
Seleção e melhoramento genético de bovinos de corte para características reprodutivas

Thaise Pinto De Melo, Andreia Kaspary Zwirtes, Louise Belmonte Faverzani, Delvan Alves Silva, Roberto Carvalheiro, Lucia Galvão Albuquerque

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-19-0.c4>

Resumo

As características reprodutivas estão intimamente associadas com o sucesso dos sistemas de produção de bovinos de corte, pois animais sexualmente precoces produzem maior número de filhos ao longo de sua vida produtiva, trazendo mais lucros à atividade. Assim, programas de melhoramento genético têm incluído características reprodutivas como critério de seleção e descarte de animais. Em geral estas características apresentam baixa herdabilidade, são altamente influenciadas pelas condições ambientais e são complexas, isto é, controladas por vários genes de pequeno efeito. Assim, é importante que fatores ambientais sejam apropriadamente incluídos nos modelos de avaliação genética, a fim reduzir erros estimados no modelo e classificar os animais corretamente. Além do correto ajuste dos modelos de avaliação genética, compreender quais genes desempenham papel chave na expressão dos fenótipos, auxilia na seleção de animais com genética superior. Com o advento da genômica os caracteres reprodutivos foram especialmente beneficiados, diminuindo consideravelmente o intervalo de gerações para a seleção destas características. Ainda na fase embrionária o material biológico pode ser coletado e os animais terem o seu mérito genético computado, reduzindo anos de testes de progênie e diminuindo os custos com programas de melhoramento. Apesar dos avanços do melhoramento genético nas últimas décadas, parte deste conhecimento ainda está distante da realidade dos produtores. Assim, iniciativas que disseminem o conhecimento produzido nas universidades e institutos de pesquisa ao produtor, técnicos e profissionais da área devem ser mais frequentes, assim como o projeto de extensão Genepec – UFSM, garantindo que o conhecimento chegue, a uma linguagem acessível a quem precisa.

1. Introduction

O Brasil apresenta atualmente um dos maiores rebanhos bovinos comerciais, com um total de 193,78 milhões de cabeças. Está atualmente na

segunda posição no ranking mundial, ficando atrás da Índia, que detêm 306,7 milhões de bovinos e é o maior exportador mundial de carne bovina. Do total produzido em 2022, foram consumidas no mercado interno 72% (7,5 milhões/t) e destinadas à exportação 28% (2,8 milhões/t) (USDA, 2023), tendo um aumento de 5,28% na quantidade de bovinos abatidos, em comparação com 2021.

De acordo com o relatório publicado pela Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC, 2023), dentre o valor total obtido com o faturamento das exportações, cerca de 47,55% (US\$ 158,87 bilhões) foram oriundos do agronegócio e US\$ 12,96 bilhões foi advindo da comercialização de carne bovina ao mercado externo, ou seja, isso corresponde a 8,16% do total exportado pelo agronegócio em 2022.

A produção global de carne bovina para o ano de 2023 está prevista em 59,1 milhões de toneladas, conforme dados do United States Department of Agriculture (USDA, 2023), com um incremento na produção de 1%, na qual é motivada pelos elevados preços de comercialização no mercado mundial. Assim, espera-se que o Brasil aumente em 2% a quantidade de bovinos abatidos em 2023, ultrapassando 10,350 milhões de toneladas (equivalente ao peso da carcaça) que foram produzidos durante 2022.

Apesar do Brasil possuir grande potencial de expansão de produção de carne, o seu sistema de produção ainda é ineficiente, comparado a outros países. Um exemplo, é os Estados Unidos: neste país a taxa de abate é de cerca de 35% em relação ao tamanho populacional bovino, enquanto que no Brasil, este valor é de apenas 23%. Assim, o custo relativo de criação e abate de animais para produzir um quilograma de carne é maior no Brasil que nos Estados Unidos (DAY e NOGUEIRA, 2013).

São muitos os fatores que contribuem para esta baixa eficiência, dentre eles podemos citar, a idade de abate, o sistema de manejo e alimentação e a baixa eficiência reprodutiva dos rebanhos (DAY e NOGUEIRA, 2013). Em regiões com condições ambientais muito adversas como no nordeste do Brasil, a idade ao primeiro parto das vacas pode chegar aos 5 anos de idade (LÔBO, 1998).

