

INDUÇÃO DA PUBERDADE EM NOVILHAS DE CORTE: REVISÃO DE LITERATURA

PUBERTY INDUCTION IN BEEF HEIFERS: LITERATURE REVIEW INDUCCIÓN DE LA PUBERTAD EN NOVILLAS DE CARNE: REVISIÓN DE LITERATURA

Diogo Fernando Siqueira¹
Thyeron da Silva Pereira²
Rosiára Rosária Dias Maziero Guaitolini³

RESUMO: A idade a puberdade afeta de forma direta a produtividade animal e a lucratividade da propriedade. O período é marcado pelo começo dos ciclos estrais regulares, envolve a maturação do eixo hipotálamo-hipófise-gonadal, que é dependente tanto de um estado metabólico e peso corporal adequados, quanto da idade mínima necessária. A idade que as novilhas atingem a puberdade é um fator importante, pois quando isso ocorre as novilhas irão parir aos dois anos, gerando um impacto direto no sistema de produção. No entanto, isso é um desafio em novilhas *Bos indicus*, que tendem a atingir a puberdade mais tarde do que as *Bos taurus* e geralmente entre 16 e 40 meses. Neste contexto, a implementação de estratégias reprodutivas como a indução à puberdade e protocolos de inseminação artificial em tempo fixo (IATF), podem ser utilizados visando otimizar o potencial reprodutivo dessas fêmeas. Assim, o principal objetivo dos protocolos de indução de ovulação antes da IATF é acelerar o início da atividade reprodutiva das novilhas. Contudo, apesar dos benefícios, os custos relacionados ao uso de biotecnologia e medicamentos para aumentar a taxa de prenhez são desafios a serem enfrentados. A análise econômica dessas práticas permite que os produtores avaliem os impactos financeiros e tomem decisões mais assertivas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre a indução da puberdade em novilhas de corte.

5783

Palavras-chave: Bovinos. Fisiologia. Reprodução. Ciclicidade. Indução da puberdade.

ABSTRACT: The age of puberty directly affects animal productivity and farm profitability. The period is marked by the beginning of regular estrous cycles and involves the maturation of the hypothalamic-pituitary-gonadal axis, which is dependent on both an adequate metabolic state and body weight, as well as the minimum age required. The age at which heifers reach puberty is an important factor, because when this occurs, heifers will calve at two years of age, generating a direct impact on the production system. However, this is a challenge in *Bos indicus* heifers, which tend to reach puberty later than *Bos taurus* heifers and generally between 16 and 40 months. In this context, the implementation of reproductive strategies such as puberty induction and fixed-time artificial insemination (FTAI) protocols can be used to optimize the reproductive potential of these females. Thus, the main objective of ovulation induction protocols prior to TAI is to accelerate the onset of reproductive activity in heifers. However, despite the benefits, the costs related to the use of biotechnology and drugs to increase pregnancy rates are challenges to be faced. The economic analysis of these practices allows producers to assess the financial impacts and make more assertive decisions. Therefore, the objective of this study was to conduct a literature review on puberty induction in beef heifers.

Keywords: Cattle. Physiology. Reproduction. Cyclicity. Induction of puberty.

¹ Acadêmico de medicina veterinária. Centro Universitário Univel.

² Acadêmico de medicina veterinária. Centro Universitário Univel.

³ Médica Veterinária. Coordenadora do Curso de Medicina Veterinária Centro Universitário Univel.

RESUMEN: La edad y la pubertad afectan directamente la productividad animal y la rentabilidad de la propiedad. El período está marcado por el inicio de ciclos estrales regulares, que implican la maduración del eje hipotalámico-pituitario-gónadal, que depende tanto de un estado metabólico y de peso corporal adecuados, como de la edad mínima requerida. La edad en que las novillas llegan a la pubertad es un factor importante, ya que cuando esto ocurre las novillas parirán a los dos años de edad, generando un impacto directo en el sistema productivo. Sin embargo, esto es un desafío en las novillas *Bos indicus*, que tienden a alcanzar la pubertad más tarde que las *Bos taurus* y generalmente entre los 16 y los 40 meses. En este contexto, la implementación de estrategias reproductivas como la inducción de la pubertad y protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (ITA) pueden utilizarse para optimizar el potencial reproductivo de estas hembras. Así, el objetivo principal de los protocolos de inducción de la ovulación antes de la IAT es acelerar el inicio de la actividad reproductiva en las novillas. Sin embargo, a pesar de los beneficios, los costos relacionados con el uso de biotecnología y medicamentos para aumentar las tasas de embarazo son desafíos que hay que afrontar. El análisis económico de estas prácticas permite a los productores evaluar los impactos financieros y tomar decisiones más asertivas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue realizar una revisión de la literatura sobre la inducción de la pubertad en novillas de carne.

Palabras clave: Ganado. Fisiología. Reproducción. Ciclicidad. Inducción de la pubertad.

INTRODUÇÃO

O maior rebanho bovino comercial do mundo está localizado no Brasil, seguido pelos Estados Unidos, China, União Europeia. Em relação à produção de carne bovina, os Estados Unidos lideram como o maior produtor global, respondendo por 20,78% do total, com o Brasil em segundo lugar, com 17,87%, e a União Europeia ocupando a terceira posição, com 11,07% da produção mundial (MALAFAIA; BISCOLA, 2023).

5784

Neste contexto, a idade à puberdade é uma característica que afeta diretamente a produtividade animal e, conseqüentemente, a lucratividade do produtor. O início da puberdade, marcado pelo começo dos ciclos estrais regulares, envolve a maturação do eixo hipotálamo-hipófise-gonadal, que é dependente tanto de um estado metabólico e peso corporal adequados, quanto da idade mínima necessária. Diversos fatores fisiológicos, como nutrição, ambiente, fotoperíodo, e endócrinos, como GH (hormônio do crescimento), IGF-I, leptina e neuropeptídeo Y (NPY), desempenham um papel fundamental na indução da puberdade (VASANTHA; KONA, 2016).

Um fator crucial para a lucratividade e o desempenho reprodutivo em sistemas de criação de vacas de corte e bezerros é a idade em que as novilhas atingem a puberdade, pois quando isso ocorre as novilhas podem parir aos dois anos, gerando um impacto direto na receita da propriedade. No entanto, essa meta é desafiadora em novilhas *Bos indicus*, pois elas tendem a atingir a puberdade mais tarde do que as *Bos taurus*, geralmente entre 16 e 40 meses (DE LIMA

et al., 2020). Novilhas que iniciam a reprodução mais cedo tendem a ter um melhor desempenho reprodutivo e maiores chances de concepção após o parto. No Brasil, onde a maior parte do rebanho é composta por fêmeas *Bos indicus*, que atingem a puberdade mais tarde que as fêmeas *Bos taurus*, é essencial implementar o melhoramento genético, manejo nutricional adequado e estratégias reprodutivas modernas, como os protocolos de inseminação artificial em tempo fixo (IATF), para otimizar o potencial reprodutivo dessas fêmeas (SARTORI; ALVES; LOPES, 2024).

A maturidade dos órgãos reprodutivos nas novilhas é influenciada diretamente pela idade e pelo peso. O início da vida reprodutiva do animal ocorre com a primeira manifestação de estro fértil, que é afetada por diversos fatores, incluindo genéticos, ambientais, nutricionais, raciais e a época do nascimento. Observa-se que animais zebuínos geralmente alcançam a puberdade mais tarde em comparação com animais taurinos (GREGIANINI et al., 2021).

A puberdade nas novilhas é um marco importante na reprodução, caracterizada pelo primeiro estro com ovulação viável e a formação do corpo lúteo, que é essencial para o ciclo reprodutivo. A indução da ovulação por meio de terapia hormonal tem se mostrado uma estratégia eficaz para aumentar a eficiência reprodutiva, especialmente em novilhas pré-púberes (DE CARVALHO ARAÚJO et al., 2019).

