aquelas que apresentam 3 lactações seguidas com alta CCS perderam 253, 238 e 216 kg de leite, respectivamente. Segundo os autores, os resultados indicaram que a mastite clínica é uma doença de alta frequência, especialmente em vacas multíparas.

Embora o fenótipo mais usado para identificar animais geneticamente superiores para resistência a mastite seja a CCS, a seleção direta para essa característica não resultará em grandes taxas de ganho genético, pois compartilha dos mesmos mecanismos biológicos (como o de defesa) presentes no metabolismo da vaca. Assim, identificar fenótipos e metodologias novas que facilitam a identificação de animais geneticamente superiores para a resistência a mastite ajudará os produtores de leite diminuir o descarte precoce de vacas dentro da propriedade.

1.4 ANÁLISE DE SOBREVIVÊNCIA

A análise de sobrevivência é uma metodologia estatística utilizada para estudar o tempo e a ocorrência de um evento, definido como uma mudança qualitativa (transição de um estado para o outro) que pode ser situada no tempo. Esta metodologia tem como objetivo estudar variáveis aleatórias (T), para determinar o intervalo de tempo entre o ponto de origem e o final da ocorrência de uma característica de interesse e/ou falha da mesma (DUCROCQ, 1997).

Esse tipo de análise pode ser utilizado para analisar características longitudinais, isto é, que se repetem ao longo da vida dos animais (denominados evento). Para tanto, utilizam-se censuras que consistem na observação parcial da resposta que foi interrompida por alguma razão, não permitindo a observação completa da variável estudada (LARROQUE; DUCROCQ, 2001).

A censura pode ser classificada de três maneiras: (1) à direita, quando a unidade está em observação e, em algum momento as informações tornam-se inacessíveis após o tempo do estudo, ou quando a ocorrência do evento de interesse está à direita do tempo registrado, (2) à esquerda, quando uma unidade é adicionada ao grupo que está sendo analisado, ou quando o tempo registrado é maior do que o tempo de falha, ou seja, o evento de interesse já aconteceu quando o animal foi observado e (3) pausas (intervalo), quando há no banco de dados os dois tipos de censura, mencionadas anteriormente. Pode-se dizer também que a censura intervalo ocorre quando a informação aparece em diferentes períodos, e não tem como definir o exato momento de ocorrência do evento analisado.

Os modelos de sobrevivência permitem a adição de variáveis dependentes no tempo que afetam a vida produtiva do animal, como práticas de

manejo, que possibilitam uma descrição precisa dos efeitos ambientais que influenciam a vida produtiva ou que modelam os dados de longevidade para uma distribuição não linear (DUCROCQ, 2005).

A função de sobrevivência (FS) pode ser definida como:

$$S(t) = Pr \{T > t\} = 1 - F(t)$$

Em que:

$S(t)$ = probabilidade de ocorrer o t (evento), e o S será entre 0 e 1; o T não pode ser negativo, assim $S(0) = 1$. E conforme o t aumenta, o S também aumenta.

A FS é definida como a probabilidade de uma observação não falhar até o tempo t . Por exemplo, a probabilidade de a vaca viver até o terceiro parto (tempo = t) (COLOSIMO; GIOLO, 2006).

Já a função de risco $\lambda(t)$ representa a taxa de falha instantânea, ou descarte da vaca, no tempo t , dado que o descarte não ocorreu até o tempo t . Assim, considerando que a vaca permaneceu no rebanho até o tempo t a função de risco fornece a taxa de risco de descarte para o próximo instante.

Essa função pode ser definida como:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P\left(t \leq T < t + \frac{\Delta t}{T} \geq t\right)}{\Delta t}$$

Em que:

t = variável de tempo;

$t + \Delta t$ = intervalo da variável tempo;

T = tempo de falha.

Os modelos de sobrevivência são delineados com base em dois componentes: (1) um aleatório (função de risco base); e (2) determinístico

(variáveis explanatórias e vetor de regressão), sob o ponto de vista paramétrico. Assim, o componente aleatório é demonstrado por uma distribuição de probabilidade relacionada ao comportamento do tempo de sobrevivência, e o comportamento determinístico é representado pela relação entre os parâmetros da distribuição e as covariáveis do estudo (CAETANO, 2011). O modelo de sobrevivência pode ser descrito como:

$$\lambda(t; x) = \lambda_0(t) \exp \{x' \beta\}$$

Em que:

$\lambda(t; x)$ = função de risco de falha (descarte da vaca);

β = coeficiente de regressão;

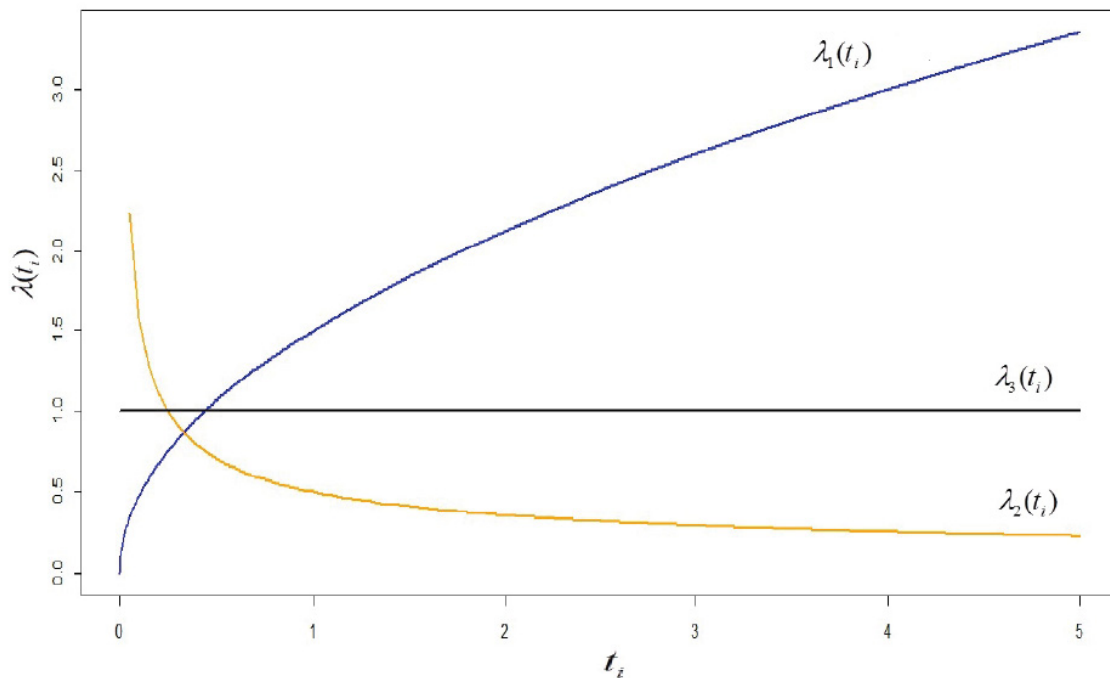
$\lambda_0(t)$ = taxa de risco base;

$\exp \{x' \beta\}$ = componente paramétrico.

O gráfico da função de risco de falha pode assumir três formas: crescente, decrescente ou constante. A função pode ser a combinação de curvas básicas como a curva crescente. Assim, devido as diversas configurações possíveis, ela é mais informativa do que a função de sobrevivência.

A Figura 7 mostra a função de taxa de falha ao longo de uma variável tempo. A função taxa de falha $\lambda_1(t_i)$ indica que o risco de falha aumenta em função do tempo; $\lambda_2(t_i)$ indica que o risco de falha decresce em função do tempo. Por fim, a função taxa de falha $\lambda_3(t_i)$ indica que o risco de falha é constante no tempo (distribuição exponencial).

FIGURA 7: GRÁFICO DA FUNÇÃO DE RISCO DE FALHA



FONTE: Almeida (2020).

Para modelar o tempo de sobrevivência de uma população homogênea com a existência de heterogeneidade é necessário incorporar alguns fatores de risco. Para isso, recorre-se a um modelo de regressão no qual o tempo de sobrevivência é a variável resposta que será definida por um conjunto de variáveis independentes.

Na análise de sobrevivência, os modelos de regressão são divididos em paramétrico e o semi-paramétrico. Uma vantagem do modelo paramétrico é que interpretação dos coeficientes é fácil devido aos seus modelos de regressão linear tradicionais. No entanto, na prática é difícil adequar uma distribuição aos dados, pois nem sempre as fontes de perturbação são controláveis.

O modelo de regressão de Cox (1972) é o mais usado para estudar a influência de fatores de risco no tempo de sobrevivência. Essa análise permite o estudo do tempo de vida do animal no qual a resposta é o tempo até a ocorrência de um evento de interesse, ajustado para as covariáveis. Além disso, o modelo

possibilita a obtenção da estimativa dos coeficientes de regressão β e de $\lambda_0(t)$, que auxiliam na estimação da função de risco de falha.

Como em trabalhos sobre longevidade utiliza-se, em geral, mais de uma covariável, o Modelo de Cox consegue estimar o efeito das covariáveis sobre a resposta tempo, sendo que, este pode ser definido como:

$$\lambda(t) = \lambda_0(t)g(x'\beta)$$

Em que:

x = covariáveis estudadas;

g = função não negativa, que pode ser descrita da seguinte forma:

$$g(x'\beta) = \exp\{x'\beta\} = \exp\{\beta_1x_1 + \dots + \beta_px_p\}$$

Em que:

β = vetor de parâmetros associado às covariáveis;

$x_1 \dots x_p$ = covariáveis estudadas.

Este modelo é denominado Modelo de Riscos Proporcionais, pois a razão das taxas de falha de dois indivíduos diferentes é constante no tempo. Dessa forma, a equação pode ser descrita como:

$$\frac{\lambda_A(t)}{\lambda_B(t)} = \frac{\lambda(t; x_A)}{\lambda(t; x_B)} = \frac{\lambda_0(t)\exp\{x'_A\beta\}}{\lambda_0(t)\exp\{x'_B\beta\}} = \exp\{(x_A - x_B)'\beta\}$$

Por exemplo, supondo-se que a constante $\frac{\lambda_A(t)}{\lambda_B(t)} = 3$, isso significa que o animal A terá três vezes mais chance de ser descartado do que o animal B. Assim, esse modelo costuma ser usado para estimar o risco de um indivíduo ser descartado considerando uma ou mais variáveis explanatórias (KERN, 2017). Segundo Colosimo e Giolo (2006), o Modelo de Cox é frequentemente utilizado

por permitir considerar componentes não-paramétricos, o que o torna bastante flexível.

Com o auxílio do Modelo de Regressão de Cox, o risco de descarte de vacas Holandesas na primeira lactação poderá ser estimado mais precisamente, o que auxiliará na identificação das principais variáveis que podem influenciar a longevidade produtiva dos animais e fornecerá ao produtor informações zootécnicas essenciais, como quais as características lineares que levam a um maior risco e os limiares da contagem de células somáticas que resultam em maior chance de permanência no rebanho.

1.5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ADAMCZYK, K.; MAKULSKA, J.; JAGUSIAK, W.; WEGLARZ, A. Associations between strain, herd size, age at first calving, culling reason and lifetime performance characteristics in Holstein-Friesian cows. **Animal**. 2017, v.11, p327-334.

AHLMAN, T.; BERGLUND, B.; RYDHMER, L.; STRANDBERG, E. Culling reasons in organic and conventional dairy herds and genotype by environment interaction for longevity. **Journal of Dairy Science**. 2011, v.94, p.1562-1575.

ALMEIDA, B.H.M. Efeitos sistemáticos na análise de sobrevivência de codornas de corte. 32f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/57910>. Acesso em: 1 de dezembro de 2022.

ARAÚJO, M. N. M. Análise de sobrevivência do tomateiro a *Phytophthora* infestans. 53f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2008. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/4014>. Acesso em: 07 de Janeiro de 2023.

BAR, D.; GROHN, Y.T.; BENNETT, G.; GONZÁLEZ, R.H.; HERTL, J.A.; SCHULTE, H.F.; TAUER, L.W.; WELCOME, F.L.; SHCUKKEN, Y.H. Effect of repeated episodes of generic clinical mastitis on milk yield in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 2007, v. 90, p.4643-4653.

BENBROOK, C.; CARMAN, C.; CLARK, E.; DALEY, C.; FULWIDER, W.; HANSEN, M.; LEIFERT, C.; MARTENS, K.; PAINE, L.; PETKEWITZ, L.; JODARSKI, G.; THICKE, F.; VELEZ, J.; WEGNER, G. A Dairy Farm's Footprint: Evaluating the Impacts of Conventional and Organic Farming Systems. **The Organic Center, Critical Issue Report**. 2010, p.1-35.

BRAMLEY, A.J.; CULLOR, J.S; ERSKINE, R.J.; FOX, L.K.; HARMON, R.J.; HOGAN, J.S.; NICKERSON, S.C.; OLIVER, S.P.; SMITH, K.L.; SORDILLO, L.M. Current concepts of bovine mastitis. **Mtg.Natl. Mast**. 1996, v. 37, p. 1–3.

BRICKELL, J.S.; WATHES, D.C. A descriptive study of the survival of Holstein-Friesian heifers through to third calving on English dairy farms. **Journal of Dairy Science**. 2011, v.94, p. 1831–1838.

BUNGER, A.; SWALVE, H.H. Analysis of survival in dairy cows using supplementary data on type scores and housing systems. **Interbull bull**. 1999, v.21, p.128-135.

CAETANO, S.L. **Estudo da idade da vaca ao último parto para avaliar longevidade em rebanhos da raça Nelore por análise de sobrevivência**. 2011. 111f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, 2011.

CARAVIELLO, D.Z.; WEIGEL, K.A.; GIANOLA, D. Analysis of the relationship between type traits, inbreeding, and functional survival in Jersey cattle using a Weibull proportional hazards model. **Journal of Dairy Science**. 2003, v.86, p. 2984-2989.

CARAVIELLO, D.Z.; WEIGEL, K.A.; SHOOK, G.E.; RUEGG, P.L. Assessment of the impact of SCC on functional longevity in Holstein and Jersey cattle using survival analysis methodology. **Journal of Dairy Science**. 2005, v.88, p.804–811.

CARNEIRO JÚNIOR. Melhoramento Genético Animal. In: GONÇALVES, R.C.; OLIVEIRA, LC. **Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do sudoeste da Amazônia**. 1 ed. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2009. p.197-208.

CHARFEDDINE, N.; PÉREZ-CABRAL, M.A. Effect of claw disorders on milk production, fertility, and longevity, and their economic impact in Spanish Holstein cows. **Journal of Dairy Science**. 2017, v.100, p.653-665.

COLOSIMO, E.A.; GIOLO, S.R. **Análise de Sobrevivência Aplicada**. 1ª Edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

COMPTON, C.W.R.; HEUER, C.; THOMSEN, P.T.; CARPENTER, T.E.; PHYN, C.V.C.; McDOUGALL, S. Invited review: A systematic literature review and meta-

analysis of mortality and culling in dairy cattle. **Journal of dairy Science**. 2017, v.100, p.1-16.

COX, D. R. Regression Models and Life Tables (with Discussion). **Journal of the Royal Statistical Society**. 1972, v.34, p.187-220.

COUNCIL ON DAIRY CATTLE BREEDING. 2016. Disponível em: <https://uscddb.com/library/>. Acessado em: 1 de dezembro de 2022.

CRV, 2023. Catálogo Leite Europeu 2023. Disponível em: <https://crv4all.com.br/pt>. Acessado em: 9 de março de 2023.

DALLAGO, G.M.; WADE, K.M.; CUE, R.I.; McCLURE, J.T.; LACROIX, R.; PELLERIN, D.; VASSEUR, E. Keeping dairy cows for longer: a critical literature review on dairy cow longevity in high milk-producing countries. **Animals**. 2021, v.11, p.2-25.

de HAAS, Y.; VEERKAMP, R. F.; BARKEMA, H. W.; GRÖHN, Y. T.; SCHUKKEN, Y. H. Associations between pathogen-specific cases of clinical mastitis and somatic cell count patterns. **Journal of Dairy Science**. 2004, v.87, p. 95–105.

De VRIES, A. Economic trade-offs between genetic improvement and longevity in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 2017, v.100, p.4184-4192.

De VRIES, A.; MARCONDES, M.I. Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. **The Animal Consortium**. 2020, v.14, p.155-164.

DUCROCQ, V. **An analysis of length of productive life in dairy cattle**. Dissertation. Cornell University, Ithaca, New York, USA, 1987.

DUCROCQ, V. Statistical analysis of length of productive life for dairy cows of the Normande breed. **Journal of Dairy Science**. 1994, v.77, p.855-866.