Ao longo das últimas décadas, programas de melhoramento genético nacional têm desenvolvido métodos estatísticos adequados para avaliação genética de animais sob seleção, o que tem corroborado com os índices de produtividade. O maior desafio no melhoramento genético é a identificação dos genótipos superiores e a disseminação dos mesmos de forma rápida a fim de garantir o maior e mais rápido retorno econômico ao produtor. Assim, tornou-se possível, a multiplicação mais rápida de animais superiores geneticamente a partir da aplicação das biotécnicas de reprodução e recentemente, aliadas à seleção genômica.

Com a seleção tradicional, os registros fenotípicos de um indivíduo e de seus parentes são quantificados para a obtenção dos valores genéticos preditos. Já com a informação genômica, é possível obter um ganho genético mais rápido do que o alcançado com métodos tradicionais de seleção (COSTA, 2019). Além da redução do tempo, os valores genéticos dos animais são mais acurados, isto é, apresentam maior confiabilidade quando a informação genômica é adicionada à informação de pedigree tradicional.

O conhecimento sobre melhoramento genético produzido nas universidades precisa ser mais discutido e popularizado entre produtores e técnicos agropecuários que lidam diretamente com os animais à campo, mesmo entre os estudantes das áreas das agrárias existe certa dificuldade quanto a esta temática. De modo que muitas práticas realizadas nas propriedades são feitas empiricamente, sem embasamento técnico-teórico. Assim, estratégias que levem este conteúdo de forma acessível a técnicos, produtores e sociedade de um modo geral, devem ser desenvolvidas.

2. Avaliação genética de bovinos de corte para características reprodutivas

O Brasil possui um rebanho bovino constituído por uma ampla diversificação de raças, em especial, as raças originárias da Índia, pertencentes a espécie *Bos taurus indicus* (Zebu), que constitui o principal grupamento genético de bovinos. Esta subespécie foi inserida no Brasil durante os séculos XVIII e XIX, quando os portugueses trouxeram alguns exemplares de

reprodutores bovinos Zebuínos, como fonte de alimento e trabalho (OLIVEIRA; MAGNABOSCO; BORGES, 2002).

Neste sentido, dentre os animais zebuínos, a raça Nelore é a mais disseminada atualmente no território nacional, com cerca de 80% do rebanho bovino do Brasil, consistindo de animais Nelore ou suas cruzas (ABIEC, 2018). O motivo da alta disseminação da raça foi a sua potencial adaptabilidade ao ambiente tropical, com satisfatória capacidade de produção em condições de escassez de recursos hídricos, forragem de baixa qualidade, longos períodos de estiagem e vazio forrageiro e alta resistência contra endo e ectoparasitas (MARQUES, 2018).

Ao longo das últimas décadas, programas de melhoramento genético têm incluído as características reprodutivas como critério de seleção e descarte de animais (YOKOO; MAGNABOSCO; ALBUQUERQUE, 2012). Animais mais precoces sexualmente produzem bezerros mais cedo, trazendo retorno econômico ao produtor mais rapidamente, além disso, animais sexualmente eficientes, ou seja, que apresentam sucesso em reconceber geram mais produtos ao longo de sua vida produtiva o que aumenta também sua longevidade no rebanho (CAMPOS et al., 2005). As raças zebuínas foram historicamente conhecidas pela sua baixa eficiência reprodutiva em relação a raças taurinas (*Bos taurus taurus*), atingindo a puberdade e produzindo o primeiro produto mais tardiamente que as raças europeias. Alguns autores (NOGUEIRA et al., 2004) associam esta baixa eficiência reprodutiva com fatores nutricionais e de manejo inadequados, no entanto, aspectos genéticos também estão envolvidos.