5785

Além disso, o peso ajustado no dia da inseminação tem um impacto significativo na taxa de gestação, pois novilhas com maior peso apresentam uma porcentagem de gestação mais alta. A ciclicidade reprodutiva das fêmeas é resultado de uma sequência de eventos hormonais e é mais relacionada ao peso corporal do que à idade em si (GREGIANINI et al., 2021).

Os diferentes protocolos testados resultaram em respostas de indução da puberdade em novilhas, a escolha do protocolo mais adequado dependerá da disponibilidade de recursos e das condições específicas de cada propriedade. Atualmente, a maioria dos protocolos de sincronização de estro em fêmeas bovinas utiliza progestágenos, com destaque para o dispositivo intravaginal liberador de progesterona em combinação com estrogênios, que é um dos métodos mais comuns (DÍAZ; PÉREZ, 2024).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre a indução da puberdade em novilhas de corte.

METODOLOGIA

O presente estudo é uma revisão de literatura foram realizadas pesquisas sobre o tema em periódicos atualizados dos últimos 10 anos, nos idiomas português, inglês e espanhol. Na base de dados do Google acadêmico e livros, utilizando as palavras-chave: indução da puberdade, novilhas e reprodução.

REVISÃO DE LITERATURA

Puberdade

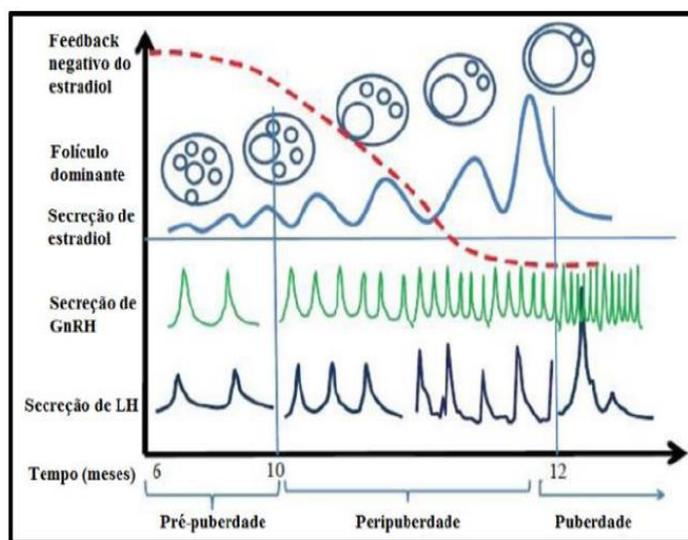
A idade da puberdade em novilhas tem um impacto significativo na lucratividade da criação de bovinos de corte, uma vez que influencia diretamente a produtividade futura. Novilhas que iniciam a reprodução mais cedo tendem a ter um melhor desempenho reprodutivo e maiores chances de reconcepção após o parto. No Brasil, onde a maior parte do rebanho é composta por fêmeas *Bos indicus*, que atingem a puberdade mais tarde que as fêmeas *Bos taurus*, é essencial implementar melhoramento genético, manejo nutricional adequado e estratégias reprodutivas modernas, como os protocolos de inseminação artificial em tempo fixo (IATF), para otimizar o potencial reprodutivo dessas fêmeas (SARTORI; ALVES; LOPES, 2024).

A idade de início da puberdade é uma característica crucial que influencia diretamente a produtividade do animal e, conseqüentemente, a lucratividade para o produtor. A puberdade, é caracterizada pelo início dos ciclos estrais normais, ocorre quando o eixo hipotálamo-hipófise-ovariano se torna completamente funcional. Esse processo depende de fatores como peso corporal adequado, estado metabólico, além da idade mínima necessária. Fatores fisiológicos como nutrição, ambiente, fotoperíodo, e hormônios endócrinos, como GH (hormônio de crescimento), IGF-1 (fator de crescimento semelhante a insulina tipo 1), leptina e NPY (neuropeptídeo Y), são essenciais para a indução da puberdade (VASANTHA; KONA, 2016).

A idade na puberdade é uma característica crucial para o sucesso reprodutivo, o tempo de vida produtivo e a lucratividade na produção de carne bovina. Fatores como nutrição, idade e genética influenciam a idade da puberdade, mas seu início depende da maturação do eixo hipotálamo-hipófise-ovariano. A leptina desempenha um papel importante na regulação desse eixo, com suas concentrações séricas aumentando à medida que a puberdade se aproxima, indicando que uma quantidade mínima de gordura corporal é necessária para que a puberdade e o sucesso reprodutivo ocorram. No entanto, o aumento da leptina por si só não é suficiente para induzir a puberdade ou ciclos estrais normais (PERRY, 2016).

O evento-chave que desencadeia a puberdade é o aumento da liberação pulsátil do hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) pelos núcleos hipotalâmicos, o que estimula a secreção das gonadotrofinas como o LH (hormônio luteinizante) e FSH (hormônio folículo estimulante) (Figura 1). Em animais adultos, o GnRH é secretado de forma pulsátil nas veias portais. Essa secreção é difícil de mensurar, pois o hormônio é liberado em capilares na eminência mediana, formando veias portais ao longo do pedúnculo hipofisário. A partir dessas veias, o GnRH atinge as células da hipófise anterior pelo espaço intercelular, desempenhando seu papel na regulação hormonal (DUITTOZ et al., 2018).

Figura 1 - Alterações endócrinas e fisiológicas que precedem a puberdade em novilhas pré-púberes.



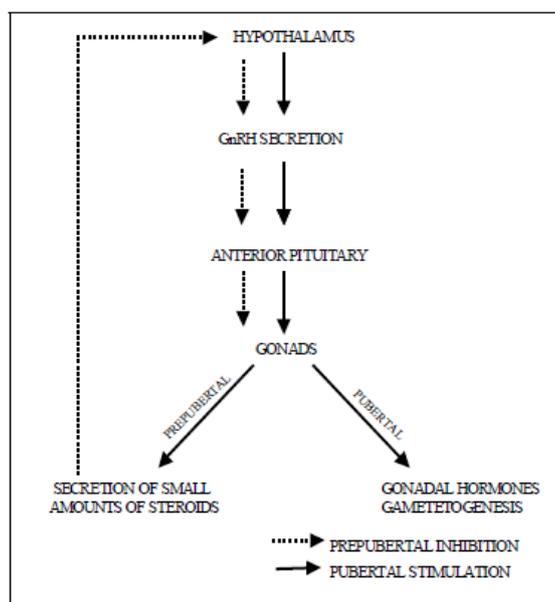
Fonte: (Day et al., 2010).

A puberdade corresponde à fase em que as gônadas produzem gametas e hormônios sexuais em quantidades suficientes para que o animal se reproduza. É um processo gradual de maturação dos sistemas endócrino e reprodutivo, preparando o animal para a reprodução. O hipotálamo desempenha um papel central nesse processo, regulando o início da puberdade, que é influenciado por diversos fatores, como idade, espécie, genótipo, peso corporal, taxa de crescimento e estado energético (VASANTHA; KONA, 2016).

O mecanismo neuroendócrino que regula a puberdade está intimamente ligado ao feedback a retroalimentação negativa do hipotálamo (Figura 2). De acordo com a hipótese gonadostática, antes da puberdade, os baixos níveis de estrogênios produzidos pelos folículos em crescimento inibem o centro do hipotálamo. A secreção de LH é insuficiente para a maturação folicular nesse estágio. No entanto, à medida que a puberdade avança, há um

aumento nos pulsos de LH, o que promove o desenvolvimento folicular e eleva os níveis de 17β -estradiol. Isso reduz a sensibilidade do centro tônico do hipotálamo aos estrogênios, ao mesmo tempo que aumenta a sensibilidade do centro, permitindo a liberação repentina de LH, que desencadeia a ovulação. O hormônio do crescimento e o IGF-1 são reconhecidos como moduladores da síntese de GnRH, que, por sua vez, atua sobre as células gonadotróficas hipofisárias, desencadeando uma cascata de eventos endócrinos. Esses eventos incluem a liberação de gonadotrofinas (LH e FSH), que são essenciais para a maturação gonadal (VASANTHA; KONA, 2016).