DUCROCQ, V. Survival analysis, a statistical tool for longevity data. In: ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR ANIMAL PRODUCTION, 48, 1997, Vienna, Austria. **Proceedings...** Vienna, Austria: [s.n], 1997.

DUCROCQ, V. An improved model for the French genetic evaluation of dairy bulls on length of productive life of their daughters. *Animal*. 2005, v.3, p. 249-256.

EASTHAM, N.T.; COATES, A.; CRIPPS, P.; RICHARDSON, H.; SMITH, R.; OIKONOMOU, G. Associations between age at first calving and subsequent lactation performance in UK Holstein and Holstein-Frisian dairy cows. **Plos One**. 2018, v.13, p.1-13.

ESSL, A. Longevity in dairy cattle breeding: a review. **Livestock Production Science**. 1998, v.57, p.79-89.

FERRIS, C.P.; PATTERSON, D.C.; GORDON, F.J.; WATSON, S.; KILPATRICK, D.J. Calving traits, milk production, body condition, fertility, and survival of Holstein-Friesian and Norwegian Red dairy cattle on commercial dairy farms over 5 lactations. **Journal of Dairy Science**. 2014, v.97, p.5206-5218.

FETROW, J.; NORDLUND, K.V.; NORMAN, H.D. Invited review: Culling: Nomenclature, definitions, and recommendations. **Journal of Dairy Science**. 2006, v.89, p.1986-1905.

FRAZER, L.L.C. **Dairy farm operating trends for the year ended December 31, 2017**. Disponível em: <https://frazerllp.com>. Acessado em: 26 outubro 2022.

GRANDL, F.; AMELCHANKA, S.L.; FURGER, M.; CLAUSS, M.; ZEITZ, J.O.; KREUZER, M.; SCHWARM, A. Biological implications of longevity in dairy cows: 2. Changes in methane emissions and efficiency with age. **Journal of Dairy Science**. 2016, v.99, p.3472-3485.

GRANDL, F.; FURGER, M.; KREUZER, M.; ZEHETMEIER, M. Impact of longevity on greenhouse gas emissions and profitability of individual dairy cows analysed with different system boundaries. **The Animal Consortium**. 2019, v.13, p.198-208.

HADRICH, J.C.; WOLF, C.A.; LOMBARD, J.; DOLAK, T.M. Estimating milk yield and value losses from increased somatic cell count on US dairy farms. **Journal of Dairy Science**. 2018, v.101, p.3588-3596.

HAINE, D.; DELGADO, H.; CUE, R.; SEWALEM, A.; WADE, K.; LACROIX, R.; LEFEBVRE, D.; ARSENAULT, J.; BOUCHARD, É.; DUBUC, J. Contextual herd factors associated with cow culling risk in Québec dairy herds: a multilevel analysis. **Preventive Veterinary Medicine**. 2017, v.144, p.7-12.

HAWORTH, G.M.; TRANTER, W.P.; CHUCK, J.N.; CHENG, Z.; WATHES, D.C. Relationships between age at first calving and first lactation milk yield, and lifetime productivity and longevity in dairy cows. **Veterinary Record**. 2008, v.162, p.643-647.

HEISE, J.; LIU, Z.; STOCK, K.F.; RENSING, S.; REINHARDT, F.; SIMIANER, H. The genetic structure of longevity in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 2016, v.99, p.1253-1265.

HERINGSTAD, B.; KLEMETSDAL, G.; RUANE, J. Selection for mastitis resistance in dairy cattle: a review with focus on the situation in the Nordic countries. **Livestock Production Science**. 2000, v.64, p.95–106.

HRISTOV, A.N.; OTT, T.; TRICARICO, J.; ROTZ, A.; WAGHORN, G.; ADESOGAN, A.; DIJKSTRA, J.; MONTES, F.; OH, J.; KEBREAB, E.; OOSTING, S.J.; GERBER, P.J.; HENDERSON, B.; MAKKAR, H.P.S.; FIRKINS, J.L. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: III. A review of animal management mitigation options. **Journal of Dairy Science**. 2013, v.91, p.5095-5113.

HOLSTEIN ASSOCIATION OF CANADÁ. Value of conformation. 2015. Disponível em: <https://www.holstein.ca/Public/en/Services/Classification/Classification>. Acessado em 1 de dezembro de 2022.

HOLSTEIN ASSOCIATION USA, TPI Formula, April 2021. Disponível em: https://www.holsteinusa.com/genetic_evaluations/ss_tpi_formula.html. Acessado em 9 de março, 2023.

HOVINEN, M.; SIIVONEN, J.; TAPONEN, S.; HÄNNINEN, L.; PASTELL, M.; AISLA, A. M.; PYÖRÄLÄ, S. Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. **Journal of Dairy Science**. 2008, v. 91, p. 4592–4598.

HU, HONGHONG.; MU, TONG.; MA, YANFEN.; WANG, XINGPING.; MA, YUN. Analysis of longevity traits in Holstein cattle: a review. **Frontiers in Genetics**. 2021, v.12, p.1-15.

KERN, E.L.; COBUCCI, J.A.; COSTA, C.N.; DUCROCQ, V. Survival analysis of productive life in Brazilian Holstein using a piecewise Weibull proportional hazard model. **Livestock Science**. 2016, v.185, p. 89-96.

KERN, E.L. **Avaliação genética da longevidade em vacas da raça Holandesa usando um modelo de riscos proporcionais Weibull**. 2017. 154f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2017.

KERN, E.L.; COBUCCI, J.A.; NETO, J.B.; DALTRO, D.S. Relationship between somatic cell score and longevity of Holstein cows in Brazil using a piecewise Weibull proportional-hazard model. **Animal Production Science**. 2019, v.59, p.1546-1552.

KOECK, A.; HERINGSTAD, B.; EGGER-DANNER, C.; FUERST, C.; FUERST-WALT, B. Comparison of different models for genetic analysis of clinical mastitis in Austrian Fleckvieh dual-purpose cows. **Journal of Dairy Science**. 2010, v.93, p.4351–4358.

KOECK, A.; MIGLIOR, F.; KELTON, D.F.; SCHENKEL, F.S. Alternative somatic cell count traits to improve mastitis resistance in Canadian Holsteins. **Journal of Dairy Science**. 2012, v.95, p.432–439.

LACTANET, 2022. Lifetime Performance Index (LPI) Formula – April 2022. Disponível em: <https://lactanet.ca/en/lifetime-performance-index-lpi-formula/>. Acessado em: 9 de março de 2023.

LACTANET, 2021, Lactanet Genetic Evaluations. Disponível em: <https://lactanet.ca/en/genetics/genetic-evaluations/>. Acessado em: 01 de dezembro de 2022.

LARROQUE, H.; DUCROCQ, V. Relationship between type and longevity in the Holstein breed. **Génétique, selection, évolution**. 2001, v.33, p. 39-59.

LAWLOR, T. Total Performance Index (TPI): Keeping up with changing times. **Focus on Genetic**. 2017. Disponível em: http://www.holsteinusa.com/pdf/genomic_ref_info/Total_Performance_Index_TPI_Keeping_Up_with_the_Changing_Times.pdf. Acessado em: 24 outubro 2022.

LIU, Z.; SEEFRIED, F.R.; REINHARDT, F.; RENSING, S.; THALLER, G.; REENTS, R. Impacts of both reference population size and inclusion of a residual polygenic effect on the accuracy of genomic prediction. **Genetics Selection Evolution**. 2011, v.43, p.1-9.

MIGLIOR, F.; MUIR, B.L.; VAN DOORMAAL, B.J. Selection indices in Holstein cattle of various countries. **Journal of Dairy Science**. 2005, v. 88, p. 1255-1263.

MIGLIOR, F.; FLEMING, A.; MALCHIODI, F.; BRITO, L. F.; MARTIN, P.; BAES, C.F. A 100-year review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 2017, v.100, p.10251-10271.

MILLER, R.H.; KUHN, M.T.; NORMAN, H.D.; WRIGHT, J.R. Death losses for lactating cows in herds enrolled in dairy herd improvement test plans. **Journal of Dairy Science**. 2008, v.91, p.3710-3715.

MILLER, R.H.; NORMAN, H.D.; WRIGHT, J.R.; COLE, J.B. Impact of genetic merit for milk somatic cell score of sires and maternal grandsires on herd life of their daughters. **Journal of Dairy Science**. 2009. v.92, p.2224-2228.

NASH, D. L.; ROGERS, G. W.; COOPER, J. B.; HARGROVE, G. L.; KEOWN, J. F. Relationships among severity and duration of clinical mastitis and sire transmitting abilities for somatic cell score, udder type traits, productive life, and protein yield. **Journal of Dairy Science**. 2002, v. 85, p.1273–1284.

NATIONAL MASTITES COUNCIL (NMC). Current concepts of bovine mastitis. Madison, WI: 4/ED. NMC, p.1-64. 1996.

NÓBREGA, D.B.; LANGONI, H. Breed and season influence on milk quality parameters and in mastitis occurrence. **Pesquisa Veterinaria Brasileira**. 2011, v.31, p.1045–1052.

NORMAN, H.D.; WRIGHT, J.R.; HUBBARD, S.M.; MILLER, R.H.; HUTCHLSON, J.L. Reproductive status of Holstein and jersey cows in United States. **Journal of Dairy Science**. 2009, v.93, p.2250-2261.

PAULA, S. **Longevidade e descarte de vacas leiteiras em rebanhos de Arapoti, Paraná**. 2018. 56f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2018.

PÉREZ-CABAL, M.A.; GARCÍA, C.; GONZÁLEZ-RECIO, O. Genetic and phenotypic relationships among locomotion type traits, production, longevity, and fertility in Spanish dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 2006, v.89, p.1776-1783.

PINEDO, P.J.; De VRIES, A.; WEBB, D.W. Dynamics of culling risk with disposal codes reported by Dairy Herd Improvement dairy herd. **Journal of dairy Science**. 2010, v.93, p.2250-2261.

ROGERS, G.W.; McDANIEL, B.T.; DENTINE, M.R.; JOHNSON, L.P. Relationships among survival rates, predicted differences for yield, and linear type traits. **Journal of Dairy Science**. 1988, v.71, p.214-222.

RUPP, R.; BOICHARD, D. Genetic associations between clinical mastitis and somatic cell score in early first-lactation cows. **Livestock Production Science**. 2000, v.62, p.169-180.

RUSHEN, J.; PASSILÉ, A.M. The importance of improving cow longevity. In: Proceedings of the Cow Longevity Conference, Tumba, Sweeden, 28-29, Agosto de 2013. p, 3-21.

SANTOS, M.V.; FONSECA, L.F.L. Módulo 5: Uso da contagem de células somáticas para monitoramento da qualidade do leite. In: Curso Online – Monitoramento da Qualidade do leite. 2023.

SARTORI, C.; GUZZO, N.; MANTOVANI, R. Genetic correlations of fighting ability with somatic cells and longevity in cattle. **Animal**. 2020, v.14, p. 13-21.

SCHNEIDER, M.D.P.; STRANDBERG, E.; EMANUELSON, U.; GRANDINSON, K.; ROTH, A. The effect of veterinary-treated clinical mastitis and pregnancy status on culling in Swedish dairy cows. **Preventive Veterinary Medicine**. 2007, v.80, p.179-192.

SCHUKKEN, Y. H.; WILSON, D. J.; WELCOME, F.; GARRISON-TIKOFSKY, L.; GONZALEZ, R. N. Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. **Veterinary Research**. 2003, v. 34, p. 579–96.

SEEGERS, H.; FOURICHON, C.; BEAUDEAU, F. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Veterinary Research*. 2003, v. 34, p. 475–491.

SEWALEM, A.; MIGLIOR, F.; KISTEMAKER, G. J. Short communication: genetic parameters of milking temperament and milking speed in Canadian Holsteins. **Journal of Dairy Science**. 2011, v. 94, p. 512–516.

SEWALEM, A.; MIGLIOR, F.; KISTEMAKER, G.J.; SULLIVAN, P.; DOORMAAL, B.J. Relationship between reproduction traits and functional longevity in Canadian dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 2008, v.91, p.1660-1668.

SEWALEM, A.; MIGLIOR, F.; KISTEMAKER, G.J.; Van DOORMAAL, B.J. Analysis of the relationship between somatic cell score and functional longevity in Canadian dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 2006. v. 89, p.3609–3614.

SEWALEM, A.; KISTEMAKER, G.J.; MIGLIOR, F.; Van DOORMAAL, B.J. Analysis of the relationship between type traits and functional survival in Canadian Holsteins using a weibull proportional hazards model. **Journal of Dairy Science**. 2004, v.87, p.3938-3946.

SHABALINA, T.; KÖNIG, S. Influence of common health disorders on the length of productive life and stayability in German Holstein cows. **Journal of Dairy Science**. 2020, v.103, p. 583-596.

SMITH, L.K.; TAKEMURA, K.; HOGAN, J. International progress in mastitis control. Pacific Congress on Milk Quality, Japan, p.245-251, 2000.

THOMPSON-CRISPI, K. A.; SEWALEM, A.; MIGLIOR, F.; MALLARD, B. A. Genetic parameters of adaptive immune response traits in Canadian Holsteins. **Journal of Dairy Science**. 2012, v. 95, p 401–9.

TÖRÖK, E.; KOMLÓSI, I.; SZONYI, V.; BÉRI, B.; MÉSZAROS, G.; POSTA, J. Combinations of linear type traits affecting the longevity in Hungarian Holstein-Friesian cows. **Animals**. 2021, v.11, p.3065-3077.

VAN DER WERF, J.; PRYCE, J. Advances in breeding of dairy cattle, Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK, 2019, (ISBN: 978 1 78676 296 2; www.bdspublishing.com).

Van DOORMAAL, B.A. A closer look at longevity. Disponível em: <https://www.cdn.ca/document.php?id=162> . Acessado em: 24 outubro 2022.

Van PELT, M.L.; JONG, G.; VEERKAMP, R.F. Changes in the genetic level and the effects of age at first calving and milk production on survival during the first lactation over the last 25 years. **The Animal Consortium**. 2016, v.10:12, p.2043-2050.

Van PELT, M.L.; MEUWISSEN, T.H.E.; De JONG, G.; VEERKAMP, R.F. Genetic analysis of longevity in Dutch dairy cattle using random regression. **Journal of Dairy Science**. 2015, v.98, p.4117-4130.

VALLOTO, A.A.; RIBAS NETO, P.G. 2012. **Avaliação e conformação da vaca leiteira. (1ª Edição)**. Curitiba: SENAR, Paraná.

VARGAS, B.; GROEN, A.F.; HERRERO, M.; VanARENDONK, J.A.M. Economic values for production and functional traits in Holstein cattle of Costa Rica. **Livestock Production Science**. 2002, v.75, p.101-116.

VERNASCHI, L.C.G.; ALTAIR, A.V.; EL FARO, L.Z.; TEIXEIRA, R.A.; DIAS, L.T. Factors affecting length of productive life of Brazilian Holstein cows assessed using survival analysis. **Animal Production Science**. 2022, v.62, p.482-489.

VERNEQUE, R.S.; VERONEZE, R.; PANETTO, J.C.C.; SILVA, M.V.G.B.; TORAL, F.L.B. A contribuição do melhoramento animal para a pecuária de leite. In: VILELA, D.; FERREIRA, R.P.; FERNANDES, E.N.; JUNTOLLI, F.V. **Pecuária de leite no Brasil: Cenários e avanços tecnológicos**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016, p.255-264.

VILLETZAZ, R.; RUSHEN, M.; PASSILLÉ, J.; VASSEUR, A.M.; ORSEL, E.; PELLERIN, K. Associations between on-farm animal welfare indicators and productivity on Canadian dairies: I. On freestall farms. **Journal of Dairy Science**. 2019, v.102, p.4311-4351.

WASHBURN, S.P.; WHITE, S.L.; GREEN, J.T.; BENSON, G.A. Reproduction, mastitis, and body condition of seasonally calved Holstein and Jersey cows in confinement or pasture systems. **Journal of Dairy Science**. 2002, v.85, p.105-111.

WEIGEL, K.A.; PALMER, R.W.; CARAVIELLO, D.Z. Investigation of factors affecting voluntary and involuntary culling in expanding dairy herds in Wisconsin using survival analysis. **Journal of Dairy Science**. 2003, v. 86, p. 1482-1486.

WEIGEL, K.A.; LAWLOR, T.J.; VanRADEN, P.M.; WIGGANS, G.R. Use of linear type and production data to supplement early predicted transmitting abilities for productive life. **Journal of Dairy Science**. 1998, v.81, p.2040-2044.

ZAVADILOVÁ, L.; NEMCOVÁ, E.; ŠTÍPKOVÁ, M. Effect of type traits on functional longevity of Czech Holstein cows estimated from a Cox proportional hazards model. **Journal of Dairy Science**. 2011, v.94, p.4090-4099.