Desde 1936 a Associação Brasileira de Criadores Zebu (ABCZ, 2023) é responsável por reunir mais de 16 milhões de registros genealógicos de animais das raças zebuínas. A ABCZ coordena o Programa de Melhoramento Genético de Zebuínos (PMGZ), realizando avaliações genéticas em larga escala para bovinos zebuínos em todo o território nacional. Conforme as últimas estimativas divulgadas no segundo trimestre de 2023 pela ABCZ, para a avaliação genética da raça Nelore, o banco de dados continha 18.265.916 registros válidos relacionados a uma população de 14.365.207 animais nascidos entre 1991 e 2022. O PMGZ contém 13.028.512 registros associadas a características de crescimento, 1.944.106 informações de idade ao primeiro parto, 1.037.503 dados de habilidade de permanência no rebanho (STAY), 321.433 registros de

perímetro escrotal ao ano, como também, 582.883 registros de perímetro escrotal medido ao sobreano.

Ao considerar os aspectos de índices reprodutivos da raça Nelore no Brasil, conforme o sistema integrado de avaliação genética, ao longo dos últimos anos a idade ao primeiro parto (IPP) e percentual de sucesso da STAY, em média está em 1.166 (39 meses) para IPP e 34,32% para STAY, respectivamente. O perímetro escrotal medido aos 365 (PE365) e ao sobreano (PE450), em média, apresenta 21,25 cm e 24,96 cm respectivamente. Estes índices mostram que apesar dos avanços obtidos para estas características nas últimas décadas, ainda há progressos a serem alcançados para melhorar a eficiência reprodutiva no país.

Características relacionadas com precocidade sexual e longevidade apresentam em geral baixa herdabilidade, pois são altamente influenciadas pelo ambiente (nutrição, manejo, sanidade) e possuem vários genes de pequeno efeito controlando a expressão destas características. Este fator tem impacto negativo sobre o ganho genético e a seleção, porém, não significa que progressos genéticos não possam ser alcançados. Estudos mostram que estas características dispõem de variação genética para seleção, apresentando as seguintes herdabilidades (direta): IPP (0,11), STAY (0,12), PE365 (0,35) e PE450 (0,34) (PMGZ, 2022). Assim, de acordo com as tendências genéticas e endogamia apresentada no banco de dados do PMGZ, a idade ao primeiro parto, stayability e perímetro escrotal vêm apresentando uma evolução genética consistente para a média da raça Nelore.

A idade ao primeiro parto (IPP), é comumente utilizada como critério de seleção em especial por ser uma característica de fácil mensuração. A IPP está associada a idade à puberdade dos animais, aos custos de produção e marca o início da vida produtiva das fêmeas (NÚÑEZ-DOMINGUEZ et al., 1991, PEROTTO et al., 2006). A redução da IPP representa para o produtor um retorno econômico mais rápido, um aumento da quantidade de peso vivo por hectare (PÖTTER et al., 1998) e um maior número de fêmeas em idade reprodutiva. Além disso, a obtenção da IPP não demanda custos adicionais ao produtor.

O perímetro escrotal (PE) tem se mostrado uma excelente indicadora da idade a puberdade em touros, sendo com frequência utilizada como critério de seleção em bovinos. Esta é uma característica avaliada nos machos, e apresenta

elevada correlação genética com características relacionadas à qualidade do sêmen (KNIGHTS et al., 1984), e a idade à puberdade de machos e fêmeas (MARTIN et al., 1992; e MOSER et al., 1996) e características de crescimento (LÔBO et al., 1994; BERGMANN et al., 1996). Além disso, o PE é uma variável de fácil mensuração e baixo custo, obtida através de uma fita métrica apropriada que circunda firmemente a parte anatômica mais larga da bolsa escrotal do animal, sem comprimir os testículos.

As características de longevidade de um rebanho são igualmente importantes para um sistema produtivo. Tendo em vista, que a habilidade de permanência no rebanho é um elemento que está associado a fatores produtivos, reprodutivos, nutricionais e econômicos. Animais pouco produtivos, prolíficos ou ineficientes em termos nutricionais trarão menor rentabilidade ao produtor e, por consequência, serão descartados mais cedo do rebanho, o que reduz a sua longevidade (VAN ARENDONK, 1986).