Figura 2 - Eventos neuroendócrinos do início da puberdade.



Fonte: (VASANTHA; KONA, 2016).

Fatores ambientais, como o manejo nutricional, e a composição genética dos animais são elementos que afetam o momento da puberdade. Há fortes evidências de que uma nutrição adequada no início da vida, desempenha um papel crucial na regulação da puberdade, tanto em touros quanto em novilhas. Melhorar o estado metabólico nos primeiros meses de vida acelera a maturação do eixo hipotálamo-hipofise-gonadal, facilitando o desenvolvimento sexual precoce (KENNY; HESLIN; BYRNE, 2018).

A maturidade dos órgãos reprodutivos nas novilhas é influenciada diretamente pela idade e pelo peso. O início da vida reprodutiva do animal ocorre com a primeira manifestação de estro fértil, que é afetada por diversos fatores, incluindo genéticos, ambientais, nutricionais,

raciais e a época do nascimento. Observa-se que animais zebuínos geralmente alcançam a puberdade mais tarde em comparação com animais taurinos (GREGIANINI et al., 2021).

Além disso, o peso ajustado no dia da inseminação tem um impacto significativo na taxa de gestação, novilhas com maior peso apresentam uma porcentagem de gestação mais alta. A ciclicidade reprodutiva das fêmeas é resultado de uma sequência acumulativa de eventos hormonais e é mais relacionada ao peso corporal do que à idade em si (GREGIANINI et al., 2021).

A idade ao primeiro parto é um dos principais indicadores de eficiência reprodutiva em novilhas, pois reflete diretamente a fertilidade do rebanho. A indução da ovulação é uma estratégia promissora para otimizar a inseminação artificial em tempo fixo (IATF), pois estudos têm demonstrado aumento nas taxas de prenhez com sua aplicação (DE OLIVEIRA; DA SILVA JUNIOR; CAVALCANTE, 2018). O momento da puberdade é um dos melhores exemplos da interação entre genótipo e ambiente. Trata-se de um evento fisiológico que envolve a integração de diversas regulações centrais essenciais para a adaptação ao ambiente. Entre elas estão o eixo reprodutivo, o comportamento alimentar, os controles nutricionais, o crescimento, o ritmo sazonal, o eixo corticotrófico e a resposta ao estresse (DUITTOZ et al., 2018).

Fatores como peso corporal, raça, nutrição, genética e estação do ano têm influência significativa sobre a idade à puberdade. Qualquer condição que comprometa o crescimento pré-púbere, como desnutrição, doenças ou parasitismo, tende a atrasar o início da puberdade. O peso corporal e a condição física são parâmetros cruciais, pois estão diretamente ligados ao desenvolvimento reprodutivo (ESTILL, 2021). O início da puberdade em novilhas coincide com a primeira oportunidade para que concebam, definido pelo primeiro estro ovulatório seguido de uma fase lútea de duração normal. Apesar de ser a primeira chance de concepção, a fertilidade não é ideal nesse momento. É importante observar que a expressão do estro e a ovulação podem ocorrer de forma independente em novilhas peripúberes. Além disso, não é raro que as novilhas apresentem um estro não púbere, que se refere à manifestação de estro sem a subsequente função lútea. A incidência de estro não púbere varia entre 17% e 63%, e os mecanismos que o causam ainda não são bem compreendidos (ATKINS; POHLER; SMITH, 2013).

O crescimento compensatório se mostrou tão eficaz, quanto a alimentação *ad libitum* contínua após o desmame para induzir a puberdade precoce (antes dos 18 meses de idade) em novilhas da raça Nelore. Dessa forma, o crescimento compensatório pode ser incorporado aos sistemas de desenvolvimento de novilhas, oferecendo a vantagem de reduzir o período de

suplementação, o que, por sua vez, permite aumentar a taxa de lotação nas propriedades. Essa estratégia tem o potencial de melhorar a eficiência produtiva sem comprometer o desenvolvimento reprodutivo dos animais (MISZURA et al., 2021).

A genética desempenha um papel crucial na idade de início da puberdade. Em geral, novilhas da raça *Bos indicus* atingem a puberdade mais tarde em comparação com as de *Bos taurus*. Um dos fatores que contribuem para isso é a menor pressão de seleção para puberdade precoce nas novilhas *B. indicus*. Essas novilhas apresentam folículos ovarianos mais visíveis, menor tamanho de folículo dominante e menores taxas de ovulação quando comparadas às novilhas *B. taurus*. Em novilhas Nelore (*B. indicus*), a capacidade de ovular em resposta ao hormônio LH exógeno foi de 33,3% para folículos com 7,0 a 8,4 mm, 80,0% para folículos de 8,5 a 10 mm e 90,0% para folículos maiores que 10 mm. Portanto, as novilhas *B. indicus* adquirem a capacidade de ovular com folículos de menor diâmetro em relação às fêmeas *B. taurus*. De modo geral, protocolos de sincronização de estro eficazes para *B. taurus* nem sempre são aplicáveis a *B. indicus*. Acredita-se que as fêmeas *B. indicus* metabolizam hormônios exógenos mais lentamente do que as *B. taurus*. O tratamento com dispositivos intravaginais de progesterona resultou em maiores concentrações circulantes de progesterona nas novilhas *B. indicus*, independentemente do peso corporal (ATKINS; POHLER; SMITH, 2013).

Além de promover a antecipação da puberdade, o diâmetro do folículo dominante se mostrou maior nas fêmeas mestiças do que nas novilhas Nelore, o que sugere uma vantagem reprodutiva das mestiças em condições de indução superprecoce. Esse fenômeno pode estar relacionado à precocidade sexual e ao desempenho produtivo superior das mestiças, destacando sua capacidade de responder melhor aos protocolos de indução da puberdade. A contagem de folículos antrais também pode ser uma ferramenta útil para melhorar a eficiência dos protocolos de indução da puberdade, especialmente quando fatores genéticos e outros parâmetros relacionados ao início da puberdade são considerados (DELCHIARO et al., 2022).

O atraso à puberdade pode ser causado por fatores genéticos e ambientais, como nutrição, doenças, temperatura, umidade e época de parto. Manejos nutricionais adequados e a seleção genética podem acelerar a primeira ovulação e a gestação de novilhas *Bos indicus*. Além disso, o uso de protocolos hormonais pode estimular a puberdade antes da época de reprodução. Protocolos de indução com dispositivos intravaginais de progesterona (P₄) por 10 a 12 dias, em combinação com hormônios como estradiol e gonadotrofina coriônica equina (eCG), são usados

para estimular a ovulação. Outras fontes de progestinas, como acetato de melengestrol e norgestomet, também têm mostrado eficácia na indução da puberdade (DE LIMA et al., 2020).

Protocolos hormonais à base de progesterona, com ou sem a adição de outros hormônios, podem antecipar a primeira ovulação e promover a maturidade sexual ao estimular o eixo hipotálamo-hipófise-gonadal e o desenvolvimento uterino. No entanto, induzir a puberdade é diferente de induzir a ovulação, pois não garante que a novilha continuará ciclando ou estará preparada para estabelecer e manter a gestação após a exposição hormonal (SARTORI; ALVES; LOPES, 2024).

