

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**Impacto de fatores ambientais na
ocorrência de perdas fetais
em fêmeas da raça nelore**

Ana Caroline Evaristo Pires

Jaboticabal - SP
1º Semestre/2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**Impacto de fatores ambientais na
ocorrência de perdas fetais
em fêmeas da raça nelore**

Ana Caroline Evaristo Pires

**Orientador: Fernando Sebastian Baldi Rey
Coorientadora: Larissa Bordin Temp**

Trabalho de Conclusão de Curso (Iniciação Científica) apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para graduação em Zootecnia.

Jaboticabal - SP
1º Semestre/2024

P667i Pires, Ana Caroline Evaristo
Impacto de fatores ambientais na ocorrência de perdas fetais em fêmeas da raça Nelore / Ana Caroline Evaristo Pires. -- Jaboticabal, 2024
42 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Fernando Sebastian Baldi Rey
Coorientadora: Larissa Bordin Temp

1. Aborto. 2. Ambiente. 3. Bos indicus. 4. Reprodução. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus Jaboticabal



ANA CAROLINE EVARISTO PIRES

**IMPACTO DE FATORES AMBIENTAIS NA
OCORRÊNCIA DE PERDAS FETAIS
EM FÊMEAS DA RAÇA NELORE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Baldi
Coorientador (se houver): Larissa Bordin Temp

Área de Concentração: Melhoramento Genético Animal

Data da defesa: 10/07/2024

(X) Aprovado
() Reprovado

Banca Examinadora:

 Documento assinado digitalmente
FERNANDO SEBASTIAN BALDI REY
Data: 11/07/2024 07:12:41 0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Fernando Baldi
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal


 Documento assinado digitalmente
FLAVIA CRISTINA BIS
Data: 12/07/2024 17:41:59 0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Me. Flávia Bis
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

 Documento assinado digitalmente
PATRICIA IANA SCHMIDT
Data: 12/07/2024 17:16:41 0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Me. Patricia Iana Schmidt
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: / /


Prof. Dr. José Mauricio Barbanti Duarte
Chefe do Departamento

Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu avô José Cláudio que é meu maior exemplo e a pessoa que mais admiro no mundo, que me ensina todos os dias a importância de acreditarmos nos nossos sonhos e me incentiva a ser cada dia melhor. A minha família, meu porto seguro, que sempre me apoiaram durante minha vida toda, se fizeram presentes de todas as formas possíveis, nunca me deixando desistir. A minha bisavó Ilka que desde a minha infância entendia meu amor pelos animais e apoiou esse sonho mesmo quando eu ainda não entendia como ia realizar, sei que apesar da situação que nos distanciou um pouco você está feliz e orgulhosa dessa conquista e de me ver realizando esse sonho. Ao meu namorado Vinicius que está sempre ao meu lado, me incentivando e me apoiando e a Deus por me permitir viver mais essa conquista e estar sempre comigo, me amparando nos momentos difíceis. Eu amo vocês com todo o coração.

Agradecimentos

Gostaria de começar agradecendo aos meus avós, José Cláudio e Célia, por tudo que eles me proporcionaram e por nunca me deixar faltar nada, por toda dedicação para que eu tivesse uma boa formação e sucesso, e principalmente por sonharem meus sonhos, por acreditarem em mim, me apoiarem e me incentivarem a nunca desistir.

À minha mãe Cláudia, por ser colo e sempre me acolher nos momentos difíceis, me ouvir, estar sempre ao meu lado e por nunca ter soltado minha mão quando as dificuldades surgiram.

À minha tia Daniela, por ser um exemplo de dedicação e comprometimento, me apoiar e me ensinar a ser mais responsável sempre com palavras de carinho e conforto.

Ao meu pai João Eduardo, meus irmãos e minha família, por estarem ao meu lado, me ajudando e me apoiando sempre.

Ao meu namorado Vinícius, por permanecer ao meu lado, me apoiar e me dar todo o incentivo necessário para continuar acreditando que eu era capaz de atingir meus objetivos, sempre com muito amor e cuidado.

Aos meus amigos e a todos que de alguma forma estiveram ao meu lado durante essa caminhada, me incentivando, apoiando, me auxiliando e tornando esses 5 anos de curso mais leves, com momentos de alegrias e muitos ensinamentos que levarei comigo.

Ao meu orientador Fernando por me permitir ter a oportunidade de realizar esse trabalho, ter me recebido no laboratório e me auxiliado durante o projeto, e principalmente por todo conhecimento transmitido.

À minha coorientadora Larissa, por todo suporte e paciência durante a escrita do TCC e período de análises, por todo tempo que dedicou para que eu aprendesse tudo da melhor forma possível e de forma leve. Por ter me recebido de forma tão acolhedora, sempre disposta a tirar minhas dúvidas e por todo incentivo, você foi essencial para o desenvolvimento desse trabalho do início ao fim, agradeço de coração.

À Deus por ter me proporcionado tantos momentos incríveis durante esses 5 anos e pelas oportunidades que recebi pelo caminho. Por ter sempre iluminado meus pensamentos e me dado forças para continuar com a cabeça erguida superando os obstáculos que apareceram pelo caminho e nunca ter me deixado desamparada.

Índice

1. Introdução.....	10
2. Revisão bibliográfica.....	10
<i>2.1 Situação da bovinocultura no Brasil e a raça Nelore</i>	<i>10</i>
<i>2.2 Eficiência reprodutiva</i>	<i>14</i>
<i>2.3 Perdas embrionárias</i>	<i>17</i>
<i>2.4 Fatores ambientais</i>	<i>19</i>
3. Materiais e Métodos	21
<i>3.1 Dados fenotípicos.....</i>	<i>21</i>
<i>3.2 Análises estatísticas</i>	<i>24</i>
4. Resultados e Discussão.....	24
5. Conclusão	31
6. Referências bibliográficas.....	32

Resumo

Impacto de fatores ambientais na ocorrência de perdas fetais em fêmeas da raça nelore

AUTOR: Ana Caroline Evaristo Pires

ORIENTADOR: Fernando Sebastian Baldi Rey

As perdas gestacionais são uma causa primária de falha reprodutiva em bovinos, impactando negativamente tanto a saúde dos animais quanto as indústrias de leite e carne devido ao aumento do descarte, perda de bezerros e custos reprodutivos elevados. Os fatores correlacionados com perdas embrionárias ou fetais em bovinos são de origem genética, fisiológica, endócrina ou ambiental. Este estudo teve por objetivo avaliar o impacto dos fatores ambientais na ocorrência de perdas embrionárias nas fêmeas da raça Nelore através das estimativas de variância genética, variância residual e herdabilidade resultantes dos modelos testados. Foram utilizadas 23.336 novilhas da raça Nelore prenhas, desafiadas precocemente. Foram testados 7 modelos que variaram na constituição de GCs e outros efeitos fixos. Embora a época do diagnóstico não se mostrou significativa no modelo geral, ao realizar uma análise por trimestre obteve-se significância. O trimestre 1 com significância de 0,05%, 2 e 4 de 0,001% e trimestre 3 de 0,01%. Foi possível observar que as estimativas de herdabilidade dos modelos MD1 (0,031) e MD6 (0,032) foram similares independente da exclusão ou inclusão da idade da vaca no diagnóstico. O modelo de maior herdabilidade foi MD4 (0,060), porém sua baixa amplitude reflete em forte influência ambiental. Ao incluir a idade da vaca nos modelos MD2 e MD7 a herdabilidade foi de 0,045 e 0,040. Notou-se a partir do estudo que a fazenda desempenhou papel crucial. Os modelos utilizados no estudo mostraram baixa herdabilidade, indicando que as perdas embrionárias em novilhas desafiadas precocemente são fortemente influenciadas por fatores ambientais. Esses fatores afetam a tolerância térmica dos e características fisiológicas dos animais, apesar na resistência registrada pelos animais da raça Nelore. A realização de estudos futuros com seleção genômica podem melhorar as estimativas de variância e herdabilidade, uma vez que o uso de SNPs pode melhorar a precisão na identificação dos efeitos genéticos, reduzindo a influência ambiental e permitindo uma avaliação mais acurada do potencial genético dos animais.

Palavras-chaves: Aborto, Ambiente, *Bos indicus*, Reprodução

Abstract

Impact of environmental factor on fetal loss occurrence in nellore females

AUTHOR: Ana Caroline Evaristo Pires

ADVISOR: Fernando Sebastian Baldi Rey

Gestational losses are a primary cause of reproductive failure in cattle, negatively impacting both animal health and the dairy and beef industries due to increased culling, calf losses, and high reproductive costs. Factors correlated with embryonic or fetal losses in cattle are genetic, physiological, endocrine, or environmental in origin. This study aimed to evaluate the impact of environmental factors on the occurrence of embryonic losses in Nellore females through estimates of genetic variance, residual variance, and heritability resulting from the tested models. A total of 23,336 pregnant Nellore heifers, challenged early, were used. Seven models were tested, varying in the composition of contemporary groups (CGs) and other fixed effects. Although the time of diagnosis was not significant in the overall model, a quarterly analysis showed significance. The first quarter had a significance level of 0.05%, the second and fourth quarters 0.001%, and the third quarter 0.01%. It was observed that the heritability estimates of models MD1 (0.031) and MD6 (0.032) were similar regardless of the exclusion or inclusion of cow age at diagnosis. The model with the highest heritability was MD4 (0.060), but its low amplitude reflects strong environmental influence. Including cow age in models MD2 and MD7 resulted in heritability estimates of 0.045 and 0.040, respectively. The study noted that the farm played a crucial role. The models used in the study showed low heritability, indicating that environmental factors strongly influence embryonic losses in early challenged heifers. These factors affect the animals' thermal tolerance and physiological traits despite the Nellore breed's recorded resistance. Future studies using genomic selection may improve variance and heritability estimates since the use of SNPs can enhance the precision in identifying genetic effects, reducing environmental influence and allowing for a more accurate assessment of the animals' genetic potential.

Keywords: Abortion, *Bos indicus*, Environment, Reproduction

1. Introdução

Nas últimas décadas, a pecuária de corte passou por avanços significativos em diversos segmentos da cadeia produtiva, resultando em melhorias na produção, aumento do rebanho e expansão do mercado (Neves et al., 2022). Através de ações como manejo nutricional e reprodutivo, gestão, sanidade, melhoramento genético e bem-estar animal, essa atividade tornou-se cada vez mais técnica, refletindo em resultados positivos, tanto ambientais quanto econômicos (Carvalho & Zen, 2017).

O Brasil possui um rebanho bovino com uma grande diversidade de raças, destacando-se aquelas de origem indiana, conhecidas por seu papel crucial na pecuária brasileira. Esses animais, chamados zebuínos, são valorizados por sua boa adaptação a regiões tropicais e subtropicais, apresentando características como pele pigmentada e solta, pelos curtos e presença de cupim (Oliveira et al., 2002). Entre essas raças, o Nelore se destaca no Brasil devido aos seus atributos produtivos e reprodutivos, boa adaptabilidade às condições tropicais do país, rusticidade, resistência a parasitas, capacidade de suportar o calor e eficiência na conversão alimentar, mesmo em pastagens de qualidade inferior (Aroeira et al., 1982; Terto et al., 2016).