Outra característica capaz de avaliar a longevidade das fêmeas no rebanho é o número de partos/fêmeas até uma certa idade. Alguns autores têm utilizado diferentes idades como parâmetro para avaliar a eficiência reprodutiva e a habilidade de permanência das matrizes no rebanho (NEVES et al., 2012; KLUSKA et al., 2018; RAMOS et al., 2019). Em situações que envolvem o número de partos aos 53 meses de idade (NP53), existe a vantagem de se utilizar em detrimento da habilidade de permanência no rebanho, sendo possível ser medida mais cedo na vida do animal e ter a vantagem de considerar na avaliação desde fêmeas que nunca emprenharam (tardias) até aquelas que tiveram consecutivos sucessos em reconceber (super precoces) (NEVES et al., 2012).

3. Modelos de avaliação genética para características reprodutivas em bovinos de corte

Nos modelos de avaliação genética, os fatores ambientais que influenciam as características são em geral incluídos como efeitos fixos, nos grupos de contemporâneos (GCs). Os GCs incluem informações relativas ao ambiente no qual os animais viveram, ou seja, incluem os fatores ambientais que estes animais tinham em comum, como por exemplo, a fazenda, o ano ou estação de nascimento, ou grupos de manejo, etc. Existem diferentes definições

de grupos de contemporâneos que variam de acordo com a espécie, raça dos animais, sistema de manejo, característica avaliada, etc.

Os modelos de avaliação genética para características reprodutivas em geral utilizam o modelo animal, incluindo o valor genético aditivo dos animais como efeito aleatório e os grupos de contemporâneos como efeitos fixos. Estes têm concatenado informação de grupos de contemporâneo com características ao desmame do primeiro produto, por exemplo. SENA et al. (2013), avaliando parâmetros genéticos para a IPP, utilizaram como GC as informações de fazenda, estação de nascimento e lote de manejo aos 550 dias de idade. Em um estudo realizado por DIAS et al. (2004), foi estimado componentes genéticos para a IPP e compararam os resultados utilizando diferentes definições de GCs, encontrando pequenas variações na estimação da herdabilidade entre os diferentes grupos. SILVA et al. (2017) também avaliaram o impacto de diferentes definições de GC na resposta a seleção para o peso ao desmame em bovinos Nelore e concluíram que os melhores resultados foram obtidos ao utilizar 2,5, 3,0 e 3,5 desvios-padrão para remoção de outliers e um tamanho mínimo de 15 animais por GC.

A correta definição dos modelos de avaliação genética é imprescindível, para obtenção de valores genéticos acurados e confiáveis, além de auxiliar na correta classificação e seleção dos animais.

4. Detecção de genes candidatos para a seleção de características reprodutivas

A seleção de bovinos para características reprodutivas é desafiadora devido a estas características serem em geral de baixa herdabilidade, altamente influenciadas pelo ambiente e complexas, isto é, controladas por muitos pares de genes de pequeno efeito. Estas características também são expressas como resultado de uma orquestra de hormônios atuando sinergicamente em diferentes fases da vida dos animais.

Assim, na era pré-genômica os marcadores moleculares utilizados para avaliar estas características eram de certo modo limitados, pois não cobriam todo o genoma e apresentavam baixo grau de polimorfismo. Além disso, algumas metodologias eram dispendiosas e pouco eficientes para aplicação em grandes

populações. Marcadores do tipo microssatélites foram bastante utilizados na década de 90, até o início dos anos 2000 para a detecção de QTLs (*Quantitative Trait Loci*) associados com características reprodutivas em bovinos (ASHWELL et al., 2004). Estes marcadores são polimórficos e bem distribuídos no genoma, porém apresentam custo elevado, o que dificulta seu uso em larga escala para uma boa cobertura do genoma e um grande número de indivíduos, capturando apenas as regiões de maior efeito. Este fator limitou o uso destes marcadores na pecuária, assim, um pequeno número de QTLs puderam ser detectados com o uso de microssatélites em bovinos (GARRICK, 2011).