Independentemente do tipo de tratamento hormonal utilizado, estudos mostram que novilhas de corte, que já possuem corpo lúteo (CL), antes de passar por protocolos de IATF, apresentaram maior expressão de estro e maior taxa de prenhez, em comparação com aquelas que não possuíam CL. A combinação de P₄ e estradiol (E₂) desempenha um papel significativo no desenvolvimento uterino, contribuindo para a melhoria da eficiência reprodutiva. A exposição à progesterona tem um efeito positivo na indução da ovulação, além disso, a adição de ésteres de estradiol no momento da remoção do dispositivo de P₄ aumenta ainda mais a taxa de ovulação (SARTORI; ALVES; LOPES, 2024).

Embora a ovulação possa ser induzida em animais pré-púberes pela liberação de LH, sem a continuidade da atividade cíclica normal, esses animais retornam ao estado de anestro. Fatores como estado nutricional, idade, peso corporal, genótipo e espécie são fundamentais na regulação do início da puberdade. A maturação endócrina depende do crescimento somático adequado e da idade à puberdade, sendo essenciais para o funcionamento normal do ciclo reprodutivo (VASANTHA; KONA, 2016).

O início da puberdade é um indicador econômico importante na criação de gado de corte. A redução da idade ao primeiro parto de três para dois anos aumentou a lucratividade nas operações de vaca-bezerro, gerando um aumento de 138 kg de bezerro produzido por vaca ao longo de um período produtivo de 12 anos. Novilhas da raça Nelore, quando expostas a uma estação de monta precoce (antes dos 17 meses de idade), apresentaram um aumento no peso dos bezerros ao desmame e uma maior probabilidade de permanecerem no rebanho até os cinco ou seis anos de idade (FERRAZ JR et al., 2018).

O Nelore é a principal raça de gado de corte no Brasil, e as novilhas geralmente atingem a puberdade entre dois e três anos de idade, pesando em torno de 300 kg. A idade média ao primeiro parto é de 38 ± 5 meses. Entretanto, em alguns sistemas de produção que exploram

estratégias nutricionais e genéticas, é possível iniciar a vida reprodutiva das novilhas aos 14 meses de idade (FERRAZ JR et al., 2018). As diferenças na fisiologia reprodutiva entre essas subespécies resultam em respostas variadas aos tratamentos hormonais utilizados nos protocolos de IATF (LAZZARI et al., 2023).

Apenas as novilhas Nelore com mérito genético favorável para a idade ao primeiro parto conseguem atingir a puberdade aos 18 meses de idade. Já em novilhas com mérito genético desfavorável, a suplementação alimentar para alcançar alto ganho de peso médio diário (GMD), não foi suficiente para antecipar a idade da puberdade para menos de 24 meses. Além disso, o efeito da diferença esperada na progênie (DEP) para a idade ao primeiro parto foi um fator crucial para a puberdade, tanto em novilhas com alto quanto com baixo GMD (FERRAZ JR et al., 2018).

No entanto, a indução superprecoce da puberdade resultou em uma taxa de ciclicidade mais baixa tanto em novilhas Nelore quanto nas mestiças. Apesar de as mestiças terem demonstrado maior escore de condição corporal, maior ganho de peso médio e folículos dominantes de maior diâmetro, as novilhas Nelore apresentaram uma contagem maior de folículos antrais. Isso reforça a necessidade de levar em consideração fatores genéticos, além de parâmetros fisiológicos e de manejo, ao planejar a indução da puberdade, de modo a otimizar os resultados reprodutivos sem comprometer a saúde e a produtividade a longo prazo. Esses achados indicam que a genética tem um papel importante na resposta reprodutiva dos animais a protocolos de indução da puberdade, e que a escolha entre, Nelore e mestiças *Bos indicus-taurus* deve considerar a performance reprodutiva esperada, juntamente com outros fatores, como o manejo nutricional e o ambiente em que os animais são criados (DELCHIARO et al., 2022).

Avançar a idade em que a puberdade e a subsequente maturidade sexual são atingidas nos bovinos é fundamental para melhorar a eficiência reprodutiva e a rentabilidade nos sistemas de produção. Este período, é regulado por uma rede complexa de interações bioquímicas, envolvendo a interação entre tecidos metabólicos, neuroendócrinos e reprodutivos (KENNY; HESLIN; BYRNE, 2018). Embora o avanço da maturidade sexual seja desejável, é fundamental garantir que as estratégias adotadas não comprometam a gametogênese normal ou o potencial de fertilidade pós-puberdade. A redução do intervalo de gerações é primordial para o melhoramento genético e a sustentabilidade econômica da produção bovina (KENNY; HESLIN; BYRNE, 2018). Animais que atingem a puberdade e são elegíveis para reprodução no

início da estação reprodutiva tendem a ter vidas mais longas e produtivas, gerando maior rentabilidade e sustentabilidade econômica e ambiental (KENNY; HESLIN; BYRNE, 2018).

Os mecanismos bioquímicos exatos que controlam os efeitos da nutrição sobre o eixo hipotálamo-hipófise-gonadal, ainda precisam ser completamente compreendidos. A idade da puberdade em bovinos é fortemente influenciada pelo peso corporal e pela taxa de crescimento. No entanto, as novilhas de alta densidade animal apresentaram um atraso na puberdade em comparação com as novilhas de baixa densidade, mesmo quando o ganho médio diário foi semelhante, provavelmente devido ao estresse. É importante observar que, em ambos os tratamentos, as novilhas alcançam o peso corporal recomendado para atingir a puberdade durante o período experimental 60% a 65% do peso corporal adulto. Esses resultados indicam que a criação de novilhas em alta densidade populacional atrasou o início da puberdade, apesar de terem alcançado a idade e o peso corporal adequado. As razões para esse atraso provavelmente envolvem diferenças no nível de atividade física e parâmetros relacionados ao estresse crônico (SCHUBACH et al., 2017).

O aumento na proporção de novilhas púberes tem um impacto significativo na lucratividade da propriedade, pois permite a obtenção de mais bezerros, maior longevidade das novilhas e melhora o desempenho do rebanho com o incremento genético das novilhas aptas à reprodução. Por outro lado, novilhas pré-púberes no início da estação de monta representam um obstáculo à eficiência da produção, pois atrasam o ciclo reprodutivo (SILVA et al., 2018).

5793

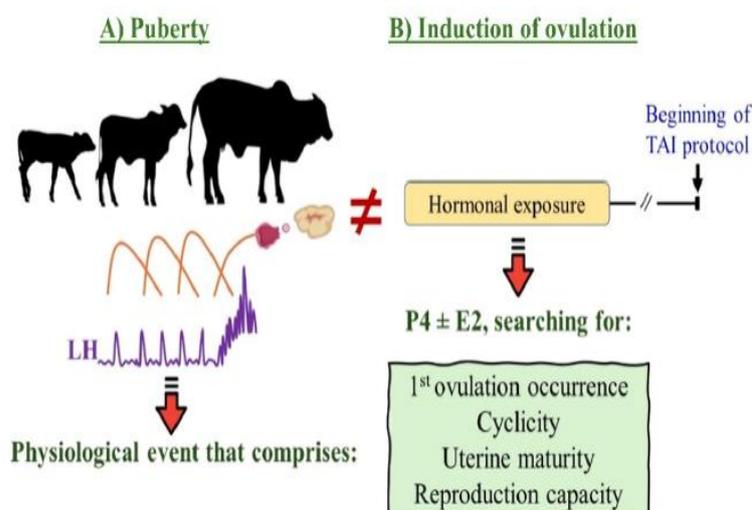
A indução precoce da puberdade em novilhas aumenta a taxa de prenhez e é um fator chave para melhorar o desempenho dos sistemas de produção animal. Isso resultou em um retorno econômico maior em comparação com animais submetidos a ciclos reprodutivos convencionais. O protocolo de indução que utilizou implantes de progesterona reutilizados mostrou-se eficaz tanto em novilhas de ciclo precoce quanto em novilhas de ciclo convencional, proporcionando maior taxa de prenhez na IATF e melhor lucratividade em relação aos grupos tratados com acetato de melengestrol (MGA) e ao grupo controle (PEREIRA et al., 2019).