Os bovinos da raça Nelore, apesar de suas inúmeras vantagens, são conhecidos por apresentarem uma maturidade sexual tardia, com idade média para o primeiro parto entre 33 e 42 meses (Buzanskas et al., 2017; Claus et al., 2017; Krapp, 2018; Schmidt et al., 2018). Com o crescimento da produção e do mercado, houve um esforço significativo para reduzir essa idade através da seleção, visando fêmeas zebuínas que alcançassem a maturidade reprodutiva mais cedo. Essas fêmeas, ao serem selecionadas para maior precocidade, ganharam destaque no Brasil pela capacidade de produzir carne e leite, e boa adaptação às condições climáticas do país. Esses fatores geraram resultados significativos, tornando esses animais indispensáveis nos sistemas de produção brasileiros (Silva et al., 2012).

Apesar da boa adaptabilidade dos animais ao ambiente, uma das principais causas de falhas reprodutivas em fêmeas bovinas são as perdas gestacionais, resultando em consequências econômicas significativas para as indústrias de carne e leite (Franco et al., 2020). O primeiro período dessas falhas envolve problemas na fertilização, que ocorrem em aproximadamente 28% das inseminações únicas em rebanhos de gado de corte, além de falhas na elongação embrionária e no reconhecimento materno da gestação (Reese et

al., 2020). Em fêmeas de rebanhos de corte, a mortalidade embrionária precoce pode variar de 34% (Aono et al., 2013) a 62% (Pohler et al., 2016), com uma média de 48% (Reese et al., 2020), enquanto a mortalidade embrionária tardia varia de 2% a 10% (Pohler et al., 2016; Dunne et al., 2000).

Além disso, essas perdas afetam a saúde e o bem-estar dos animais, influenciando o descarte dos mesmos, a perda de bezerros e o aumento dos custos produtivos (Reese et al., 2020; Wijma et al., 2022). Os principais fatores associados às perdas embrionárias ou fetais geralmente estão relacionados a causas genéticas, fisiológicas, endócrinas ou ambientais (Rani et al., 2018). Este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto dos fatores ambientais na ocorrência de perdas embrionárias em novilhas da raça Nelore desafiadas precocemente, a partir das estimativas de variância genética, variância residual e herdabilidade.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Situação da bovinocultura no Brasil e a raça Nelore

A produção global de carne bovina atingiu cerca de 59,98 milhões de toneladas em 2023, o que indica um crescimento de 4% em dez anos, segundo o United States Department of Agriculture (USDA, 2023). O ranking mundial é liderado pelos Estados Unidos que contribuem com 20% da produção global (Tabela 1), seguido pelo Brasil, responsável por 18% da produção global, equivalendo a 10,95 milhões de toneladas (USDA, 2023)

Tabela 1. Produção mundial de carne bovina, em milhões de toneladas 2023/2024

País	% da Produção Mundial	Total de Produção (mi)
Estados Unidos	20	12,29
Brasil	18	10,95
China	13	7,53
União Europeia	11	6,46
Índia	7	4,47
Argentina	6	3,3
Austrália	4	2,22

México	4	2,22
Rússia	2	1,37
Canadá	2	1,34

Fonte: (Foreign Agricultural Service/USDA 2023)

Os bovinos podem ser divididos em dois grupos, a depender de sua origem e distribuição geográfica: *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*. No Brasil, o rebanho bovino é constituído por grande diversidade de raças, com destaque para as raças originárias da Índia, que exercem papel de grande importância para a pecuária brasileira (Oliveira et al., 2002). Os bovinos de origem zebuína vivem em regiões tropicais, tendo como sua característica mais marcante a pele pigmentada e solta, pelos curtos e a presença de cupim (Oliveira et al., 2002). Atualmente no país, são exploradas quatro raças zebuínas vindas da Índia: Nelore, Gir, Guzerá e Sindi, além de outras formadas no país (Indubrasil, Tabapuã, Nelore Mocho e Gir Mocho) (Oliveira et al., 2002).

A raça Nelore é amplamente dominante na pecuária brasileira. Estimativas sugerem que cerca de 80% do rebanho nacional é composto por bovinos Nelore ou cruzamentos desta raça (ABIEC, 2018). A importação de animais (Figura 1) como Marajá (considerado um dos pilares da raça Nelore), Rajá e Sheik (responsáveis por consolidar o padrão racial da raça Nelore no Brasil) por Manoel Oliveira Prata e Francisco Ravísio Lemos desempenhou um papel crucial na formação dos plantéis nacionais. (Oliveira et al., 2002). Em 1960, no Porto de Paranaguá, ocorreu o desembarque de 20 indivíduos da raça Nelore trazidos da Índia. Posteriormente, em 1962, um lote de 84 indivíduos da raça Nelore chega em Fernando em Noronha, após oito meses de quarentena no navio. Este lote teve uma grande contribuição genética para o rebanho nacional, pois, foi nele que vieram os principais reprodutores-base ou genearcas da ação Nelore (Oliveira et al., 2002).

Os animais da raça Nelore possuem atributos reprodutivos e produtivos que desempenham um papel fundamental na pecuária brasileira. Sua adaptação eficaz às condições tropicais do país é marcada pela rusticidade da raça, maior resistência natural aos ecto e endoparasitas, e capacidade de resistir ao calor. Além disso, os bovinos Nelore apresentam boa conversão alimentar, mesmo quando alimentados com pastagens nativas de qualidade inferior, comum em várias regiões do Brasil (Terto et al., 2016).

Figura 1. Genearcas Kavardi Imp. Godhavari Imp e Taj Mahal Imp.



Fonte: (Nelore: Base Genética e Evolução Seletiva no Brasil)

A raça se destaca também por suas características produtivas, como maior rendimento de carcaça, atribuído à sua ossatura fina, leve e porosa, porte médio e menor proporção de cabeça, patas, vísceras e musculatura compacta. Sua precocidade na terminação garante uma cobertura de gordura mais homogênea, tornando suas carcaças altamente valorizadas no mercado (Aroeira et al., 1982).

Apesar dos benefícios mencionados, os bovinos Nelore são geralmente considerados sexualmente tardios, com a idade média ao primeiro parto variando entre 33 e 42 meses (Buzanskas et al., 2017; Claus et al., 2017; Krapp, 2018; Schmidt et al., 2018), porém ao longo da última década, com o crescimento do mercado e da produção, essa realidade tem sido alterada através de um extenso processo de seleção, melhora das condições ambientais e de produção, resultando em fêmeas zebuínas entrando em reprodução mais cedo.

Mota et al. (2022) conduziram um estudo que demonstrou a viabilidade da seleção direta para antecipar a vida reprodutiva de novilhas, focando na seleção para HC24. No estudo, a fertilidade de novilhas Nelore foi avaliada em idades de 24, 26, 28 e 30 meses, classificando-as como sucesso (2) ou falha (1) conforme a faixa etária. Novilhas entre 14 e 17 meses foram testadas para precocidade sexual durante uma estação de reprodução de 90 dias, para verificar sua capacidade de parir aos 24 e 26 meses. Já as novilhas com idades entre 18 e 21 meses passaram por uma estação de reprodução antecipada de 60 dias, visando identificar aquelas que poderiam parir aos 28 e 30 meses. Grupos contemporâneos (GCs), incluindo rebanho, ano e estação de nascimento, além do grupo

de manejo, foram considerados efeitos aleatórios no modelo devido à baixa variabilidade observada. O estudo analisou os GCs distribuídos entre HC24, HC26, HC28 e HC30.

A herdabilidade estimada pelos autores (0,43) para HC24 sugere que tanto fatores genéticos quanto ambientais influenciam a precocidade sexual dos animais, especialmente em ambientes tropicais, onde novilhas Nelore são criadas em diversos sistemas. Este aspecto é crucial na busca pela puberdade sexual. Assim, programas de melhoramento genético devem considerar esses fatores para reduzir a variabilidade ambiental e promover maior uniformidade no desempenho reprodutivo do rebanho (Mota et al., 2022), além de oferecer boas condições ambientais e de produção para obter respostas positivas na precocidade sexual.

2.2. Eficiência reprodutiva

Em bovinos, uma das principais causas de falha reprodutivas são as perdas gestacionais, em que sua maioria ocorre durante o período embrionário da gestação, podendo atingir por volta de 40% dos conceptos (Kunz et al., 2002). Há inúmeras causas para a ocorrência dessas perdas, incluindo infecções uterinas e do embrião, bem como causas não infecciosas. De acordo com Christianson (1992), as causas não infecciosas são as mais significativas, responsáveis por 70% dos casos de mortalidade embrionária, uma vez que podem afetar tanto a mãe quanto o embrião, resultando na interrupção da gestação.

A eficiência reprodutiva refere-se à capacidade dos animais de se reproduzirem de maneira eficaz e produtiva, sendo definida pelo número de crias produzidas por uma fêmea ao longo de sua vida no rebanho (Castro et al., 2018). Fatores cruciais que influenciam esse desempenho incluem idade ao primeiro parto e intervalo entre partos (Carvalho et al., 2018). Além disso, a baixa taxa de natalidade, a menor porcentagem de ventres produtivos no rebanho e alta idade ao abate são fatores que também reduzem a eficiência reprodutiva (Carvalho et al., 2018). Portanto, para alcançar lucratividade, os criadores de rebanhos comerciais devem focar em um manejo animal adequado e em melhorar a eficiência reprodutiva, juntamente com os elevados índices de produção (Oliveira et al., 2007; Oliveira et al., 2011).

Na última década algumas características voltadas à eficiência reprodutiva foram integradas aos programas de avaliação genética de bovinos de corte no Brasil (Alencar, 2002). Sendo considerado o parâmetro ideal para identificar a eficiência reprodutiva das vacas de corte um intervalo entre partos de 365 dias, permitindo assim a produção de um

bezerro por ano (Yagüe et al., 2009). Nesse contexto, garantir um bom equilíbrio energético após o primeiro parto é de extrema importância para que as fêmeas possam criar seus bezerros e se prepararem fisiologicamente para o segundo acasalamento (Carvalho et al., 2023). Outros fatores podem influenciar e garantir a eficiência reprodutiva do rebanho, como a idade em que as novilhas atingem a puberdade, a prenhez precoce reduz o período de recria e evita o uso de pastagem por novilhas mais velhas, aumentando o número de nascimentos na propriedade (Cardoso & Nogueira, 2007). Além das características já citadas, a idade ao primeiro parto (Rovira, 1996) e a duração de permanência no rebanho (Mercadante et al., 2000) são utilizadas para verificar a eficiência reprodutiva das fêmeas.

Historicamente, as pesquisas que buscam aprimorar a eficiência reprodutiva dos rebanhos de corte têm priorizado saúde física dos animais, além da nutrição (Fernandez-Novo et al., 2020). No Brasil, a reprodução enfrenta desafios que incluem fêmeas em anestro no início da estação reprodutiva. Esse problema é influenciado por fatores ambientais que resultam no estresse dos animais, além de características fisiológicas das raças *Bos indicus*, como a liberação de hormônios responsáveis pela ciclicidade das fêmeas, o que aumenta as dificuldades enfrentadas pelos produtores (Cooke et al., 2020). Não emprenhar uma vaca ou a existência de problemas durante o parto, possui resultados negativos na produção, além de diminuir a relação de bezerros que seriam destinados para a produção de carne (Cooke et al., 2020).