Nas últimas décadas, com o advento da era genômica, surgiram os painéis de marcadores SNP, com milhares de marcadores cobrindo todo o genoma (MEUWISSEN et al., 2001). Os SNPs são abundantes e bem distribuídos no genoma de todas as espécies de interesse econômico, sendo atualmente o marcador mais utilizado para a seleção genômica em larga escala. Os preços da genotipagem vêm decrescendo substancialmente nas últimas décadas, tornando a tecnologia acessível a muitos produtores. Há atualmente painéis de SNPs comerciais genotipados para características e raças específicas e serviços de genotipagem personalizados para genes específicos, como a Beta Caseína. Alguns painéis também têm incluído SNPs associados a características relacionadas com a precocidade sexual em bovinos.

Além da seleção genômica para diversas características reprodutivas (HUTCHISON et al., 2017, COSTA et al., 2019), a genômica também possibilitou a aplicação dos estudos de associação genômica ampla (GWAS) para estas características, a fim de identificar regiões genômicas associadas com características como IPP, PE, reconcepção de primíparas, entre outras (COSTA et al., 2015, IRANO et al., 2016, MELO et al., 2017).

Além da genômica, outras ômicas surgiram como ferramentas para auxiliar na compreensão dos mecanismos de regulação gênica dos caracteres complexos. A transcriptômica, por exemplo, consiste na análise das moléculas de RNA transcritos, e tem por objetivo principal determinar quais genes são expressos sob determinadas condições específicas. Já a proteômica, busca compreender quais proteínas são sintetizadas, sob certas situações. E a metabolômica, estuda todos os conjuntos de metabólitos (produtos finais de interações complexas) produzidos em uma célula.

As ômicas vêm sendo utilizadas para investigar diversos fenômenos relacionados com o sucesso reprodutivo em bovinos. Estudos de transcriptômica confirmaram que alterações nas dietas de fêmeas pré-puberes causou alteração na regulação do eixo hipolâmico relacionado com a expressão de genes chave associados ao início da puberdade (SANCHÉZ et al., 2021). COEN et al. (2023) também relacionaram a dieta em idades jovens com alterações no padrão de expressão gênica relacionada com o crescimento testicular em touros jovens, integrando estudos de transcriptômica e proteômica. Já FUNESHIMA et al. (2021) utilizaram estudos de metabolômica para investigar a produção de metabólitos relacionados com falhas na concepção de fêmeas bovinas. Os autores encontraram um metabolito relacionado com processos imunológicos e reconhecimento fetal sendo produzido em maiores níveis no plasma sanguíneo das fêmeas que apresentaram dificuldade em conceber.

Uma abordagem multi-ômica, é uma excelente ferramenta para a detecção de QTLs e pode ser utilizada para a seleção de animais sexualmente precoces, bem como para outras características reprodutivas de interesse. Com as ômicas um grande volume de dados vem sendo produzido e o grande desafio na atual era, conhecida como era “*big data*”, é conseguir armazenar, processar, integrar e interpretar todo o volume de informações gerado, traduzindo-o em eficiência e lucro ao produtor.

5. Disseminação de conhecimento sobre melhoramento genético animal a sociedade

O melhoramento genético é um instrumento de grande importância para a produção animal, uma ferramenta na qual permite os criadores aumentarem a eficiência na produção e a lucratividade (CARDOSO, 2009). Tendo em vista, que a criação de animais geneticamente superiores permite o uso mais eficiente dos recursos disponíveis, pois promove a melhoria permanente dos rebanhos e plantéis por meio de diferentes estratégias, sendo a seleção a mais comum. Assim, para atingir o objetivo, inúmeras características de interesse econômico necessitam ser monitoradas, tendo em vista, que os melhores níveis de produtividade são obtidos onde existe uma sintonia com a ambiente/sistema de

produção favorável, o que permite que os animais possam expressar todo seu potencial genético (ROSA et al., 2013).

A aplicação prática do conhecimento teórico de melhoramento genético a fim de promover a seleção de animais geneticamente superiores não é uma tarefa simples, e requer, portanto, o auxílio de profissionais capacitados na área. Conhecimentos computacionais, estatísticos e biológicos são requeridos no processo. Além disso, atualmente há muita informação disponível e de forma relativamente acessível nos veículos virtuais. Apesar da facilidade de acesso, muitas destas informações, em especial na área do melhoramento genético animal, não são de fontes seguras ou quando o são, encontram-se em uma linguagem técnica de alto nível, com acessibilidade restrita a um grupo seleto de pessoas especialistas da área.