O principal objetivo dos protocolos de indução de ovulação antes da IATF é acelerar o início da atividade reprodutiva das novilhas. Alguns fatores devem ser levados em consideração para atingir esse objetivo, incluindo a maturidade uterina, a ocorrência da primeira ovulação e a capacidade de prenhez, que são impulsionados por eventos fisiológicos complexos. O foco dessas abordagens varia entre novilhas *Bos indicus* (Nelore) e mestiças (SARTORI; ALVES; LOPES, 2024). A implementação de protocolos de indução, especialmente com o uso de

dispositivos reutilizados, é recomendada como uma prática viável e economicamente vantajosa, que pode beneficiar tanto o desempenho reprodutivo, quanto a rentabilidade na produção de bovinos de corte (PEREIRA et al., 2019).

Para escolher o protocolo mais adequado, é essencial considerar todos os fatores que podem influenciar o sucesso reprodutivo (Figura 3). Isso inclui a avaliação das condições das novilhas, a seleção hormonal, o tipo de protocolo e a qualidade do sêmen. A existência de diversos protocolos no mercado, cada um com suas vantagens e desvantagens, torna a escolha ainda mais complexa (DE OLIVEIRA; DA SILVA JUNIOR; CAVALCANTE, 2018).

Figura 3 - Esquema da fisiologia na puberdade, (A) A puberdade abrange uma série de eventos fisiológicos; (B) Os protocolos de indução de ovulação visam atingir objetivos semelhantes.



Fonte: (SARTORI; ALVES; LOPES, 2024).

Estratégias hormonais para indução da puberdade

Embora o sucesso da fertilidade varie de acordo com o tipo de protocolo hormonal utilizado para induzir a ovulação, os resultados nem sempre são consistentes. Protocolos de indução da ovulação são ferramentas estratégicas para acelerar a maturidade sexual, mas uma abordagem integrada é fundamental. É necessário considerar fatores como genética e nutrição em conjunto com o manejo hormonal para otimizar os resultados reprodutivos em novilhas de corte (SARTORI; ALVES; LOPES, 2024).

Embora a ovulação possa ser induzida em animais pré-púberes pela liberação de LH, sem a continuidade da atividade cíclica normal, esses animais retornam ao estado de anestro. Fatores

como estado nutricional, idade, peso corporal, genótipo e espécie são fundamentais na regulação do início da puberdade. A maturação endócrina depende do crescimento somático adequado e da idade à puberdade, sendo essenciais para o funcionamento normal do ciclo reprodutivo (VASANTHA; KONA, 2016).

O uso de protocolos de indução da puberdade, aliados a um manejo nutricional adequado, é essencial para que uma alta porcentagem de novilhas Nelore atinjam a puberdade aos 18 meses de idade. Os pecuaristas devem adotar essas estratégias de manejo com o objetivo de reduzir a idade ao primeiro parto, o que pode trazer benefícios econômicos significativos. Além disso, a influência do touro na resposta aos protocolos de indução da puberdade ressalta a importância da seleção genética para puberdade precoce, destacando o papel fundamental da genética nesse processo (MISZURA et al., 2021).

O principal objetivo dos protocolos de indução de ovulação antes do IATF é acelerar o início da atividade reprodutiva das novilhas. Alguns fatores devem ser levados em consideração como a maturidade uterina, a ocorrência da primeira ovulação e a capacidade de prenhez (SARTORI; ALVES; LOPES, 2024). Apesar dos benefícios, os custos relacionados ao uso de biotecnologia e medicamentos para aumentar a taxa de prenhez são desafios a serem enfrentados. A análise econômica dessas práticas permite que os produtores avaliem os impactos financeiros e tomem decisões mais conscientes (PEREIRA et al., 2019).

5795

Os protocolos de indução de puberdade incluem, ou não, o uso de hormônios como P₄, GnRH, gonadotrofinas coriônicas humanas (hCG), gonadotrofinas coriônicas equinas (eCG), E₂ (estradiol) e prostaglandinas (PGF₂α). No entanto, é crucial que o benefício/custo dessa técnica seja favorável ao produtor e condizente com a realidade do rebanho. Quando utilizada de forma inadequada, essa técnica pode aumentar os custos da produção, comprometendo a relação entre investimentos e resultados e inviabilizando o procedimento (SILVA et al., 2018).

Diferentes métodos de administração de progesterona são utilizados, como esponjas vaginais com acetato de medroxiprogesterona (MAP), progestinas orais, implantes subcutâneos e dispositivos vaginais de silicone de liberação lenta (SANTOS et al., 2017). Mais recentemente, a via intramuscular (IM) de administração tornou-se uma alternativa interessante, principalmente antes e após a IATF, por facilitar a administração e reduzir a quantidade necessária de progesterona (AMARAL; DE JUNIOR, 2022).

Nos sistemas de criação de novilhas *Bos indicus*, é comum associar um protocolo de indução hormonal com um protocolo de sincronização para IATF. Isso visa aumentar o número

de novilhas púberes no início do protocolo de sincronização, maximizando as taxas de concepção. Novilhas com trato reprodutivo maduro têm taxas de concepção cerca de 7% maiores do que novilhas pré-púberes. Estudos com novilhas Nelore suplementadas por 12 dias com dispositivos de liberação de P₄ mostraram que as taxas de concepção após IATF são semelhantes entre novilhas pré-púberes e púberes, demonstrando a eficácia dos protocolos de indução (DE LIMA et al., 2020).

A administração intramuscular de uma única dose de P₄ de longa duração (iP₄), que contém progesterona natural, mostrou-se uma solução prática para o manejo comercial de gado de corte, facilitando a suplementação de P₄ em rebanhos comerciais (DE LIMA et al., 2020). Este estudo foi conduzido em quatro fazendas comerciais no Brasil Central com novilhas *Bos indicus* da raça Nelore. Os resultados mostram que o protocolo acelera a puberdade, estimulando o desenvolvimento uterino e o crescimento folicular de novilhas pré-púberes, levando a taxas de gestação semelhantes às de novilhas púberes (DE LIMA et al., 2020).

A IATF permite a sincronização da ovulação em momentos previamente determinados, reduzindo o intervalo entre partos e possibilitando o planejamento das concepções, acasalamentos e partos. O sucesso da IATF em gado de corte depende da eficácia dos protocolos utilizados, da correta administração dos fármacos e do manejo adequado. Fatores como o escore de condição corporal e o conhecimento prévio sobre o estado fisiológico dos animais são cruciais para o sucesso do procedimento (PEREIRA et al., 2019).

5796

Os protocolos mais utilizados na IATF em bovinos de corte envolvem dispositivos intravaginais contendo progesterona, estradiol e prostaglandina (PGF₂α). Além disso, há protocolos baseados em hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) e PGF₂α, como o Ovsynch. A redução da idade ao primeiro parto e a diminuição dos intervalos entre partos são essenciais para aumentar a taxa de retorno do capital investido, além de promover maior eficiência no uso de pastagens e facilitar a identificação precoce de animais menos produtivos (PEREIRA et al., 2019).

Em um estudo, 32 novilhas primíparas da raça Nelore foram submetidas a tratamento com 1 mL (150 mg) de progesterona injetável. Dentre essas novilhas, 18 (56%) confirmaram prenhez. Em comparação, um grupo controle de 32 novilhas da mesma raça, que não recebeu o tratamento com progesterona, resultou em 16 (50%) novilhas prenhes. A diferença observada foi de 6 pontos percentuais (50% para 56%) a favor da utilização de progesterona intramuscular no protocolo de indução de puberdade. Esse resultado demonstra que a inclusão de progesterona

injetável no manejo reprodutivo das novilhas pode contribuir para uma melhoria na taxa de prenhez, auxiliando o produtor a alcançar melhor desempenho reprodutivo em seu rebanho (PRIMIERY; ANTUNES, 2020).