Os programas de criação de gado de corte necessitam um entendimento das relações genéticas entre eficiência produtiva e desempenho reprodutivo das fêmeas. Isso se deve à significância econômica das características e aos custos de manutenção das fêmeas no rebanho (Talhari et al., 2003). Além da importância dessa relação, para o sucesso dos programas de melhoramento genético de bovinos de corte, as características reprodutivas são incluídas como critério de seleção. Apesar da resistência que houve no passado em razão da baixa herdabilidade e dificuldade de mensuração dessas características, seu impacto econômico no sistema produtivo é significativo quando em comparação com características de carcaça e crescimento dos bovinos, pois exerce efeito crucial sobre a taxa de natalidade (Eler et al., 2004). Conforme Short et al. (1994), ao inseminar novilhas jovens certas vantagens são indicadas, como um menor tempo de retorno de investimento, aumento da vida reprodutiva da vaca e maior número de bezerros.

O início da vida reprodutiva das fêmeas recebe o nome de puberdade, que é resultado da primeira ovulação e formação do corpo lúteo, o que permite a primeira gestação em novilhas (Moran et al., 1989; Ferraz JR et al., 2017). O período necessário para que o animal alcance a puberdade, que também pode estar relacionado ao crescimento ósseo e muscular, é chamado de precocidade sexual (Silveira et al., 2001). Nas fêmeas a presença do primeiro corpo lúteo é considerada como precocidade por alguns autores (Johnston et al., 2009; Júnior, 2016), porém outros autores consideram precocidade sexual o momento em que o animal alcança um peso específico, que pode variar entre raças (Fitzhugh, 1978; Kunkle et al., 1996; Lanna e Packer, 1997; Mota et al., 2014).

As raças zebuínas tornaram-se destaque no Brasil após passarem por processos de seleção para maior precocidade, devido às suas características produtivas, como a capacidade de produzir leite e carne em regiões de clima tropical. Sua adaptação às condições climáticas do país tem gerado excelentes resultados, tornando esses animais essenciais para os sistemas de produção de bovinos no Brasil (Silva et al., 2012). Apesar de passarem pelos mesmos processos reprodutivos para gerar uma boa prole, os bovinos das raças *Bos indicus* e *Bos taurus* possuem gestação com durações distintas, com aproximadamente 291 dias para *Bos indicus* e 282 dias para *Bos taurus* (Paschal et al., 1991; Cooke et al., 2020). Segundo a Associação Brasileira dos Criadores de Zebu, a idade média ao primeiro parto do Nelore é de 38 ± 5 meses (ABCZ, 2016). Entretanto, alguns sistemas de produção iniciam a vida reprodutiva das novilhas aos 14 meses, devido a estratégias nutricionais (Nepomuceno et al., 2017) e genéticas (Eler et al., 2002; Ferraz Jr et al., 2017), desta forma, reduzindo a idade ao primeiro parto destas fêmeas.

Desde o início deste século, os programas de reprodução passaram a incluir a fertilidade como critério de seleção, considerando características como longevidade, intervalos entre partos e a saúde dos animais (Crowe et al., 2018). Além das questões relacionadas a genética, um manejo nutricional adequado antes das fêmeas atingirem a puberdade pode contribuir para que existam ganhos significativos a médio e logo prazo na taxa reprodutiva, especialmente quando a vida reprodutiva tem início aos 14 meses de idade (Valente et al., 2017; Carvalho et al., 2023). As novilhas representam a mais recente melhoria genética quando falamos sobre operações voltadas para o gado de corte, e são essenciais para o futuro do rebanho. A idade, peso ao desmame e ganhos diários médios, são fatores que impactam diretamente a fertilidade a longevidade das novilhas de corte (Nishimura et al., 2023).

Os indicadores de redução da idade sexual são considerados pelos programas de melhoramento de gado de corte como critérios de seleção, com o objetivo de elevar a rentabilidade e a eficiência biológica dos sistemas de gado de corte (Baldi et al., 2008; Bonamy et al., 2018). Identificar a precocidade sexual no rebanho ajuda na redução dos animais improdutivos e conseqüentemente na diminuição de características indesejadas nas proles subsequentes, elevando o número de animais disponíveis para o mercado e a seleção, além de diminuir os custos de produção (Schwengber et al., 2001; Silveira et al., 2010; Mello, 2014).

As características reprodutivas das fêmeas são importantes para melhorar a eficiência reprodutiva nos rebanhos de gado de corte (Lacerda et al., 2018). Uma característica que vem sendo muito utilizada em pesquisas como indicadora de precocidade sexual nas fêmeas é a idade ao primeiro parto (Pereira et al., 2000; Lacerda et al., 2018; Schmidt et al., 2018) e Probabilidade de Parto Precoce aos 30 meses (Bonamy et al., 2018; Kluska et al., 2018; Silva Neto et al., 2020)

Características de idade ao primeiro parto (IPP) e intervalo entre partos são frequentemente mencionadas devido a coleta da data de nascimento em todo sistema de produção. A IPP é considerada uma característica complexa que abrange a puberdade, fertilidade, gestação e habilidade de parto (Bormann et al., 2010). A PP30 apresenta desafios em sua medição e requer alguns cuidados técnicos adicionais, pelo fato de que as novilhas jovens são expostas a touros ou IA de maneira precoce, geralmente entre 12 ou 18 meses de idade (Peripolli et al., 2024). Para garantir sucesso na prenhez é crucial atentar-se a nutrição e o manejo para garantir o desenvolvimento fisiológico e de crescimento adequado dessas novilhas, o que aumenta as chances de sucesso na prenhez ao final da estação de reprodução (Peripolli et al., 2024) ajudando a evitar as perdas embrionárias.

Além disso, um maior tempo de recuperação para as fêmeas eleva as chances de sucesso na estação de acasalamento subsequente, gerando melhores taxas de concepção (Chud et al., 2014). Para alcançar a eficiência reprodutiva é esperado o nascimento de um bezerro por ano, ou seja, um intervalo entre partos de 365 dias, demonstrando eficiência no ciclo reprodutivo nas vacas de corte (Lacerda et al., 2018).

2.3 Perdas embrionárias

Diversos fatores podem contribuir para a ocorrência de falhas reprodutivas em bovinos, como problemas relacionados ao manejo, infertilidade dos animais, estresse

térmico e mortalidade ou perdas embrionárias (Pohler et al., 2016). Alguns estudos adicionais realizados em novilhas de corte correlacionam a PTR na primeira cobertura com uma taxa de prenhez mais alta, maior peso a desmama dos bezerros e maiores índices de concepção na segunda cobertura (Holm et al., 2009; Holm et al., 2015).

Reconhecida como uma das principais causas de falha reprodutiva nos bovinos, as perdas gestacionais acarretam consequências econômicas significativas tanto para as indústrias de leite quanto de carne (Franco et al., 2020). As perdas gestacionais nas fêmeas bovinas não impactam somente a saúde e bem-estar dos animais, mas também acarretam prejuízos econômicos significativos, em decorrência do aumento do descarte de animais, perda de bezerros e aos custos reprodutivos elevados (Reese et al., 2020; Wijma et al., 2022). De acordo com o Comitê de Nomenclatura Reprodutiva Bovina, a perda embrionária é definida como qualquer gestação interrompida antes do dia 42 de gestação, e as perdas fetais ou abortos serão consideradas as perdas registradas após o dia 42 de gestação (Wijma et al., 2022).

Os principais fatores correlacionados com as perdas embrionárias ou fetal são geralmente caracterizados como sendo de origem genética, fisiológica, endócrina ou ambiental, (Rani et al., 2018). Durante o período gestacional é possível observar a ocorrência de mortalidade embrionária antes ou após 28º dia de gestação, sendo essas definidas como tardias (Pohler et al., 2016). Alguns estudos indicam altas taxas de fertilização, sendo aproximadamente 90% dos oócitos ovulados, após uma única inseminação, seguidas por 60% a 70% nas taxas de prenhez até o 28º dia. Estas afirmações sugerem taxas de perdas embrionárias precoces de 20% a 30% nas fêmeas destinadas a corte, além de registros que indicam perdas tardias com variações de 3,2% a 42,7% (Pohler et al., 2016).

Durante o período de implantação, o estresse térmico emerge como um fator prejudicial, comprometendo o sucesso da gestação, potencialmente resultando em perdas embrionárias (Garcia-Ispuerto et al., 2006). O impacto adverso no desenvolvimento embrionário varia de acordo com o momento relativo à ovulação em que as fêmeas são expostas ao estresse térmico (Rocha et al., 2012). A ocorrência dessas variações pode ser atribuída a vários fatores, que incluem diferenças relacionadas a maturidade citoplasmática dos oócitos na ovulação, concentrações inadequadas de estradiol no período pré-ovulatório, secreção de progesterona luteal pós-ovulatória reduzida, ambiente uterino inadequado, insuficiência placentária, origem e qualidade dos embriões

utilizados, como por exemplo os processos de fertilização em vivo ou in vitro por transferência de células (Pohler et al., 2016).

Segundo Pohler et al. (2016), a contribuição genética parental possui grande influência para o estabelecimento e a manutenção da gestação, especialmente no desenvolvimento da placenta, o que pode influenciar diretamente na ocorrência de perdas gestacionais. Problemas de fertilização ou abortos podem ocorrer em razão de doenças infecciosas (Vanroose et al., 2000), porém em sua maioria estão relacionadas a causas não infecciosas (Christianson, 1992; Thatcher et al., 1994), tais como deficiência de progesterona, endogamia, gestação múltipla, incompatibilidade, anormalidades cromossômicas e em muitos casos ao estresse térmico, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais.

Além dos fatores ambientais, diversos elementos podem causar perdas gestacionais nas fêmeas bovinas, incluindo anomalias genéticas, exposição a agentes tóxicos, infecções bacterianas, virais e protozoários, entre outros (Hovingh et al., 2009). Nesse contexto, grupos de pesquisa têm se dedicado a quantificar o componente genético das perdas gestacionais em bovinos. Foram identificados vários haplótipos recessivos e mutações no genoma de bovinos leiteiros que causam perdas de embriões, fetos e natimortos (VanRaden et al., 2011; Fritz et al., 2013; Cole et al., 2015). A descoberta desses haplótipos permite selecionar animais portadores dessas mutações, a fim de evitar fetos homozigóticos e, conseqüentemente, prevenindo perdas gestacionais e reduzindo a presença desses haplótipos nas gerações seguintes (Cole et al., 2015). VanRaden et al. (2011) foram pioneiros no uso da avaliação genômica para rastrear haplótipos recessivos de fertilidade, empregando o pool genético; identificando três haplótipos diferentes em Holsteins (HH1, HH2, HH3) que podem resultar em perdas embrionárias quando homozigotos. Estudos posteriores realizados na Dinamarca (Sahana et al., 2013), Estados Unidos (Cooper et al., 2013) e na França (Fritsz et al., 2013) confirmaram os resultados obtidos por VanRaden et al., 2011 e identificaram haplótipos adicionais, como HH4 e HH5, associados a uma redução na fertilidade devido a potenciais perdas embrionárias (Segelke et al., 2016).