Aliado a isso, o melhoramento genético é um tema ainda pouco discutido e compreendido por discentes, produtores e técnicos agropecuários que lidam diretamente com os animais à campo. De modo que muitas práticas realizadas nas propriedades são feitas empiricamente, sem um embasamento técnico-teórico, assim como a seleção de animais reprodutores e sistemas de cruzamentos nas mais diversas espécies de interesse zootécnico. Tal conhecimento é geralmente negligenciado ou aplicado de forma empírica pelo fato de os produtores não compreenderem seu papel e importância na produção animal.

A partir dessa lacuna existente nos meios de produção animal, instituições públicas desenvolvem projetos de extensão a fim de alavancar a popularização do conhecimento na área do melhoramento genético, tendo em vista, que um dos principais compromissos das instituições públicas de educação do país é contribuir com o progresso da sociedade. Assim, iniciativas que trabalham em prol da disseminação do conhecimento precisam ser incentivadas e fortalecidas, bem como parcerias com outras instituições que apresentam o mesmo objetivo.

Dessa forma, inúmeros projetos de extensão rural tem sido criados, com o intuito de criar ligações entre os resultados de pesquisa com a adoção de conhecimentos e tecnologias por produtores rurais (ALVES et al., 2016). Como por exemplo o grupo de melhoramento genético, criado em 2011 pelo Centro de Educação Superior do Oeste (UDESC), que teve por objetivo principal debater

sobre assuntos relacionados ao melhoramento animal e estabelecer na prática a campo os conhecimentos teóricos obtidos pelos discente durante as disciplinas. Outro projeto criado em uma instituição pública de ensino foi o grupo de estudos de melhoramento genético animal da Amazônia (MeGA), que inicialmente objetivou fornecer subsídios para a própria instituição, na Universidade Federal Rural da Amazônia, como também, para associações de criadores e empresas públicas e privadas que trabalham no segmento com o aumento da eficiência do processo produtivo por meio do melhoramento.

Neste contexto, em 2022 foi criado o GenePec, projeto de extensão do departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, que tem por intuito, popularizar conhecimento da área do melhoramento animal a estudantes, técnicos e produtores através de ciclos de palestras e divulgação de materiais de informação técnico-científica no formato on-line, via vídeos em mídias sociais e podcast para o público geral interessado na área do melhoramento genético animal. O GenePec vem criando uma interação positiva entre o meio acadêmico e o meio rural, com troca mútua de experiências.

Assim, o GenePec vem utilizando de ferramentas que maximizem a disseminação do conhecimento na área do melhoramento animal de forma simples e aplicada, que são de grande importância para promover aumento na produtividade. Percebe-se que há uma lacuna enorme entre Universidade e produtores. A experiência do Genepec mostra que os produtores querem ser ouvidos, que suas demandas em geral são bem mais simples que as elevadas pesquisas de ponta conduzidas nas universidades e que seu conhecimento é em geral muito limitado, o que demonstra a importância da formação em especial dos técnicos e profissionais que prestam atendimento a estes produtores.

6. Considerações finais

A correta modelagem dos efeitos fixos nos modelos de avaliação genética garantem que efeitos ambientais que afetam caracteres reprodutivos sejam considerados apropriadamente nos modelos, estimando valores genéticos com elevada acurácia e classificando corretamente os animais candidatos à seleção. Outras ferramentas que vêm auxiliando no aumento da acurácia e redução do

intervalo de gerações são os estudos genômicos e outras ômicas. Estes estudos têm auxiliado na compreensão da arquitetura genética de características complexas, como as reprodutivas. Apesar dos avanços que vêm ocorrendo na área do melhoramento genético nos últimos anos, boa parte deste conhecimento ainda não transpôs os limites das instituições de ensino e pesquisa. Ações de extensão que visem integrar meio acadêmico e meio rural com esforços na transmissão do conhecimento são, portanto, necessárias.