Diversos fatores contribuem para um melhor aproveitamento da terapia de indução da puberdade em novilhas, como o manejo adequado. O método de indução por progesterona injetável demonstrou um aproveitamento mais eficiente do fármaco, devido à melhor absorção do hormônio, em comparação com o método intravaginal. Além disso, deve-se considerar a possível ocorrência de enfermidades relacionadas ao uso de implantes intravaginais, como infecções que podem evoluir para condições mais graves, como vaginite. O protocolo injetável, mostrou-se mais seguro, sem a ocorrência de doenças relacionadas ao procedimento, uma vez que não há contato direto com o ambiente interno do animal. O uso de implantes pode aumentar a vulnerabilidade do animal a doenças, o que representa um desafio adicional (MACULAN; GUERIOS, 2023).

As novilhas submetidas a protocolos de indução apresentaram uma taxa de prenhez 8,3% superior em comparação às novilhas não induzidas. O protocolo que utiliza apenas progesterona injetável (P₄) de longa ação demonstrou eficácia semelhante ao tratamento com dispositivos intravaginais reutilizáveis associados ao cipionato de estradiol. A progesterona injetável é eficaz para a indução de puberdade em novilhas a partir dos 14 meses de idade com um peso médio de 270 kg. Os animais induzidos mostram melhores taxas de prenhez em comparação aos não induzidos (MAGI et al., 2020).

5797

Para maximizar a taxa de prenhez em programas de IATF, os produtores devem desenvolver uma abordagem sistemática que envolva a seleção das novilhas com o melhor potencial reprodutivo, considerando fatores como idade, peso e condição corporal. A escolha do hormônio, protocolo adequado, qualidade do sêmen, além disso, o manejo nutricional e o bem-estar dos animais também são aspectos fundamentais que impactam a eficiência reprodutiva. A implementação de um protocolo que atenda às necessidades específicas do produtor e do rebanho pode resultar em um aumento significativo na eficiência e produtividade do sistema de produção (DE OLIVEIRA; DA SILVA JUNIOR; CAVALCANTE, 2018).

Os protocolos hormonais que envolvem o uso de progesterona, estradiol e GnRH são fundamentais para estimular o crescimento folicular e facilitar a ovulação. Os resultados observados indicam que a aplicação desses protocolos tem um impacto significativo no ciclo reprodutivo das novilhas, com 82,22% das novilhas tornando-se cíclicas após o tratamento, isso

demonstra uma resposta positiva à indução da puberdade. Em contraste, apenas 17,78% das novilhas permaneceram acíclicas, o que sugere que a maioria das fêmeas se beneficia do tratamento. Além disso, o aumento no número de novilhas inseminadas durante a estação de monta é um indicativo de que a indução da ovulação antecipou a puberdade, e também melhorou a eficiência reprodutiva geral (DE CARVALHO ARAÚJO et al., 2019).

Em um estudo realizado, avaliando a eficácia de um protocolo de indução de puberdade em 92 novilhas aneladas, com idades entre 18 e 24 meses e peso médio de $339,81 \pm 23,26$ kg. As novilhas foram previamente avaliadas por ultrassonografia para garantir a ausência de corpo lúteo, assegurando que estavam em um estado imaturo. Os resultados mostraram que 47,83% das novilhas responderam ao protocolo de indução, o que corresponde a 44 novilhas. Dentre aquelas que responderam, 92,86% (39 de 44) apresentaram estro, indicando uma boa resposta ao tratamento. As taxas de concepção foram bastante promissoras, com 80,95% das novilhas prenhas aos 30 dias após a IATF, e 78,53% aos 60 dias. A perda embrionária/fetal foi de apenas 2,94%, um número baixo que sugere um bom ambiente uterino e manejo adequado. O protocolo de indução de puberdade foi eficaz em induzir a puberdade em aproximadamente 50% das novilhas de corte, e as taxas de concepção observadas (80,95%) são satisfatórias para programas de IATF (DA SILVA NASCIMENTO et al., 2020).

O uso de fontes exógenas de P₄ pode acelerar o início da puberdade, desde que o eixo hipotálamo-hipofisário esteja completamente maduro. Quando há uma diminuição nos receptores de E₂, o feedback negativo do E₂ sobre o GnRH é reduzido, o que aumenta os níveis de LH e promove a ovulação. No entanto, uma alta exposição à progesterona exógena pode interferir no crescimento folicular, resultando em taxas de ovulação e gestação inferiores às esperadas. Para novilhas pré-púberes, recomenda-se o uso de dispositivos intravaginais de progesterona de terceiro ou quarto uso, ou uma dose de 150 mg de progesterona injetável (POSSEBON, 2023).

Existem diferentes fontes de progesterona exógena para protocolos de indução da puberdade, como dispositivos intravaginais de progesterona, implantes subcutâneos, progesterona injetável, adesivos transdérmicos e progestágenos na alimentação como o acetato de melengestrol (MGA). As taxas de puberdade variam, com alguns estudos relatando menos de 40% de puberdade utilizando P₄ injetável ou dispositivos intravaginais de P₄, enquanto outros apontam taxas superiores a 60% com ambas as fontes. Apesar dessas variações, o uso de progesterona injetável ou por dispositivos tem mostrado resultados satisfatórios na indução da

puberdade, com a P₄ injetável sendo preferida atualmente por sua facilidade de manejo e menor custo (POSSEBON, 2023).

A associação com prostaglandina (PG) também se mostrou eficaz quando utilizada 12 dias após a aplicação de P₄ injetável. Novilhas que receberam uma dose de PG apresentam maior taxa de ovulação em comparação com aquelas que não receberam. A PG auxilia no crescimento final do folículo, seja aplicada no início ou no final do protocolo. Ao ser utilizada na indução da puberdade, a P₄ injetável pode reduzir o número de receptores de estradiol, diminuindo a retroalimentação negativa ao GnRH, o que sensibiliza a hipófise a liberar LH e promove a ovulação. Além disso, a PG, quando usada em novilhas pré-púberes, aumenta a sensibilidade da hipófise ao GnRH, o que estimula a secreção de LH sem interferir no desenvolvimento do corpo lúteo (CL). O uso de P₄ injetável em protocolos de indução da puberdade acelera o desenvolvimento reprodutivo de novilhas pré-púberes. Quando administrada 50 e/ou 25 dias antes do início do protocolo de IATF, a P₄ injetável estimula o desenvolvimento uterino, aumenta a ciclicidade na inseminação artificial (IA) e eleva a taxa de prenhez (POSSEBON, 2023).

Após a seleção inicial por peso corporal no desmame, 33 novilhas foram expostas à progesterona de longa ação, das quais 25 responderam positivamente à indução e foram selecionadas para o programa de IATF. O grupo controle, composto por 24 fêmeas nulíparas, não recebeu tratamento hormonal. Os resultados indicaram que o grupo de novilhas induzidas à precocidade apresentou 52% de taxa de prenhez, enquanto o grupo controle teve 37,5%. Embora a diferença entre os grupos tenha sido estatisticamente similar, esses dados reforçam a eficácia da indução à puberdade para melhorar a performance reprodutiva e antecipar o retorno econômico na produção de novilhas (MENDES; CUNHA, 2023).