ZAVADILOVÁ, L.; ŠTÍPKOVÁ, M. Genetic correlations between longevity and conformation traits in the Czech Holstein population. **Czech Journal of Animal Science**. 2012, v. 57, n. 3, p. 125-136.

Capítulo 2: Influence of linear types traits on the risk of culling of Holstein cows*

Lorena Carla Gomes Vernaschi ^(A, D), Altair Antonio Valloto^(B), Lenira El Faro Zadra ^(C), Rodrigo de Almeida Teixeira ^(A), Laila Talarico Dias ^(A)

^A Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Rua dos Funcionários, 1540, Juvevê, Zip Code: 80.035-50, Curitiba, PR, Brazil. E-mail: rteixeira@ufpr.br, lailatalarico@ufpr.br

^B Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH). Rua Professor Francisco Dranka, 608, Zip code: 81.200-404 – Orleans, Curitiba/PR, Brazil. E-mail: altair@apcbrh.com.br

^C Instituto de Zootecnia, Centro APTA de Bovinos de Corte, Sertãozinho, SP, Brazil.

^D Corresponding author: lvernaschi.zootecnia@gmail.com

*Este trabalho foi escrito de acordo com as normas da revista *Tropical Animal Health and Production*.

Abstract

The aim of this study was to identify which linear traits are most associated with functional longevity in Holstein cows using Cox regression analysis. Linear classification and test-day milk yield data of 34,653 primiparous cows obtained from the database of the Parana Association of Holstein Cattle Breeders (APCBRH) were used. Survival analysis was performed with the PHREG procedure of SAS/STAT 9.4 using a Cox regression model. The model considered as fixed effects: herd and year of classification (2010 to 2019), and, as covariables, the linear effect of 305-day cumulative milk yield in first lactation (kg), and age at first calving (months). Cows with a more intermediate rump angle

(score 6) had the lowest risk of culling. The culling risk of cows with inverted rumps (score 1) was four times that of cows with inclined rump (score 9). Females with moderately curved rear legs, side view, were more likely to remain in the herd for a longer period of time. Non-angular and extremely shallow (low body depth) cows had the highest risk of culling (Non-angular = 2 and cow extremely shallow = 12, respectively). Cows with extremely high and strongly attached udders had the lowest culling hazard (1.0). Females with a medium stature, extremely high and strongly attached udders, center fore teat placement, and strong median ligaments had the longest productive life. Linear type traits can be used as indicators of functional longevity in Holstein cows. To support the high volume of milk production, the cow must have a medium stature, moderately curved rear legs at the hocks, flat and fleshless bones, high and strongly attached udders, and strong ligaments.

Introduction

Functional longevity, defined as the total number of days between first calving and last milk record, is an important economic factor in dairy production systems since it directly affects the profitability of dairy farms. This trait is therefore included as a selection criterion in animal breeding programs (Miglior et al., 2017).

Heritability coefficients for longevity generally show a low magnitude, probably because multiple factors influence this trait. Thus, the genetic progress obtained by direct selection is small and slow, a fact that justifies the use of indirect selection for functional longevity. This selection is usually performed based on milk production and type traits because of the favorable genetic correlations between these traits (Clasen et al., 2017).

Some linear traits show a direct relationship with longevity (Cruickshank et al., 2002). When evaluated during first lactation, these traits can be used as early predictors for the identification of long-lived cows (Caraviello et al., 2003),

providing higher genetic gains in longevity by identification of best animals. Kern et al. (2015) estimated positive and moderate genetic correlations between some traits of the mammary system and longevity that ranged from 0.08 to 0.32. The authors concluded that long-lived Holstein cows tend to have soft, elastic, firmly attached, and shallower udders. Regarding the association between feet and leg traits and longevity, Hu et al. (2021) observed genetic correlations of low or moderate magnitude (0 to 0.20) in a review of studies, indicating that the relationship between these traits is influenced by herd size, genetic base, and breeding objectives. According to Hu et al. (2021), high-producing Holstein cows raised in different countries (Canada, China, Spain, and Czech Republic) remain longer in the herd if they exhibit ideal conformation scores.

Based on the above considerations, linear classification could be used as a tool to indirectly select for longevity in Holstein cows. Therefore, the aim of this study was to calculate the risk of culling for different linear type traits evaluated in Holstein cows raised in the state of Paraná, Brazil.

Material and Methods

Linear classification and test-day milk yield records of 34,653 first-lactation cows that had calved between 2010 and 2019 were kindly provided by the Parana Association of Holstein Cattle Breeders (APCBRH in the Portuguese acronym), Parana State, Brazil. Only, herds greater than 50 cows, located in the counties of Castro, Carambeí, Arapoti, and Witmarsum were considered in the analyses because of their similar production systems.

As recommended by Pritchard et al. (2012), cows with lactations shorter than 200 days and longer than 700 days were excluded from the data set. All

traits of the four sections of the Canadian linear classification system (1 to 4) were included, in addition to the final score (5), as shown below:

1. Rump (rump angle – RA; rump width – RW; loin strength – LS);
2. Dairy strength (stature – STA; top line – TL; chest width – CW; body depth – BD; angularity – ANG; body condition score – BCS);
3. Feet and legs (foot angle – FA; heel depth – HD; bone quality – BQ; rear legs side view – RLSV; rear legs rear view – RLRV);
4. Mammary system (fore udder attachment – FUA; fore teat placement – FT; teat length – TL; udder height – UH; udder width – UW; rear teat placement – RT; udder depth – UD; udder texture – TU; median ligament – ML);
5. Final score classes: poor – 50 to 64 points, fair – 65 to 74 points, good – 75 to 79 points, good plus – 80 to 84 points, very good – 85 to 89 points, and excellent – 90 to 97 points (Valloto and Ribas Neto, 2012). The scores are summed, and a weight is assigned to each trait. The final score is determined by taking into account the weights for each trait of the Canadian linear assessment. In addition, the hazard of culling was calculated for each final score.

Animals with a final score from 64 to 71 points were excluded from the data set because of the small number of animals in each class. It should be noted that the data used refer to the first linear classification of first-lactation cows and dry period was disregarded.

The length of productive life was defined as the total number of days of lactation and the last milk record of the female (the dry period was not considered). To proceed with the survival analysis, females that exceeded their

third calving were given status = 0 (uncensored) and those that reached only their second lactation or less were given status = 1 (censored).

Survival analysis was performed with the PHREG procedure of the SAS/STAT 9.4 software (SAS Institute, 2018) using the following Cox regression model:

$$\lambda(t) = \lambda_0(t)g(x'\beta),$$

where $\lambda(t)$ = failure rate, t = time (days), $\lambda_0(t)$ = nonparametric component, and $g(x'\beta)$ = non-negative function, calculated as:

$$g(x'\beta) = \exp\{x'\beta\} = \exp\{\beta_1x_1 + \dots + \beta_px_p\},$$

where β = vector of parameters associated with the covariates [linear classification class (24 traits) and traits of the linear classification section (4 sections)].

The following effects were included as fixed effects: herd, year of classification (2010 to 2019), and, as covariables, the linear effect of 305-day cumulative milk yield in first lactation (kg), and age at first calving (months). In addition, to avoid the effect of multicollinearity between traits, survival analysis was performed individually for each linear trait. Thus, according to the PHREG procedure, if a cow has a hazard of culling, $\lambda(t)$, of 2, this animal is two times more likely to be culled than the reference animal in the analysis with a hazard of culling, $\lambda(t)$, of 1. For comparison, animals with $\lambda(t)$ of 1 were always scored 9.

Results

Although selection to improve linear type traits has been performed by dairy farmers since the 1980s (Miglior et al., 2017), the mean values of some linear

traits shown in Table 1 are not close the ideal scores (true type model). Only the mean values of RA, FA, RLSV, STA, BD, and BCS obtained for Herd, Status 1 and Status 0 were close to the ideal score, indicating that priority has been given to these linear traits in dairy herds in Paraná.

The mean values of all traits were similar for censored (Status 1) and uncensored (Status 0) animals. However, the mean values obtained for cows with more than three calvings, Status 0, were higher compared to the overall mean of the herd (Table 1).

Table 6: Mean and standard deviation of linear type traits of Holstein cows raised in the state of Paraná

Trait	Linear traits			Ideal score
	Classified cows (database)	Status 1 (censored)	Status 0 (uncensored)	
Rump				
RA	5.03 ± 1.07	5.04 ± 1.12	5.02 ± 1.01	5
RW	6.30 ± 1.36	6.33 ± 1.42	6.26 ± 1.29	9
LS	6.20 ± 1.38	6.26 ± 1.44	6.14 ± 1.31	9
Feet and legs				
FA	6.17 ± 0.98	6.20 ± 0.96	6.13 ± 0.99	7
HD	5.74 ± 1.43	5.82 ± 1.46	5.66 ± 1.40	9
BQ	6.82 ± 1.40	6.86 ± 1.46	6.77 ± 1.33	9
RLSV	5.12 ± 1.13	5.11 ± 1.15	5.13 ± 1.10	5
RLRV	6.13 ± 1.58	6.24 ± 1.63	6.02 ± 1.53	9
Mammary system				
FU	4.98 ± 1.91	4.90 ± 1.22	5.07 ± 1.56	9
FT	7.02 ± 1.28	6.99 ± 1.35	7.06 ± 1.20	5
TL	6.34 ± 1.49	6.39 ± 1.55	6.28 ± 1.43	5
UW	6.18 ± 1.67	6.18 ± 1.71	6.17 ± 1.63	9
UH	4.83 ± 0.99	4.84 ± 1.03	4.82 ± 0.95	9
RT	6.16 ± 1.42	6.07 ± 1.48	6.24 ± 1.35	5
UD	6.43 ± 1.50	6.51 ± 1.52	6.35 ± 1.47	5
UT	5.96 ± 1.06	5.99 ± 1.08	5.92 ± 1.04	9
ML	4.98 ± 1.03	4.94 ± 1.09	5.01 ± 0.96	9
Dairy strength				

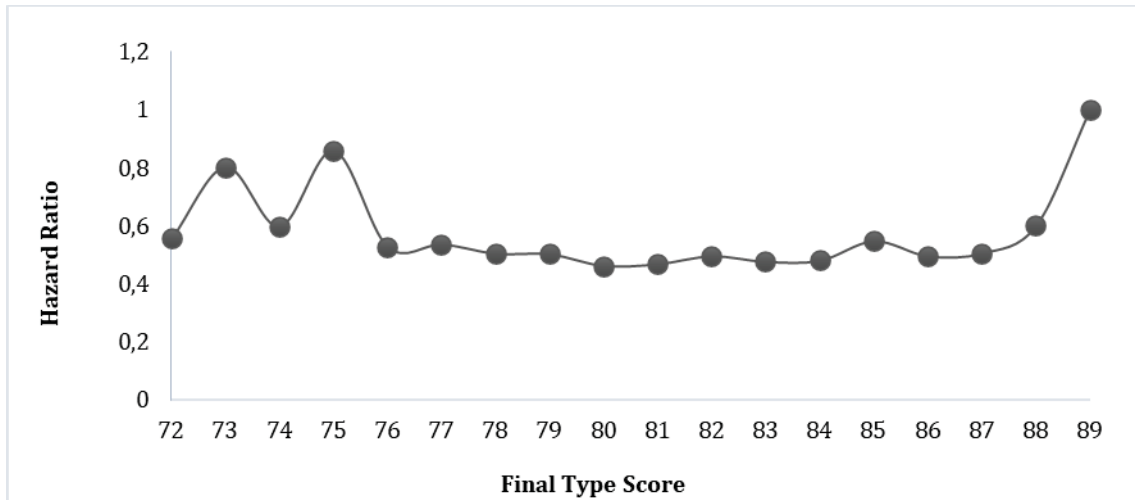
STA	6.65 ± 1.19	6.63 ± 1.23	6.68 ± 1.15	7
TL	4.90 ± 0.88	4.89 ± 0.91	4.91 ± 0.83	7
CW	5.77 ± 1.05	5.82 ± 1.07	5.72 ± 1.04	7
BD	6.34 ± 0.86	6.37 ± 0.87	6.30 ± 0.86	7
ANG	6.72 ± 1.32	6.74 ± 1.40	6.71 ± 1.23	9
BCS	3.03 ± 0.41	3.07 ± 0.42	2.99 ± 0.39	2.5 - 3
Final score	81.57 ± 2.30	81.58 ± 2.36	81.56 ± 2.25	

RA – rump angle, RW – rump width, LS – loin strength, FA – foot angle, HD – heel depth, BQ – bone quality, RLSV – rear legs side view, RLRV – rear legs rear view, FU – fore udder attachment, FT – fore teat placement, TL – teat length, UW – udder width, UH – udder height, RT – rear teat placement, UD – udder depth, UT – udder texture, ML – median ligament, STA – stature, TL – top line, CW – chest width, BD – body depth, ANG – angularity, BCS – body condition score. Status 1: cows that were culled in the first or second calving; Status 0: cows with more than three calvings.

In the present study, the mean longevity of cows with a long productive life was 1,374 days. On the other hand, females with a short productive life remained on average 590 days in the herd, i.e., they ceased to produce milk by 784 days.

Primiparous cows with a final linear score of 80 to 84 points had the lowest culling hazard (0.5). This finding indicates that low (< 77) or high (> 88) final scores in first lactation do not indicate a long productive life and that cows classified as fair (final score of 80 to 84 points) remain in the herd for a longer period of time (Figure 1). In general, the lowest final scores are obtained for high-producing cows since they have deeper udders and intermediate to weak udder attachment.

Figure 5: Hazard of culling according to final linear classification score in Holstein cows raised in Paraná



Regarding the rump traits RA, RW and LS, cows with score 5 were less likely to be culled (hazard ratio of 0.5, 0.6 and 0.5, respectively) (Table 2). Cows with an inverted (RA = 1) and extremely narrow rump (RW = 1) had 4.1 and 1.3 times more risk of being culled, respectively (Table 2).

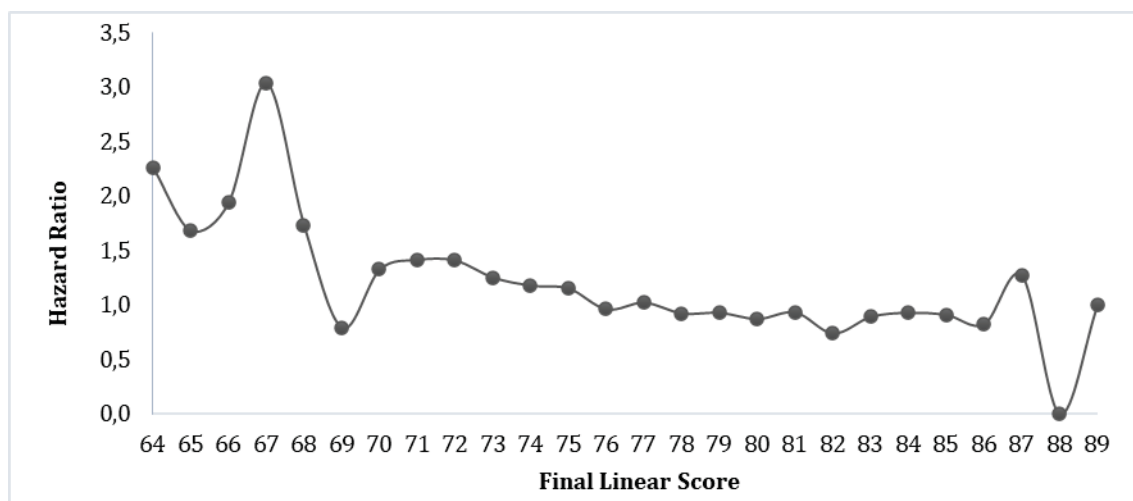
Table 7: Hazard of culling according to scores for rump traits in primiparous Holstein cows

Linear trait	Score								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RA	4.1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.8	0.6	1.0
RW	1.3	0.7	0.8	0.8	0.6	0.7	0.6	0.8	1.0
LS	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	0.6	0.6	0.7	1.0

RA – rump angle, RW – rump width, LS – loin strength

As can be observed in Figure 2, cows with a final score of 82 for rump traits had a lower risk of being culled (0.7) than those receiving score 89. On the other hand, cows with a score of 67 were more likely to be culled early (3.0).

Figure 6: Hazard of culling according to final score for rump traits in primiparous Holstein cows



Individual analysis of dairy strength traits showed that BD and ANG were associated with a higher risk of culling (Table 3). Cows with a high stature (scores 7 and 8) were less likely to be culled (0.8), indicating that extremely tall cows are not ideal for Brazilian dairy production systems, especially producers who participate in exhibitions and Holstein breed competitions, and for semi-extensive or extensive production systems. Primiparous cows with a well-leveled TL (score 5) and intermediate CW (score 5), as well as angular cows (scores 5, 6 and 7), were more likely to remain in the herd. On the other hand, cows with an extremely shallow BD (score 1) had an 18 times higher risk of being culled than extremely deep cows (score 9) (Table 3).