2.4 Fatores ambientais

Os bovinos são considerados animais homeotérmicos, ou seja, são animais que mantêm uma temperatura corporal constante específica, podendo variar de acordo com as oscilações nas temperaturas ambientais e umidade (Souza-Cácares et al., 2019; Khan et

al., 2023). As vacas da raça *Bos taurus* demonstraram maior tendência a falhas na gestação quando submetidas à restrição de nutrientes, sugerindo que as fêmeas taurinas são mais suscetíveis a perdas embrionárias sob as mesmas condições nutricionais negativas que as fêmeas zebuínas (Fontes et al., 2019). Essa diferença pode ser atribuída as exigências energéticas distintas entre as subespécies (Fontes et al., 2019). No caso dos zebuínos, frequentemente escolhidos para habitar regiões com condições climáticas severas, o aumento do estresse fisiológico em comparação aos taurinos contribui para a redução da fertilidade observadas nessas áreas (Reese et al., 2020).

Ao serem expostos a condições mais quentes, os zebuínos experimentam redução na ingestão de alimentos (Allen et al., 1963; Seif et al., 1979), na taxa de crescimento (Cartwright, 1955) e na função reprodutiva (Rocha et al., 1998), porém é constatado maior resistência por esses animais quando comparados aos animais taurinos expostos as mesmas condições, o que justifica a preferência por animais zebuínos nos sistemas de cruzamento, com objetivo de otimizar o desempenho dos animais em regiões de climas tropicais e subtropicais (Fontes et al., 2024).

Durante o verão em regiões tropicais e subtropicais, frequentemente ocorre a superação do limite máximo de temperatura necessário para manter os animais em conforto térmico. Isso favorece o surgimento de distúrbios no desempenho reprodutivo do gado, não apenas durante o verão, mas também afetando a estação seguinte devido ao efeito retardado da exposição ao estresse térmico (Khan et al., 2023). O termo estresse térmico (ET) tem por definição o desequilíbrio entre a quantidade de calor adquirida de diferentes fontes, como por exemplo o metabolismo corporal, as condições ambientais, e a capacidade que o corpo dos animais possui de dissipar esse calor, o que pode resultar no aumento da temperatura corporal do animal (Thatcher et al. 2010; Bernabucci et al., 2014; Collier et al., 2017; Brown-Brandl, 2018). Dessa forma constata-se que o estresse térmico ocorre quando as temperaturas do ambiente excedem a zona termoneutra, em conjunto com a alta umidade e baixa circulação de ar (Collier et al., 2017).

Os touros das raças Angus (*B. taurus*) e Nelore (*B. indicus*) demonstraram padrões distintos em relação a metilação do sangue nas situações em que esses animais são expostos ao estresse térmico. Na raça Nelore o padrão de metilação direciona seu foco para vias de defesa e sobrevivência em relação ao ET, diferente dos animais da raça Angus, em que esse padrão não é tão voltado para a sobrevivência quanto no Nelore (Del Corvo et al., 2021). Dessa forma, o desenvolvimento fetal e embrionário durante o período gestacional das vacas recebe impacto significativo durante a estação quente,

resultando em mudanças no crescimento intrauterino, metabolismo, epigenoma, termotolerância e resposta imunológica da prole subsequente (Khan et al., 2023).

A seleção de novilhas precoces é importante para elevar a produtividade das operações em gado de corte, possibilitando que as fêmeas gerem lucros mais cedo, com uma idade mais jovem, o que favorece o prolongamento de sua vida útil e eleva o número de bezerros no rebanho (Beretta et al., 2001; Kluska, 2021). Ao complementar essa prática com uma menor ocorrência de perdas gestacionais ou embrionárias no rebanho, o aumento da longevidade se traduz em maiores lucros para o sistema reprodutivo.

3. Materiais e métodos

3.1 Dados fenotípicos

O banco de dados utilizado no estudo foi constituído por 23.336 novilhas da raça Nelore prenhas, desafiadas precocemente. Essas novilhas foram expostas à reprodução entre os 10 e 14 meses de idade, com um período médio de três meses para reprodução. Caso não atingissem a prenhez, eram reexpostas por volta dos 24 meses de idade. Para a avaliação de perdas gestacionais, foram consideradas as novilhas que tiveram diagnóstico positivo para prenhez, mas não tiveram o parto registrado na base de dados. Em outras palavras, as fêmeas que tiveram diagnóstico de prenhez positivo, mas não possuíam informações sobre as características de probabilidade de parto precoce aos 30 meses e idade ao primeiro parto, foram consideradas como perdas.

Da mesma forma, foram excluídas as fêmeas que apresentavam menos de 100 dias ou mais de 300 dias entre o diagnóstico de prenhez e a idade ao primeiro parto. As novilhas cuja prenhez foi confirmada e que pariram foram categorizadas como sucesso (2), enquanto aquelas cuja prenhez foi confirmada, mas que não pariram, foram categorizadas como falha (1).

A tabela 1 apresenta os diferentes modelos testados para a característica. Os efeitos assinalados com X indicam que os mesmos foram incluídos dentro (concatenados) ou fora (efeitos fixos independentes) dos GCs. Um total de 7 modelos foram testados. Os efeitos dentro e fora de GC foram: fazenda, ano de diagnóstico de prenhez da fêmea (2000-2021), época do diagnóstico de prenhez (Figura 1) agrupado por trimestre: Dezembro à Fevereiro (10937), Março à Maio (5485), Junho à Agosto (870) e Setembro à Novembro (6044), tipo de acasalamento (Figura 2) sendo: Monta controlada (74), Monta a pasto (1573), Inseminação artificial-IA (4450), Lote de touro (219) e

Inseminação artificial em tempo fixo-IATF (17168), e covariável efeito linear idade da fêmea estimada no momento do diagnóstico de prenhez.

Utilizou-se um modelo linear generalizado com distribuição binomial para avaliar as variáveis: fazenda, ano de diagnóstico de prenhez da fêmea, época do diagnóstico de prenhez, tipo de acasalamento e idade estimada da fêmea no momento do diagnóstico de gestação. A função de ligação escolhida foi a "*logit*", e os parâmetros foram estimados usando a função GLM do pacote Stats versão 4.3.1 (R Core Team, 2024). Adotou-se um nível de significância de 5% e um intervalo de confiança de 95%.

Tabela 1. Estrutura dos modelos avaliados para perdas embrionárias avaliadas em novilhas da raça Nelore precocemente conforme a inclusão ou não de efeitos fixos.

Modelo	GC				Efeitos fixos fora de GC			
	Faz	ANF	ED	TA	Faz	ANF	TA	IDV
MD1	x	x	x	x				x
MD2		x	x	x	x			x
MD3	x	x	x				x	x
MD4	x		x	x		x		x
MD5	x	x	x					x
MD6	x	x	x	x				
MD7	x	x						x

Faz: fazenda; ANF: ano do diagnóstico de prenhez da fêmea; ED: época do diagnóstico de prenhez (trimestre); TA: tipo de acasalamento; IDV: covariável idade da fêmea estimada no momento do diagnóstico.

Figura 1. Distribuição de fêmeas da raça Nelore por trimestre de diagnóstico de gestação.

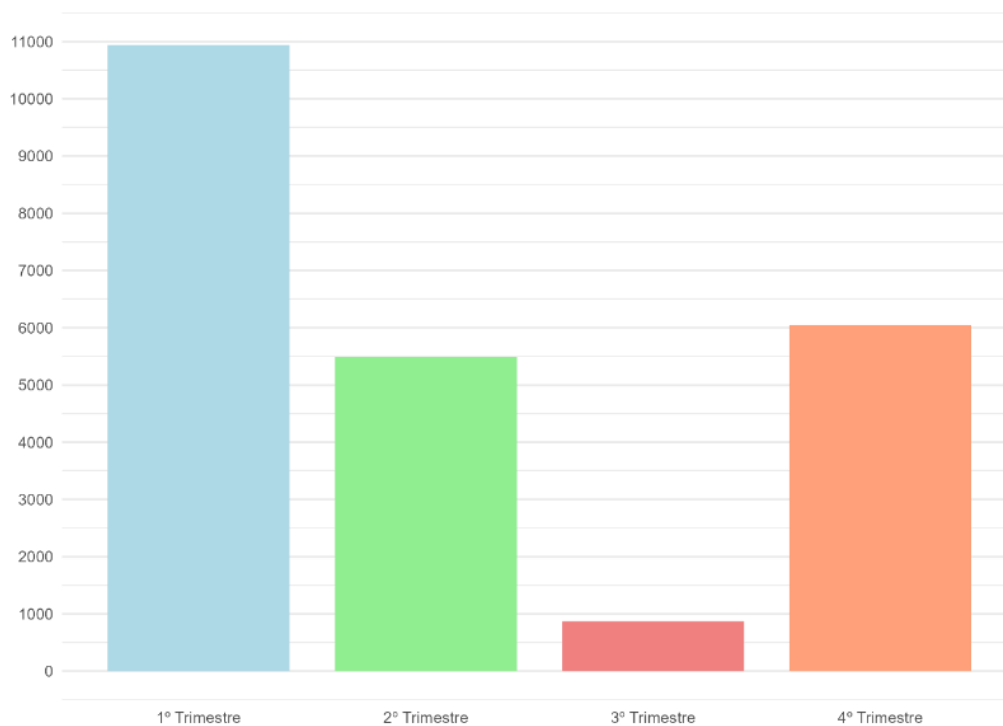
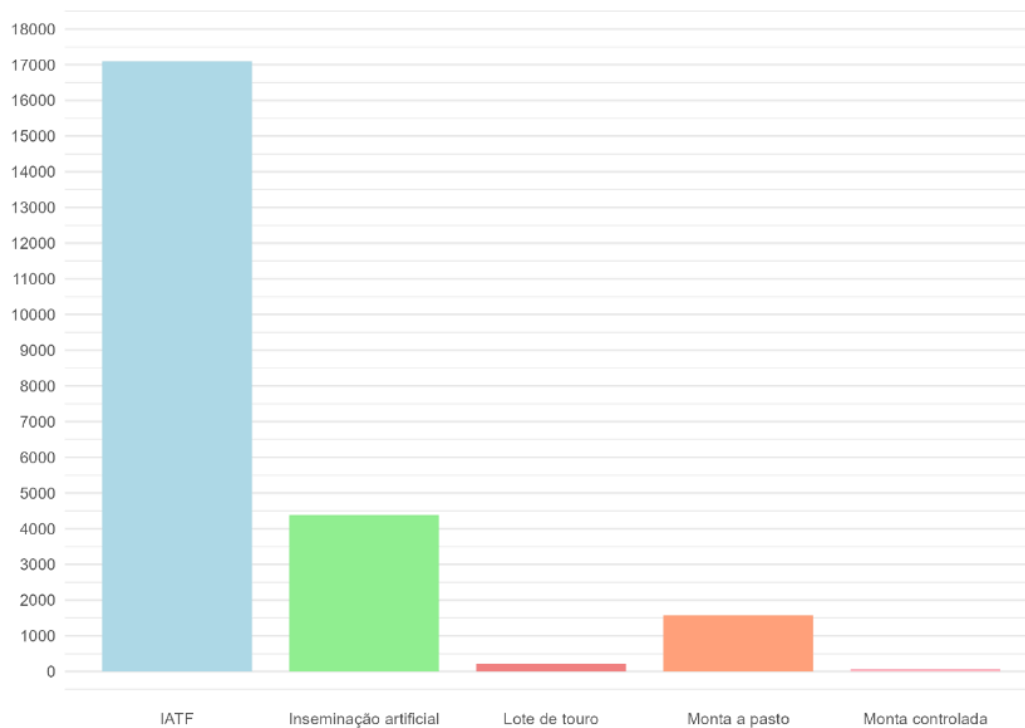


Figura 2. Métodos de acasalamento em fêmeas da raça Nelore.