O primeiro ponto crítico é a otimização da maturidade uterina, associada diretamente ao início da puberdade e a um melhor desempenho reprodutivo. Estudos demonstram que a exposição hormonal, especialmente a P₄, sozinha ou em combinação com E₂, melhora a maturidade uterina em novilhas pré-púberes. Em novilhas Nelore tratadas com dispositivos intravaginais de P₄, foi observada uma melhora nos escores uterinos, como o aumento do diâmetro dos cornos uterinos e do tônus uterino, indicando maior preparação para a reprodução. Além disso, a adição de E₂ aos protocolos de indução tem demonstrado efeitos positivos na maturidade uterina e na taxa de ovulação. O estradiol, particularmente em suas formas de

benzoato e cipionato, tem sido amplamente utilizado como indutor de ovulação, o que explica a maior ocorrência de ovulação nessas novilhas (SARTORI; ALVES; LOPES, 2024).

A progesterona desempenha um papel vital ao sensibilizar o hipotálamo ao feedback positivo do 17β -estradiol, promovendo o pico de LH pré-ovulatório. Esse mecanismo é acelerado pela administração de progestinas exógenas, como o acetato de melengestrol (MGA). O MGA, quando administrado por oito dias e depois retirado, estimula a secreção pulsátil de LH, acelerando o crescimento folicular para o estágio pré-ovulatório, antecipando o início da puberdade. A administração de progestinas é uma ferramenta eficaz não apenas para induzir a puberdade, mas também para garantir uma ovulação bem-sucedida, resultando em taxas de prenhez mais elevadas em novilhas peripúberes (ESTILL, 2021).

Os progestágenos, compostos semelhantes à progesterona, podem ser administrados via oral (acetato de melengestrol - MGA), por implantes subcutâneos de norgestomet (Crestar®) ou dispositivos intravaginais contendo P₄ (CIDR®, DIB® e PRID®). Esses compostos reduzem a quantidade de receptores de E₂ no hipotálamo, o que diminui a retroalimentação negativa desse hormônio sobre a liberação de GnRH, levando a um aumento na liberação de LH. Esse é o mecanismo responsável pela indução da puberdade nos tratamentos com progestágenos. Um fator importante para a indução da puberdade com P₄ é a dose e/ou o tempo de exposição ao progestágeno, especialmente em novilhas zebuínas. Doses elevadas ou um período prolongado de exposição à P₄ estão associados a menores taxas de prenhez, pois os zebuínos apresentam uma menor velocidade metabólica da P₄ em comparação aos taurinos (SILVA et al., 2018).

Num estudo para avaliar o efeito da progesterona injetável e de um dispositivo intravaginal de liberação de progesterona de 4^o uso na indução de ciclicidade em novilhas nelore previamente ao protocolo de IATF. Foram utilizadas 519 novilhas pré-púberes da raça Nelore, com média de 24 meses de idade, criadas em sistema extensivo e recebendo suplementação mineral. No início do experimento, as novilhas foram submetidas a um exame de ultrassonografia para avaliação ovariana e, em seguida, divididas aleatoriamente em dois grupos: o Grupo 1 recebeu indução hormonal por meio de um implante intravaginal, e o Grupo 2 foi tratado com hormônio injetável Sincrogest®. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre os métodos adotados para a indução de ciclicidade nas novilhas ($p > 0,05$). O Grupo 1 apresentou uma resposta de 75,0% à indução e uma taxa de prenhez de 50,5%, enquanto no Grupo 2, 73,0% das novilhas atingiram a puberdade, com uma taxa de

prenhez de 52,5%. Esses resultados indicam que ambos os métodos foram eficazes na indução de ciclicidade (JUNIOR; MORA, 2022).

No estudo realizado, 56% das novilhas submetidas ao tratamento se tornaram gestantes, em comparação com 41% de novilhas de porte e número semelhantes que não receberam o tratamento. Essa intervenção resultou em uma taxa de prenhez mais elevada ao final da estação de monta, contribuindo para uma melhora geral na eficiência reprodutiva do rebanho. A progesterona desempenha um papel fundamental na preparação do revestimento uterino para a manutenção da gravidez, na prevenção do movimento uterino, na supressão do estro e no controle do pico pré-ovulatório de hormônio luteinizante. Com base na diferença de 15% na taxa de prenhez entre novilhas induzidas e não induzidas, é evidente que a indução da puberdade em novilhas pré-púberes, utilizando progesterona, é uma técnica eficaz para aumentar as taxas de ovulação e contribuir para a melhoria dos índices de fertilidade e eficiência reprodutiva no manejo pecuário (AMARAL; DE JUNIOR, 2022).

No estudo realizado com 100 novilhas Nelore em anestro criadas em sistema extensivo, foram comparados dois métodos de indução da puberdade: o implante de terceiro uso (Dib, Zoetis®) e Betaproginn® (2,5 gramas de progesterona e 17β-estradiol). Após a indução e subsequente protocolo de IATF, foram avaliados os índices de resposta à indução e prenhez. Os resultados mostraram que a indução da puberdade foi de 78% para as novilhas que utilizaram o implante intravaginal de terceiro uso, enquanto aquelas tratadas com Betaproginn® tiveram uma taxa de indução de 68%, com a presença de corpo lúteo indicando a ciclicidade ovariana em ambos os grupos. Apesar de uma diferença numérica, não houve diferença estatística significativa entre os dois métodos de indução ($p > 0,05$), indicando que ambos os protocolos foram eficazes em promover a indução da puberdade. As novilhas induzidas com o implante de terceiro uso obtiveram uma taxa de prenhez de 60%, enquanto aquelas que receberam Betaproginn® alcançaram 50%. Tanto o implante de terceiro uso, quanto Betaproginn® são estratégias viáveis para a indução da puberdade e sincronização reprodutiva em novilhas Nelore (LAZARINI et al., 2021).

Os zebuínos possuem maior circulação endógena de progesterona em comparação às raças taurinas, o que os torna mais sensíveis aos tratamentos com progestágenos. Isso também permite a reutilização de implantes intravaginais, o que é vantajoso economicamente. Além disso, a maior sensibilidade dos zebuínos aos protocolos de sincronização justifica a busca por ajustes finos nas estratégias hormonais. Em estudos com novilhas Angus, que são mais precoces

reprodutivamente, a progesterona de longa ação não foi eficaz em aumentar as taxas de concepção. Isso se deve ao fato de que essas raças, devido à sua maturidade precoce e adequado ganho de peso diário, já possuem uma alta eficiência reprodutiva sem a necessidade de tratamentos adicionais. Em contrapartida, em vacas zebuínas, a combinação de cipionato de estradiol (CE) com GnRH mostrou-se mais vantajosa para indução de ovulação do que em vacas taurinas. Uma estratégia promissora é a administração seletiva de GnRH apenas em vacas que não apresentam estro até o momento da IATF, em vez de tratar todo o rebanho, o que otimiza os custos e melhora a eficiência (LAZZARI et al., 2023).

Um protocolo foi administrado em 130 novilhas pré-púberes e 94 púberes, e o protocolo de IATF foi eficaz para induzir a puberdade, resultando em taxas de prenhez de 29,2% para as novilhas pré-púberes e 37,2% para as púberes. A inseminação artificial convencional, realizada 45 dias após o início do ciclo, gerou taxas de prenhez de 38,5% para as novilhas pré-púberes e 58,5% para as púberes. Quando comparadas as taxas de prenhez final utilizando IATF, inseminação artificial (IA) e monta natural, as novilhas pré-púberes e púberes apresentaram taxas de prenhez de 60,7% e 73,4%, respectivamente. Ao final da temporada reprodutiva, a combinação de IATF, IA convencional e monta natural resultou em uma taxa de prenhez global de 66,0%, sem diferenças significativas nos resultados reprodutivos entre novilhas pré-púberes e púberes (SOUZA et al., 2017).

O tratamento que apresentou a melhor resposta foi o tratamento 2 (cipionato + progesterona), que obteve a maior taxa de indução da puberdade. Esse protocolo consistiu na aplicação de um dispositivo intravaginal para liberar progesterona, combinado com a aplicação de cipionato de estradiol como fonte de estrogênio. Esses resultados indicam que a indução da puberdade através do implante de progesterona via vaginal, em associação com cipionato de estradiol, é um método eficaz. O grupo com a menor resposta foi o Grupo 1 (Benzoato + Progesterona), que obteve uma taxa de resposta de apenas 9,3% (DÍAZ; PÉREZ, 2024).