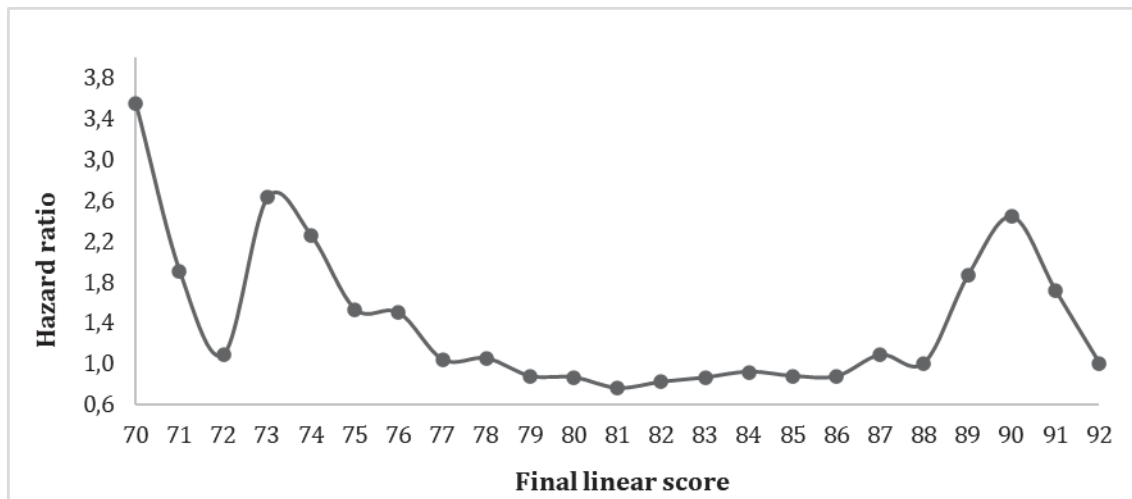
Table 8: Hazard of culling according to scores for dairy strength traits in primiparous Holstein cows

Linear trait	Score								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
STA		0.9	0.9	1.1	1	0.9	0.8	0.8	1.0
TL	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.8	1.0
CW		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	1.0
BD	18.4	6.6	1.0	1.2	1.0	1.0	1.2	1.4	1.0
ANG	7.5	1.0	1.5	1.2	0.7	0.7	0.7	0.8	1.0

STA – stature, TL – top line, CW – chest width, BD – body depth, ANG – angularity.

Primiparous cows with a final score of 70 for conformation traits had a three times higher risk of being culled than those with score 92. The lowest culling hazard (0.8) was observed for Holstein cows with scores 81 and 82 (Figure 3).

Figure 7: Hazard of culling according to final score for dairy strength traits in primiparous Holstein cows



Regarding feet and leg traits, first-lactation cows showed a hazard ratio of 0.3 to 3.4 (Table 4). The greatest amplitude was observed for BQ, highlighting those animals with score 1 had a 3.4 times higher risk of being culled than animals with reference score 9. Regarding FA, females scored 2 to 5 had the lowest culling hazard (0.3 and 0.4, respectively), indicating that cows with intermediate FA are more likely to remain in the herd for a longer period. With respect to HD, the lowest culling hazard (0.4) was observed for females with score 2 compared to the other cows. Primiparous cows with scored 5, 6 or 7 for BQ had the lowest culling hazard (0.7), indicating that structured cows or cows thinner at the hocks had a longer productive life. Holstein cows with moderately curved RLSV at the hocks (scores 5 and 6) had the lowest culling hazard (0.8 and 0.7, respectively). This trait is essential since it is directly related to body support and animal mobility

(Valloto and Ribas Neto, 2012). Regarding RLRV, scores 5 and 6 were associated with the lowest risks of culling rather than score 9 classified as ideal. Explanations for this finding are that primiparous females with slightly parallel legs are selected more frequently in the state of Paraná, that animals tend to have less parallel legs, or that the risk of culling is little associated with RLRV.

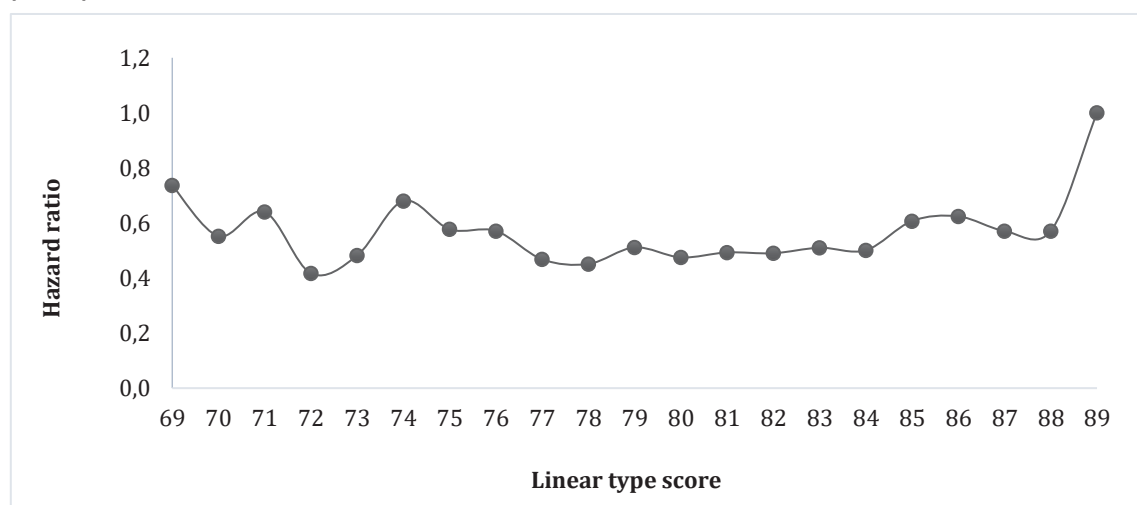
Table 9: Hazard of culling according to scores for feet and leg traits in primiparous Holstein cows

Linear trait	Score								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FA	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	1.0
HD	0.5	0.4	0.7	0.7	0.6	0.7	0.8	0.8	1.0
BQ	3.4	1.0	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7	0.9	1.0
RLSV	1.1	0.9	1.0	1.0	0.8	0.7	1.0	0.9	1.0
RLRV	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	1.0

FA – foot angle, HD – heel depth, BW – bone quality, RLSV – rear legs side view, RLRV – rear legs rear view.

Holstein cows with a final score for feet and leg traits of 77 to 84 points had the lowest culling hazard (0.5), indicating that females with intermediately curved legs, a moderate FA, and plane and strong bones remain in the herd for a longer period (Figure 4).

Figure 8: Hazard of culling according to final score for feet and leg traits in primiparous Holstein cows.



The traits of the mammary system evaluated in this study (Table 5) showed greater variations in culling risk than those of the other sections, with a larger number of hazard ratios higher than 1.0. Females scored 9 for FU had the lowest culling hazard (1.0), indicating that cows with an udder that shows extremely strong attachment to the abdomen remain longer in the herd. Analysis of TL showed the lowest culling hazard (0.6) for cows with scores 5 to 7, suggesting a longer productive life for cows with teats measuring 5 cm in length (Valloto and Ribas Neto, 2012). Regarding FT, the highest risks of culling were observed for cows with scores less than 5 (Table 5). This trait showed the most visible oscillations in culling hazard.

Females with extremely high udders (UH = 9) had the lowest culling hazard (1.0) (Table 5). These females probably have a high milk production capacity and a long productive life. Low hazard ratios (0.8, 0.7, and 0.8) were also observed for primiparous females with intermediate UW, UD and RT (score of 5 or 6).

Regarding ML, the hazard ratios for scores 4 to 8 were ≤ 1.0 (reference value for 9). However, cows with an extremely weak ML (scores 1 to 3) were more likely to be culled early. With respect to UT, females with a fleshy udder (score 2) were 1.3 times more likely to be culled than those with an extremely soft udder (score 9).

Table 10: Hazard of culling according to scores for mammary system traits in primiparous Holstein cows

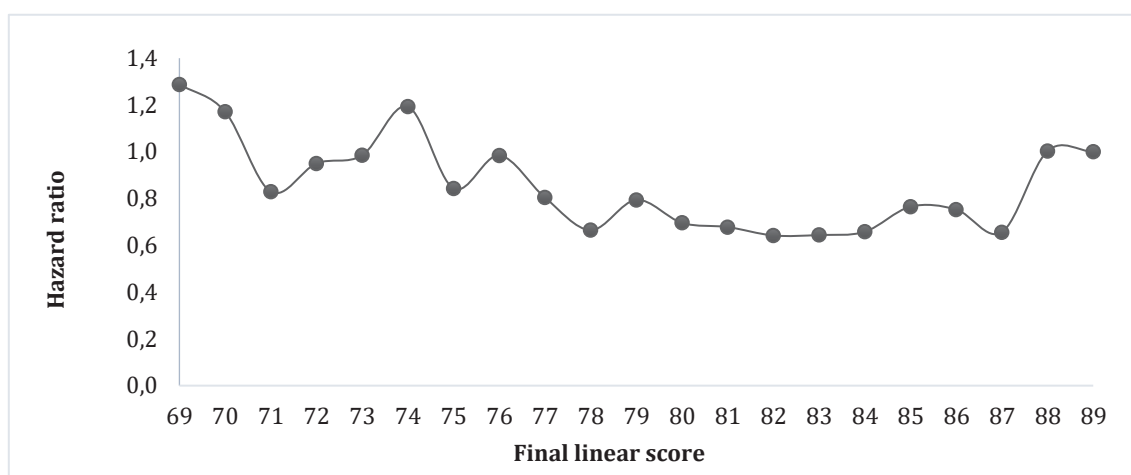
Linear trait	Score								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FU	1.6	1.5	1.2	1.0	0.9	0.9	0.8	1.0	1.0
FT	6.2	2.1	2.1	1.5	1.0	0.8	1.8	0.8	1.0
TL	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	1.0
UW	1.8	1.0	1.0	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	1.0
UH	1.1	1.0	1.3	1.1	1.1	1.2	1.8	1.7	1.0
RT	1.4	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	1.0

UD	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	1.0
UT		1.3	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0
ML	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	1.0	0.7	1.0

FU – fore udder attachment, FT – fore teat placement, TL – teat length, UW – udder width, UH – udder height, RT – rear teat placement, UD – udder depth, UT – udder texture, ML – median ligament.

As can be seen in Figure 5, cows with a final score of 69 for mammary system traits had the highest culling hazard (1.3), while those with final scores of 80, 81, 82, 83 and 84 had the lowest risks, i.e., the hazard ratio decreased with increasing final classification. In addition, these cows are more likely to remain longer in the herd.

Figure 9: Hazard of culling according to final score for mammary system traits in primiparous Holstein cows



Discussion

In the mid-1960s, breeders started to use linear type traits as indicators of longevity in dairy cows because of their high heritability estimates and because they are easily measured at the beginning of the animals' productive life. Linear traits are being evaluated until today since the racial pattern still receives

awards/bonuses in evaluations performed at the main animal exhibition and sale fares (Miglior et al., 2017).

Mammary system and feet and leg traits have the greatest impact on the functional longevity of Holstein cows (Atkins et al., 2008) since the animals must have a good body structure to support the high milk production (Almeida et al., 2017), as well as the ability of constant locomotion, either to feed in grazing systems or to walk to the milking parlor.

The results of the present study indicated that the wider the udder and the more centralized the teats in the mammary quarters, the greater the chance of cows remaining in the herd. Similarly, in a study involving Holstein cows from South Africa, Imbayarwo-Chikosi et al. (2018) found that FA, RT and UW were the traits that most influenced the risk of culling.

Regarding UH, the Canadian linear classification of Holstein cows defines score 9 as ideal since it indicates the capacity of milk production (Valloto and Ribas Neto, 2012). An extremely high udder is associated with a longer productive life, lower culling risk, and higher milk production due to the high concentration of mammary tissue. Females with score 5 for UD had the lowest culling hazard (0.7). In addition to being an important trait of the mammary system, UD represents the milk production capacity of mammary tissue, with deeper udders being more susceptible to trauma and infection (Valloto and Ribas Neto, 2012).

Primiparous females scored 1 for ML had the highest culling hazard (1.6), indicating that cows with a weak ML have pendulous udders, a fact that increases the possibility of injuries and mastitis and consequently the risk of early culling (Imbayarwo-Chikosi et al., 2018; Zavadilová et al., 2011). Cows that received

score 8, close to the ideal (score 9), exhibited the lowest culling risk, suggesting that females with a good mammary system remain longer in the herd.

The results of a study conducted on Jersey cattle in the United States indicated a relationship between involuntary culling and linear scores for RA (Caraviello et al., 2003). Similar results were observed in the present study in which cows with extremely sloped rumps or high pins had a 0.7 to 1.0 times higher risk of being culled than those with intermediate values (score 5).

Non-angular primiparous cows had the highest risks of being culled. This finding might be explained by the tendency of these females to accumulate body fat, a fact that results in low milk yields and shorter lactations (Valloto and Ribas Neto, 2012), with consequently higher chances of being culled early. According to Sewalem et al. (2004), extremely angular cows are the most long-lived, in agreement with the present study. In a study conducted in the Czech Republic, more angular cows survived less in the herds due to the association between angularity and involuntary culling (Zavadilová et al., 2011). Excess angularity may indicate a greater negative energy balance of the animals, a fact that would explain the lower culling risks for scores 5, 6 and 7 in the present study. Pryce et al. (2000) estimated a genetic correlation of -0.84 between BCS and angularity and suggested that the relationship of these two traits with longer calving intervals might explained by a negative energy balance.

A high risk of culling was observed for both cows with extremely low statures and with extremely high statures. This result probably reflects the preference of producers for cows with medium stature since taller and heavier animals have greater nutritional requirements. Sewalem et al. (2004), Atkins et al. (2008) and Zavadilová et al. (2011) reported the same trend, although the production

systems were different in these studies. However, according to these authors, stature is not a good indicator of longevity since it is directly related to voluntary culling.

Shallow cows scored 1 and 2 were 12 and 6 times more likely to be culled in first lactation, respectively. Similar results have been reported by Caraviello et al. (2004) and Sewalem et al. (2004), indicating that small cows with long legs and shallow body depth survive less in the herd. However, a recent study (Török et al., 2021) conducted in Hungary found that cows with medium body depth (scores 4 to 6) had a lower risk of being culled than deep and extremely deep cows (scores 7 to 9).

In the present study, primiparous Holstein cows with lower final linear classification scores exhibited the highest risks of culling. In addition, cows with a high final score (89 points) were more likely to be culled compared to those with intermediate scores (78 to 84 points). Similar results have been reported in the study by Caraviello et al. (2003) in which primiparous Jersey cows with a high final score had a 0.8 times higher risk of being culled than cows with intermediate scores (71 to 75 points). On the other hand, females with low final scores (56 to 65 points) had a 1.35 times higher risk of being culled than those with intermediate scores.

Conclusions

Cows with medium stature, moderately curved rear legs at the hocks, flat and fleshless bones, high and strongly attached udders, and strong ligaments will probably have a long productive life. In addition, to support the high volume of milk production Holstein cows need to be classified as B+, consequently they will

live more time. So, it is necessary to have access to the reasons for culling to get a real sense of the exclusion of animals from the herd.

References

Almeida, T.P.; Kern, E.L.; Daltro, D.S.; Braccini Neto, J.; McManus, C.; Thaler Neto, A. and Cobuci, J.A. 2017. Genetic associations between reproductive and linear-type traits of Holstein cows in Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia** 46,91-98. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000200002>.

Atkins, G.; Shannon, J. and Muir, B. 2008. Using conformational anatomy to identify functionality & economics of dairy cows. p.279-295. In: WCDS Advances in dairy technology. Alberta, Canada.

Caraviello, D.Z.; Weigel, K.A. and Gianola, D. 2003. Analysis of the relationship between type traits, inbreeding, and functional survival in Jersey cattle using a weibull proportional hazards model. **Journal of Dairy Science** 86, 2984-2989. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73896-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73896-X).

Clasen, J.B.; Norberg, E.; Madsen, P.; Pedersen, J and Kargo M. 2017. Estimation of genetic parameters and heterosis for longevity in crossbred Danish dairy cattle. **Journal of Dairy Science** 100, 6337-6342. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12627>.