7. Referências bibliográficas

- ABCZ. Associação Brasileira de Criadores Zebu. Disponível em: <<https://www.abcz.org.br/>>. Acesso em: Ago. 12, 2023.
- ABIEC. **Rebanho bovino Brasileiro**. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. 2018. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/3rebanho.asp>>. Acesso em: Ago. 12, 2023.
- ABIEC. **Beef Report: Perfil da Pecuária no Brasil, 2023**. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Disponível em: <<https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2023-capitulo-01/>>. Acesso em: Ago. 12, 2023.
- ALVES, R. E. et al. **Extensão rural: seu problema não é a comunicação**. In: Ipea. Agricultura, Transformação Produtiva e Sustentabilidade. 2016, p.65-86.
- ASHWELL, MS et al. Detecção de loci de características quantitativas que afetam a produção de leite, saúde e características reprodutivas em bovinos Holandeses. **Revista de ciência láctea**, v.87, n.2, pág.468-475, 2004.
- BERGMANN, J.A.G., et al. Estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal e do peso corporal em animais da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.48, p.69-78, 1996.
- CAMPOS, W. E. et al. **Manejo reprodutivo em gado de corte**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados: 2005. 54 p. (Embrapa. Documentos, 134). Online. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC2009/27469/1/doc_134.pdf>. Acesso em: Ago. 12, 2023.
- CARDOSO, F. F. **Ferramentas e estratégias para o melhoramento genético de bovinos de corte**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2009. Online. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/657470>>. Acesso em: Ago. 12, 2023.
- COEN, S. et al. Early life nutrition affects the molecular ontogeny of testicular development in the young bull calf. **Scientific Reports**, 2023.

- COSTA, R. B. et al. Genome-wide association study of reproductive traits in Nelore heifers using Bayesian inference. **Genetics Selection Evolution**, 2015.
- COSTA, R. B. et al. Prediction of Genomic Breeding Values for Reproductive Traits in Nelore. **Teriogenologia**, 2019.
- COSTA, R. M. **Uso de informação genômica para estimação de Parâmetros genéticos para características de Crescimento e carcaça em bovinos nelore**. 2019. 61f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- DAY, M. L.; NOGUEIRA, G. P. **Management of age at puberty in beef heifers to optimize efficiency of beef production**. *Animal Frontiers*, v.3, n.4, p.6-11, 2013.
- DIAS, L. T. et al. Estimativas de herdabilidade para idade ao primeiro parto de novilhas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.97-102, 2004.
- FUNESHIMA, N. et al. Metabolomic profiles of plasma and uterine luminal fluids from healthy and repeat breeder Holstein cows. **BMC Veterinary Research**, 2021.
- GARRICK, D. J. **A natureza, escopo e impacto da previsão genômica em bovinos de corte nos Estados Unidos**. *Evolução da Seleção Genética*, v. 43, n. 1, pág. 1-11, 2011.
- HUTCHISON, J. L. et al. Genomic evaluation of age at first calving. **Dairy Science Association**, 2017.
- KLUSKA, S. et al. Estimation of genetic parameters for probability of calving up to 39 months of age, stayability and scrotal circumference in Nelore cattle. **Livestock Research for Rural Development**. v.30, n.82. 2018.
- KNIGHTS, S. A. et al. Estimates of heritabilities and of genetic and phenotypic correlations among growth and reproductive traits in yearling Angus bulls. **Journal of Animal Science**, v.58, n.4, p.887-93, 1984.
- IRANO, N. et al. Genome-Wide Association Study for Indicator Traits of Sexual Precocity in Nelore Cattle. **Plosone**, 2016.
- LÔBO, R. B. et al. Bivariate animal model analysis of growth weights and scrotal circumference of Nelore cattle in Brazil. In: **WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION**, 5, Guelph, Canada, 1994. p.199-202.
- LÔBO, R. N. B. Genetic parameters for reproductive traits of zebu cows in the semi-arid region of Brazil. **Livestock Production Science**, v.55, n.3, p.245-248, 1998.
- MARQUES, E. G. **Evolução fenotípica da raça nelore na associação**