O início do protocolo de IATF, 12 dias após a indução da puberdade resultou em uma maior fertilidade em novilhas nelore previamente pré-púberes. A concentração de P₄ no final do protocolo de IATF foi negativamente associada ao diâmetro folicular e à taxa de prenhez. Estratégias que reduzam a concentração de P₄ antes do final do protocolo tende a fertilidade. A abordagem adotada pode ser aplicada na prática, evitando a necessidade de antecipar o tratamento com PGF_{2α} (do dia 9 ao 7 de um protocolo de 9 dias), o que facilita o manejo dos animais durante o protocolo IATF (RODRIGUES et al., 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A idade à puberdade é uma característica que influencia diretamente a produtividade do animal e, conseqüentemente, a lucratividade da fazenda. Esse processo envolve e é dependente de diversos fatores como nutrição, ambiente, fotoperíodo e hormônios endócrinos. Neste sentido, o uso de protocolos de indução da ovulação são ferramentas estratégicas para acelerar a maturidade sexual, mas é necessária uma abordagem integrada para ter sucesso técnico e financeiro.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Igor; DE JUNIOR, Jair Sabio. Pré-indução hormonal com progesterona injetável em novilhas. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 10, p. 4115-4128, 2022.

ATKINS, Jacqueline A.; POHLER, Ky G.; SMITH, Michael F. Physiology and endocrinology of puberty in heifers. **Veterinary Clinics: Food Animal Practice**, v. 29, n. 3, p. 479-492, 2013.

DA SILVA NASCIMENTO, Talita et al. Qual a eficiência da indução de puberdade e inseminação artificial em tempo fixo em novilhas de corte. **MAGISTRA**, v. 31, p. 635-643, 2020.

DE CARVALHO ARAÚJO, Ana Clara et al. Efeito indução da ovulação em novilhas com protocolo de ciclicidade. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 24286-24290, 2019.

5803

DE OLIVEIRA, Ricardo Brognoli; DA SILVA JUNIOR, Baltazar Alves; CAVALCANTE, Thiago Henrique Cassiano. Indução de novilhas para protocolo de inseminação artificial em tempo fixo: Revisão. **Pubvet**, v. 12, p. 133, 2018.

DE LIMA, R. S. et al. Effect of a puberty induction protocol based on injectable long acting progesterone on pregnancy success of beef heifers serviced by TAI. **Theriogenology**, v. 154, p. 128-134, 2020.

DELCHIARO, S. B. et al. Antral follicle count, productive and reproductive parameters in *Bos indicus* and *Bos indicus-taurus* prepubertal heifers with early puberty induction. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 74, n. 03, p. 390-398, 2022.

DÍAZ, Alejandro José Linares; PÉREZ, Fernando José Osorio. Inducción de la pubertad en novillas para carne utilizando tres protocolos. **Revista Diversidad Científica**, v. 4, n. 2, p. 219-231, 2024.

DUITTOZ, Anne H. et al. The timing of puberty (oocyte quality and management). **Animal Reproduction (AR)**, v. 13, n. 3, p. 313-333, 2018.

ESTILL, Charles T. Initiation of puberty in heifers. **Bovine Reproduction**, p. 258-268, 2021.

FERRAZ JR, M. V. C. et al. A combination of nutrition and genetics is able to reduce age at puberty in Nelore heifers to below 18 months. **animal**, v. 12, n. 3, p. 569-574, 2018.

GREGIANINI, Héilton Aparecido Garcia et al. Precocidade sexual de novilhas Nelore em rebanho sob seleção no Estado do Acre. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, 2021.

JUNIOR, Willian Carlos Cardeal; MORA, Natália. Indução de ciclicidade em novilhas pré-púberes com utilização de progesterona injetável ou dispositivo intravaginal previamente ao protocolo de IATF. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 14, n. 2, 2022.

KENNY, D. A.; HESLIN, J.; BYRNE, C. J. Early onset of puberty in cattle: implications for gamete quality and embryo survival. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 30, n. 1, p. 101-117, 2018.

LAZARINI, Italo Silva et al. Prenhez em novilhas Nelore induzidas à puberdade, criadas na Amazônia Oriental Pregnancy in puberty-induced Nelore heifers, breeding in the eastern Amazon. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 119012-119022, 2021.

MACULAN, Sabrine Brustolin Silva; GUERIOS, Euler Márcio Ayres. INDUÇÃO DE CICLICIDADE EM NOVILHAS POR MEIO DE TERAPIA HORMONAL. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG**, v. 6, n. 2, p. 157-165, 2023.

MALAFAIA, Guilherme Cunha; BISCOLA, Paulo Henrique Nogueira. Anuário CiCarne da cadeia produtiva da carne bovina. Campo Grande, MS : **Embrapa Gado de Corte**, 2023.

5804

MAGI, Lucas Henrique Ribeiro et al. Efeito de diferentes métodos de indução à puberdade sobre a resposta reprodutiva em novilhas nelore. **Nativa**, v. 8, n. 5, p. 658-662, 2020.

MENDES, Breno Rodrigues; CUNHA, Andrielle Thainar Mendes. AVALIAÇÃO DA TAXA DE PREENHIZ EM NOVILHAS SUBMETIDAS A IATF APÓS INDUÇÃO DE PUBERDADE. **Singular. Meio Ambiente e Agrárias**, v. 1, n. especial, p. 32-38, 2023.

MISZURA, Alexandre Arantes et al. Implications of growth rates and compensatory growth on puberty attainment in Nelore heifers. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 74, p. 106526, 2021.

PEREIRA, Luiz Carlos et al. Economic evaluation of puberty induction of nulliparous Nelore heifers using intravaginal device and melengestrol acetate. **Acta Agronômica**, v. 68, n. 3, p. 205-212, 2019.

PERRY, G. A. Factors affecting puberty in replacement beef heifers. **Theriogenology**, v. 86, n. 1, p. 373-378, 2016.

POSSEBON, Caroline Fernandes. Indução a puberdade em novilhas de corte Bos Taurus com progesterona injetável e prostaglandina. **Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pampa, Mestrado em Ciência Animal**, 52 p. 2023.

PRIMIERY, Cornélio; ANTUNES, Michely Fiabani. Indução de puberdade em novilhas com a utilização de progesterona injetável. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG**, v. 3, n. 2, 2020.

RODRIGUES, A. D. P. et al. Effect of interval from induction of puberty to initiation of a timed AI protocol on pregnancy rate in Nellore heifers. **Theriogenology**, v. 82, n. 5, p. 760-766, 2014.

SARTORI, Roberto; ALVES, Rodrigo Lemos Olivieri Rodrigues; LOPES, Ana Luíza Müller. Induction of puberty vs. induction of ovulation using steroid hormones in beef heifers: a comprehensive review. **Animal Reproduction**, v. 21, n. 3, p. e20240072, 2024.

SILVA, Felipe Martins Batista et al. Estratégias para antecipação da puberdade em novilhas *Bos taurus indicus* pré-púberes. **Pubvet**, v. 12, p. 136, 2018.

SOUZA, A. L. et al. Reproductive performance of prepubertal and pubertal heifers submitted to timed artificial insemination protocols. **J Dairy Vet Anim Res**, v. 5, n. 6, p. 208-210, 2017.

SCHUBACH, Kelsey M. et al. Impacts of stocking density on development and puberty attainment of replacement beef heifers. **Animal**, v. 11, n. 12, p. 2260-2267, 2017.

VASANTHA, S. K. I.; KONA, S. S. R. Physiology of puberty in females: A review. **International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry**, v. 1, n. 2, p. 23-26, 2016.