Cruickshank, J.; Weigel, K.A.; Dentine, M.R. and Kirkpatrick, B.W. 2002. Indirect prediction of herd life in Guernsey dairy cattle. **Journal of Dairy Science** 85,1307–1313. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74195-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74195-7).

Hu, H.; Um, T.; Ma, Y.; Wang, X.P. and Ma, Y. 2021. Analysis of longevity traits in Holstein cattle: a review. **Frontiers in Genetics** 12, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.695543>.

Imbayerwo-Chikosi, V.E; Ducrocq, V.; Banga, C.B.; Halimani, T.E.; van Wyk, J.B.; Maiwashe, A. and Dzama, K. 2016. Estimation of genetic parameters for functional longevity South African Holstein cattle using piecewise weibull proportional hazards model. **Journal of Animal Breeding** 134, 364-372. <https://doi.org/10.1111/jbg.12264>.

Kern, E.L.; Cobuci, J.A.; Costa, C.N.; McManus, C.M. and Neto, J.B. 2015. Genetic association between longevity and linear type traits of Holstein cows. **Scientia Agricola** 72, 203-209. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0007>.

Miglior, F.; Fleming, Allison.; Malchiodi, F.; Brito, L.F.; Martin, P. and Baes, C.F. 2017. A 100-Year Review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle. **Journal of Dairy Science** 100, 10251-10271. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12968>.

Pritchard, T.; Coffey, M.; Mrode, R. and Wall, E. 2012. Genetic parameters for production, health, fertility and longevity traits in dairy cows. **The Animal Consortium** 7, 34-46. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001401>.

Pryce, J.E.; Coffey, M.P.; Brotherstone, S. 2000. The genetic relationship between calving interval, body condition score and linear type and management traits in registered Holsteins. **Journal of Dairy Science** 83, 2664-2671. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75160-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75160-5)

SAS Institute Inc. 2018. SAS/SAT® 9.4 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Sewalem, A.; Kistemaker, G.J.; Miglior, F, and Van Doormaal, B.J. 2004. Analysis of the relationship between type traits and functional survival in Canadian Holsteins using a weibull proportional hazards model. **Journal of Dairy Science** 87, 3938-3946. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73533-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73533-X).

Shabalina, T. and König, S. 2020. Influence of common health disorders on the length of productive life and stayability in German Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 103, 583-596. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16985>.

Török, E.; Komlósi, I.; Szönyi, V.; Béri, B.; Mészáros, G. and Posta, J. 2021. Combinations of linear type traits affecting the longevity in Hungarian Holstein-Friesian cows. **Animals** 11, 3065-3077. <https://doi.org/10.3390/ani11113065>.

Valloto, A.A. and Ribas Neto, P.G. 2012. Avaliação e conformação da vaca leiteira. (1ª Edição). Curitiba: SENAR, Paraná.

Zavadilová, L.; Nemcová, E. and Stípková, M. 2011. Effect of type traits on functional longevity of Czech Holstein cows estimated from Cox proportional hazards model. **Journal of Dairy Science** 94, 4090-4099. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3684>.

Capítulo 3: Como a contagem de células somáticas influencia a longevidade produtiva de vacas da raça Holandesa?

Lorena Carla Gomes Vernaschi ^(A, D), Altair Antonio Valloto^(B), Lenira El Faro Zadra ^(C), Rodrigo de Almeida Teixeira ^(A), Laila Talarico Dias ^(A)

^A Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Rua dos Funcionários, 1540, Juvevê, Zip Code: 80.035-50, Curitiba, PR, Brazil. E-mail: rteixeira@ufpr.br, lailatalarico@ufpr.br

^B Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH). Rua Professor Francisco Dranka, 608, Zip code: 81.200-404 – Orleans, Curitiba/PR, Brazil. E-mail: altair@apcbrh.com.br

^C Instituto de Zootecnia, Centro APTA de Bovinos de Corte, Sertãozinho, SP, Brazil.

^D Corresponding author: lvernaschi.zootecnia@gmail.com

Calcular o risco na média dos terços.

1/3 – calculo risco

2/3 – calculo risco

3/3 – calculo risco

Resumo

Os objetivos deste trabalho foram avaliar de que forma a contagem de células somáticas influencia a longevidade produtiva e identificar a faixa de contagem de células somáticas que causa maior impacto sobre a longevidade produtiva em vacas da raça Holandesa. Para tanto, foram utilizados dados de controle leiteiro oficial de 74.238 vacas primíparas pertencentes a 459 rebanhos do banco de dados da Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH). A análise de sobrevivência foi realizada pelo procedimento PHREG (SAS/STAT 9.4), por meio do modelo de Regressão de Cox no qual foi considerado, como fixo, o efeito de grupo contemporâneo,

definido pelas variáveis: rebanho, ano e mês do controle leiteiro oficial e, como covariáveis, os efeitos lineares de dias em leite e da produção de leite acumulada aos 305 dias na primeira lactação (kg). A contagem de células somáticas foi transformada em escore de células somática através da equação proposta por Ali e Shook (1980). Vacas com ECS 1 apresentaram maior risco de descarte (1,0) quando comparadas as de ECS 6. As fêmeas com alta CCS apresentaram curva de sobrevivência mais uniforme ao longo da vida produtiva e a probabilidade de sobrevivência ultrapassou 50%. Vacas que apresentaram baixa CCS o risco de descarte foi maior, sugerindo que o ECS no primeiro parto não foi um bom indicador de longevidade produtiva. Portanto, são necessários outros estudos para determinar, adequadamente, o limiar de CCS que indica longa longevidade produtiva em vacas Holandesas criadas no estado do Paraná.

Introdução

A longevidade produtiva é uma característica considerada complexa devido a e baixa herdabilidade e a mensuração tardia (HU et al., 2021; PROBO et al., 2018), o que dificulta a identificação precoce dos animais geneticamente superiores e, conseqüentemente, impacta na rentabilidade das propriedades leiteiras. Por essa razão, a gestão adequada para atenuar o risco de doenças no período de transição, a correta decisão de descarte e a disponibilidade de novilhas de qualidade para reposição podem auxiliar na lucratividade do rebanho (PROBO et al., 2018).

Um dos motivos mais frequentes de descarte em propriedades leiteiras é a mastite, avaliada por meio da contagem de células somáticas (CCS) (LACTANET, 2021), que é uma das doenças que mais preocupa produtores de leite devido a rápida difusão no rebanho e o alto custo com tratamento (BOBBO et al., 2018). De acordo com Cha et al. (2011), em média, um caso de mastite pode causar perda econômica entre \$95 e \$211 dólares com tratamento,

descarte do leite, mão-de-obra e testes de cultura. Rollin et al. (2015) estimaram que a mastite clínica tem custo econômico total de \$444, em média por animal, do quais \$128 estão relacionados aos custos diretos e \$316 aos custos indiretos. Além disso, fêmeas com mastite subclínica produzem menos leite e apresentam alta CCS durante a lactação (DE VRIES et al., 2020).

Embora a ocorrência de mastite apresente correlação genética alta, negativa e desfavorável (-0,26 a -0,69) com a longevidade (SHABALINA et al., 2020), esta pode ser reduzida através de sistemas adequados de gestão e de produção que aumentem a saúde do úbere (HU et al., 2021), ou pela utilização de alternativas mais eficazes como a seleção genética para resistência a mastite (KERN et al., 2019).

Portanto, o objetivo desse trabalho foi identificar em qual(is) faixa(s) de variação de CCS há maior risco de descarte para vacas da raça Holandesa.

Material e Métodos

Foram utilizados dados do controle leiteiro oficial de 74.238 vacas de primeiro parto, e paridas entre 2010 e 2019, de 459 rebanhos, pertencentes ao arquivo histórico da Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da raça Holandesa (APCBRH).

Para produção de leite, gordura e proteína aos 305 dias na primeira lactação foram excluídas as vacas com ± 3 desvios-padrão em relação à média do rebanho ($8.320,73 \pm 3.532,34$ kg de leite, $287,31 \pm 131,13$ kg e $258,34 \pm 113,79$ kg, respectivamente).

A duração da vida produtiva (DVP) foi definida como o número total de dias entre o primeiro dia e o último dia de controle leiteiro oficial da fêmea

(SHABALINA et al., 2020). Animais com acima de 2.600 dias foram excluídos do banco de dados, pois considerou-se 365 dias em lactação em 7 partos (365 x 7 ≈ 2.555 dias).

Animais com contagem de células somáticas acima de 1000 x 1000 células/mL foram excluídas (dados de 1 ano de controle leiteiro). Além disso, a contagem de células somáticas (CCS) foi transformada em função de log, conforme a equação abaixo (ALI; SHOOK, 1980):

$$ECS = \log_2(CCS/100) + 3$$

No total foram criados 7 escores de CCS: escore 0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (Tabela 1).

Para proceder a análise de sobrevivência foi atribuído aos animais o status igual a zero, para as vacas que ultrapassaram o terceiro parto, ou igual a um, para aquelas que foram descartadas antes de atingirem o terceiro parto.

A análise de sobrevivência foi realizada pelo procedimento PHREG do software SAS/STAT 9.4 (SAS Institute, 2018), por meio do modelo de Regressão de Cox apresentado a seguir:

$$\lambda(t) = \lambda_0(t)g(x'\beta),$$

em que:

$\lambda(t)$ = taxa de falha, t = variável tempo (dias), $\lambda_0(t)$ = componente não paramétrico e $g(x'\beta)$ = função não negativa, calculada como:

$$g(x'\beta) = \exp\{x'\beta\} = \exp\{\beta_1x_1 + \dots + \beta_px_p\},$$

em que: β = vetor dos parâmetros associados às covariáveis (Classes de contagem de células somáticas).

No modelo foi considerado como efeito fixo, o efeito de grupo contemporâneo, definido pelas variáveis: rebanho, ano e mês do controle leiteiro

oficial, e, como covariável, o efeito linear de dias em leite, produção de leite acumulada aos 305 dias na primeira lactação (kg). Grupos contemporâneos com menos de 10 animais foram excluídos do banco de dados.

De acordo com o procedimento PHREG (SAS, SAS Institute, 2018), se uma vaca apresentar risco de descarte, $\lambda(t)$ igual a 2, isso significa que esse animal apresenta 2 vezes mais chance de ser descartado do que o animal considerado como referência na análise, ou seja, aquele que apresentou risco de descarte RD, $\lambda(t)$ igual a 1.

Resultados

As vacas apresentaram média de $145,95 \pm 188,08 \times 1000$ células/ml, sendo este resultado inferior ao relatado por Kern et al. (2019) em estudo conduzido a partir de dados que contemplavam vários estados do Brasil, entre os quais: Minas Gerais, Paraná, São Paulo e Rio Grande do Sul (322.000 ± 377.000 células mL). Porém, por se tratar de médias de CCS de vacas primíparas esse resultado era esperado.

Na Tabela 1 nota-se que com o aumento do ECS (ou CCS) as produções de leite e sólidos tende a diminuir. As fêmeas de ECS 6 produziram, em média, 953,87 kg de leite a menos do que as de ECS 1. O mesmo aconteceu com a produção de gordura e proteína, 35,95 kg G e 28,13 kg P, respectivamente. Esse resultado sugere que é necessário a atenção dos produtores para a alta CCS, caso queiram manter as vacas eficientes e aumentar a rentabilidade do rebanho.

Na análise de sobrevivência (Modelo de Regressão de Cox) das 74.238 primíparas avaliadas, 43.977 não ultrapassaram o 3º parto (59,24%) e 40,76% (30.261) conseguiram ultrapassar a 3ª lactação. Esse resultado pode ser

explicado pela edição de dados, pois como foram consideradas vacas paridas até o ano de 2019, essas fêmeas não tinham como atingir a terceira lactação por não apresentarem idade suficiente.

TABELA 1: ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA PRODUÇÃO DE LEITE AOS 305 DIAS (L305), PRODUÇÃO DE GORDURA AOS 305 DIAS (G305), PRODUÇÃO DE PROTEÍNA AOS 305 DIAS (P305) E CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS (CCS) NA PRIMEIRA LACTAÇÃO DE VACAS HOLANDESAS NO ESTADO DO PARANÁ

Características					
ECS	L305	G305	P305	CCS	Número de animais
0	9.571,46 ± 3.001,43	333,95 ± 113,94	298,71 ± 96,04	15,05 ± 1,41	5.273 (7,10%)
1	9.292,17 ± 2.997,86	323,95 ± 112,14	290,33 ± 95,73	25,51 ± 4,83	15.917 (21,44%)
2	9.162,79 ± 2.959,82	319,86 ± 110,22	286,74 ± 94,16	49,35 ± 10,07	15.921 (21,45%)
3	8.985,10 ± 2.974,64	312,18 ± 109,16	280,92 ± 93,67	97,57 ± 19,28	14.576 (19,63%)
4	8.823,16 ± 2.949,55	306,73 ± 107,78	276,57 ± 92,91	192,76 ± 38,97	10.938 (14,73%)
5	8.693,60 ± 2.899,54	300,79 ± 105,32	272,15 ± 91,30	385,53 ± 78,11	7.185 (9,68%)
6	8.617,59 ± 2.908,77	298,00 ± 105,78	270,58 ± 91,75	736,73 ± 127,82	4.428 (5,96%)

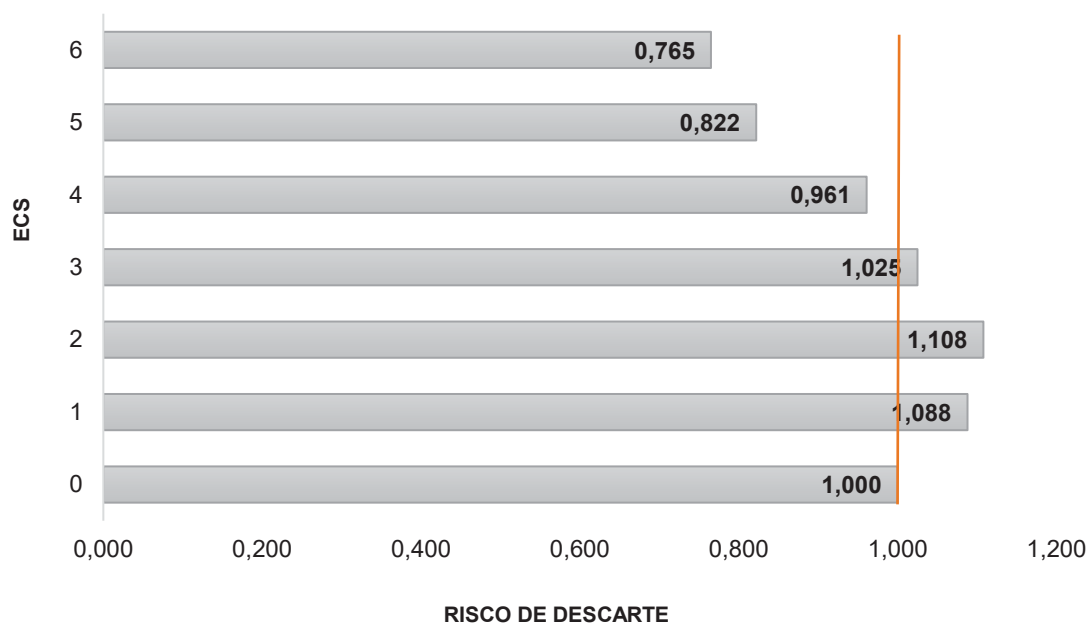
ECS – Escore de células somáticas. L305 – Produção de leite aos 305 dias. G305 – Produção de gordura aos 305 dias. P305 – Produção de proteína aos 305 dias. CCS – Contagem de células somáticas.

Na Figura 1, nota-se que os animais de referência (ECS 0) apresentaram menor risco de descarte (1,000) em relação aos de ECS 1, 2 e 3, sugerindo que essas fêmeas apresentam 1,088, 1,108 e 1,025 mais chances de serem descartadas no primeiro parto, respectivamente, do que as de ECS 0. Vale ressaltar que, no modelo utilizado para proceder as análises considerou-se o efeito do número de animais em cada classe.