- brasileira dos criadores de zebu.** 2018. 69f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa.
- MARTIN, L. C. et al. Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.4006-4017, 1992.
- MEUWISSEN, T. H. E.; HAYES, B. J.; GODDARD, M. E. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. **Genetics**, v.157, n.4, p.1819-1829, 2001.
- MELO, T. P et al. Genome-wide association study provides strong evidence of genes affecting the reproductive performance of Nelore beef cows. **Plos one**, 2017.
- MOSER, D. W. et al. Effects of selection for scrotal circumference in Limousin bulls on reproductive and growth traits of progeny. **Journal of Animal Science**, v.74, n.4 p.2052-2057, 1996.
- NEVES, H. H. R. et al. Genetic parameters for an alternative criterion to improve productive longevity of Nelore cows. **Journal of Animal Science**, v.90, n.12, p.4209-4216, 2012.
- NOGUEIRA, G. P. **Puberty in south american bos indicus (Zebu) cattle.** **Animal Reproduction Science**, v.82, p.361-372, 2004.
- NUÑEZ-DOMINGUEZ, R. et al. Lifetime production of beef heifers calving first at two vs. three years of age. **Journal of Animal Science**, v.69, p.3467-3479, 1991.
- OLIVEIRA, J. H. F.; MAGNABOSCO, C. U.; BORGES, A. M. S. M. **Nelore : Base Genética e Evolução Seletiva no Brasil.** Brasília: Embrapa Cerrados, 2002. Online. Available from: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/566499/1/doc49.pdf>>. Acesso em: Ago. 20, 2023.
- PEROTTO, D. et al. Estudos de características reprodutivas de animais da raça Canchim, criados a pasto, no estado do Paraná, Brasil. **Archives of Veterinary Science**, v.11, n.2, p.1-6, 2006.
- PMGZ. **Sistema Integrado de Avaliação Genética.** Available from: <https://www.abczstat.com.br/comunicacoes/sumario/default.aspx?acesso=publico>. Acesso em: Ago. 12, 2023.
- PÖTTER, L. et al. Produtividade de um modelo de produção para novilhas de corte primíparas aos dois, três e quatro anos de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 3, p. 613-619, 1998.
- RAMOS, P. V.B. et al. Genomic evaluation for novel stayability traits in Nelore cattle. **Reproduction in Domestic Animals**, v.55, n.3, p. 266-273, 2019.
- ROSA, A. N. *et al.* **Melhoramento genético aplicado em gado de corte.**

- Brasília: Embrapa Gado de Corte, 2013. 257p.
- SÁNCHEZ, J. M. et al. A high plane of nutrition during early life alters the hypothalamic transcriptome of heifer calves. **Scientific Reports**, 2021.
- SENA, J. S. S. et al. Parâmetros genéticos, tendências e resposta à seleção de características produtivas da raça Nelore na Amazônia Legal. **Atas de Saúde Ambiental**, v.1, n.1, p.1-13, 2013.
- SILVA, D. A. et al. Grupos contemporâneos na avaliação genética de bovinos Nelore utilizando inferência Bayesiana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 643-651, 2017.
- USDA. United states department of agriculture foreign agricultural service. **Livestock and Poultry: World Markets and Trade**. Online. Available from: <<https://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade>>. Acesso em: Ago. 12, 2023.
- VAN ARENDONK, J. A. M. Studies on the replacement policies in dairy cattle. IV. Influence of seasonal variation in performance and prices. **Livestock Production Science**, v. 14, n. 1, p. 15-28, 1986.
- YOKOO, M. J.; MAGNABOSCO, C. U.; ALBUQUERQUE, L. G. Características reprodutivas e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.1, p.91-100, 2012.

Autores

Thaise Pinto De Melo¹, Andreia Kasparly Zwirtes¹, Louise Belmonte Faverzani¹, Delvan Alves Silva², Roberto Carvalheiro³, Lucia Galvão Albuquerque⁴

1. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.
2. Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, MG, Brasil.
3. The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO, Canberra, Australia.
4. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil.