

Seleção genética para características de precocidade sexual em bovinos Nelore



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

DOCUMENTOS 346

Seleção genética para características de precocidade sexual em bovinos Nelore

*Ludmilla Costa Brunes
Claudio Ulhôa Magnabosco
Fernando Sebastian Baldi
Marcos Fernando Oliveira e Costa
Leticia Mendes de Castro
Marcelo Fernandes dos Santos
Luís Cândido Ribeiro de Queiroz
Nayanny Corrêa Guimarães*

Esta publicação está disponível no link:
<https://www.embrapa.br/cerrados/publicacoes>

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
embrapa.br/cerrados
embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da Unidade

Presidente
Marcelo Ayres Carvalho

Secretária-executiva
Marina de Fátima Vilela

Membros
Alessandra Silva Gelape Faleiro, Cícero Donizete Pereira, Gustavo José Braga, João de Deus G. dos Santos Júnior, Jussara Flores de Oliveira Arbues, Maria Edilva Nogueira e Shirley da Luz Soares Araujo

Secretárias
Maria Edilva Nogueira, Alessandra S. Gelape Faleiro

Supervisão editorial
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Revisão de texto
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Normalização bibliográfica
Fábio Lima Cordeiro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Leila Sandra Gomes Alencar

Foto da capa
JM Matos e Nelore Vera Cruz

Impressão e acabamento
Alexandre Moreira Veloso

1ª edição
1ª impressão (2018): tiragem 20 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

S464 Seleção genética para características de precocidade sexual em bovinos Nelore / Brunes, Ludmilla Costa... [et al]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2018.

38 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081; 346).

1. Reprodução Sexuada. 2. Precocidade Sexual. 3. Seleção Genética. 4. Parâmetro Genético. I. Brunes, Ludmilla. II. Série. III. Embrapa Cerrados

591.3 – CDD-21

Autores

Ludmilla Costa Brunes

Zootecnista, doutoranda em Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, estagiária da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO

Cláudio Uihôa Magnabosco

Zootecnista, doutor em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Fernando Sebastian Baldi Rey

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento Animal, professor da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP

Marcos Fernando Oliveira e Costa

Médico-veterinário, doutor em Fisiologia Animal, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO

Letícia Mendes de Castro

Médica-veterinária, doutora em Ciência Animal, bolsista da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores, Ribeirão Preto, SP

Luís Cândido Ribeiro de Queiroz

Graduando em Medicina Veterinária, estagiário da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Marcelo Fernandes dos Santos

Graduando em Zootecnia, estagiário da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO

Nayanny Corrêa Guimarães

Zootecnista, doutoranda em Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, estagiária da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Apresentação

A melhoria dos índices relacionados à reprodução e à precocidade sexual tem grande influência sobre a rentabilidade e a eficiência dos sistemas de produção de bovinos de corte. Uma das estratégias para atingir esse fim é a incorporação de características indicadoras de precocidade sexual em programas de seleção genética, tais como, perímetro escrotal nos machos. Outras características como idade à puberdade, a primeira concepção e ao primeiro parto, além da probabilidade de parto precoce, poderiam ser incorporadas ao critério de seleção, melhorando a eficiência de identificação e de seleção de fêmeas precoces. Essas características indicam animais que entrarão em puberdade e apresentarão o primeiro parto em idade mais baixa, antecipando a vida reprodutiva das fêmeas.

A antecipação da vida reprodutiva decorrente da seleção para precocidade sexual resulta no aumento do número de bezerras produzidas por matriz e da permanência das fêmeas no rebanho. Assim, é possível reduzir o ciclo de produção e o número de categorias improdutivas, resultando na amortização dos custos de manutenção dos animais.

Este documento discute a regulação e o desencadeamento da puberdade em bovinos da raça Nelore, sua importância para os sistemas de produção de bovinos de corte, bem como, os critérios de seleção genética que podem ser utilizados para identificação de animais que apresentem potencial para precocidade sexual, tais como, perímetro escrotal, idade à primeira prenhez e ao primeiro parto e probabilidade de parto precoce.

Claudio Takao Karia

Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução.....	9
Precocidade sexual e sua importância na produção animal	11
Puberdade e fatores que afetam a sua expressão	15
Critérios de seleção para precocidade sexual em bovinos de corte	20
Estudos de associação genômica e precocidade sexual em bovinos	28
Considerações finais	31
Referências	31

Introdução

O rebanho bovino brasileiro é constituído, principalmente, por raças zebuínas, que correspondem a 80% do rebanho nacional. Entre essas, a raça Nelore (*Bos indicus*) é a principal representante e equivale a 80% do rebanho zebuínico brasileiro (Rosa; Menezes, 2016). As raças zebuínas apresentam grande potencial de adaptação às regiões e ao clima tropical do Brasil em função da tolerância ao calor, resistência a parasitas e bom desempenho produtivo (Bianchini et al., 2006). Por outro lado, animais zebuínos são considerados mais tardios sexualmente, se comparados às raças taurinas (*Bos taurus*) (Sartori et al., 2010). Visando contornar esse problema, melhorar os índices reprodutivos, incrementar a produtividade e, conseqüentemente, a lucratividade da atividade, a pecuária de corte está passando por diversas transformações que têm como foco principal a busca por tecnologias que possibilitem atingir esses objetivos, principalmente, relacionadas ao potencial genético dos animais para a reprodução e precocidade sexual.

As características reprodutivas influenciam a rentabilidade de um rebanho de corte, chegando a ser, em índices de seleção, 14 vezes mais importantes economicamente do que características de crescimento (Brumatti et al., 2011) e resultam em sistemas de maior eficiência (Beretta et al., 2001). A eficiência econômica dos sistemas de produção pecuários está vinculada à produção de bezerros e bezerras, sendo esses destinados à reposição do rebanho ou à produção de carne, portanto, fonte de receita (Lima; Schraiber, 2011). Dessa forma, a rentabilidade do sistema de produção também está associada à precocidade sexual, que permite antecipar o período de vida reprodutiva das fêmeas e aumentar o número de bezerros produzidos por matriz (Pereira et al., 2002), dependente da idade de entrada da fêmea na fase reprodutiva. O aumento da precocidade sexual também reflete na redução do ciclo de produção, aumento da permanência da fêmea no rebanho e a amortização dos custos de manutenção dos animais (Silveira et al., 2010).

A exposição de animais mais jovens à reprodução, obtida por meio da seleção para precocidade sexual, também permite a redução do intervalo de gerações, contribuindo para o progresso genético anual (Forni; Albuquerque, 2006).

A melhoria da eficiência reprodutiva e o aumento nos índices de precocidade sexual podem ser obtidos pela identificação e pela multiplicação dos melho-

res genótipos dentro do rebanho, bem como, o oferecimento de condições ambientais que permitam a expressão desse potencial genético. Essa identificação é realizada pela adoção de características que possam ser utilizadas como critérios de seleção (Gressler, 2004). Assim, a inclusão de características reprodutivas e indicadoras de precocidade sexual nos programas de melhoramento genético é essencial para a maximização da eficiência econômica dos rebanhos.

Quando se deseja mensurar e elevar a eficiência do sistema de produção por meio do aumento da precocidade sexual das fêmeas, o critério mais confiável para os programas de melhoramento genético é a idade à puberdade, pois, além de ser indicador da precocidade sexual dos animais, indica o início da atividade reprodutiva das fêmeas (Marson, 2005). Ademais, essa característica apresenta herdabilidade moderada (Laster et al., 1979; Martin et al., 1992), o que justifica a adoção da idade à puberdade como critério de seleção de novilhas (Marson, 2005). Contudo, os critérios de seleção genética diretos para a redução da idade à puberdade não são facilmente caracterizados, pois envolvem avaliações complexas e de difícil mensuração para a coleta de informações (Albuquerque; Fries, 1997).

Em razão das dificuldades operacionais para implementação de programas de seleção para idade à puberdade, faz-se necessário a identificação de características indicadoras de precocidade sexual, que apresentem variabilidade genética, sejam de fácil mensuração e tenham correlação genética favorável com a idade à puberdade e outras características economicamente importantes (Oliveira et al., 2007). Entre essas, podem ser citadas a idade à primeira concepção e ao primeiro parto (Forni; Albuquerque, 2006; Grossi, 2006; Eler et al., 2010a; Laureano et al., 2011).

Nesse âmbito, objetivou-se abordar os critérios de seleção para precocidade sexual, os fatores que a influenciam e os impactos da sua utilização na bovinocultura de corte.

Precocidade sexual e sua importância na produção animal

A eficiência econômica dos sistemas de produção de bovinos está diretamente relacionada com a melhoria da eficiência reprodutiva e com a diminuição da idade à puberdade (Beretta et al., 2001; 2002; Baldi et al., 2008). Em novilhas Nelore, tem sido observada idade à puberdade variando de 22 a 36 meses (Souza et al., 1995), enquanto animais taurinos começam a ciclar com um ano de idade (Guimarães et al., 1999). Isso reflete na idade ao primeiro parto (IPP), que nos rebanhos brasileiros varia de 34 a 45 meses (Dias et al., 2004; Azevedo et al., 2006; Boligon et al., 2007; Eler et al., 2010a; Lobo et al., 2010).