A partir do ECS 4 o RD começou a diminuir indicando que animais de ECS 4, 5 e 6 podem permanecer por mais tempo no rebanho do que os de ECS 0. Esse resultado não era esperado, porém algumas hipóteses podem ser levantadas: o produtor de leite paranaense pode dar mais uma chance para a vaca permanecer no rebanho mesmo se apresentar CCS elevada, ou o ECS não é um bom indicador de vida produtiva longa na primeira lactação, ou ainda as

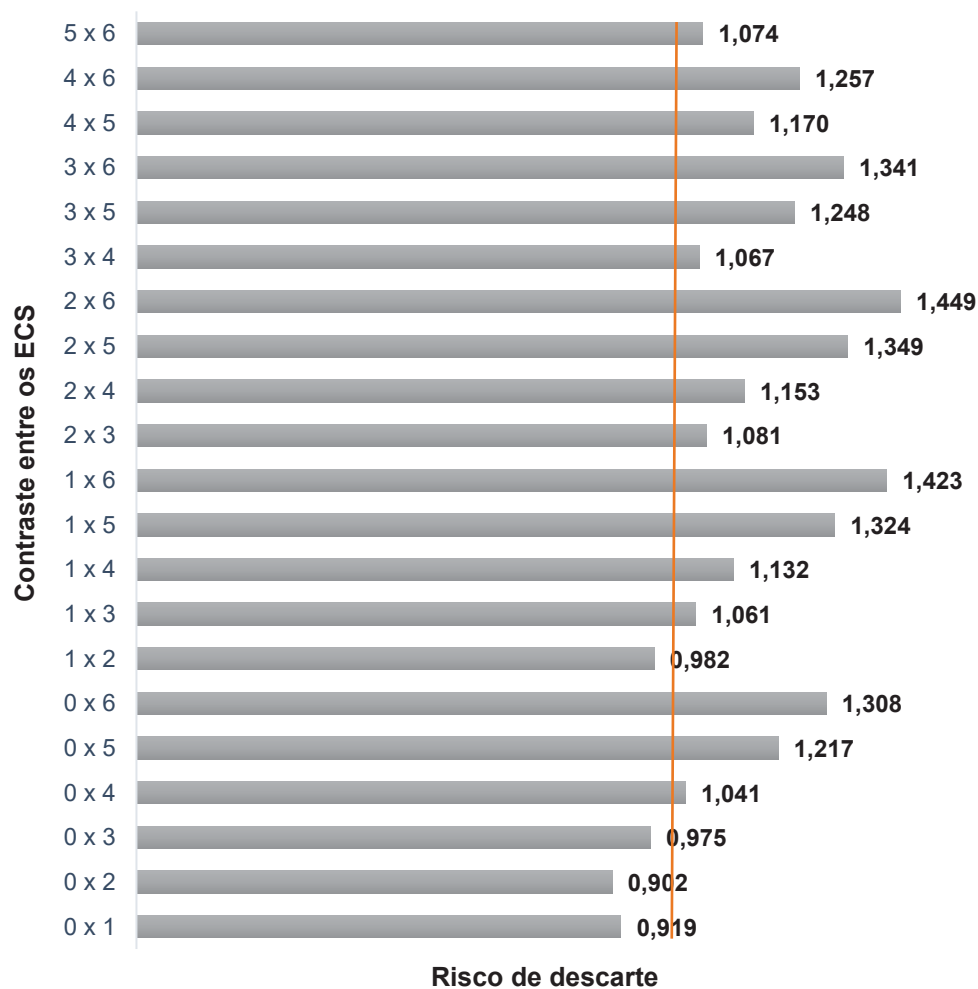
primíparas estão sendo descartadas do rebanho por outros motivos não relatados.

FIGURA 1: RISCO DE DESCARTE CONFORME A ECS EM VACAS HOLANDESAS DO ESTADO DO PARANÁ



Pela Figura 2 é possível observar que os animais de ECS 0 (baixa CCS) apresentaram o menor RD quando comparados aos de ECS 1, 2 e 3 (0,919, 0,902 e 0,975), conforme o esperado. As fêmeas de ECS 1 apresentaram menor risco de serem descartadas logo no primeiro parto em relação as de ECS 2 (0,982). Além disso, nota-se que as fêmeas de ECS 2, 3, 4 e 5 apresentaram maiores RD quando comparadas as demais. No entanto, as de ECS 6 foram as que apresentaram menor RD principalmente quando comparadas com as de ECS 5 (1,074). Esse resultado sugere que animais com maiores ECS permanecem por mais tempo no rebanho. Porém, duas hipóteses que justificariam esse resultado seriam: a classificação linear acima da média do rebanho, ou pequena frequência de problemas reprodutivos (mais de uma inseminação), por exemplo.

FIGURA 2: RAZÃO DE RISCOS PROPORCIONAIS ENTRE AS ECS DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA DO ESTADO DO PARANÁ



As curvas de sobrevivência, independentemente, do escore de células somáticas, apresentaram comportamento semelhante ao longo da vida produtiva (Figura 3).

Nota-se que as fêmeas de ECS 1 apresentaram queda na Probabilidade de Sobrevivência (PS) a partir dos 100 dias da duração da vida produtiva (DVP), no entanto, a partir dos 2.000 dias a curva ficou estável (PS igual a 37%).

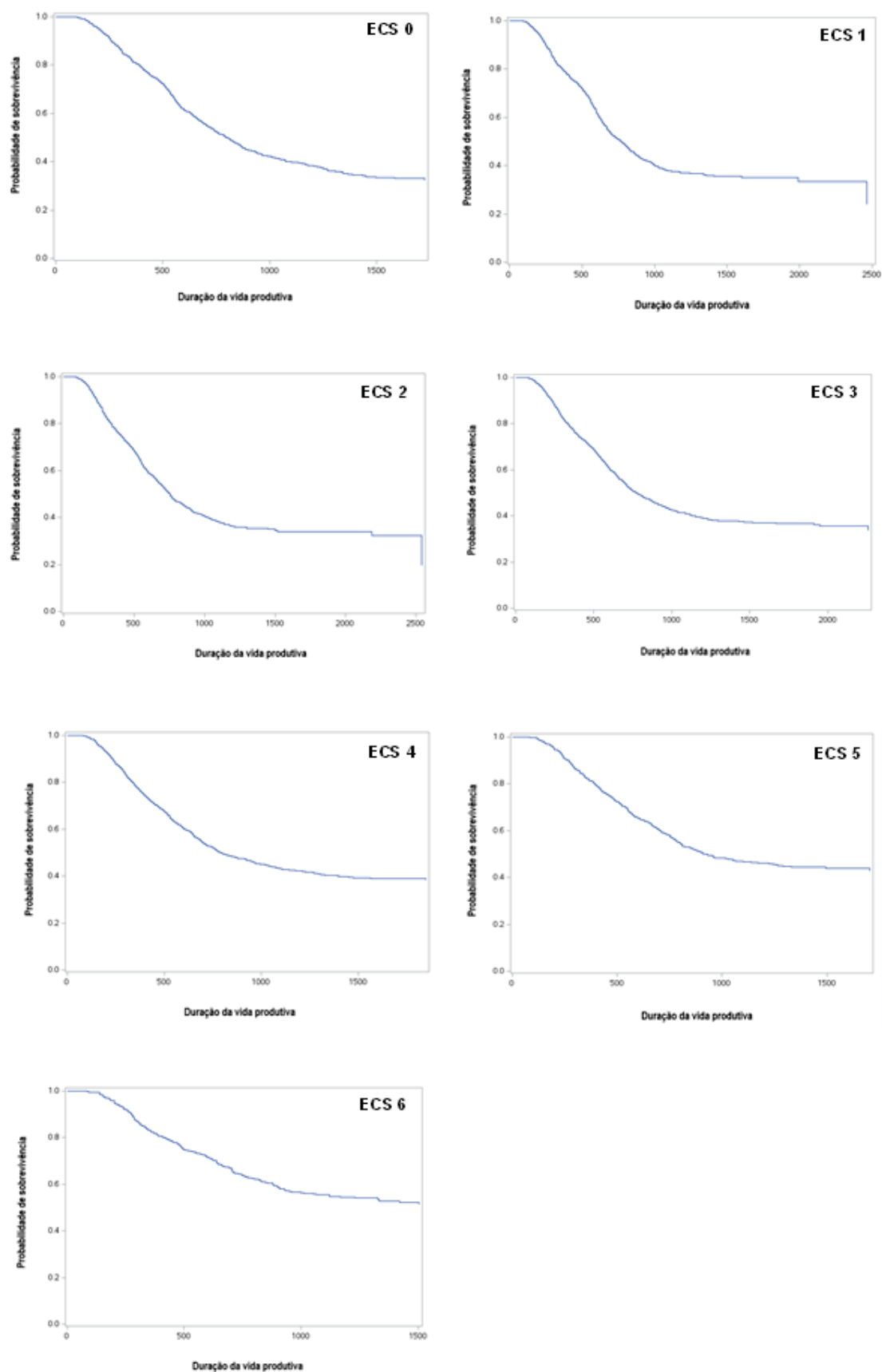
Já para as vacas de ECS 2, o primeiro platô ocorreu aos 1.500 dias, depois um pequeno declínio e um segundo platô aos 2.300 dias de vida produtiva, indicando que esse grupo de fêmeas pode ter sofrido descarte por motivos distintos ao longo da vida ou pertenciam ao mesmo rebanho que excluiu animais aos 1.500 e 2.300 dias. Para esse grupo de animais, a probabilidade de sobrevivência mínima foi de 35% aos 2.500 dias de vida produtiva.

Para as fêmeas de ECS 3, foi possível observar vários platôs ao longo da curva de probabilidade de sobrevivência (acima dos 30%), e que o declínio foi mais suave.

A probabilidade de sobrevivência das fêmeas de ECS 4 em geral foi acima de 40%, porém o platô ocorreu após 1.500 dias e os animais não atingiram a DVP de 2.500 dias. Esse resultado sugere que, mesmo apresentando menor risco de descarte quando comparado a outros grupos, poucos animais ultrapassam os 2.000 dias de DVP.

Pela Figura 3 pode-se observar que, para as vacas Holandesas de ECS 5, a probabilidade de sobrevivência foi acima de 40% ao longo da vida produtiva. Além disso, nota-se que na curva de sobrevivência o platô ocorreu aos 1.500 dias, porém os animais não alcançaram a DVP de 2.500 dias, o que pode ser indicativo de que a alta CCS influenciou a vida produtiva dos animais, principalmente, em lactações subsequentes, como relatado em outros estudos (PRITCHARD et al., 2013), e não apenas na 1ª lactação. As fêmeas que apresentaram o menor RD e probabilidade de sobrevivência ao longo da vida produtiva acima de 50% foram as de ECS 6. No entanto, essas vacas foram as que permaneceram menos no rebanho (1.500 dias) e por motivos desconhecidos foram descartadas.

FIGURA 3: CURVAS DE PROBABILIDADE DE SOBREVIVÊNCIA PARA OS ESCORES DE CÉLULAS SOMÁTICAS, EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO DA VIDA PRODUTIVA DE VACAS HOLANDEAS DE PRIMEIRA CRIA



Discussão

No presente estudo, a média de CCS para, aproximadamente, 50% dos rebanhos leiteiros da região analisada foi inferior a 49.350 células/mL (ECS 0,1 e 2). No Canadá, média de 167.000 células/mL foi reportada por Sewalem et al. (2006), superior à média de 10.970 células/mL obtida em estudos conduzidos na Inglaterra (PRITCHARD et al., 2013) e na Itália (57.000 células/mL – SARTORI et al., 2019). Sabe-se que a média da CCS varia conforme a região/país manejo sanitário adotado, se há bonificação em função de sólidos e se essa informação é considerada nos índices de seleção.

No presente estudo pode-se notar que, conforme a CCS aumentou, a produção de leite tendeu a diminuir (Tabela 1). De acordo com Lucey e Rowlands (1984), alta CCS afeta o volume de leite produzido devido a destruição dos tecidos secretores do sistema mamário durante o quadro de infecção. A mastite também altera as concentrações de sólidos do leite (gordura, proteína e lactose), devido a lesões nas células epiteliais produtoras de leite e o aumento da permeabilidade vascular, que determinam o aumento da passagem de substâncias do sangue para o leite. Consequentemente, há alteração na concentração de lactose, proteína e gordura do leite (SANTOS; FONSECA, 2023).

A incidência de mastite é considerada um importante fator para decisões de descarte em propriedades leiteiras uma vez que define a saúde do úbere (NEERHOF et al., 2000). No presente estudo, vacas de 1º parto com alta CCS foram as que apresentaram o menor risco de descarte, sugerindo que a CCS não é a primeira razão de descarte em uma propriedade.

A relação inversa que há entre CCS e a produção de leite pode ser explicada pela correlação genética negativa entre as características. Sartori et al. (2019) estimaram correlação genética entre CCS e produção de leite de -0,168 para vacas da raça Aosta Chestnut e concluíram que a alta CCS influencia negativamente a produção de leite.

Mrode, Swanson e Lindberg (2000) estimaram correlação genética negativa e de magnitude moderada (-0,32) entre contagem de células somáticas (CCS) e permanência no rebanho, indicando que a seleção para diminuir CCS aumentará a longevidade e, por essa razão, altas taxas de descarte estão associadas a alta CCS.

Em relação a duração da lactação, Caraviello et al. (2005) encontraram alta CCS para vacas de 75 a 220 dias de lactação após o parto e Sewalem et al. (2006) relataram alta CCS no início da lactação, o que pode causar queda na produção de leite e resultar em vacas menos persistentes. Provavelmente esses resultados possam explicar a diminuição das curvas de sobrevivência aos 100 dias de lactação como foi observado no presente estudo.

Outro fator que pode ter contribuído para este resultado foi o descarte precoce realizado nesse período devido à menor produção de leite, assim como o que foi relatado por Pritchard et al. (2013). No mesmo trabalho, os autores afirmaram que as fêmeas deixam de ser eficientes por reduzirem a produção de leite e por precisarem de tratamento para mastite. Além disso, vacas de alta produção de leite tendem a ser mais afetadas por mastite, acompanhada por alta CCS e alta incidência de laminite.

O custo com tratamento veterinário, por conta da ocorrência de mastite e a queda na produção de leite não são motivos que levam as vacas primíparas

serem descartadas. A adição da característica resistência a mastite em índices de seleção brasileiros pode ser uma solução para a identificação de animais superiores e informar o motivo de descarte dos animais do rebanho.

No presente estudo observou-se que o risco de descarte e a curva de sobrevivência de vacas Holandesas variaram em função da contagem de células somáticas ao longo da vida produtiva. Os animais com baixa CCS também foram descartados precocemente, no entanto, não ficou claro o verdadeiro motivo de retirada dos animais do rebanho. Por essa razão, são necessários estudos que considerem todas as lactações de vacas leiteiras para definir adequadamente o limiar de ECS para longa vida produtiva.

Conclusão

O escore de células somáticas (ECS) no primeiro parto não foi um bom indicador de longevidade produtiva. Portanto, são necessários outros estudos para determinar, adequadamente, o limiar de ECS que indica longevidade produtiva em vacas Holandesas.

Referências Bibliográficas

ALI, A.K.A; SHOOK, G.E. An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. **Journal of Dairy Science**. 1980, v.63, p. 1-4.

BOBBO, T.; CIPOLAT-GOTET, C.; BITTANTE, G.; CECCHINATO, A. The nonlinear effect of somatic cell count on milk composition, coagulation properties, curd firmness modelling, cheese yield, and curd nutrient recovery. **Journal of Dairy Science**. 2016, v.99, p.5104-5119.

CARAVIELLO, D.Z.; WEIGEL, K.A.; SHOOK, G.E.; RUEGG, P.L. Assessment of the impact of SCC on functional longevity in Holstein and Jersey cattle using

survival analysis methodology. **Journal of Dairy Science**. 2005. v.88, p.804–811.

CHA, E.; BAR, D.; HERTL, J.A.; TAUER, L.W.; BENNETT, G.; GONZALEZ, R.N.; SCHUKKEN, Y.H.; WELCOME, F.L.; GROHN, Y.T. The cost and management of different types of clinical mastitis in dairy cows estimated by dynamic programming. **Journal of Dairy Science**. 2011, v.94, p.4476-4487.

De VRIES, A.; MARCONDES, M, I. Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. **The Animal Consortium**. 2020. v.14, p.155-164.

HU, HONGHONG.; MU, TONG.; MA, YANFEN.; WANG, XINGPING.; MA, YUN. Analysis of longevity traits in Holstein cattle: a review. **Frontiers in Genetics**. 2021. v.12, p.1-15.

KERN, E.L.; COBUCCI, J.A.; NETO, J.B.; DALTRO, D.S. Relationship between somatic cell score and longevity of Holstein cows in Brazil using a piecewise Weibull proportional-hazard model. **Animal Production Science**. 2019. v.59, p.1546-1552.

LACTANET, 2021, Lactanet Genetic Evaluations. Disponível em: <https://lactanet.ca/en/genetics/genetic-evaluations/>. Acessado em 01 de dezembro de 2022.

LUCEY, S.; ROWLANDS, G.J. The association between clinical mastitis and milk yield in dairy cows. **Animal Production**. 1984. v.39, p.165-175.

MRODE, R.A; SWANSON, G.J.T; LINDBERG, C.M. Genetic correlations of somatic cell count and conformation traits with herd life in dairy breeds, with an application to national genetic evaluations for herd life in the United Kingdom. **Livestock Production Science**. 2000, v. 65, p. 113–130.