3.2 Análises estatísticas

Para a estimação dos parâmetros genéticos e componentes de variância foi usado um modelo animal limiar. O modelo animal geral utilizado:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{u} + \mathbf{e}$$

onde \mathbf{y} é um vetor de variáveis dependentes; $\boldsymbol{\beta}$ é um vetor de efeitos fixos, incluindo o CG e a idade ao parto; \mathbf{X} é a matriz de incidência associando $\boldsymbol{\beta}$ com \mathbf{y} ; \mathbf{u} é um vetor de efeitos aleatórios de efeitos genéticos aditivos diretos; \mathbf{Z} é a matriz de incidência associando-se a \mathbf{y} ; \mathbf{e} é os efeitos residuais.

No modelo limiar, assumiu-se que a escala subjacente tem uma distribuição normal:

$$\mathbf{U}|\boldsymbol{\theta} \sim \mathbf{N}(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{I}\sigma_e^2)$$

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

A estimativa dos componentes de variância (VCE) foi obtida por meio de análises bayesianas, utilizando a metodologia de Gibbs sampling implementada no software Gibbsf90+ (Misztal et al., 2014), com 500.000 iterações. Após descartar as 10.000 amostras iniciais (burn-in), uma em cada 10 iterações foi salva para calcular as médias e os desvios padrões das distribuições a posteriori. A convergência das cadeias de Markov Chain Monte Carlo (MCMC) foi verificada por inspeção visual, utilizando o pacote BOA (Smith, 2007), e pelo teste de Geweke (Geweke, 1992).

4. Resultados e discussão

A tabela 1 mostra a significância dos efeitos em relação à característica de perdas embrionárias em novilhas da raça Nelore. Embora o efeito da época do diagnóstico como variável global não seja significativo no modelo geral, uma análise mais detalhada por trimestre revela significância. O trimestre 1 apresentou significância de 0,05%, os trimestres 2 e 4 apresentaram significância de 0,001% e o trimestre 3 apresentou

significância de 0,01%. Os valores negativos indicam que um aumento na variável explicativa está associado a uma diminuição da probabilidade de perdas embrionárias.

Tabela 1. Resultado de *p-value* da análise de variância para os efeitos usados na formação dos grupos de contemporâneos e efeitos independentes.

Modelo	Faz	ANF	ED	TA	IDV
MD1	0,0001 ***	-0,0084 *	-0,0016	-0,0027 .	-0,0001 ***
MD2		-0,0056	-0,0174	0,0018	-0,0001 ***
MD3	0,0001 ***	-0,0023 ***	-0,0019		-0,0001 ***
MD4	0,0001 ***		-0,0013	-0,0042 **	-0,0001 ***
MD5	0,0001 ***	-0,0023 ***	-0,0019		-0,0001 ***
MD6	0,0001 ***	-0,0084 *	-0,0016	-0,0027 .	
MD7	0,0001 ***	-0,0023 ***			-0,0001 ***

(***) = significativo a 0.0%; (**) = significativo a 0.001%; (*) = significativo a 0.01%; (.) = significativo a 0.05%. Faz: fazenda; ANF: ano do diagnóstico de prenhez da fêmea; ED: época do diagnóstico de prenhez (trimestre); TA: tipo de acasalamento; IDV: covariável idade da fêmea estimada no momento do diagnóstico.

A estimação dos componentes de variância e herdabilidade são mostrados na tabela 2, que variaram de 0,031 à 0,047 para variância genética, 1,004 à 1,006 para variância residual e 0,031 à 0,060 para herdabilidade. Devido ao fato de os modelos apresentarem uma herdabilidade muito baixa, ou seja, próximo a 0 indica que a característica sofre grande influência dos fatores ambientais.

Para a estimativa dos parâmetros genéticos é essencial garantir a conectividade entre os animais no conjunto de dados. Brzáková et al. (2020) estabeleceu dois tipos de GCs, rebanho-ano-estação de nascimento e rebanho-ano-estação do primeiro parto. Os grupos de contemporâneos incluíram o efeito da fazenda, podendo ser gerenciados sob diferentes condições naturais e de manejo, a estação utilizada foi definida como uma combinação de três meses do ano, correspondendo às condições naturais: dezembro a fevereiro, março a maio, junho a agosto, setembro a novembro (Brzáková et al., 2020). No estudo realizado por Reese et al., 2020 o método de reprodução foi um dos fatores que influenciou a mortalidade embrionária precoce, a perda de prenhez foi de 32,2% em vacas inseminadas artificialmente após a expressão natural do estro, 49%% em vacas submetidas a IATF e 54,6% em vacas que passaram pela transferência de embriões.

Tabela 2. Estimacão de componentes de variacão para a característica de perdas embrionárias para fêmeas da raa Nelore.

Modelos	σ_a^2	σ_e^2	h^2 (HPD)
MD1	0,031	1,006	0,032 (0,014;0,054)
MD2	0,047	1,004	0,045 (0,019;0,074)
MD3	0,032	1,005	0,031 (0,009;0,056)
MD4	0,065	1,004	0,060 (0,032;0,091)
MD5	0,035	1,005	0,034 (0,009;0,058)
MD6	0,032	1,006	0,031 (0,008;0,059)
MD7	0,042	1,004	0,040 (0,014;0,069)

σ_a^2 : variacão genética aditiva, σ_e^2 : variacão residual, h^2 : herdabilidade, HPD: High Posterior Density.

Para a estimativa dos parâmetros genéticos é essencial garantir a conectividade entre os animais no conjunto de dados. Brzáková et al. (2020) estabeleceu dois tipos de GCs, rebanho-ano-estaco de nascimento e rebanho-ano-estaco do primeiro parto. Os grupos de contemporâneos incluíram o efeito da fazenda, podendo ser gerenciados sob diferentes condioes naturais e de manejo, a estaco utilizada foi definida como uma combinao de três meses do ano, correspondendo às condioes naturais: dezembro a fevereiro, maro a maio, junho a agosto, setembro a novembro (Brzáková et al., 2020). No estudo realizado por Reese et al., 2020 o método de reproduo foi um dos fatores que influenciou a mortalidade embrionária precoce, a perda de prenhez foi de 32,2% em vacas inseminadas artificialmente após a expressão natural do estro, 49%% em vacas submetidas a IATF e 54,6% em vacas que passaram pela transferência de embriões.

Além da identificao dos fatores ambientais significativos, a correta formao dos grupos de contemporâneos e identificao dos fatores ambientais significativos é muito importante na avaliao genética dos animais e para o sucesso de programas de melhoramento genético animal (Oliveira, 1995), principalmente para características reprodutivas em que a estimativa de herdabilidade normalmente  baixa, como a característica de probabilidade perdas de embrionárias, o que significa ser muito afetada por fatores ambientais, manejo e nutricionais. De acordo com Silva (2001), a fertilidade das fêmeas é influenciada por uma complexa interao de fatores ambientais e genéticos. Esses fatores determinam a ocorrência de estros férteis durante a estaco de monta, afetam a libido e a fertilidade do reprodutor, e até mesmo o comportamento do bezerro durante o período de aleitamento.

No geral, não foi observada diferença entre as estimativas de herdabilidade entre os modelos MD1 (0,031) e MD6 (0,032) ao testar a inclusão ou não da covariável idade da vaca no momento do diagnóstico de prenhez. Ao avaliar individualmente cada modelo, o MD4, que inclui a concatenação das variáveis fazenda, época de diagnóstico de prenhez e tipo de serviço como grupo de contemporâneos, apresentou a maior estimativa de herdabilidade (0,060). Embora essa estimativa ainda seja considerada de baixa magnitude, indicando uma forte influência ambiental sobre a característica avaliada, o MD4 foi considerado o melhor entre os modelos testados devido à sua maior estimativa de herdabilidade.

A presença do efeito fixo fora de GC do ano do diagnóstico de prenhez apresentou impacto nas estimativas dos parâmetros avaliados. Os modelos MD2, que utilizou a concatenação dos efeitos ANF, ED e TA, com a fazenda de diagnóstico como efeito fixo fora do GC, e MD7, com a concatenação dos efeitos fazenda e ANF, apresentaram a segunda maior estimativa de herdabilidade (0,045 e 0,040), respectivamente. Ambos os modelos incluíram a idade da vaca no momento do diagnóstico como covariável. No contexto geral, o efeito da fazenda desempenhou um papel crucial na formação dos grupos de contemporâneos. Quando se considera o efeito da fazenda sobre o animal, é crucial entender que a nutrição desempenha um papel fundamental. Um balanceamento nutricional adequado, adaptado ao estado fisiológico do animal, juntamente com um controle sanitário eficaz, promove o bem-estar animal e ajuda na prevenção de problemas reprodutivos.

Segundo Semmelmann et al. (2001), falhas no planejamento da alimentação e no manejo durante períodos de escassez de forragem podem resultar em aumento da idade à puberdade e redução da taxa de prenhez. A entrada precoce das fêmeas na reprodução depende significativamente do manejo adotado durante a fase de crescimento, especialmente em relação ao manejo nutricional. Esse ponto converge com as observações de Silva et al. (2018), os quais enfatizam a necessidade de estabelecer um programa que inclua nutrição de alta qualidade em todas as etapas de desenvolvimento do animal, garantindo peso e crescimento adequados para direcionar a energia para a puberdade e reprodução.

O momento dos nascimentos tem um impacto significativo no crescimento dos animais e, conseqüentemente, no desempenho reprodutivo das fêmeas, que requerem condições corporais adequadas para entrar em fase reprodutiva. Animais nascidos em períodos de maior disponibilidade e qualidade de forragem tendem a alcançar a puberdade

mais cedo. Segundo Pelicioni et al. (2002), animais da raça Gir nascidos no início da primavera apresentam melhor desempenho em termos de ganho médio diário (GMD) e peso à desmama, devido à maior produção de leite das matrizes para alimentar os bezerras, favorecida pela maior disponibilidade de alimento. Tal fator também pode influenciar a idade à puberdade dos animais.

É importante considerar a época do ano em que o parto ocorre, pois há um efeito sazonal significativo (Estill, C.T. 2021). Por exemplo, a fertilidade, a duração do ciclo reprodutivo e o período de anestro pós-parto são influenciados pela estação do ano. Particularmente, condições de inverno no hemisfério norte podem atrasar o início da puberdade (Estill, C.T. 2021). Schillo et al. (1992) observaram que as novilhas nascidas no outono atingiram a puberdade mais cedo do que as nascidas na primavera e além disso, notaram que novilhas submetidas a alterações simuladas durante o dia, passando de primavera para outono após os seis meses de idade, demonstraram um início antecipado da atividade ovariana. Outra evidencia desse efeito, indicada por Tortonese et al. (1992) é que a puberdade pode ser induzida mais cedo em novilhas com a implantação de implantes de melatonina. O estudo realizado por Estill, C.T. (2021), confirma o que foi acordado por Sabino et al. (1981) e Miranda et al. (1982), novilhas nascidas de janeiro a maio tendem a ser mais precoces sexualmente que aquelas nascidas entre junho e dezembro.

O impacto significativo da estação de parto/nascimento em algumas características reprodutivas pode ser atribuído às variações nas condições climáticas e nos regimes alimentares ao longo das diferentes estações do ano. De Kruif (1975) sugeriu que a variação sazonal nas atividades reprodutivas pode ser resultado das diferenças no fotoperíodo entre as estações ou das variações sazonais na nutrição e/ou nos sistemas de manejo. El-keraby e Aboul-Ela (1982) destacou que uma possível causa dessas diferenças está relacionada ao conteúdo de compostos vitamínicos na dieta durante as estações de seca e de águas.

A inseminação artificial em tempo fixo – IATF, um dos tipos de acasalamento avaliados na formação dos grupos de contemporâneo e testado como efeito fixo independente, apresenta diversas vantagens, entre elas o aprimoramento do controle zootécnico por ser uma biotecnia de destaque que permite a inseminação artificial de um grande número de fêmeas em um intervalo de tempo determinado, sem a necessidade de observação de estro, otimizando o manejo reprodutivo (Tortella et al., 2016; Bó et al., 2018; Negreiros et al., 2020) e auxiliando no controle e registros da propriedade,

favorecimento da seleção e melhoramento genético, possibilidade de programar a data do parto, facilidade na organização dos manejos e potencial para melhora no retorno financeiro (Figueredo et al., 2019). Essas vantagens justificam uma maior utilização dessa técnica nas fêmeas estudadas em comparação com outras técnicas de acasalamento. São diversos os fatores que podem influenciar no sucesso dos programas de sincronização da ovulação para IATF em fêmeas, destacando a condição corporal das fêmeas no primeiro dia do protocolo, as instalações da fazenda, habilidade do inseminador, qualidade do sêmen e o touro utilizado (Sa Filho et al., 2009).

Entender os momentos das falhas reprodutivas, como por exemplo, a perda de gestação, é crucial para que os pesquisadores e produtores possam tomar decisões importantes de manejo (Reese et al., 2020). Reese et al. (2020) definiram um período específico de perda gestacional (como fertilização, estágio inicial do embrião e estágio tardio do embrião/início do feto) com base no momento em que os diagnósticos de prenhez foram realizados. No entanto, os períodos fisiológicos de desenvolvimento da prenhez das vacas não necessariamente coincidem com os momentos comuns de diagnóstico nos protocolos de manejo dos rebanhos. Dentro do estudo realizado por Reese et al., (2020) foram feitos esforços para incluir o maior número possível de estudos que se alinhassem logicamente com os períodos reais de desenvolvimento, indicando os momentos mais frequentes para diagnóstico de prenhez em fêmeas de corte, sendo o primeiro diagnóstico geralmente entre os dias 27 e 32 de gestação, seguido por um segundo diagnóstico por volta do dia 60 ou 100 de gestação. Os dados de todos os estudos que incluíram diagnóstico de prenhez no intervalo entre o período de transição do desenvolvimento embrionário para o fetal (entre os dias 42 e 45) e o segundo diagnóstico de prenhez (dias 60-100 de gestação), foram combinados para avaliar as falhas reprodutivas registradas nesse período (Reese et al., 2020). A partir deste estudo nota-se o impacto da época em que é realizado o diagnóstico de gestação nos registros de perdas embrionárias.

Shorten et al. (2015) provaram a existência de um efeito quadrático significativo da vaca na taxa de prenhez ($P < 0,01$). Além disso, a estratégia de descarte (remoção de vacas que não engravidaram) impacta significativamente a taxa de prenhez em relação a idade da fêmea, a adoção dessa estratégia aumenta a taxa de prenhez linearmente em 0,008 por classe de idade. Os autores observaram que a taxa de prenhez aumenta dos 2 aos 6 anos de idade e diminui dos 7 aos 11 anos ($P < 0,01$), independentemente da estratégia de descarte. A taxa de prenhez é significativamente menor em vacas de 2 anos

em comparação as vacas de 3 anos de idade ($P < 0,01$), com isso não é possível determinar se a taxa de prenhez ser menor em vacas de 2 anos de idade é um efeito da idade ou da primeira exposição ao touro com os dados disponíveis, portanto a taxa de prenhez é menor em vacas abaixo de uma idade limiar, que se encontra entre 5 e 7 anos, embora não possuam conhecimentos sobre a idade exata (Shorten et al, 2015).

A identificação do papel relativo dos fatores embrionários e maternos na perda de gestação pode acelerar o ganho genético no desempenho reprodutivo (Shorten et al., 2015). Utilizar a genética populacional como forma de determinar os efeitos relativos desses fatores na perda de gestação em nível populacional é essencial (Bamber et al., 2009; Shorten et al., 2015). A fertilidade é considerada uma característica complexa em bovinos, e apenas um estudo anterior investigou os efeitos maternos na sobrevivência embrionária entre o primeiro e o segundo diagnóstico de gestação das fêmeas (Bamber et al., 2009). Nesse estudo, foi utilizado um modelo limiar de pai-avô materno para analisar a sobrevivência embrionária. As estimativas de herdabilidade encontradas foram de $0,489 \pm 0,221$ para efeito direto e de $0,166 \pm 0,113$ para o efeito materno. Essas estimativas de herdabilidade, que se mostraram mais altas do que o esperado, contrastam com as habituais estimativas para características de fertilidade em vacas, que geralmente são inferiores a 0,1 (Johnson e Notter, 1987; Buddenberg et al., 1989; Boichard e Manfredi, 1994; Bormann et al., 2006; MacNeil et al., 2006; MacNeil e Vukasinovic, 2011; Tiezzi et al., 2012), embora erros-padrão sejam elevados.

Desde seu surgimento, os estudos que exploram tecnologias de edição genética estão crescendo rapidamente, indicando que essas tecnologias possuem potencial para preservar recursos genômicos valiosos, principalmente nos rebanhos de gados leiteiros. Por exemplo, tecnologias essas que poderiam evoluir para métodos inovadores que acelerem a seleção, reprodução e aprimoramento de características desejáveis de produção e reprodução (Gutierrez-Reinoso et al., 2021). Estudos conduzidos por Segelke et al. (2016) indicam que, com o aumento do número de vacas genotipadas e a perspectiva de rebanhos totalmente genotipados no futuro, o controle de genótipos na avaliação genômica pode servir como um sistema de monitoramento de características genéticas. Isso é particularmente relevante para administrar e reduzir as frequências alélicas de HH3 e HH5, que estão associados à redução da fertilidade devido a possíveis perdas embrionárias. Dessa forma, o uso da genômica pode melhorar as estimativas dos componentes de variância e herdabilidade das características. Através dos SNPs, torna-se possível identificar com maior precisão os efeitos genéticos, diminuindo a influência dos

fatores ambientais e, assim, proporcionando uma avaliação mais acurada do potencial genético dos animais.

5. Conclusão

Com base nos modelos utilizados no estudo e nos efeitos testados, tanto fixos quanto não fixos, que resultaram em uma baixa herdabilidade, conclui-se que a característica estudada — perdas embrionárias em novilhas da raça Nelore desafiadas precocemente — é amplamente influenciada pelos fatores ambientais a que as fêmeas foram expostas durante o período analisado. O MD4 foi selecionado como o melhor modelo em comparação com os demais testados, apresentando a maior estimativa de herdabilidade e se adequando melhor à realidade do estudo. Esses fatores afetam a tolerância térmica dos animais e suas características fisiológicas, apesar da resistência da raça às variações ambientais. Estudos futuros utilizando a seleção genômica podem vir a melhorar as estimativas dos componentes de variância e herdabilidade da característica, pois o uso de SNPs permite uma identificação mais precisa dos efeitos genéticos, reduzindo a influência dos fatores ambientais e possibilitando uma avaliação mais acurada do potencial genético dos animais.

6. Referências bibliográficas

- Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ).** Disponível em: <<http://www.abcz.org.br/>>. Acesso em: 10 de Maio de 2024
- ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes.** Disponível em: <<http://abiec.com.br/>>. Acesso: 08 de maio de 2024.
- ALLEN, T. E.; PAN, Y. S.; HAYMAN, R. The effect of feeding on the evaporative heat loss and body temperature in Zebu and Jersey heifers. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 14, p. 580-593, 1963. Doi: [org/10.1071/AR9630580](https://doi.org/10.1071/AR9630580).
- ALENCAR, M.M. Critérios de seleção em bovinos de corte no Brasil. **In: SIMPOSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL**, 4., 2002, Campo Grande. Anais... Campo Grande: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2002.
- AONO, F. H.; COOKE, R. F.; ALFIERI, A. A.; VASCONCELOS, J. L. M. Effects of vaccination against reproductive diseases on reproductive performance of beef cows submitted to fixed-timed AI in Brazilian cow-calf operations. **Theriogenology**, v. 79, n. 2, p. 242-248, 2013.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.08.008>.
- AROEIRA, J.A.D.C.; ROSA, A.N. Desempenho reprodutivo de um rebanho Nelore criado no planalto sul-matogrossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.2, p.337- 343, 1982
- BALDI, F.; ALENCAR, M. M.; FREITAS, A. R.; BARBOSA, R. T. Parâmetros genéticos para característica de tamanho e condição corporal, eficiência reprodutiva e longevidade em fêmeas da raça canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 247-253, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000200010>.
- BAMBER, R. L. et al. Genetic parameters for anovulation and pregnancy loss in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.5739–5753, 2009.
- BERETTA, V.; LOBATO, J. F. P.; NETTO, C. G. M. Produtividade e eficiência biológica de sistemas de produção de gado de corte de ciclo completo no Rio Grande de Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 991-1001, 2002.
- BERNABUCCI, U. *et al.* The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 471-486, 2014.
- BERGAMASCHI, M. A. C. M., MACHADO, R., & BARBOSA, R. T. (n.d.). Eficiência reprodutiva em bovinos. **In: SEMANA DO ESTUDANTE**, 18., 2007, São Carlos, SP. Palestras... São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 22p.

- BONAMY, M., *et al.* Genetic association between different criteria to define sexual precocious heifers with growth, carcass, reproductive and feed efficiency indicator traits in Nellore cattle using genomic information. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 135, p. 20-29, 2018.
Doi: <https://doi.org/10.1111/jbg.12366>.
- BORMANN, J.M.; WILSON, D.E. Calving Day and age at first calving in Angus heifers. **Journal of Animal Science**, v.88, n.6, p.1947-1956, 2010.
Doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2249>
- BRZÁKOVÁ, M. *et al.* Genetic Parameters for Age at First Calving and First Calving Interval of Beef Cattle. **Animals**, v.10, n.11, p.2122, 2020.
Doi: <https://doi.org/10.3390/ani10112122>
- BROWN-BRANDL, T. M. Understanding heat stress in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, e20160414, 2018.
- BUZANSKAS, M. E., *et al.* Candidate genes for male and female reproductive traits in Canchim beef cattle. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2017.
- CARDOSO, D., NOGUEIRA, G. P. Mecanismos neuroendócrinos envolvidos na puberdade de novilhas. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v. 10, n. 1, p. 59-67, 2007.
- CARVALHO, T. B.; ZEN, S. A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências. **Revista IPecege**, v. 3, n. 1, p. 85-99, 2017.
- CARVALHO, F.E., *et al.* Genetic parameters for various semen production and quality traits and indicators of male and female reproductive performance in Nellore cattle. **BMC Genomics**, v.24, n.150, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1186/s12864-023-09216-5>
- CARTWRIGHT, T. C. Responses of beef cattle to high ambient temperatures. **Journal of Animal Science**, v. 14, p. 350-362, 1955. Doi: [org/10.2527/jas1955.142350x](https://doi.org/10.2527/jas1955.142350x).
- CASTRO, F. C.; FERNANDES, H.; LEAL, C. L. V. Sistemas de manejo para maximização da eficiência reprodutiva em bovinos de corte nos trópicos. **Veterinária e Zootecnia**, v. 25, n. 1, p. 41-61, 2018.
- CHRISTIANSON, W. T. Stillbirths, mummies, abortions, and early embryonic death. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 8, n. 3, p. 623-639, 1992.

- CHUD, T. C. S. *et al.* Genetic analysis for gestation length, birth weight, weaning weight, and accumulated productivity in Nelore beef cattle. **Livestock Science**, v. 170, p. 16-21, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.09.024>.
- CLAUS, L. A. M. *et al.* Genetic parameters of age at first calving, weight gain, and visual scores in Nelore heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 4, p. 303-308, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000400005>.
- COLE, J. *et al.* Haplotype tests for recessive disorders that affect fertility and other traits. USDA Animal Improvement Program. **Research Report Genomics**, v. 09-13, 2015.
- COLLIER, R. J.; RENQUIST, B. J.; XIAO, Y. A 100-Year Review: stress physiology including heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 10367-10380, 2017.
- COOKE, R. F. *et al.* Cattle adapted to tropical and subtropical environments: Genetic and reproductive considerations. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 2, 2020.
Doi: <https://doi.org/10.1093/jas/skaa015>.
- COOPER, T. A. *et al.* Genomic evaluation and identification of a haplotype affecting fertility for Ayrshire dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.97, n.6, p.3878-3882, 2014.
- CROWE, M. A.; HOSTENS, M.; OPSOMER, G. Reproductive management in dairy cows - The future. **Irish Veterinary Journal**, v. 71, n. 1, 2018.
Doi: <https://doi.org/10.1186/s13620-017-0112-y>.
- DA SILVA NETO, J. B. *et al.* Genetic correlation estimates between age at puberty and growth, reproductive, and carcass traits in young Nelore bulls. **Livestock Science**, v. 241, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104266>.
- DE KRUIF, A. An investigation of the parameters which determine the fertility of a cattle population and of some factors which influence these parameters. **Tijdschrift Voor Diergeneeskunde**, v. 100, n.20, p. 1089- 1098, 1975.
- DEL CORVO, M. *et al.* Methylome Patterns of Cattle Adaptation to Heat Stress. **Frontiers in Genetics**, v. 12, 2021.
Doi: <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.633132>.
- D'OCCHIO, M. J.; BARUSELLI, P. S.; CAMPANILE, G. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. **Theriogenology**, v. 125, p. 277-284, 2019.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.010>.

- DUNNE, L. D.; DISKIN, M. G.; SREENAN, J. M. Embryo and foetal loss in beef heifers between day 14 of gestation and full term. **Animal Reproduction Science**, v. 58, 2000. Doi: <https://www.elsevier.com/locate/animreprosci>.
- ELER, J. P. *et al.* Genetic analysis of sexual precocity in Nellore cattle. **Livestock Production Science**, v. 97, n. 2, p. 283-295, 2005.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.04.005>.
- ELER, J. P.; SILVA, J. A. II V. *et al.* Genetic correlations between heifer pregnancy and scrotal circumference in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 4, p. 915-920, 2002. Doi: <https://doi.org/10.2527/2002.804915x>.
- ELER, J. P.; SILVA, J. A. II V. *et al.* Genetic evaluation of the probability of early pregnancy in Nellore heifers. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 1, p. 191-196, 2006. Doi: <https://doi.org/10.2527/2006.841191x>.
- ESTILL, C.T. (2021). Initiation of Puberty in Heifers. **In Bovine Reproduction**, R.M. Hopper (Ed.), 258-268. Doi: <https://doi.org/10.1002/9781119602484.ch23>
- FERNANDEZ-NOVO, A., *et al.* The effect of stress on reproduction and reproductive technologies in beef cattle—A review. **Animals**, v. 10, n. 11, pp. 1–23, 2020. MDPI AG. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani10112096>
- FERRAZ JR, M.V.C. *et al.* A combination of nutrition and genetics is able to reduce age at puberty in Nelore heifers to below 18 months. **Animals**, v.12, n.3, p.569-574, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731117002464>
- FIETZ, M. J. *et al.* Using genetic technologies to reduce methane emissions in beef cattle. **Animal Production Science**, v. 60, n. 1, p. 53-59, 2020.
- FITZHUGH, H. A. Animal size and efficiency, with special reference to the breeding Female. **Animal Production**, v. 27, p. 393-401, 1978.
- FONTES, P. L. P., *et al.* Impact of fetal vs. maternal contributions of *Bos indicus* and *Bos taurus* genetics on embryonic and fetal development1. **Journal of Animal Science**, v. 97, p.1645–1655, 2019. Doi:10.1093/jas/skz044
- FORTES, M. R. S. *et al.* Genes associated with bovine puberty and postpartum anoestrus. **Veterinary and Animal Science**, v. 8, 2019.
- FORNI, S. *et al.* Genomic prediction of breeding values for carcass traits in an experimental Nellore population. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 11, p. 3474-3481, 2011. Doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3173>.
- FRANCO, G. *et al.* Sire contribution to pregnancy loss in different periods of embryonic and fetal development of beef cows. **Theriogenology**, v. 154, p.84-91. 2020.

- FRITZ, S., A. *et al.* Detection of haplotypes associated with prenatal death in dairy cattle and identification of deleterious mutations in GART, SHBG and SLC37A2. **PLoS ONE**, v. 8, p.65550, 2013.
- GARNER, J. B. *et al.* Genomic Selection Improves Heat Tolerance in Dairy Cattle. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 34114, 2016.
Doi: <https://doi.org/10.1038/srep34114>.
- GASSE, M. *et al.* Evaluation of the reproductive performance of Holstein cattle in the Emilia-Romagna region of Northern Italy. **Livestock Science**, v. 216, p. 201-209, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.08.014>.
- GIONBELLISIO, L. *et al.* Stress responses to climatic conditions during summer in primiparous Holstein cows raised in different environments in Central Argentina. **Livestock Science**, v. 216, p. 53-62, 2018.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.07.013>.
- GONÇALVES, L. A. G. *et al.* Genetic relationship between sexual precocity, visual scores and reproductive performance of Nelore females. **Theriogenology**, v. 105, p. 8-13, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.09.031>.
- GREGORY, K. E. *et al.* Artificial selection for body composition in beef cattle: maturity type divergence, correlative response in reproduction in cows. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 5, p. 1251-1261, 1995.
Doi: <https://doi.org/10.2527/1995.7351251x>.
- GUIATTI, D. B. *et al.* Age at first calving of Nelore heifers from a genetic evaluation program for sexual precocity. **Animal Production Science**, v. 60, n. 4, p. 575-579, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1071/AN17529>.
- GUIATTI, D. B. *et al.* Genetic and environmental factors affecting age at first calving in Nelore cattle. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 6, p. 1237-1241, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0853-3>.
- GUTIERREZ-REINOSO, M. A., APONTE, P. M., & GARCIA-HERREROS, M. Genomic analysis, progress and future perspectives in dairy cattle selection: A review. **Animals**, v. 11, n. 3, p. 1–21, 2021.
Doi: <https://doi.org/10.3390/ani11030599>
- HEATHINGTON, T. A. *et al.* Performance of Hereford and Charolais x Hereford females from line cross, top cross, and continuous backcross matings to Charolais sires. **Journal of Animal Science**, v. 39, n. 1, p. 11-19, 1974.

- HOLM, D.E., THOMPSON, P.N., IRONS, P.C. The value of reproductive tract scoring as a predictor of fertility and production outcomes in beef heifers. **Journal of Animal Science**, v.87, n.6, p.1934-1940, 2009.
- HOLM, D.E., *et al.* Evaluation of pre- breeding reproductive tract scoring as a predictor of long term reproductive performance in beef heifers. **Preventive Veterinary Medicine**, v.118, n.1, p.56-63, 2015.
- HOVINGH, E. Abortions in Dairy Cattle I: Common Causes of Abortions. **In: Virginia Cooperative Extension**, 2009.
- JAMROZIK, J. *et al.* Genetic analysis of milk production traits in Canadian Holsteins using a random regression test-day model. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 8, p. 2226-2235, 2000.
- JOHNSTON D. J. *et al.* Genetics of heifer puberty in two tropical beef genotypes in northern australia and associations with heifer and steer production traits. **Animal Production Science**, v. 49, p. 399-412, 2009.
- JÚNIOR, R. J. F. Relações entre eficiência alimentar e características reprodutivas em bovinos Nelore. 2016. 49 f. **Dissertação** (Mestrado em Produção Animal Sustentável) - Curso de Zootecnia, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2016. Disponível em: <http://www.iz.agricultura.sp.gov.br/publica.php?id=355>
- KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: A review. **Livestock Production Science**, v. 77, n. 1, p. 59-91, 2002.
- KRAPP, A. Parâmetros genéticos para características de carcaça, peso corporal e idade ao primeiro parto em bovinos da raça Nelore. 2018. 38 f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia), Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Sinop, Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2018. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7159880
- KHAN, I., *et al.* Heat Stress as a Barrier to Successful Reproduction and Potential Alleviation Strategies in Cattle. **Animals**, v.13, n.14, p.2359. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 2023.
Doi: <https://doi.org/10.3390/ani13142359>
- KUNKLE, W. E.; SAND, R. S.; GARCES-YEPEZ, P. Strategies for successful development of beef heifers. **Cooperative Extension Service**. University of Florida, 1996.

- KUNZ, T.L. *et al.* Mortalidade embrionárias em bovinos: inter-relações embrião-patógenos. **Revista CFMV**, v.8, n.26, p.27-36, 2002.
- LACERDA, V. V., *et al.* Effect of mature size and body condition of Nelore females on the reproductive performance. **Theriogenology**, v.118, p.27–33, 2018.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.05.036>
- LANNA, D. P.; PACKER, I. U. A produtividade da vaca Nelore. **In: SIMPÓSIO: O NELORE DO SÉCULO**. v. 21, n. 4, p. 1-15, 1997.
- LÔBO, R. B. *et al.* Brazilian Zebu breeds: Origin, conservation, and genetic improvement. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 113-122, 2020.
- MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R.B. Estimates of genetic correlations between sire scrotal circumference and offspring age at first calving in Nelore cattle. **Revista Brasileira de Genética**, v.14, n.1, p.209-212, 1991.
- MAURICIO, M. S. *et al.* Association of polymorphisms in the 5' untranslated region of the insulin-like growth factor 1 (IGF1) gene with growth and reproduction in cattle. **Genetics and Molecular Biology**, v. 36, n. 1, p. 24-30, 2013.
Doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-47572013000100006>.
- MELLO, R.R.C., 2014. Puberdade e maturidade sexual em touros bovinos. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.10 n.3, p.11–28.
Doi: <https://doi.org/10.30969/acsa.v10i3.571>.
- MERCADANTE, M.E.Z.; LÔBO, R.B.; OLIVEIRA, H.N. Estimativas de (co)variâncias entre características de reprodução e de crescimento em fêmeas de um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.997-1004, 2000.
- MIKULIC, M. *et al.* The effect of feeding a rumen-protected choline product on milk production and indicators of metabolic health in transition dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 9, p. 8693-8705, 2020. Doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18364>.
- MISZTAL, I., LEGARRA, A., AGUILAR, I. Using recursion to compute the inverse of the genomic relationship matrix. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p.3943-3952, 2014.
- MOTA, R. R. *et al.* Nonlinear functions to describe growth of Guzerá cattle from birth to maturity. **Livestock Science**, v. 151, n. 2-3, p. 45-52, 2013.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.10.009>.
- MOTA, L. F. M. *et al.* Utilização da conectabilidade em avaliações genéticas de bovinos de corte. **Boletim Técnico PPGZOO UFVJM**, v.2, n. 2, p. 55, 2014.

- MOTA, L.F.M. *et al.* Integrating genome-wide association study and pathway analysis reveals physiological aspects affecting heifer early calving defined at different ages in Nelore cattle. **Genomics**, v. 114, n.4, p. 110395, 2022.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2022.110395>
- MORAN, C., QUIRKE, J.F., ROCHE, J.F. Puberty in heifers: a review. **Animal Reproduction Science**, v.18, p.167–182, 1989.
- NASETH, W. A. *et al.* Artificial insemination of beef heifers with frozen sex-sorted semen: Effects of sire and estrus synchronization system on pregnancy rate. **Theriogenology**, v. 71, n. 4, p. 698-706, 2009.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.08.017>.
- NAVARRO, G. M. *et al.* Use of genomic information to select animals in breeding programs for tropical beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 7, p. 2817-2827, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1093/jas/sky179>.
- NEVES, G. V. S.; SOUSA JÚNIOR, J. C.; FURQUIM, M. G. D.; CRUZ, S. J. S. Bovinocultura de corte no Brasil: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.6, p.277-293, 2022.
- NEPOMUCENO, D.D., *et al.* Effect of pre-partum dam supplementation, creep-feeding and postweaning feedlot on age at puberty in Nelore heifers. **Livestock Science**, v.195, p.58-62, 2017.
- OLIVEIRA, H.N. Grupos de contemporâneos e conectabilidade. In: CURSO SOBRE AVALIAÇÃO GENÉTICA EM BOVINOS DE CORTE, 1. 1995, Ribeirão Preto. Apostila... Ribeirão Preto: USP, 1995. p.1-13.
- OLIVEIRA, J.S., ZANINI, A.M., SANTOS, E.M. Fisiologia, manejo e alimentação de bezerros de corte. **Arquivo Ciência Veterinária e Zoologia Unipar**. Vol.10, n.1, p.39-48, 2007.
- OLIVEIRA, L.Z., *et al.* Efeito da idade sobre as principais características andrológicas de touros Brangus-Ibagé criados extensivamente no estado do Mato Grosso do Sul - Brasil. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.39, n.1, p.946, 2011.
- OLIVEIRA, J. H. F. de; MAGNABOSCO, C. de U.; BORGES, A. M. de S. M. **Nelore: base genética e evolução seletiva no Brasil**. Embrapa Agropecuária Oeste; Embrapa Cerrados; Embrapa Meio-Norte; Embrapa Unidades Centrais, 2002.
- PASCHAL, J. C., J. O. SANDERS, AND J. L. KERR. Calving and weaning characteristics of Angus-, Gray Brahman-, Gir-, Indu-Brazil-, Nelore-, and Red

- Brahman-sired F1 calves. **Journal of Animal Science**, v.69, p.2395–2402, 1991.
Doi:10.2527/1991.6962395x
- PEREIRA, R. J. *et al.* Genetic parameter estimates for pre- and postweaning traits of Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 3, p. 3452-3457, 2010.
Doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2222>.
- PERIPOLLI, E., *et al.* Identification of candidate genes and genomic prediction for early heifer pregnancy in Nelore beef cattle. **Preprint**, 2023. Electronic copy available at: <https://ssrn.com/abstract=4829576>.
- PICARDI, L. A. *et al.* Estimation of genetic parameters for weight and weight gain of Nellore cattle selected for yearling weight. **Journal of Animal Science**, v. 41, n. 1, p. 741-745, 1975.
- POHLER, K. G. *et al.* Use of bovine pregnancy-associated glycoproteins to predict late embryonic mortality in postpartum Nelore beef cows. **Theriogenology**, v.85, n.9, p.1652-1659. 2016.
- RANI, P., DUTT, R., SINGH, G., & CHANDOLIA, R. K. Embryonic Mortality in Cattle- A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 07, p. 1501–1516, 2018. Doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.707.177>
- R CORE TEAM. 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.R-project.org/>
- ROCHA, D.R. *et al.* Impacto do estresse térmico na reprodução da fêmea bovina. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.36, n.1, p.18-24, 2012.
- ROCHA, A. *et al.* High environmental temperature and humidity decrease oocyte quality in *Bos taurus* but not in *Bos indicus* cows. **Theriogenology**, v.49, n.3, p.657–665, 1998.
- ROVIRA, J. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo: Hemisferio Sur, 1996. 288p.
- REESE, S. T., *et al.* Pregnancy loss in beef cattle: A meta-analysis. **Animal Reproduction Science**, v.212, p.106251,2020.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106251>
- SEGELKE, D., TÄUBERT, H., REINHARDT, F., & THALLER, G. Considering genetic characteristics in German Holstein breeding programs. **Journal of Dairy Science**, v.99, n.1, p. 458–467, 2016. Doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9764>

- SEIF, S. M., H. D. JOHNSON, AND A. C. LIPPINCOTT. The effects of heat exposure (31 °C) on Zebu and Scottish highland cattle. **International Journal of Biometeorology**, v.23, p.9–14, 1979.
- SCHILLO, K., HALL, J., and HILEMAN, S. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3994–4005, 1992.
- SCHMIDT, P. I. *et al.* Genetic analysis of age at first calving, accumulated productivity, stayability and mature weight of Nelore females. **Theriogenology**, v. 108, p. 81-87, 2018.
- SCHWENGBER E.B., BEZERRA L.A.F., LÔBO R.B. Produtividade acumulada como critério de seleção em fêmeas da raça nelore. **Ciência Rural**, v.31, p.483–486, 2001.
- SILVA, J. A. II V. *et al.* Genetic correlations between growth and reproductive traits in Nelore cattle. **Animal Production Science**, v. 51, n. 1, p. 111-115, 2011.
Doi: <https://doi.org/10.1071/AN10027>.
- SILVEIRA, A. C. *et al.* Produção do novilho superprecoce. 2º Simpósio de Produção de Gado de Corte, v. 9, n. 3, p. 553-579, 2001, Viçosa, MG, Anais..., Viçosa: SIMCORTE, 2001
- SMITH, B. J. boa: An R Package for MCMC Output Convergence Assessment and Posterior Inference. **Journal of Statistical Software**, v.21, n.11, p.1–37, 2007.
Doi: <https://doi.org/10.18637/jss.v021.i11>
- SOUZA-CÁCARES, M.B., *et al.* Oocyte quality and heat shock proteins in oocytes from bovine breeds adapted to the tropics under different conditions of environmental thermal stress. **Theriogenology**, v.130, p.103–110, 2019.
- SHORT, R.E., STAIGMILLER, R.B., BELLOWS, R.A., GREER, R.C. Breeding heifers at one year of age: biological and economic considerations. In: Fields, M.J., Sand, R.S. (Eds.), *Factors Affecting Calf Crop*, CRC Press, London, p. 55–68, 1994.
- SHORTEN, P.R.; MORRIS, C.A.; CULLEN, N.G. The effects of age, weight, and sire on pregnancy rate in cattle. **Journal of Animal Science**, v.93, n.4, p.1535-1545.
- TALHARI, F.M., ALENCAR, M.M., MASCIOLI, A.S. Genetic correlations among reproductive and growth traits of females, in a Canchim cattle herd. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.880–886, 2003.
- THATCHER, W. W. *et al.* Embryo health and mortality in sheep and cattle. **Journal of Animal Science**, v. 72, n.3, p. 16-30, 1994.

- THATCHER, W.W.; FLAMENBAUM, I.; BLOCK, J.; BILBY, T.R. Interrelationships of heat stress and reproduction in lactating dairy cows. In: **The High Plains Dairy Conference**, p.45-60, 2010.
- TORTONESE, D. AND INSKEEP, E. Effects of melatonin treatment on the attainment of puberty in heifers. **Journal of Animal Science**, v.70, p.2822–2827, 1992.
- TERTO, G. G. *et al.* Características reprodutivas de bovinos da raça Nelore do meio Norte do Brasil. **PUBVET**, v. 6, p. 1387-1392, 2012.
- VALENTE, T. S. *et al.* Genetic parameter estimates for temperament, heifer rebreeding, and stayability in Nelore cattle. **Livestock Science**, v.206, p.45–50,2017.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.10.010>
- VANRADEN, P. M. *et al.* Hutchison. Harmful recessive effects on fertility detected by absence of homozygous haplotypes. **Journal of Dairy Science**, v.94, p. 6153–6161, 2011.
- VANROOSE, G.; KRUIF, A.; VAN SOOM, A. Embryonic mortality and embryo-pathogen interactions. **Animal Reproduction Science**, v. 60-61, p. 131-143, 2000.
- WIJMA, R. *et al.* Genomic prediction for abortion in lactating Holstein dairy cows. **Animals**, v.12, n.16, p.2079, 2022. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani12162079>
- YAGÜE, G., *et al.* Bayesian estimates of genetic parameters for pre-conception traits, gestation length and calving interval in beef cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 114, p.72–80, 2019.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.09.015>