A avançada IPP é uma das principais causas da baixa eficiência econômica dos criatórios de bovinos em regiões de clima tropical, sendo, muitas vezes, atribuída ao atraso do aparecimento do primeiro cio fértil (Albuquerque; Fries, 1997; Silveira et al., 2004; Azevedo et al., 2006; Almeida; Pinho, 2013). Esse fato também é reflexo da menor pressão de seleção exercida nos criatórios de zebuínos em comparação aos de taurinos e também à uma dieta de baixa disponibilidade de nutrientes, muito comum na estação seca (Matos, 2013).

Alguns estudos demonstraram, entretanto, que a elevada idade à primeira parição é resultado da exposição tardia das fêmeas à reprodução por parte dos produtores, manejo realizado a fim de que as novilhas atinjam condição e peso corporal adequados para que não haja comprometimento do desempenho futuro (Dias et al., 2004; Albuquerque et al., 2007). Isso ocorre porque algumas das características indicadoras de precocidade sexual apresentam baixa herdabilidade, são de difícil mensuração e interpretação. Assim, a determinação de uma idade ou peso para início da vida reprodutiva é encarada como um manejo mais fácil, apesar de não ser o mais vantajoso (Dias et al., 2004). Os resultados obtidos nessas pesquisas permitem inferir que a entrada tardia na reprodução é fator mais relacionado ao manejo ao qual os animais são submetidos do que a fatores intrínsecos deles, como o potencial genético. Dessa forma, o desenvolvimento de estratégias nutricionais e de manejo adequadas, com exposição precoce à reprodução, com garantias de desenvolvimento corporal adequado e gestação concomitante, permite ex-

plorar com maior eficácia o potencial produtivo e reprodutivo do rebanho brasileiro, facilitando inclusive a identificação dos animais superiores.

Em adição, há variabilidade genética para idade à puberdade e ao primeiro parto e para prenhez precoce (PP) (Pereira et al., 2002; Dias et al., 2004; Eler et al., 2004) em zebuínos, o que viabiliza a seleção e também a obtenção de ganhos genéticos para precocidade sexual. Além disso, quando as fêmeas são expostas ao reprodutor ou inseminadas em menor idade, em torno de 12 a 18 meses de idade, a variância genética de IPP e a herdabilidade são maiores (Pereira et al. 2002; Dias et al., 2004). Programas de desafio para precocidade sexual de fêmeas, tal como o programa de seleção para precocidade sexual da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (Vozzi, 2008), são um exemplo de manejo que pode influenciar nos parâmetros genéticos do rebanho para precocidade sexual.

O desafio para precocidade sexual consiste na exposição à reprodução das novilhas que estiverem com 11 a 20 meses de idade no início da estação de monta. Todas as novilhas do rebanho são inseminadas ou expostas a touros durante a estação de monta e submetidas às mesmas condições ambientais. Ao final da estação de monta, é realizado diagnóstico de gestação, mediante palpação retal ou avaliação por ultrassonografia, sendo as novilhas prenhes consideradas precoces e as demais, convencionais (Vozzi, 2008). Desse modo, as fêmeas precoces sexualmente são aquelas que apresentam aptidão para reprodução em menor idade, se comparada com a média da raça ou da população avaliada (Tanaka, 2010). Os dados obtidos a campo possibilitam a avaliação das características utilizadas como critério de seleção para precocidade sexual, tais como probabilidade de parto precoce (3P), idade à primeira concepção e ao primeiro parto (Vozzi, 2008; Eler et al., 2010a; Lobo et al., 2010; Luna-Nevarez et al., 2010; Laureano et al., 2011; Almeida; Pinho, 2013).

Apesar de a eficiência reprodutiva e de a precocidade sexual serem afetadas pelas condições do ambiente, a seleção genética pode resultar em benefícios econômicos de forma mais gradual do que as alterações no manejo, e também mais duradouras, em consequência da alteração da composição genética do rebanho como um todo (Azevedo et al., 2006; Laureano et al., 2011), o que dá respaldo a seleção genética para precocidade sexual.

O desempenho produtivo das novilhas depende da idade em que essas entram em reprodução. Fêmeas que atingem a puberdade de forma antecipada também tendem a apresentar maior habilidade de permanência no rebanho (Formigoni et al., 2006), visto que tem sido observada alta correlação genética (0,82) entre prenhez precoce e a longevidade da vaca (Van Melis et al., 2010). Assim, ao se selecionar para precocidade sexual, realiza-se seleção indireta para longevidade e quanto mais cedo as fêmeas apresentarem o primeiro parto, maior será a duração da sua vida reprodutiva. Além disso, novilhas que atingem a maturação sexual mais jovens também tendem a apresentar menores intervalos de partos (Luna-Nevarez et al., 2010). Dessa forma, as vantagens econômicas advindas da seleção para precocidade sexual se baseiam, principalmente, no maior número de filhos por matriz (Dias et al., 2004).

A seleção para precocidade sexual resulta na amortização anual dos custos de criação e na redução dos custos de manutenção de novilhas em desenvolvimento, além da antecipação da recuperação do capital investido (Schwengber et al., 2001). De fato, estudos de simulação desenvolvidos por Porttler et al. (2000) e Teixeira et al. (2002) demonstraram que há aumento na taxa de desfrute e na receita, oriundos da antecipação da idade ao primeiro parto.

Em sistemas em que os animais apresentam a primeira parição aos 4 anos de idade, são observadas taxas de desfrute em torno de 10%, em sistemas em que esta idade é de 3 anos, esse índice pode ser quase duplicado, enquanto em sistemas com o primeiro parto aos 24 meses, essa taxa pode atingir até 40%. Em consonância, Eler et al. (2010a) citaram que a redução da idade ao primeiro parto de três para dois anos produz um aumento de 16% no retorno econômico do sistema de produção. Com isso, rebanhos submetidos à seleção para antecipação do primeiro parto apresentam acréscimo na receita bruta da atividade e também na rentabilidade (Albuquerque; Fries, 1997; Beretta et al., 2001; 2002; Formigoni, 2002; Silveira et al., 2004; Brumatti et al., 2011).

Dada a necessidade de que as novilhas de raças zebuínas atinjam pelo menos 65% do peso adulto para serem expostas à reprodução e engravidarem, gerarem e parirem um bezerro sadio, são necessários manejos nutricionais, sanitários e reprodutivos diferenciados para que as fêmeas atinjam peso e condição corporal adequados em idade jovem (Silva et al., 2005), sem prejuízo no intervalo entre partos. A adoção de manejo com essa finalidade poderia

resultar em maior custo de produção. Contudo, estudos demonstram que se a primeira prenhez acontecer aos 14 meses, ao invés dos 24 meses, os custos de produção diminuem, mesmo com os manejos preparatórios para as fêmeas jovens (Formigoni et al., 2006; Monsalves, 2008).

Mesmo com o incremento da alimentação para que as fêmeas atinjam o peso mínimo para início da fase reprodutiva, o custo do capital de formação da matriz será reduzido, pois ela entrará em reprodução de forma antecipada, gerando pelo menos um bezerro a mais ao final da vida reprodutiva. Sendo assim, quanto mais jovens as novilhas ficarem prenhes, mais rentável é para o sistema (Monsalves, 2008).

A seleção para precocidade sexual também possibilita redução no intervalo de gerações. Esse efeito é atribuído à possibilidade de as fêmeas serem utilizadas mais jovens, assim que atingem a puberdade (Mucari et al., 2011). Rebanhos sujeitos à seleção para precocidade e fertilidade sexual possuem maior disponibilidade de animais, seja para seleção ou para venda. Assim, o aumento da precocidade sexual também aumenta a eficácia dos programas de seleção genética, pois permite aumentar a intensidade de seleção, com a substituição de animais em menor período de tempo, renovando o material genético e aumentando a taxa de desfrute dos animais, o que leva ao aumento na produção e disponibilidade de carne e também da rentabilidade dos sistemas (Schwengber et al., 2001).

A relação entre progresso genético e intervalo de gerações é inversamente proporcional, pois à medida que se reduz o intervalo de gerações, o progresso genético aumenta. Já a intensidade de seleção e o progresso genético tem relação diretamente proporcional, de forma que o aumento de um promove aumento simultâneo do outro (Bonifácio et al., 2009; Cardoso, 2009). Dessa forma, a maior intensidade de seleção em conjunto com a redução do intervalo de gerações reflete no maior progresso genético. Além disso, dada a influência das características relacionadas à precocidade sexual na produtividade, na rentabilidade e no progresso genético, a adoção dessas práticas como critérios de seleção e utilização em programas de seleção genética é fundamental ao sucesso econômico, produtivo e genético dos sistemas de bovinos de corte (Monsalves, 2008; Eler et al., 2010b; Tanaka, 2010; Brumatti et al., 2011; Laureano et al., 2011; Moreira, 2011; Sena et al., 2013; Lanna, 2015).

Puberdade e fatores que afetam a sua expressão

A puberdade nas fêmeas bovinas é definida como um marco a partir do qual estas desenvolvem a capacidade de se reproduzir, apresentando o primeiro cio e ovulação, seguida pelo desenvolvimento de um corpo lúteo com fase luteal normal para a espécie. Esse conceito não é necessariamente sinônimo de maturidade sexual, embora sejam dependentes (Sá Filho; Baruselli, 2011). A regulação dos processos reprodutivos na puberdade ainda não está totalmente entendida e, apenas quando é atingida a maturidade sexual, é que esses processos se estabilizam. Ainda que um animal já tenha se apresentado púbere com a primeira ovulação, a maturidade sexual só é atingida após três ou quatro ciclos estrais consecutivos e completos, acompanhados de sinais de estro. Assim, a maturidade sexual é um processo gradual que tem início com a puberdade, e a fertilidade aumenta nos ciclos estrais subsequentes (Gottschall, 2011).

Ao atingir a puberdade, as fêmeas passam a apresentar uma ciclicidade ovariana, que se dá em razão de um desenvolvimento folicular, que culminará na manifestação do estro e na capacidade destas se tornarem gestantes (Willians; Amstalden, 2010). Essa fase envolve a transição de um período sem ovulações para outro, no qual, estas passam a ocorrer de forma regular (Moran et al., 1989). O desencadeamento da puberdade, seguido da maturidade sexual, é um processo ocasionado por um complexo mecanismo neuroendócrino. Esse processo é controlado por uma série de eventos hormonais, sendo a etapa final de inúmeras alterações fisiológicas e morfológicas afetadas por diversos fatores (Sá Filho; Baruselli, 2011). Para obtenção de animais mais precoces, seja por meio da seleção genética ou de técnicas de manejo, faz-se necessário, portanto, o conhecimento desses processos e fatores envolvidos, a fim de se obterem técnicas de manejo e também características que possam ser utilizadas como critérios para seleção de animais com essa finalidade. Entre estes, podem ser citados fatores intrínsecos do animal, como o componente genético, idade e condição corporal; e também os fatores ambientais, nutricionais e reprodutivos, que podem ser manipulados por práticas de manejo (Pereira et al., 2000).

Os processos que levam à sinalização para o desencadeamento da puberdade ocorrem em razão da diminuição da sensibilidade do hipotálamo ao

feedback negativo de estradiol (Day et al., 1987; Semmelmann et al., 2001), ocasionada pela redução do número de receptores desse hormônio no hipotálamo e na adeno-hipófise. Essa redução ocorre progressivamente com o avançar da idade dos animais e, permite o aumento da secreção de gonadotrofinas e também da resposta a estas, estimulando ainda mais o desenvolvimento folicular (Day et al., 1987; Rawlings et al., 2003), por sinalização interna concomitante ao crescimento corporal e, também a partir de fatores externos (Emerick et al., 2009). Desse modo, esses mecanismos endócrinos e alterações hormonais culminam na puberdade e ativação do sistema reprodutivo (Semmelmann et al., 2001). Essas alterações nas respostas dos neurotransmissores estimulatórios e inibitórios, resultantes da maturação do eixo hipotalâmico-hipofisário, são reguladas pela idade e pela disponibilidade de energia (Day et al., 1987), que influenciam as taxas de crescimento e desenvolvimento corporal (Maquivar, 2011).

Nesse período que antecede a puberdade das fêmeas, o declínio progressivo da resposta hipotalâmica ao estradiol é seguido do aumento da estimulação hipofisária e da secreção de altas concentrações de hormônio luteinizante (LH), como resultado da secreção de hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) (Figura 1) (Day et al., 1987). O aumento da pulsatilidade de LH atua nas gônadas, favorecendo o crescimento de folículos antrais e a síntese de estradiol. A elevação da concentração plasmática desse hormônio, por sua vez, induz o comportamento estral e, juntamente com a regulação hipotalâmica, leva a liberação de uma onda pré-ovulatória de LH, que induz a ovulação (Day et al., 1987). Também para que a gestação, o parto e a lactação ocorram é necessário que o animal esteja próximo de completar seu desenvolvimento e crescimento corporal, sinalizando que o gasto de energia com essas etapas da vida esteja diminuindo, podendo ser direcionado à reprodução. Portanto, tais mecanismos endócrinos e alterações hormonais culminam na puberdade e conseqüente ativação do sistema reprodutivo (Semmelmann et al., 2001).

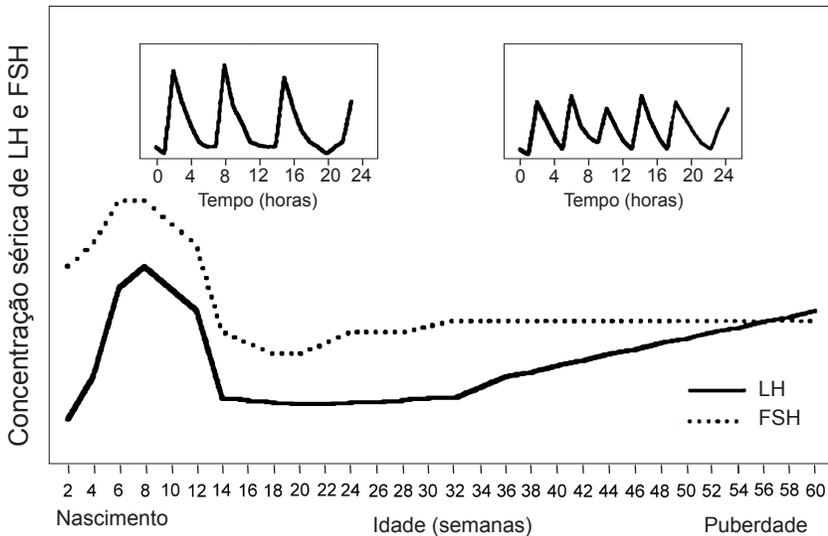


Figura 1. Concentrações séricas de LH (hormônio luteinizante) e de FSH (hormônio foliculo estimulante), do nascimento à puberdade em fêmeas bovinas.

Fonte: Adaptado de Rawlings et al., 2003.

Os mecanismos fisiológicos envolvidos na manifestação da puberdade estão diretamente relacionados com a genética dos animais. Um exemplo clássico disso são as diferenças reprodutivas entre zebuínos e taurinos, sendo os primeiros considerados mais tardios (Sartori et al., 2010). Via de regra, as diferenças entre essas subespécies são atribuídas à variação no ambiente em que estas foram originalmente exploradas, bem como ao processo de seleção ao qual foram submetidas, tendo os zebuínos passado por menor pressão de seleção para características relacionadas à precocidade e fertilidade sexual em comparação aos taurinos (Chenoweth, 1994).

Além disso, a puberdade é um processo complexo que envolve diferentes fatores intrínsecos ao organismo animal, tais como pedigree, segregação de genes e associação entre eles, influenciando a expressão de genes que tem relação com a puberdade (Matos, 2013), assim como a taxa de crescimento e peso corporal. Entretanto, por terem sido submetidas à menor pressão de seleção, as raças zebuínas sofreram menor interferência humana apresentando maior variabilidade genética, em relação às raças taurinas, com consequente maior potencial de seleção (Nogueira, 2004).

Um dos principais fatores ambientais que influenciam a puberdade é o nível nutricional e, conseqüentemente, o peso corporal, principalmente, em situações em que as exigências nutricionais dos animais não são supridas, seja pela falta de forragem, seja pela falta de alimento suplementar (Azevedo et al., 2006). Assim, condições de manejo alimentar e ambientais associadas à sazonalidade na disponibilidade e na qualidade da forragem podem prejudicar o ganho em peso, o desenvolvimento e o crescimento animal e, com isso, atrasar o início da vida reprodutiva, prejudicando os demais ciclos estrais (Coutinho; Rosário, 2010).

A deficiência nutricional em novilhas exerce efeito negativo na secreção de hormônios ligados à reprodução pelo hipotálamo, tanto pela falta de energia aos processos metabólicos, quanto pela redução de substratos importantes à produção destes, podendo atrasar a primeira ovulação. Por outro lado, a nutrição adequada beneficia a reserva corporal que, por sua vez, beneficia a secreção de hormônios reguladores dos efeitos relacionados com o desencadeamento da puberdade. A associação do desencadeamento da puberdade com a nutrição pode ser atribuída à influência dessa segunda sobre os pulsos de LH, provavelmente, pela modulação da liberação de GnRH, antecipando a manifestação da puberdade (Gasser et al., 2006).

Maiores taxas de ganho em peso durante a fase que antecede a entrada na reprodução proporcionam maior e mais rápido desenvolvimento do aparelho reprodutivo, levando à antecipação da puberdade, além de maiores taxas de prenhez e fertilidade. Portanto, o peso e o ganho em peso estão diretamente relacionados à idade à puberdade, de forma que o manejo das novilhas deve ser direcionado para estimulá-las e garantir que elas atinjam peso mínimo para conceberem (Chenoweth, 1994; Day et al., 1987; Nogueira, 2004; Gasser et al., 2006; Maquivar, 2011). De fato, Silva et al. (2005), ao avaliarem novilhas Nelore em diferentes idades de acasalamento, observaram que a antecipação da idade de entrada da reprodução de 24 para 18 meses de idade é biologicamente possível. Em adição, os autores citam que os índices reprodutivos podem ser melhorados se as fêmeas forem submetidas, na fase de recria, à um manejo nutricional que permita maiores ganhos em peso.

Embora animais bovinos não sejam considerados sazonais, o nível nutricional do alimento ofertado influencia a manifestação da puberdade. Dessa forma, como as pastagens no Brasil Central estão sujeitas à sazonalidade de

produção, a estação e o mês de nascimento também apresentam impacto na idade das fêmeas à puberdade. Em geral, parte da primavera e todo o verão apresentam chuva e temperatura do ar favoráveis à produção forrageira, enquanto outono e inverno apresentam pouca ou nenhuma chuva, que aliado às temperaturas mais baixas diminuem a disponibilidade e a qualidade da forragem (Penso et al., 2009).