NEERHOF, H.J.; MADSEN, P.; DUCROCQ, V.P.; VOLLEMA, A.R.; JENSEN, J.; KORSGAARD, I.R. Relationship between mastitis and functional longevity in Danish Black and White dairy cattle estimated using survival analysis. **Journal of Dairy Science**. 2000, v.83, p.1064-1071.

PAULA, S. **Longevidade e descarte de vacas leiteiras em rebanhos de Arapoti, Paraná**. 2018. 56f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2018.

PRITCHARD, T.; COFFEY, M.; MRODE, R.; WALL, E. Genetic parameters for production, health, fertility and longevity traits in dairy cows. **The Animal Consortium**. 2012, v. 7, p.34-46.

PRITCHARD, T.; COFFEY, M.; MRODE, R.; WALL, E. Understanding the genetics of survival in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 2013. v.96, p.3296-3309.

PROBO, M.; PASCOTTINI, B.O.; LEBLANC, S.; OPSOMER, G.; HOSTENS, M.; Association between metabolic diseases and the culling risk of high-yielding dairy cows in a transition management facility using survival and decision tree analysis. **Journal of Dairy Science**. v.101, p.9419-9429.

ROLLIN, E.; DHUYVETTER, K.C.; OVERTON, M.W. The cost of clinical mastitis in the first 30 days of lactation: An economic modelling tool. **Preventive Veterinary Medicine**. 2015, v.122, p.257-264.

SANTOS, M.V.; FONSECA, L.F.L. Módulo 5: Uso da contagem de células somáticas para monitoramento da qualidade do leite. In: Curso Online – Monitoramento da Qualidade do leite. 2023.

SARTORI, C.; GUZZO, N.; MANTOVANI, R. Genetic correlations of fighting ability with somatic cells and longevity in cattle. **The Animal Consortium**. 2019. p.1-9.

SAS Institute Inc. 2018. SAS/SAT® 9.4 *User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc.

SEWALEM, A.; KISTEMAKER, G.J.; DUCROCQ, V.; VanDOORMAAL, B.J. Genetic analysis of herd life in Canadian dairy cattle on a lactation basis using a Weibull proportional hazards model. **Journal Dairy Science**. 2005, v.88, p.368-375.

SHABALINA, T.; YIN, T.; KONIG, S. Influence of common health disorders on the length of productive life and stayability in German Holstein cows. **Journal of Dairy Science**. 2020. v.103, p.583-596.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, a procura por animais longevos, eficientes e saudáveis vem complementar a seleção para produção de leite. Porém, mesmo nos países que têm programas de melhoramento genético consolidados, a ponderação usada para longevidade nos índices de seleção ainda é pequena.

No Brasil, a seleção para características relacionadas à saúde, bem-estar e/ou longevidade produtiva é incipiente, o que pode ser explicado pela falta de informação de como e porque a obtenção desse fenótipo poderá incrementar o lucro da propriedade leiteira.

A classificação linear (CL) no primeiro parto da vaca, que já é realizada de maneira rotineira pelas propriedades leiteiras associadas à APCBRH, pode ser uma ferramenta para melhorar a longevidade produtiva de vacas Holandesas. Com essa metodologia, logo no primeiro parto, as fêmeas que recebem bons escores, principalmente para as características inserção, profundidade e altura de úbere, apresentam maior chance de permanecerem no rebanho. A CL, em geral, auxilia na identificação dos pontos fortes e fracos das vacas e, dessa forma, a escolha e uso de touros geneticamente superiores (Habilidade predita de transmissão - PTA's) nos acasalamentos poderá resultar em progênies mais longevas.

Manter as fêmeas com pontuação final entre 80 e 89 pontos poderá resultar em maior lucratividade ao produtor, pois produzem grande volume de leite, por mais tempo, sem comprometer a conformação.

As vacas que têm alta CCS, geralmente, são as que apresentam quadro de mastite e acabam sendo descartadas precocemente. No entanto, nesse estudo, as fêmeas que tiveram baixa CCS foram as que apresentaram o maior

risco de descarte. Porém, não é simples sugerir alguma ação de manejo, pois não havia informação sobre o real motivo de descarte desses animais.

Adicionar a característica longevidade nos índices bioeconômicos de seleção brasileiros é essencial para aumentar a rentabilidade nas propriedades leiteiras. As vacas devem iniciar a vida reprodutiva em idade adequada, além dos técnicos realizarem adequadamente o controle e monitoramento da CCS, a classificação dos animais e de valorizarem o tempo de permanência desses animais no rebanho, pois, dessa forma, será possível contribuir para aumentar o ganho genético para longevidade produtiva.

Nos Estados Unidos, Canadá e na Holanda, os índices de seleção: Total Performance Index (TPI), Lifetime Performance Index (LPI) e Nederlands-Vlaame Index (NVI), respectivamente, consideram as características que definem longevidade, como: a vida produtiva (4%), a habitabilidade (3%), e permanência no rebanho (8%), com ponderações baseadas na realidade econômica desses países. Há algum tempo esses países deixaram de realizar seleção apenas para o aumento do volume de leite produzido e passaram a valorizar as características que afetam o bem-estar, a fertilidade, a longevidade e a saúde animal.

Não há uma solução única para incrementar a longevidade produtiva de vacas Holandesas no Brasil, mas a seleção de animais para resistência a mastite, por exemplo, poderá ser um caminho. Outra sugestão seria a proposição de índices bioeconômicos de seleção que contemplem as características produtivas e as relacionadas à longevidade. Mas, o grande desafio talvez não seja acadêmico: de estudar ou de desenvolver projetos de pesquisa, o principal desafio é tornar os resultados alcançados, dentro das universidades ou dos

centros de pesquisa, úteis para os produtores de leite e esses, por sua vez, colocar isso em prática. Mas, a ciência seguirá na busca soluções para melhorar a produção dos animais de interesse zootécnico.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ADAMCZYK, K.; MAKULSKA, J.; JAGUSIAK, W.; WEGLARZ, A. Associations between strain, herd size, age at first calving, culling reason and lifetime performance characteristics in Holstein-Friesian cows. **Animal**. 2017, v.11, p327-334.

AHLMAN, T.; BERGLUND, B.; RYDHMER, L.; STRANDBERG, E. Culling reasons in organic and conventional dairy herds and genotype by environment interaction for longevity. **Journal of Dairy Science**. 2011, v.94, p.1562-1575.

ALI, A.K.A.; SHOOK, G.E. An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. **Journal of Dairy Science**. 1980, v.63, p. 1-4.

ALMEIDA, B.H.M. Efeitos sistemáticos na análise de sobrevivência de codornas de corte. 32f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/57910>. Acessado em: 1 de dezembro de 2022.

ALMEIDA, T.P.; KERN, E.L.; DALTRO, D.S.; BRACCINI NETO, J.; MCMANUS, C.; THALER NETO, A. AND COBUCI, J.A. Genetic associations between reproductive and linear-type traits of Holstein cows in Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 2017, 46,91-98.

ARAÚJO, M. N. M. Análise de sobrevivência do tomateiro a *Phytophthora* infestans. 53f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2008. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/4014>. Acessado em: 07 de Janeiro de 2023.

ATKINS, G.; SHANNON, J. AND MUIR, B. Using conformational anatomy to identify functionality & economics of dairy cows. p.279-295. In: WCDS Advances in dairy technology. Alberta, Canada. 2008.

BAR, D.; GROHN, Y.T.; BENNETT, G.; GONZÁLEZ, R.H.; HERTL, J.A.; SCHULTE, H.F.; TAUER, L.W.; WELCOME, F.L.; SHCUKKEN, Y.H. Effect of

repeated episodes of generic clinical mastitis on milk yield in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 2007, v. 90, p.4643-4653.

BENBROOK, C.; CARMAN, C.; CLARK, E.; DALEY, C.; FULWIDER, W.; HANSEN, M.; LEIFERT, C.; MARTENS, K.; PAINE, L.; PETKEWITZ, L.; JODARSKI, G.; THICKE, F.; VELEZ, J.; WEGNER, G. A Dairy Farm's Footprint: Evaluating the Impacts of Conventional and Organic Farming Systems. **The Organic Center, Critical Issue Report**. 2010, p.1-35.

BOBBO, T.; CIPOLAT-GOTET, C.; BITTANTE, G.; CECCHINATO, A. The nonlinear effect of somatic cell count on milk composition, coagulation properties, curd firmness modelling, cheese yield, and curd nutrient recovery. **Journal of Dairy Science**. 2016, v.99, p.5104-5119.

BRAMLEY, A.J.; CULLOR, J.S; ERSKINE, R.J.; FOX, L.K.; HARMON, R.J.; HOGAN, J.S.; NICKERSON, S.C.; OLIVER, S.P.; SMITH, K.L.; SORDILLO, L.M. Current concepts of bovine mastitis. **Mtg.Natl. Mast**. 1996, v. 37, p. 1–3.

BRICKELL, J.S.; WATHES, D.C. A descriptive study of the survival of Holstein-Friesian heifers through to third calving on English dairy farms. **Journal of Dairy Science**. 2011, v.94, p. 1831–1838.

BUNGER, A.; SWALVE, H.H. Analysis of survival in dairy cows using supplementary data on type scores and housing systems. **Interbull bull**. 1999, v.21, p.128-135.

CAETANO, S.L. **Estudo da idade da vaca ao último parto para avaliar longevidade em rebanhos da raça Nelore por análise de sobrevivência**. 2011. 111f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, 2011.

CARAVIELLO, D.Z.; WEIGEL, K.A.; GIANOLA, D. Analysis of the relationship between type traits, inbreeding, and functional survival in Jersey cattle using a Weibull proportional hazards model. **Journal of Dairy Science**. 2003, v.86, p. 2984-2989.

CARAVIELLO, D.Z.; WEIGEL, K.A.; SHOOK, G.E.; RUEGG, P.L. Assessment of the impact of SCC on functional longevity in Holstein and Jersey cattle using survival analysis methodology. **Journal of Dairy Science**. 2005, v.88, p.804–811.

CARNEIRO JÚNIOR. Melhoramento Genético Animal. In: GONÇALVES, R.C.; OLIVEIRA, LC. **Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do sudoeste da Amazônia**. 1 ed. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2009. p.197-208.

CHA, E.; BAR, D.; HERTL, J.A.; TAUER, L.W.; BENNETT, G.; GONZALEZ, R.N.; SCHUKKEN, Y.H.; WELCOME, F.L.; GROHN, Y.T. The cost and management of different types of clinical mastitis in dairy cows estimated by dynamic programming. **Journal of Dairy Science**. 2011, v.94, p.4476-4487.

CHARFEDDINE, N.; PÉREZ-CABRAL, M.A. Effect of claw disorders on milk production, fertility, and longevity, and their economic impact in Spanish Holstein cows. **Journal of Dairy Science**. 2017, v.100, p.653-665.

CLASEN, J.B.; NORBERG, E.; MADSEN, P.; PEDERSEN, J AND KARGO M. Estimation of genetic parameters and heterosis for longevity in crossbred Danish dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 2017, v.100, p.6337-6342.

COLOSIMO, E.A.; GIOLO, S.R. **Análise de Sobrevivência Aplicada**. 1ª Edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

COMPTON, C.W.R.; HEUER, C.; THOMSEN, P.T.; CARPENTER, T.E.; PHYN, C.V.C.; McDOUGALL, S. Invited review: A systematic literature review and meta-analysis of mortality and culling in dairy cattle. **Journal of dairy Science**. 2017, v.100, p.1-16.

COUNCIL ON DAIRY CATTLE BREEDING. 2016. Disponível em: <https://uscdcb.com/library/>. Acessado em: 1 de dezembro de 2022.

COX, D. R. Regression Models and Life Tables (with Discussion). **Journal of the Royal Statistical Society**. 1972, v.34, p.187-220.

CRUICKSHANK, J.; WEIGEL, K.A.; DENTINE, M.R. AND KIRKPATRICK, B.W. Indirect prediction of herd life in Guernsey dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 2002, v.85, p.1307–1313.

CRV, 2023. Catálogo Leite Europeu 2023. Disponível em: <https://crv4all.com.br/pt>. Acessado em: 9 de março de 2023.

DALLAGO, G.M.; WADE, K.M.; CUE, R.I.; McCLURE, J.T.; LACROIX, R.; PELLERIN, D.; VASSEUR, E. Keeping dairy cows for longer: a critical literature review on dairy cow longevity in high milk-producing countries. **Animals**. 2021, v.11, p.2-25.

De HAAS, Y.; VEERKAMP, R. F.; BARKEMA, H. W.; GRÖHN, Y. T.; SCHUKKEN, Y. H. Associations between pathogen-specific cases of clinical mastitis and somatic cell count patterns. **Journal of Dairy Science**. 2004, v.87, p. 95–105.

De VRIES, A. Economic trade-offs between genetic improvement and longevity in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 2017, v.100, p.4184-4192.

De VRIES, A.; MARCONDES, M, I. Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. **The Animal Consortium**. 2020, v.14, p.155-164.

DUCROCQ, V. **An analysis of length of productive life in dairy cattle**. Dissertation. Cornell University, Ithaca, New York, USA, 1987.

DUCROCQ, V. Statistical analysis of length of productive life for dairy cows of the Normande breed. **Journal of Dairy Science**. 1994, v.77, p.855-866.

DUCROCQ, V. Survival analysis, a statistical tool for longevity data. In: ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR ANIMAL PRODUCTION, 48, 1997, Vienna, Austria. **Proceedings...** Vienna, Austria: [s.n], 1997.

DUCROCQ, V. An improved model for the French genetic evaluation of dairy bulls on length of productive life of their daughters. **Animal**. 2005, v.3, p. 249-256.

EASTHAM, N.T.; COATES, A.; CRIPPS, P.; RICHARDSON, H.; SMITH, R.; OIKONOMOU, G. Associations between age at first calving and subsequent lactation performance in UK Holstein and Holstein-Frisian dairy cows. **Plos One**. 2018, v.13, p.1-13.

ESSL, A. Longevity in dairy cattle breeding: a review. **Livestock Production Science**. 1998, v.57, p.79-89.

FERRIS, C.P.; PATTERSON, D.C.; GORDON, F.J.; WATSON, S.; KILPATRICK, D.J. Calving traits, milk production, body condition, fertility, and survival of Holstein-Friesian and Norwegian Red dairy cattle on commercial dairy farms over 5 lactations. **Journal of Dairy Science**. 2014, v.97, p.5206-5218.

FETROW, J.; NORDLUND, K.V.; NORMAN, H.D. Invited review: Culling: Nomenclature, definitions, and recommendations. **Journal of Dairy Science**. 2006, v.89, p.1986-1905.

FRAZER, L.L.C. **Dairy farm operating trends for the year ended December 31, 2017**. Disponível em: <https://frazerllp.com>. Acessado em: 26 outubro 2022.

GRANDL, F.; AMELCHANKA, S.L.; FURGER, M.; CLAUSS, M.; ZEITZ, J.O.; KREUZER, M.; SCHWARM, A. Biological implications of longevity in dairy cows: 2. Changes in methane emissions and efficiency with age. **Journal of Dairy Science**. 2016, v.99, p.3472-3485.

GRANDL, F.; FURGER, M.; KREUZER, M.; ZEHETMEIER, M. Impact of longevity on greenhouse gas emissions and profitability of individual dairy cows analysed with different system boundaries. **The Animal Consortium**. 2019, v.13, p.198-208.

HADRICH, J.C.; WOLF, C.A.; LOMBARD, J.; DOLAK, T.M. Estimating milk yield and value losses from increased somatic cell count on US dairy farms. **Journal of Dairy Science**. 2018, v.101, p.3588-3596.

HAINE, D.; DELGADO, H.; CUE, R.; SEWALEM, A.; WADE, K.; LACROIX, R.; LEFEBVRE, D.; ARSENAULT, J.; BOUCHARD, É.; DUBUC, J. Contextual herd

factors associated with cow culling risk in Québec dairy herds: a multilevel analysis. **Preventive Veterinary Medicine**. 2017, v.144, p.7-12.

HAWORTH, G.M.; TRANTER, W.P.; CHUCK, J.N.; CHENG, Z.; WATHES, D.C. Relationships between age at first calving and first lactation milk yield, and lifetime productivity and longevity in dairy cows. **Veterinary Record**. 2008, v.162, p.643-647.

HEISE, J.; LIU, Z.; STOCK, K.F.; RENSING, S.; REINHARDT, F.; SIMIANER, H. The genetic structure of longevity in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 2016, v.99, p.1253-1265.

HERINGSTAD, B.; KLEMETSDAL, G.; RUANE, J. Selection for mastitis resistance in dairy cattle: a review with focus on the situation in the Nordic countries. **Livestock Production Science**. 2000, v.64, p.95–106.

HOLSTEIN ASSOCIATION OF CANADÁ. Value of conformation. 2015. Disponível em: <https://www.holstein.ca/Public/en/Services/Classification/Classification>. Acessado em 1 de dezembro de 2022.

HOLSTEIN ASSOCIATION USA, TPI Formula, April 2021. Disponível em: https://www.holsteinusa.com/genetic_evaluations/ss_tpi_formula.html. Acessado em 9 de março, 2023.

HOVINEN, M.; SIIVONEN, J.; TAPONEN, S.; HÄNNINEN, L.; PASTELL, M.; AISLA, A. M.; PYÖRÄLÄ, S. Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. **Journal of Dairy Science**. 2008, v. 91, p. 4592–4598.

HRISTOV, A.N.; OTT, T.; TRICARICO, J.; ROTZ, A.; WAGHORN, G.; ADESOGAN, A.; DIJKSTRA, J.; MONTES, F.; OH, J.; KEBREAB, E.; OOSTING, S.J.; GERBER, P.J.; HENDERSON, B.; MAKKAR, H.P.S.; FIRKINS, J.L. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: III. A review of animal management mitigation options. **Journal of Dairy Science**. 2013, v.91, p.5095-5113.

HU, HONGHONG.; MU, TONG.; MA, YANFEN.; WANG, XINGPING.; MA, YUN. Analysis of longevity traits in Holstein cattle: a review. **Frontiers in Genetics**. 2021, v.12, p.1-15.

IMBAYARWO-CHIKOSI, V.E; DUCROCQ, V.; BANGA, C.B.; HALIMANI, T.E.; VAN WYK, J.B.; MAIWASHE, A. AND DZAMA, K. Estimation of genetic parameters for functional longevity South African Holstein cattle using piecewise weibull proportional hazards model. **Journal of Animal Breeding**. 2016, v.134, p.364-372.

KERN, E.L. **Avaliação genética da longevidade em vacas da raça Holandesa usando um modelo de riscos proporcionais Weibull**. 2017. 154f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2017.

KERN, E.L.; COBUCCI, J.A.; COSTA, C.N.; DUCROCQ, V. Survival analysis of productive life in Brazilian Holstein using a piecewise Weibull proportional hazard model. **Livestock Science**. 2016, v.185, p. 89-96.

Kern, E.L.; Cobucci, J.A.; Costa, C.N.; McManus, C.M. and Neto, J.B. Genetic association between longevity and linear type traits of Holstein cows. **Scientia Agricola**. 2015, v.72, p.203-209.

KERN, E.L.; COBUCCI, J.A.; NETO, J.B.; DALTRO, D.S. Relationship between somatic cell score and longevity of Holstein cows in Brazil using a piecewise Weibull proportional-hazard model. **Animal Production Science**. 2019, v.59, p.1546-1552.

KOECK, A.; HERINGSTAD, B.; EGGER-DANNER, C.; FUERST, C.; FUERST-WALTTL, B. Comparison of different models for genetic analysis of clinical mastitis in Austrian Fleckvieh dual-purpose cows. **Journal of Dairy Science**. 2010, v.93, p.4351–4358.

KOECK, A.; MIGLIOR, F.; KELTON, D.F.; SCHENKEL, F.S. Alternative somatic cell count traits to improve mastitis resistance in Canadian Holsteins. **Journal of Dairy Science**. 2012, v.95, p.432–439.

LACTANET, 2021, Lactanet Genetic Evaluations. Disponível em: <https://lactanet.ca/en/genetics/genetic-evaluations/>. Acessado em: 01 dezembro de 2022.

LACTANET, 2022. Lifetime Performance Index (LPI) Formula – April 2022. Disponível em: <https://lactanet.ca/en/lifetime-performance-index-lpi-formula/>. Acessado em: 9 de março de 2023.

LARROQUE, H.; DUCROCQ, V. Relationship between type and longevity in the Holstein breed. **Génétique, selection, évolution**. 2001, v.33, p. 39-59.

LAWLOR, T. Total Performance Index (TPI): Keeping up with changing times. **Focus on Genetic. 2017**. Disponível em: http://www.holsteinusa.com/pdf/genomic_ref_info/Total_Performance_Index_TPI_Keeping_Up_with_the_Changing_Times.pdf. Acessado em: 24 de outubro de 2022.

LIU, Z.; SEEFRIED, F.R.; REINHARDT, F.; RENSING, S.; THALLER, G.; REENTS, R. Impacts of both reference population size and inclusion of a residual polygenic effect on the accuracy of genomic prediction. **Genetics Selection Evolution**. 2011, v.43, p.1-9.

LUCEY, S.; ROWLANDS, G.J. The association between clinical mastitis and milk yield in dairy cows. **Animal Production**. 1984, v.39, p.165-175.

MIGLIOR, F.; MUIR, B.L.; VAN DOORMAAL, B.J. Selection indices in Holstein cattle of various countries. **Journal of Dairy Science**. 2005, v. 88, p. 1255-1263.

MIGLIOR, F.; FLEMING, A.; MALCHIODI, F.; BRITO, L. F.; MARTIN, P.; BAES, C.F. A 100-year review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 2017, v.100, p.10251-10271.

MILLER, R.H.; KUHN, M.T.; NORMAN, H.D.; WRIGHT, J.R. Death losses for lactation cows in herds enrolled in dairy herd improvement test plans. **Journal of Dairy Science**. 2008, v.91, p.3710-3715.

MILLER, R.H.; NORMAN, H.D.; WRIGHT, J.R.; COLE, J.B. Impact of genetic merit for milk somatic cell score of sires and maternal grandsires on herd life of their daughters. **Journal of Dairy Science**. 2009, v.92, p.2224-2228.

MRODE, R.A; SWANSON, G.J.T; LINDBERG, C.M. Genetic correlations of somatic cell count and conformation traits with herd life in dairy breeds, with an application to national genetic evaluations for herd life in the United Kingdom. **Livestock Production Science**. 2000, v. 65, p. 113–130.

NASH, D. L.; ROGERS, G. W.; COOPER, J. B.; HARGROVE, G. L.; KEOWN, J. F. Relationships among severity and duration of clinical mastitis and sire transmitting abilities for somatic cell score, udder type traits, productive life, and protein yield. **Journal of Dairy Science**. 2002, v. 85, p.1273–1284.

NATIONAL MASTITIS COUNCIL (NMC). Current concepts of bovine mastitis. Madison, WI: 4/ED. NMC, p.1-64. 1996.

NEERHOF, H.J.; MADSEN, P.; DUCROCQ, V.P.; VOLLEMA, A.R.; JENSEN, J.; KORSGAARD, I.R. Relationship between mastitis and functional longevity in Danish Black and White dairy cattle estimated using survival analysis. **Journal of Dairy Science**. 2000, v.83, p.1064-1071.

NÓBREGA, D.B.; LANGONI, H. Breed and season influence on milk quality parameters and in mastitis occurrence. **Pesquisa Veterinaria Brasileira**. 2011, v.31, p.1045–1052.

NORMAN, H.D.; WRIGHT, J.R.; HUBBARD, S.M.; MILLER, R.H.; HUTCHLSON, J.L. Reproductive status of Holstein and jersey cows in United States. **Journal of Dairy Science**. 2009, v.93, p.2250-2261.

PAULA, S. **Longevidade e descarte de vacas leiteiras em rebanhos de Arapoti, Paraná**. 2018. 56f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2018.

PÉREZ-CABAL, M.A.; GARCÍA, C.; GONZÁLEZ-RECIO, O. Genetic and phenotypic relationships among locomotion type traits, production, longevity, and

fertility in Spanish dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 2006, v.89, p.1776-1783.

PINEDO, P.J.; De VRIES, A.; WEBB, D.W. Dynamics of culling risk with disposal codes reported by Dairy Herd Improvement dairy herd. **Journal of dairy Science**. 2010, v.93, p.2250-2261.

PRITCHARD, T.; COFFEY, M.; MRODE, R.; WALL, E. Genetic parameters for production, health, fertility and longevity traits in dairy cows. **The Animal Consortium**. 2012, v. 7, p.34-46.

PRITCHARD, T.; COFFEY, M.; MRODE, R.; WALL, E. Understanding the genetics of survival in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 2013, v.96, p.3296-3309.

PROBO, M.; PASCOTTINI, B.O.; LEBLANC, S.; OPSOMER, G.; HOSTENS, M.; Association between metabolic diseases and the culling risk of high-yielding dairy cows in a transition management facility using survival and decision tree analysis. **Journal of Dairy Science**. 2018, v.101, p.9419-9429.

PRYCE, J.E.; COFFEY, M.P.; BROTHERSTONE, S. The genetic relationship between calving interval, body condition score and linear type and management traits in registered Holsteins. **Journal of Dairy Science**. 2000, v.83, p.2664-2671.

ROGERS, G.W.; McDANIEL, B.T.; DENTINE, M.R.; JOHNSON, L.P. Relationships among survival rates, predicted differences for yield, and linear type traits. **Journal of Dairy Science**. 1988, v.71, p.214-222.

ROLLIN, E.; DHUYVETTER, K.C.; OVERTON, M.W. The cost of clinical mastitis in the first 30 days of lactation: An economic modelling tool. **Preventive Veterinary Medicine**. 2015, v.122, p.257-264.

RUPP, R.; BOICHARD, D. Genetic associations between clinical mastitis and somatic cell score in early first-lactation cows. **Livestock Production Science**. 2000, v.62, p.169-180.

RUSHEN, J.; PASSILÉ, A.M. The importance of improving cow longevity. In: Proceedings of the Cow Longevity Conference, Tumba, Sweeden, 28-29, Agosto de 2013, p.3-21.

SANTOS, M.V.; FONSECA, L.F.L. Módulo 5: Uso da contagem de células somáticas para monitoramento da qualidade do leite. In: Curso Online – Monitoramento da Qualidade do leite. 2023.

SARTORI, C.; GUZZO, N.; MANTOVANI, R. Genetic correlations of fighting ability with somatic cells and longevity in cattle. **Animal**. 2020, v.14, p. 13-21.

SAS Institute Inc. 2018. SAS/SAT® 9.4 *User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc.

SCHNEIDER, M.D.P.; STRANDBERG, E.; EMANUELSON, U.; GRANDINSON, K.; ROTH, A. The effect of veterinary-treated clinical mastitis and pregnancy status on culling in Swedish dairy cows. **Preventive Veterinary Medicine**. 2007, v.80, p.179-192.

SCHUKKEN, Y. H.; WILSON, D. J.; WELCOME, F.; GARRISON-TIKOFSKY, L.; GONZALEZ, R. N. Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. **Veterinary Research**. 2003, v. 34, p. 579–96.

SEEGERS, H.; FOURICHON, C.; BEAUDEAU, F. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Veterinary Research*. 2003, v. 34, p. 475–491.

SEWALEM, A.; KISTEMAKER, G.J.; MIGLIOR, F.; Van DOORMAAL, B.J. Analysis of the relationship between type traits and functional survival in Canadian Holsteins using a weibull proportional hazards model. **Journal of Dairy Science**. 2004, v.87, p.3938-3946.

SEWALEM, A.; KISTEMAKER, G.J.; DUCROCQ, V.; VanDOORMAAL, B.J. Genetic analysis of herd life in Canadian dairy cattle on a lactation basis using a Weibull proportional hazards model. **Journal Dairy Science**. 2005, v.88, p.368-375.

SEWALEM, A.; MIGLIOR, F.; KISTEMAKER, G.J.; Van DOORMAAL, B.J. Analysis of the relationship between somatic cell score and functional longevity in Canadian dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 2006, v. 89, p.3609–3614.

SEWALEM, A.; MIGLIOR, F.; KISTEMAKER, G.J.; SULLIVAN, P.; DOORMAAL, B.J. Relationship between reproduction traits and functional longevity in Canadian dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 2008, v.91, p.1660-1668.

SEWALEM, A.; MIGLIOR, F.; KISTEMAKER, G. J. Short communication: genetic parameters of milking temperament and milking speed in Canadian Holsteins. **Journal of Dairy Science**. 2011, v. 94, p. 512–516.

SHABALINA, T.; KÖNIG, S. Influence of common health disorders on the length of productive life and stayability in German Holstein cows. **Journal of Dairy Science**. 2020, v.103, p. 583-596.

SMITH, L.K.; TAKEMURA, K.; HOGAN, J. International progress in mastitis control. Pacific Congress on Milk Quality, Japan, p.245-251, 2000.

THOMPSON-CRISPI, K. A.; SEWALEM, A.; MIGLIOR, F.; MALLARD, B. A. Genetic parameters of adaptive immune response traits in Canadian Holsteins. **Journal of Dairy Science**. 2012, v. 95, p.401–409.

TÖRÖK, E.; KOMLÓSI, I.; SZONYI, V.; BÉRI, B.; MÉSZAROS, G.; POSTA, J. Combinations of linear type traits affecting the longevity in Hungarian Holstein-Friesian cows. **Animals**. 2021, v.11, p.3065-3077.

VALLOTO, A.A.; RIBAS NETO, P.G. 2012. **Avaliação e conformação da vaca leiteira. (1ª Edição)**. Curitiba: SENAR, Paraná.

VAN DER WERF, J.; PRYCE, J. (ed.), *Advances in breeding of dairy cattle*, Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK, 2019, (ISBN: 978 1 78676 296 2; www.bdspublishing.com).

Van DOORMAAL, B.A. A closer look at longevity. Disponível em: <https://www.cdn.ca/document.php?id=162>. Acessado em: 24 de outubro de 2022.

Van PELT, M.L.; MEUWISSEN, T.H.E.; De JONG, G.; VEERKAMP, R.F. Genetic analysis of longevity in Dutch dairy cattle using random regression. **Journal of Dairy Science**. 2015, v.98, p.4117-4130.

Van PELT, M.L.; JONG, G.; VEERKAMP, R.F. Changes in the genetic level and the effects of age at first calving and milk production on survival during the first lactation over the last 25 years. **The Animal Consortium**. 2016, v.10:12, p.2043-2050.

VARGAS, B.; GROEN, A.F.; HERRERO, M.; VanARENDONK, J.A.M. Economic values for production and functional traits in Holstein cattle of Costa Rica. **Livestock Production Science**. 2002, v.75, p.101-116.

VERNASCHI, L.C.G.; ALTAIR, A.V.; EL FARO, L.Z.; TEIXEIRA, R.A.; DIAS, L.T. Factors affecting length of productive life of Brazilian Holstein cows assessed using survival analysis. **Animal Production Science**. 2022, v.62, p.482-489.

VERNEQUE, R.S.; VERONEZE, R.; PANETTO, J.C.C.; SILVA, M.V.G.B.; TORAL, F.L.B. A contribuição do melhoramento animal para a pecuária de leite. In: VILELA, D.; FERREIRA, R.P.; FERNANDES, E.N.; JUNTOLLI, F.V. **Pecuária de leite no Brasil: Cenários e avanços tecnológicos**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p.255-264.

VILLETZAZ, R.; RUSHEN, M.; PASSILLÉ, J.; VASSEUR, A.M.; ORSEL, E.; PELLERIN, K. Associations between on-farm animal welfare indicators and productivity on Canadian dairies: I. On freestall farms. **Journal of Dairy Science**. 2019, v.102, p.4311-4351.

WASHBURN, S.P.; WHITE, S.L.; GREEN, J.T.; BENSON, G.A. Reproduction, mastitis, and body condition of seasonally calved Holstein and Jersey cows in confinement or pasture systems. **Journal of Dairy Science**. 2002, v.85, p.105-111.

WEIGEL, K.A.; LAWLOR, T.J.; VanRADEN, P.M.; WIGGANS, G.R. Use of linear type and production data to supplement early predicted transmitting abilities for productive life. **Journal of Dairy Science**. 1998, v.81, p.2040-2044.

WEIGEL, K.A.; PALMER, R.W.; CARAVIELLO, D.Z. Investigation of factors affecting voluntary and involuntary culling in expanding dairy herds in Wisconsin using survival analysis. **Journal of Dairy Science**. 2003, v. 86, p. 1482-1486.

ZAVADILOVÁ, L.; NEMCOVÁ, E.; STÍPKOVÁ, M. Effect of type traits on functional longevity of Czech Holstein cows estimated from a Cox proportional hazards model. **Journal of Dairy Science**. 2011, v.94, p.4090-4099.

ZAVADILOVÁ, L.; ŠTÍPKOVÁ, M. Genetic correlations between longevity and conformation traits in the Czech Holstein population. **Czech Journal of Animal Science**. 2012, v. 57, n. 3, p. 125-136.