Dessa forma, para estabelecer a melhor época para a início da estação de monta, bem como para expor as fêmeas à reprodução, devem ser levados em consideração os efeitos de estacionalidade de pastagens, considerando a oferta de alimento (Azevêdo et al., 2005; 2006). Silveira et al. (2004), ao avaliarem dados de bovinos da raça Nelore a pasto, observaram média de 42 meses para idade ao primeiro parto, com influência do mês de nascimento das novilhas, apresentando tendência de acréscimo na idade à primeira parição a partir de agosto (44 meses) e menor idade em novembro (40 meses). Apesar de os autores atribuírem parcialmente essa diferença ao atraso da inseminação das novilhas que nasceram no início da estação de monta, a principal explicação é em razão da sazonalidade da produção de forragem e da variação no nível nutricional, todavia as fêmeas nascidas no final da estação encontram melhores condições de qualidade e disponibilidade de forragem (Silveira et al., 2004). Assim, as condições climáticas influenciam o desencadeamento da puberdade nas fêmeas e, conseqüentemente, a idade à primeira parição, evidenciando ser essas características dependentes das condições nutricionais, às quais os animais são submetidos.

O manejo reprodutivo ao qual as fêmeas são submetidas também influencia o desencadeamento da puberdade, por fatores como a idade em que as fêmeas são expostas aos machos, que atuam como bioestimulação para que as novilhas iniciem a vida reprodutiva (Moreira, 2011). O efeito da bioestimulação, que consiste na permanência de novilhas com touros ou fêmeas sexualmente maduras no período que antecede a estação de monta, tem demonstrado ser uma alternativa viável para antecipar a idade à puberdade, por meio da estimulação da atividade reprodutiva pela ativação do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (Quadros; Lobato, 2004).

O manejo e o status sanitário também exercem efeito sobre a idade à puberdade de novilhas, por estarem diretamente relacionados ao consumo de alimentos, ao ganho em peso e ao peso corporal. Enfermidades prejudicam

o desenvolvimento dos animais, principalmente dos jovens, por serem mais susceptíveis e possuírem sistema imune ainda em maturação, retardando a maturação corporal (Nepomuceno, 2013).

Critérios de seleção para precocidade sexual em bovinos de corte

A característica indicadora de precocidade sexual mais utilizada como critério de seleção é o perímetro escrotal (PE) mensurado nos machos, visto que este apresenta facilidade de mensuração e permite maior intensidade de seleção, diferentemente de outras características reprodutivas. Em adição, esse parâmetro apresenta variabilidade genética, alta confiabilidade e repetibilidade e é utilizado como indicador da qualidade espermática e produção de sêmen, além de estar associado à libido de touros e, conseqüentemente, a maior fertilidade (Pereira et al., 2002).

O crescimento do perímetro escrotal em bovinos é comumente avaliado aos 365 e 450 dias de idade (PE365 e PE450). Esse crescimento é inicialmente lento, seguido por uma tendência linear quadrática, apresentando crescimento acelerado entre 7 e 18 meses de idade e uma posterior redução no crescimento, após a puberdade. Dessa forma, a seleção para perímetro escrotal realizada aos 365 dias de idade está relacionada à precocidade sexual (Gressler, 2004).

O perímetro escrotal apresenta estimativa de herdabilidade mais alta que outras características reprodutivas, apresentando maior facilidade de seleção e incorporação no manejo do rebanho. Os valores para herdabilidade de PE variam de 0,25 a 0,51 (Pereira et al., 2002; Boligon et al., 2007; Yokoo et al., 2007). Na Tabela 1, estão apresentados os coeficientes de herdabilidade direta relatados na literatura para PE365 em bovinos da raça Nelore. Essa característica apresenta correlação genética favorável com outras características reprodutivas e de crescimento, tais como idade ao primeiro parto e pesos corporais (Silva et al., 2000). Na Tabela 2, estão apresentados os coeficientes de correlação genética entre PE365 e características de crescimento, reprodução e carcaça em bovinos da raça Nelore.

Tabela 1. Estimativas de herdabilidade (h^2) para características indicadoras de precocidade sexual em bovinos da raça Nelore.

Característica ⁽¹⁾	Número de observações	h^2	Autor
PE365	14.521	0,25	Boligon et al., 2007
	11.543	0,37	Guimarães, 2016
	34.433	0,39	Vozzi, 2008
	18.747	0,41	Moreira, 2011
	20.702	0,46	Laureano et al., 2011
	25.358	0,47	Pereira, Eler e Ferraz, 2002
	3.064	0,48	Grossi, 2006
	5.377	0,48	Yokoo et al., 2007
3P	8.564	0,51	Gressler et al., 2004
	4.281	0,35	Paterno, 2015
	84.952	0,48	Vozzi, 2008
	30.101	0,52	Silva et al., 2005
IPC	30.027	0,54	Tekarato, 2011
	1.695	0,21	Brunes, 2016
IPP	3.318	0,03	Grossi, 2006
	7.827	0,10	Guimarães, 2016
	9.932	0,11	Boligon et al., 2007
	84.952	0,11	Vozzi, 2008
	26.050	0,15	Laureano et al., 2011
	6.290	0,16	Dias et al., 2004
	6.030	0,19	Pereira, Eler e Ferraz, 2002
	13.329	0,20	Moreira, 2011
3.937	0,21	Azevedo et al., 2006	

⁽¹⁾ PE365 – perímetro escrotal aos 365 dias de idade; 3P – probabilidade de parto precoce; IPC – idade a primeira concepção; IPP – idade ao primeiro parto.

Tabela 2. Estimativas de correlação genética entre características indicadoras de precocidade sexual e características de crescimento, reprodução e carcaça em bovinos da raça Nelore.

Característica ⁽¹⁾		Número de observações	$r_g^{(2)}$	Autor
PE	PN	24.520	0,02	Guimarães, 2016
	P120	5.377	0,57	Yokoo et al., 2007
	P120	30.368	0,46	Guimarães, 2016
	P210	123.681	0,24	Laureano et al., 2011
	P210	28.744	0,53	Guimarães, 2016
	P365	25.377	0,39	Guimarães, 2016
	P450	23.872	0,29	Guimarães, 2016
	PAV	1.214	-0,31	Guimarães, 2016
PE	PE450	11.523	0,91	Mamede, 2015
	PE450	11.523	0,91	Mamede, 2015
	PAC	1.661	0,08	Grossi, 2006
	PAC	7.490	0,61	Mamede, 2015
	PAC	3.776	0,69	Guimarães, 2016
	IPP	6.030	-0,39	Pereira, Eler e Ferraz, 2002
	DPP	94.637	0,02	Pereira, Eler e Ferraz, 2002
	DG	31.016	0,02	Pereira, Eler e Ferraz, 2002
	AOL	11.302	0,36	Mamede, 2015
	AOL	1.601	-0,05	Guimarães, 2016
	EG	11.269	0,13	Mamede, 2015
	EG	1.601	0,62	Guimarães, 2016
	EGP8	1.602	0,28	Guimarães, 2016
3P	WBSF	454	-0,13	Mamede, 2015
	P450	26.259	0,23	Paterno, 2015
	PE365	34.433	0,43	Vozzi, 2008
	STAY	2.524	0,50	Paterno, 2015
	IPP	6.436	-0,91	Paterno, 2015
	EG	1.804	0,19	Andrade, 2015
MARM	1.909	0,20	Andrade, 2015	

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Característica ⁽¹⁾		Número de observações	$r_g^{(2)}$	Autor
IPC	PN	4.081	-0,17	Brunes, 2016
	P120	3.158	-0,41	Brunes, 2016
	P210	3.222	-0,40	Brunes, 2016
	P365	2.846	-0,43	Brunes, 2016
	P450	2.157	-0,51	Brunes, 2016
	GMDPRE	3.070	-0,25	Brunes, 2016
	GMDPOS	2.051	-0,29	Brunes, 2016
	AOL	1.906	-0,62	Brunes, 2016
	EG	1.844	-0,45	Brunes, 2016
	EGP8	1.299	-0,39	Brunes, 2016
	MAR	1.137	-0,33	Brunes, 2016
	PCQ	1.952	-0,45	Brunes, 2016
	EG	1.844	-0,45	Brunes, 2016
	EGP8	1.299	-0,39	Brunes, 2016
	MAR	1.137	-0,33	Brunes, 2016
	PCQ	1.952	-0,45	Brunes, 2016
	PPC	1.952	-0,40	Brunes, 2016
	PE365	1.397	-0,41	Brunes, 2016
	PE450	1.260	-0,61	Brunes, 2016
	PG	1.538	0,14	Brunes, 2016
IDP	1.195	-0,17	Brunes, 2016	
IPC	FR	1.182	-0,37	Brunes, 2016
	PAC	1.469	-0,56	Brunes, 2016

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Característica ⁽¹⁾		Número de observações	$r_g^{(2)}$	Autor
IPP	PN	24.520	0,21	Guimarães, 2016
	P120	30.368	0,14	Guimarães, 2016
	P210	123.681	-0,16	Laureano et al., 2011
	P210	28.744	0,24	Guimarães, 2016
	P365	1.685	-0,36	Grossi, 2006
	P365	25.377	-0,02	Guimarães, 2016
	P450	1.677	-0,31	Grossi, 2006
	P450	23.872	0,02	Guimarães, 2016
	PAV	1.214	-0,09	Guimarães, 2016
IPP	PE365	18.747	-0,40	Moreira, 2011
	PAC	7.490	-0,69	Mamede, 2015
	PAC	3.776	-0,70	Guimarães, 2016
	PG	4.066	0,22	Azevedo et al., 2006
	PS	1.993	0,63	Azevedo et al., 2006
	FR	1.080	-0,89	da Silveira et al., 2004
	IDP	6.473	0,05	Azevedo et al., 2006
	NSC	2.339	0,09	Azevedo et al., 2006
	AOL	11.302	-0,25	Mamede, 2015
	AOL	1.601	-0,13	Guimarães, 2016
	EG	11.269	-0,28	Mamede, 2015
	EG	1.601	0,05	Guimarães, 2016
	EGP8	11.242	-0,23	Mamede, 2015
	EGP8	1.602	0,12	Guimarães, 2016
	WBSF	454	-0,61	Mamede, 2015

⁽¹⁾ N – peso ao nascer; P120 – peso aos 120 dias de idade; P210 – peso aos 210 dias de idade; P365 – peso aos 365 dias de idade; P450 – peso aos 450 dias de idade; PAV – peso adulto da vaca; GMDPRE – ganho médio diário pré-desmame; GMDPOS – ganho médio diário pós-desmame; PE365 – perímetro escrotal aos 365 dias de idade; PE450 – perímetro escrotal aos 450 dias de idade; PAC – produtividade acumulada; STAY – stayability; DPP – dias para o parto; DG – duração da gestação; PG – período de gestação; IDP – intervalo de parto; FR – fertilidade real; NSC – número de serviços por concepção; AOL – área de olho de lombo; EG – espessura de gordura subcutânea; EGP8 – espessura de gordura subcutânea na garupa; MAR – marmoreio; PCQ – peso carcaça quente; PPC – peso da porção comestível; WBSF – força de cisalhamento; 3P – probabilidade de parto precoce; IPC – idade à primeira concepção; IPP – idade ao primeiro parto.

⁽²⁾ r_g – correlação genética.

Contudo, tem sido observado correlações de baixa magnitude em algumas populações para perímetro escrotal e é uma característica mensurada apenas em machos, indicando a necessidade de inclusão de outras características associadas à eficiência reprodutiva e ao perímetro escrotal e que possam ser mensuradas diretamente nas fêmeas. A inclusão de características associadas à fertilidade das fêmeas, como critério de descarte e seleção, permitirá melhorar o desempenho reprodutivo do rebanho, assim como aumentar o ganho genético anual (Pereira et al., 2002; Boligon et al., 2007).

Estudos demonstram que o progresso genético poderia ser maior se, ao invés de utilizarmos o PE como critério de seleção, fossem utilizadas características mensuradas diretamente nas fêmeas (Eler et al., 2010a). Entre essas características, a idade à puberdade, a idade ao primeiro parto e a probabilidade de prenhez precoce são as que apresentam maior relevância econômica, visto que marca o início da fase púber, com o aparecimento do cio fértil e também da vida reprodutiva da fêmea, determinando a probabilidade de parto precoce (Eler et al., 2004).

A análise do início da vida reprodutiva da fêmea bovina no campo é de difícil realização, pois necessita de avaliações complexas para a coleta de informações, como a observação do primeiro cio fértil, por meio de palpação retal ou ultrassonografia ou ainda estudos hormonais (Albuquerque; Fries, 1997; Marson, 2005).

Em decorrência das dificuldades para avaliação da idade à puberdade, tem sido sugerida a avaliação de outras características que apresentem maior facilidade de mensuração e que possam ser utilizadas como critério de seleção para precocidade sexual, tais como a prenhez precoce e as idades à primeira concepção e ao primeiro parto.

Muitos estudos têm sido realizados envolvendo a ocorrência ou probabilidade de prenhez precoce (3P), avaliada como característica binária, como critério de seleção para precocidade sexual, que é uma característica de limiar obtida da seguinte forma: dado que todas as novilhas tiveram oportunidade de conceber, é atribuído 1 (sucesso) para as que conceberam e 0 (fracasso) para as que falharam (Eler et al., 2010a). Essa característica apresenta baixo custo de avaliação e requer apenas que as novilhas sejam expostas à reprodução próximo a uma idade padrão (11 meses, por exemplo), independentemente

do peso e da condição corporal (Eler et al., 2010a). Em adição, há a possibilidade de obtenção da característica em todas as fêmeas contemporâneas, mesmo as que não conceberam, não havendo penalidade, mantendo a variação genética moderada a alta e levando em consideração a fertilidade inerente (Silva et al., 2005). A herdabilidade para 3P observada na literatura é de alta magnitude, variando entre 0,35 a 0,53 (Tabela 1). Essas vantagens justificam a utilização de probabilidade de parto precoce como critério de seleção genética para bovinos.

Os coeficientes de correlação genética entre 3P e características produtivas e reprodutivas indicam que a seleção para precocidade sexual e redução da idade ao primeiro parto utilizando o 3P como critério de seleção leva ao aumento do peso corporal, perímetro escrotal e habilidade de permanência da fêmea no rebanho (Tabela 2).

Apesar de já existirem metodologias apropriadas para obtenção de parâmetros genéticos para características binárias, essas avaliações necessitam de maior volume de dados e também maior recurso computacional. Além disto, em alguns estudos, foram observadas dificuldades em atingir a convergência da cadeia de Gibbs, uma vez que o algoritmo utilizado se caracteriza como um processo iterativo (Faria et al., 2008). Dessa forma, a adoção da probabilidade de prenhez precoce como critério de seleção pode ser limitada ou inviabilizada em algumas populações.

Como alternativa, a prenhez precoce pode ser diferentemente abordada como a idade ao acasalamento ou à concepção, como, por exemplo, prenhez precoce aos 14 ou 16 meses, avaliada como característica linear. Essas características apresentam coeficientes de herdabilidade de média a alta magnitude, com valores em torno de 0,51 (Silva et al., 2005; Vozzi, 2008). Além disso, no caso de zebuínos, a idade à primeira concepção (IPC), assim como a idade ao primeiro parto, está relacionada geneticamente com a idade à puberdade, principalmente, quando as fêmeas iniciam a vida reprodutiva antes dos 24 meses de idade (Notter, 1995). Dessa forma, a seleção para essas características implicará em seleção para idade à puberdade, por meio de características mensuradas diretamente nas fêmeas.

Assim como a prenhez precoce, a avaliação da idade à primeira concepção exige a implementação de algum método de diagnóstico de gestação, o que

vem limitando a sua adoção e avaliação. Contudo, a IPC pode ser avaliada geneticamente como uma característica com distribuição linear, o que possibilita a obtenção dos parâmetros genéticos relacionados a ela com uma base de dados menor, facilitando a avaliação, principalmente, de rebanhos pequenos. Os modelos de avaliação genética lineares têm sido preferidos em relação aos modelos de limiar, seja pela facilidade de aplicação ou pelo menor tempo gasto em processamento (Faria et al., 2008). Além disso, apresenta maior facilidade de interpretação, já que os valores genéticos de probabilidade de prenhez precoce são apresentadas em porcentagem (Vozzi, 2008; Lobo et al., 2010), enquanto os valores para idade à primeira concepção poderão ser apresentados na própria unidade da característica, meses ou dias (Silva et al., 2005; Eler et al., 2010a).

Em comparação à IPP, a IPC traz como vantagem a avaliação e a possibilidade de seleção dos animais em menor idade, antecipando as tomadas de decisão no sistema de produção. A herdabilidade para IPC varia em torno de 0,21 (Brunes, 2016) (Tabela 1). Adicionalmente, os coeficientes de correlações genéticas entre IPC e características de crescimento, de reprodução e de carcaça indicam relação favorável (Tabela 2).

A idade ao primeiro parto também tem sido utilizada como indicadora de precocidade sexual, pois, além de estar relacionada com a idade à puberdade dos animais, apresenta facilidade de mensuração (Lobo et al., 2010) e não implica custo adicional para coleta dos dados, diferentemente de idade à primeira concepção, que necessita de diagnóstico de gestação, apesar de essa última poder ser avaliada em animais mais jovens (Azevedo et al., 2006).

As estimativas de herdabilidade para IPP variam de 0,03 a 0,21 (Eler et al., 2004; Boligon et al., 2007; Lira et al., 2008; Laureano et al., 2011) (Tabela 1) sugerindo que, apesar de variável, pode haver progresso genético como resultado da seleção direta para essa característica, sendo o valor da herdabilidade obtido, possivelmente, maior do que o obtido se fosse realizada seleção indireta para precocidade sexual utilizando o PE (Eler et al., 2010a).

A IPP também apresenta resposta genética correlacionada com outras características reprodutivas, como perímetro escrotal (Pereira et al., 2002; Boligon et al., 2007) e produtivas, como peso à desmama, ao ano e ao sobreano, sendo estas negativas (Grossi, 2006; Lira et al., 2008; Laureano et al., 2011)

(Tabela 2), indicando que fêmeas com maiores potenciais de crescimento entrarão na fase reprodutiva com menores idades. Também têm sido observadas correlações genéticas negativas e favoráveis entre IPP e produtividade acumulada (PAC) (Grossi, 2006) e Stayability (STAY) (Mamede, 2015), o que permite inferir que a antecipação da vida reprodutiva leva a um maior tempo de permanência do animal no rebanho e melhora a eficiência reprodutiva como um todo.

Estudos de associação genômica e precocidade sexual em bovinos

Características intrínsecas aos critérios de seleção para precocidade sexual, como a alta influência ambiental, herdabilidades mediadas, dificuldade de mensuração e limitadas ao gênero, têm sido consideradas como empecilhos à seleção genética. Para contornar esse problema, tem sido proposto a utilização de técnicas de biologia molecular associadas aos métodos tradicionais de seleção, a fim de aumentar a acurácia da avaliação e também os ganhos genéticos. A associação de técnicas biomoleculares e os métodos tradicionais de avaliação genética levaram a condução de estudos de associação genômica ampla (GWAS) e seleção genômica. Os estudos de GWAS buscam associar *loci* polimórficos distribuídos com alta densidade ao longo de todo genoma com os fenótipos de interesse, identificando as regiões de maior efeito sobre a expressão das características, seguido dos estudos de suas funções biológicas e do aumento da compreensão do controle genético sobre a expressão fenotípica. Já nos estudos de seleção genômica, os valores genéticos genômicos são obtidos a partir das somas dos efeitos, estimados para cada destes *loci*, sobre as características de interesse, ponderando a presença do marcador e formando uma equação de predição (Oliveira Junior et al., 2017).

Os estudos abordando associação de marcadores moleculares a características indicadoras de precocidade sexual na raça Nelore ainda são recentes e em baixo número, concentrando-se, principalmente, nas características de perímetro escrotal e idade ao primeiro parto (Costa et al., 2015; Irano et al., 2016; Nascimento et al., 2016).

Costa et al. (2015), em estudo de associação genômica de características reprodutivas em novilhas Nelore, detectaram 19 nucleotídeos de polimorfismo único (SNPs) associados à idade ao primeiro parto, estando localizados em 19 genes distribuídos em 9 cromossomos, os quais, em conjunto, explicam 6,42% da variância fenotípica total. Os genes identificados nesse estudo mostraram associação com a formação e fisiologia do sistema nervoso central, sistema reprodutivo feminino, crescimento ósseo, receptores olfativos e metabolismo basal. De maneira geral, a associação desses genes com a idade ao primeiro parto foi atribuída à influência deles na formação e na diferenciação de neurônios e também organogênese do sistema reprodutivo, além da sinalização celular, síntese de hormônios e receptores que atuam no eixo hipotálamo-hipofisário, coordenando o ciclo estral das fêmeas.

Nascimento et al. (2016), em GWAS para idade ao primeiro parto em fêmeas da raça Nelore, encontraram picos nos cromossomos 9 e 10, mesma região relatada por Costa et al. (2015). Além desses picos, no estudo de Nascimento et al. (2016), foram encontrados picos nos cromossomos 5, 6 e 22. Os genes encontrados nesses cromossomos se mostraram associados com o desenvolvimento embrionário, atividade hormonal, transporte e metabolismo de vitamina B12, regulando, assim, a reprodução e o desencadeamento da puberdade.

De maneira semelhante a Nascimento et al. (2016) e Costa et al. (2015), regiões genômicas significativamente associadas com a idade ao primeiro parto também foram encontradas por Irano et al. (2016) nos cromossomos 5 e 6 e nos cromossomos 7, 14, 21 e 27, respectivamente. Além disso, Irano et al. (2016) encontraram 10 regiões genômicas significativamente associadas com prenhez precoce, distribuídas no cromossomo 18. Essas regiões explicam 8,9% da variância genética total em novilhas de aproximadamente 16 meses de idade. Nesse estudo, os genes que foram encontrados associados à prenhez precoce apresentaram associação com células germinativas, que são precursores de gametas, e com receptores hormonais e desenvolvimento embrionário, assim, esses genes podem afetar a reprodução.

Regatieri et al. (2017), avaliando a idade ao primeiro parto em novilhas Nelore, encontraram SNPs em 18 cromossomos com efeito significativo (cromossomo 2–11, 16, 17, 19–26), sendo os loci de características quantitativas (QTL) de maiores efeitos encontrados nos cromossomos 4, 17 e 19. No mesmo es-

tudo, também foram identificados SNPs significantes associados a prenhez precoce em 18 cromossomos (cromossomo 2–11, 14, 16, 17, 19, 20, 23–26), sendo os SNPs de maiores efeitos observados nos cromossomos 6, 8, 17 e 19. Os SNPs encontrados no referido estudo estão localizados em genes que apresentam associação com o transporte transmembranar no sistema nervoso, formação de nucleossomos e metilação de histonas, metabolismo de DNA, desenvolvimento de células germinativas incluindo as reprodutivas, como as esperáticas, o que permite confirmar a associação desses marcadores com o desenvolvimento reprodutivo dos animais.

O perímetro escrotal, característica utilizada como critério de seleção visando obter resposta indireta para precocidade sexual de fêmeas, também tem sido alvo de estudos no campo da genômica. Irano et al. (2016) encontraram sete regiões genômicas significativamente associadas com o perímetro escrotal, localizadas nos cromossomos 4, 8, 11, 13, 14, 19, 22 e 23, explicando 7% da variância genética total. Os genes presentes nesses cromossomos apresentaram associação com a regulação de células germinativas masculinas, crescimento e desenvolvimento testicular, espermatogênese, entre outras.

Utsunomiya et al. (2014) também observaram *loci* associados ao perímetro escrotal em bovinos da raça Nelore, localizado no cromossomo 14, em concordância com os resultados obtidos por Irano et al. (2016). Além disso, Utsunomiya et al. (2014) identificaram outros 7 *loci* associados a essa característica, localizados no cromossomo 6, 10 e 21, que explicam 4% da variância fenotípica. Os genes associados com o perímetro escrotal apresentaram influência no transporte de íons, metabolismo proteico, crescimento e tamanho testicular, além da motilidade e da libido, levando a fertilidade sexual.

Em razão da grande variedade de métodos de análise genômica, da adoção recente desses métodos de estudo e também da complexidade do genoma bovino, as pesquisas que abordam a identificação de regiões genômicas associadas a características relacionadas à precocidade sexual indicam resultados ainda incipientes, mas promissores. Em adição, esses estudos são de extrema relevância para a melhor compreensão do controle genético delas, bem como para auxiliar e aumentar a acurácia da seleção genômica. Diante disso, incentiva-se a realização de novas investigações genômicas associadas à precocidade sexual de bovinos de corte, principalmente de raças zebuínas. Com isso, poderiam ser obtidos resultados mais conclusivos,

com um número maior de marcadores moleculares associados às variáveis, auxiliando a identificação e a seleção de animais com potencial genético para precocidade sexual, acelerando o ganho genético e trazendo benefícios produtivos, reprodutivos e econômicos para o sistema de produção de bovinos de corte.

Considerações finais

As idades à puberdade, à primeira concepção, ao primeiro parto e a probabilidade de parto precoce estão entre os critérios de seleção genética que podem ser utilizados como indicadores de animais com potencial para precocidade sexual. A escolha de qual característica utilizar dependerá do conjunto de informações coletadas e do método de avaliação. No entanto, tem sido relatado coeficientes de herdabilidade que indicam a possibilidade de ganho genético significativo para precocidade sexual e também incorporação no rebanho, independente do critério de seleção adotado.

A seleção para precocidade sexual resulta em animais com menor idade de entrada na fase reprodutiva e também idade ao primeiro parto, devendo ser associada a outras características de importância econômica para obtenção de sistemas mais eficientes. Ainda assim, os coeficientes de correlações genéticas relatadas na literatura entre características de crescimento, carcaça e reprodução indicam que a seleção para precocidade sexual afeta as demais características no sentido desejável. Ressalta-se que o sucesso da seleção para precocidade é dependente de condições de manejo, nutrição e sanidade adequadas para que os animais expressem seu potencial genético.

Referências

- ALBULQUERQUE, L. G.; FRIES, L. A. Parâmetros genéticos da produção de leite e crescimento do bezerro até a desmama, como característica da vaca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Forragicultura**: anais. Juiz de Fora: SBZ, 1997.
- ALBULQUERQUE, L. G. de; MERCADANTE, M. E. Z.; ELER, J. P. Aspectos da seleção de *Bos indicus* para produção de carne. **Boletim de Indústria Animal**, v. 64, n. 4, p. 339–348, 2007.
- ALMEIDA, O. M. de; PINHO, R. O. Endocrinologia da puberdade em fêmeas bovinas. **Revista científica eletrônica de medicina veterinária**, v. 11, n. 20, p. 33, 2013.

- AZEVEDO, D. M. M. R.; MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R. N. B.; LÔBO, R. B.; MOURA, A. de A. A. N.; PIMENTA FILHO, E. C.; MALHADO, C. H. M. Produtividade acumulada (PAC) das matrizes em rebanhos nelore do norte e nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 54–59, 2005.
- AZEVEDO, D. M. M. R.; MARTINS FILHO, R.; LOBO, R. N. B.; MALHADO, C. H. M.; LOBO, R. B.; MOURA, A. de A. A. N.; PIMENTA FILHO, E. C. Desempenho reprodutivo de vacas Nelore no Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 988–996, 2006.
- BALDI, F.; ALENCAR, M. M. de; FREITAS, A. R. de; BARBOSA, R. T. Parâmetros genéticos para características 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.
- BERETTA, V.; FERNANDO, J.; LOBATO, P.; GUILHERME, C.; NETTO, M. Produtividade e eficiência biológica de sistemas de produção de gado de corte de ciclo completo no Rio Grande de Sul. **Economia**, v. 2002, p. 991–1001, 2002.
- BERETTA, V.; LOBATO PIVA, F. J.; MIELITZ NETTO, G. C. A. Produtividade e eficiência biológica de sistemas pecuários de cria diferindo na idade das novilhas ao primeiro parto e na taxa de natalidade do rebanho no Rio Grande de Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1278–1286, 2001.
- BIANCHINI, E.; MCMANUS, C.; LUCCI, C. M.; FERNANDES, M. C. B.; PRESCOTT, E.; MARIANTE, A. D. S.; EGITO, A. A. do. Características corporais associadas com a adaptação ao calor em bovinos naturalizados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1443–1448, 2006.
- BOLIGON, A. A.; RORATO, P. R. N.; ALBUQUERQUE, L. G. de. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 565–571, 2007.
- BONIFÁCIO, A.; LEITE, J.; A, R.; FARIA, L. C. de; LOBO, R. B. **Progresso genético e intervalo de gerações na raça Brahman no Brasil**. Disponível em: <http://www.ancp.org.br/up_artigos/351tico>.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2017.
- BRUMATTI, R. C.; FERRAZ, J. B. S.; ELER, J. P.; FORMIGONNI, E. I. B. Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 230, p. 205–213, 2011.
- BRUNES, L. C. **Estudo genético-quantitativo de características de crescimento, reprodução, carcaça e escores visuais em um rebanho nelore sob seleção para precocidade sexual**. 2017. 190 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.
- CARDOSO, F. F. **Ferramentas e estratégias para o melhoramento genético de bovinos de corte**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2009. 42 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 83).
- CHENOWETH, P. J. Aspects of reproduction in female *Bos indicus* cattle: a review. **Australian Veterinary Journal**, v. 71, n. 12, p. 422–426, 1994.
- COSTA, R. B.; CAMARGO, G. M. F.; DIAZ, I. D. P. S.; IRANO, N.; DIAS, M. M.; CARVALHEIRO, R.; BOLIGON, A. A.; BALDI, F.; OLIVEIRA, H. N.; TONHATI, H.; ALBUQUERQUE, L. G. Genome-wide association study of reproductive traits in Nelore heifers using Bayesian inference. **Genetics Selection Evolution**, v. 47, p. 67, 2015. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral>.

nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4541729&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. Acesso em: 10 jan. 2017.

COUTINHO, L. H.; ROSÁRIO, M. F. *Biotechnologia animal*. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 70, p. 123–147, 2010.

SILVA, M. D. da; BARCELLOS, J. O. J.; PRATES, Ê. R. Desempenho reprodutivo de novilhas de corte acasaladas aos 18 ou aos 24 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2057–2063, 2005.

SILVEIRA, J. C. da; MCMANUS, C.; SANTOS MASCIOLO, A. dos; SILVA, L. O. C. da; SILVEIRA, A. C. da; GARCIA, J. A. S.; LOUVANDINI, H. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho Nelore no estado do Mato Grosso do sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1432–1444, 2004.

DAY, M. L.; IMAKAWA, K.; WOLFE, P. L.; KITTOCK, R. J.; KINDER, J. E. Endocrine mechanism of puberty in heifers. Role of hypothalamo-pituitary estradiol receptors in the negative feedback of estradiol on luteinizing hormone secretion. **Biology of Reproduction**, v. 37, p. 1054–1065, 1987.

QUADROS, S. A. F. de; LOBATO, J. F. P. Bioestimulação e comportamento reprodutivo de novilhas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 679–683, 2004.

DIAS, L. T.; FATO, L. E.; ALBULQUERQUE, L. G. de. Estimativa de herdabilidade para idade ao primeiro parto de fêmeas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 97–102, 2004.

ELER, J. P.; SANTANA JUNIOR, M. L.; FERRAZ, J. B. S. Seleção para precocidade sexual e produtividade da fêmea em bovinos de corte. **Estudos**, v. 37, n. 9/10, p. 699–711, 2010.

ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; TEIXEIRA, L. D. Seleção para precocidade sexual em novilhas de corte. In: VA, P. (Ed.). **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010.

ELER, J. P.; SILVA, J. A.; EVANS, J. L.; FERRAZ, J. B.; DIAS, F.; GOLDEN, B. L. Additive genetic relations between heifer pregnancy and scrotal circumference in Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 2519–2527, 2004.

EMERICK, L. L.; DIAS, J. C.; GONÇALVES, P. E. M.; MARTINS, J. A. M.; LEITE, T. G.; ANDRADE, V. J.; VALE FILHO, V. R. Aspectos relevantes sobre a puberdade em fêmeas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 33, n. 1, p. 11–19, 2009.

FARIA, C. U. de; MAGNABOSCO, C. U.; ALBUQUERQUE, L. G. de; REYES, A. D. L.; BEZERRA, L. A. F.; LOBO, R. B. Análise genética de escores de avaliação visual de bovinos com modelos bayesianos de limiar e linear. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 835–841, 2008.

FORMIGONI, I. B. **Estimação de valores econômicos para características componentes de índices de seleção em bovinos de corte**. 2002. Dissertação (Mestrado em Zootecnia área de concentração Qualidade e Produtividade Animal) - Universidade de São Paulo, Pirassununga. 2002.

FORMIGONI, I. B.; FERRAZ, J. B. S.; RIBEIRO, S.; ELER, J. P.; PEDROSA, V. B.; MATTOS, E. C. Economic importance of stayability and heifer pregnancy in cowcalf production systems in Brazil: A bioeconomic simulation. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO

LIVESTOCK PRODUCTION, 8., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: WCGALP, [2006].

FORNI, S.; ALBUQUERQUE, L. G. de. Avaliação de fatores de ambiente e estimativas de parâmetros genéticos para a característica dias para o parto na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1329–1335, 2006.

GASSER, C. L.; GRUM, D. E.; MUSSARD, M. L.; FLUHARTY, F. L.; KINDER, J. E.; DAY, M. L. Induction of precocious puberty in heifers I: Enhanced secretion of luteinizing hormone. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 3118–3122, 2006.

GOTTSCHALL, C. S. **Controle do ciclo estral e taxa de prenhez em matrizes de corte bovinas: efeitos hormonais, genéticos e ambientais**. 2011. 190 f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias na área de Reprodução Animal) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Veterinárias, Porto Alegre. 2011.

GRESSLER, S. L. **Fatores ambientais e genéticos do perímetro escrotal e idade ao primeiro parto em novilhas nelore desafiadas tradicional ou precocemente**. 2004. 139 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte. 2004.

GROSSI, D. do A. **Análise genética da idade ao primeiro parto e da produtividade acumulada em bovinos da raça Nelore**. 2006. 75 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2006.

GUIMARÃES, J. D. Maximização do uso de touros a campo. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999, Viçosa. **Anais...**Viçosa: SIMCORTE, 1999, p. 271-296.

GUIMARÃES, N. C. **Parâmetros genéticos de caracteres quantitativos relacionados à produtividade de rebanhos selecionados da raça Nelore**. 2016. 69 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Goiás, Escola Veterinária e Zootecnia, Goiânia. 2016.

IRANO, N.; CAMARGO, G. M. F. de; COSTA, R. B.; TERAKADO, A. P. N.; MAGALHÃES, A. F. B.; SILVA, R. M. D. O.; DIAS, M. M.; BIGNARDI, A. B.; BALDI, F.; CARVALHEIRO, R.; OLIVEIRA, H. N. de; ALBUQUERQUE, L. G. de. Genome-wide association study for indicator traits of sexual precocity in Nelore cattle. **PLoS ONE**, v. 11, n. 8, p. 1–14, 2016.

LANNA, D. P. Fatores condicionantes a predisponentes da puberdade e idade de abate. **Artigos técnicos ESALQ**, 2015. Disponível em: <<http://marcadp.com.br/admin/modInformativo/arquivos/artigos/sim.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

LASTER, D. B.; SMITH, G. M.; CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E. Characterization of biological types of cattle (Cycle II). II. Postweaning growth and puberty of heifers. **Journal of Animal Science**, v. 48, n. 3, p. 500–508, 1979.

LAUREANO, M. M. M.; BOLIGON, A. A.; COSTA, R. B.; FORNI, S.; SEVERO, J. L. P.; ALBUQUERQUE, L. G. Estimativas de herdabilidade e tendências genéticas para características de crescimento e reprodutivas em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 1, p. 143–152, 2011.

LIMA, J.; SCHRAIBER, A. D. Indução à redução da idade à puberdade de novilhas de corte com progestágenos. In: SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 16., 2011, Cruz Alta. **Anais...**Cruz Alta: UNICRUZ, 2011.

- LIRA, T de; ROSA, E. M.; GARNERO, A. DEL V. Parâmetros genéticos de características produtivas e reprodutivas em zebuínos de corte. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 9, n. 1, p. 1–22, 2008.
- LOBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F.; FIGUEIREDO, L. G. G.; BALDI, F.; FARIA, C. U.; VOZZI, P. A.; MAGNABOSCO, C. U.; BERGMANN, J. A. G.; OLIVEIRA, H. N. **Avaliação genética das raças Nelore, Guzerá, Brahman e Tabapuã**: Sumário 2010. Ribeirão Preto: ANCP, 2010.
- LUNA-NEVAREZ, P.; BAILEY, D. W.; BAILEY, C. C.; VAN LEEUWEN, D. M.; ENNS, R. M.; SILVER, G. A.; DEATLEY, K. L.; THOMAS, M. G. Growth characteristics, reproductive performance, and evaluation of their associative relationships in Brangus cattle managed in a Chihuahuan Desert production system. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 5, p. 1891–1904, 2010.
- MAMEDE, M. M. S. **Análise genética para maciez de carne e suas relações com as características produtivas em bovinos nelore mocho**. 2015. 88 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- MAQUIVAR, M. G. **Nutritional regulation of precocious puberty in heifers**. 2011. 159 f. Dissertation (Doctor of Philosophy) - The Ohio State University, Columbus. 2011.
- MARSON, E. P. **Caracterização da frequência de heterozigose em genes ligados à precocidade sexual em novilhas de corte compostas**. 2005. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga. 2005.
- MARTIN, L. C.; BRINCK, J. S.; BOURDON, R. M.; CUNDIFF, L. V. Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 12, p. 4006–4017, 1992.
- MATOS, M. C. **Associação genômica ampla para características reprodutivas em bovinos da raça Nelore**. 2013. 114 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária área Reprodução Animal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2013.
- MONSALVES, F. M. **Valor econômico e impacto da seleção para precocidade reprodutiva de fêmeas na Raça Nelore**. 2008. 39 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2008.
- MORAN, C.; QUIRKE, J. F.; ROCHE, J. F. Puberty in heifers: a review. **Animal Reproduction Science**, v. 18, n. 1, p. 167–182, 1989.
- MOREIRA, L. H. **Seleção para características reprodutivas em bovinos de corte da raça Nelore**. 2011. 43 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) - Instituto de Zootecnia, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Nova Odessa. 2011.
- MUCARI, T. B.; ALENCAR, M. M. de; BARBOSA, P. F.; BARBOSA, R. T. Análise genética do período de gestação em animais de um rebanho Canchim: estimação de parâmetros genéticos e escolha entre modelos animais alternativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 6, p. 1211–1216, 2011.
- NASCIMENTO, A. V.; MATOS, M. C.; SENO, L. O.; ROMERO, A. R. S.; GARCIA, J. F.; GRISOLIA, A. B. Genome wide association study on early puberty in *Bos indicus*. **Genetics and**

molecular research : GMR, v. 15, n. 1, p. 1–6, 2016. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26909970>>. Acesso em: 17 jan. 2017.

NEPOMUCENO, D. de D. **Efeito do manejo nutricional sobre a maturação do eixo reprodutivo somatotrófico no início da puberdade de novilhas Nelore**. 2013. 138 f. Tese (Doutorado em Ciências área de concentração Ciência Animal e Pastagens) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2013.

NOGUEIRA, G. P. Puberty in South American Bos indicus (Zebu) cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 82–83, p. 361–372, 2004.

NOTTER, D. R. Maximizing fertility in animal breeding programs. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 11., 1995, Belo Horizonte. **Anais ...** Belo Horizonte: CBRA, 1995.

OLIVEIRA, M. M. de; ROTA, E. de L.; DIONELLO, N. J. L.; AITA, M. F. Herdabilidade e correlações genéticas do perímetro escrotal e idade ao primeiro parto com características produtivas em bovinos de corte : revisão. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 3, n. 2, p. 141–146, 2007.

OLIVEIRA JUNIOR, G. A.; PEREZ, B. C.; FERRAZ, J. B. S. Genômica aplicada à puberdade de bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 41, n. 1, p. 264–269, 2017.

PATERNI, F. M. **Análise genética de escores visuais e sua relação com características reprodutivas de animais da raça Nelore**. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2015.

PENSO, S.; BAUER, M. D. O.; CHICHORRO, J. F.; GONDIM, C. A.; VASCONCELOS, L. V. Caracterização estacional de uma pastagem natural do cerrado mato-grossense submetida ao pastejo. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, p. 124–134, 2009.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1676–1683, 2000.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 703–708, 2002.

PÖTTER, L.; LOBATO, J. F. P.; MIELITZ NETTO, C. G. A. Análises econômicas de modelos de produção com novilhas de corte primíparas aos dois, três e quatro anos de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 861–870, 2000.

ROSA, A. N. F.; MENEZES, G. R. O. **Papel do Zebu na pecuária brasileira**. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/9523901/artigo-papel-do-zebu-na-pecuaria-de-corte-brasileira>>. Acesso em: 22 dez. 2017.

RAWLINGS, N. C.; EVANS, A. C. O.; HONARAMOOZ, A.; BARTLEWSKI, P. M. Antral follicle growth and endocrine changes in prepubertal cattle, sheep and goats. **Animal Reproduction Science**, v. 78, n. 3–4, p. 259–270, 2003

REGATIERI, I. C.; BOLIGON, A. A.; COSTA, R. B.; DE SOUZA, F. R. P.; BALDI, F.; TAKADA, L.; VENTURINI, G. C.; DE CAMARGO, G. M. F.; FERNANDES, G. A.; TONHATI, H.; DE OLIVEIRA, H. N.; DE ALBUQUERQUE, L. G. Association between single nucleotide

polymorphisms and sexual precocity in Nelore heifers. **Animal Reproduction Science**, v. 177, p. 88–96, 2017.

SÁ FILHO, M. F. de; BARUSELLI, P. S. Buiatria para o século XXI: como incrementar a eficiência reprodutiva. **Veterinária e zootecnia**, v. 18, n. 4, p. 116, 2011. Anais do IX Congresso Brasileiro de Buiatria: os desafios da Buiatria do Século XXI, 4 a 8 de outubro de 2011.

SARTORI, R.; BASTOS, M. R.; BARUSELLI, P. S.; GIMENES, L. U.; ERENO, R. L.; BARROS, C. M. Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. **Society of Reproduction and Fertility supplement**, v. 67, p. 357–375, 2010.

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, n. 3, p. 483–486, 2001.

SEMMELMANN, C. E. N.; LOBATO, J. F. P.; ROCHA, M. G. da. Efeito de sistemas de alimentação no ganho de peso e desempenho reprodutivo de novilhas Nelore acasaladas aos 17/18 meses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 835–843, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982001000300032&lang=pt%5Cnhttp://www.scielo.br/pdf/rbz/v30n3/5255.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2017.

SENA, S.; MATOS, A. D. S.; RIGHETTI, C.; ANTONIO, L.; BEZERRA, F.; LÔBO, R. B. Parâmetros genéticos, tendências e resposta à seleção de características produtivas da raça Nelore na Amazônia Legal: segundo cálculo da FAO. **Atas de Saúde Ambiental - ASA**, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2013.

SILVA, A. M. da; ALENCAR, M. M. de; FREITAS, A. R. de; BARBOSA, R. T.; BARBOSA, P. F.; OLIVEIRA, M. C. de S.; CORRÊA, L. de A.; NOVAES, A. P. de; TULLIO, R. R. Herdabilidades e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, supl. 2, p. 2223–2230, 2000.

SILVA, J. A. V.; DIAS, L. T.; ALBULQUERQUE, L. G. Estudo genético da precocidade sexual em Novilhas em um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1568–1572, 2005.

SILVEIRA, S.; SIQUEIRA, J. B.; ELIZA, S.; GUIMARÃES, F.; ANTÔNIO, T.; PAULA, R. De; NETO, T. M.; GUIMARÃES, J. D. Maturação sexual e parâmetros reprodutivos em touros da raça Nelore criados em sistema extensivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 503–511, 2010.

SOUZA, E. M.; MILAGRES, J. C.; SILVA, M. de A.; REGAZZI, A. J.; CASTRO, A. C. G. Influências genéticas e de meio ambiente sobre a idade ao primeiro parto em rebanhos de Gir Leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 6, p. 926–935, 1995.

TANAKA, A. L. R. **Eficiência reprodutiva de fêmeas nelore**. 2010. 103 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento Animal) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2010.

TEIXEIRA, R. A.; ALBUQUERQUE, L. G.; FRIES, L. E. Bio-economic comparisons among three ages at first breeding in Nelore heifers. **ARS Veterinária**, v. 18, n. 3, p. 197–203, 2002.

UTSUNOMIYA, Y. T.; CARMO, A. S.; NEVES, H. H. R.; CARVALHEIRO, R.; MATOS, M. C.; ZAVAREZ, L. B.; ITO, P. K. R. K.; PÉREZ O'BRIEN, A. M.; SOŁKNER, J.; PORTO-NETO, L.

R.; SCHENKEL, F. S.; MCEWAN, J.; COLE, J. B.; SILVA, M. V. G. B. da; VAN TASSELL, C. P.; SONSTEGARD, T. S.; GARCIA, J. F. Genome-wide mapping of loci explaining variance in scrotal circumference in nellore cattle. **PLoS ONE**, v. 9, n. 2, 2014.

VAN MELIS, M. H.; ELER, J. P.; ROSA, G. J. M.; FERRAZ, J. B. S.; FIGUEIREDO, L. G. G.; MATTOS, C.; OLIVEIRA, H. N. Additive genetic relationships between scrotal circumference, heifer pregnancy, and stayability in Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 3809–3813, 2010.

VOZZI, P. A. **Análise genético-quantitativa de características de precocidade sexual na raça Nelore**. 2008. 112 f. Tese (Doutorado em Ciências área de concentração em Genética) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina, Ribeirão Preto. 2008.

WILLIAMS, G. L.; AMSTALDEN, M. Understanding postpartum anestrus and puberty in the beef female. In: APPLIED REPRODUCTIVE STRATEGIES IN BEEF CATTLE, 2010, San Antonio. **Proceedings...** San Antonio: Institute of Agriculture and Natural Resources, 2010.

YOKOO, M. J. T.; ALBULQUERQUE, L. G.; LOBO, R. B.; SAINZ, R. D.; CARNEIRO JUNIOR, J. M.; BEZERRA, L. A. F.; ARAUJO, F. da C. Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1761–1768, 2007.



Cerrados

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

CGPE 14329