

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

LUCAS CARDOSO AZEREDO

**FATORES ASSOCIADOS COM A TAXA DE PREENHEZ DE NOVILHAS TAURINAS
SUBMETIDAS À IATF**

**Porto Alegre (RS), Brasil.
Março, 2024**

LUCAS CARDOSO AZEREDO

**FATORES ASSOCIADOS COM A TAXA DE PRENHEZ DE NOVILHAS TAURINAS
SUBMETIDAS À IATF**

Dissertação apresentada como requisito
para obtenção do Grau de Mestre em
Zootecnia, na Faculdade de Agronomia, da
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul

Orientador: Bernardo Garziera Gasperin
Coorientador: Jaime Urdapilleta Tarouco

**Porto Alegre
2024**

CIP - Catalogação na Publicação

Cardoso Azeredo, Lucas
FATORES ASSOCIADOS COM A TAXA DE PRENHEZ DE
NOVILHAS TAURINAS SUBMETIDAS À IATF / Lucas Cardoso
Azeredo. -- 2024.
40 f.
Orientador: Bernardo Garziera Gasperin.

Coorientador: Jaime Urdapilleta Tarouco.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. Bos Taurus. 2. Produtividade. 3. Fertilidade. 4.
Progesterona . 5. DIV. I. Garziera Gasperin, Bernardo,
orient. II. Urdapilleta Tarouco, Jaime, coorient.
III. Título.

Lucas Cardoso Azeredo
Zootecnista

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM ZOOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 28.03.2024
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 22/05/2024
Por

 Documento assinado digitalmente
BERNARDO GARZIERA GASPERIN
Data: 02/04/2024 09:35:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Bernardo Garziera Gasperin
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador

Ines Andretta  Assinado de forma digital por Ines
Andretta
Dados: 2024.05.22 15:35:20 -0300

INES ANDRETTA
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia

 Documento assinado digitalmente
DANIELE MISSIO
Data: 02/04/2024 10:12:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Daniele Missio
UFSM

 Documento assinado digitalmente
MARCELO BERTOLINI
Data: 02/04/2024 18:11:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Marcelo Bertolini
UFRGS

 Documento assinado digitalmente
RAFAEL GIANELLA MONDADORI
Data: 02/04/2024 12:31:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rafael Gianella Mondadori
UFPEL

 Documento assinado digitalmente
PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA
Data: 24/05/2024 07:29:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA
Vice-Diretor da Faculdade de
Agronomia

Seamos todos caballos y entonces abra flor

Seamos todos caballos y abra color verde...

Porque los caballos son carceleros del campo

Y el hombre de sus Hermanos.

León Gieco - Seamos Todos Caballos

FATORES ASSOCIADOS COM A TAXA DE PREENHEZ DE NOVILHAS TAURINAS SUBMETIDAS À IATF

Autor: Lucas Cardoso Azeredo

Orientador: Bernardo Garziera Gasperin

Coorientador: Jaime Urdapilleta Tarouco

RESUMO

Em geral, cerca de 50% das fêmeas se tornam gestantes após a IATF. Considerando que a taxa de prenhez é fundamental para a produtividade dos sistemas, estudos que otimizem a resposta aos tratamentos hormonais são importantes. Nos protocolos hormonais, a progesterona (P4) exógena controla os pulsos do hormônio luteinizante (LH), atrasando o estro e a próxima ovulação. A P4 é suplementada com dispositivos intravaginais (DIVs), que podem ser monodose, contendo 0,5 a 0,6g de P4, e DIVs com 1 a 2g de P4. O objetivo do estudo foi avaliar fatores associados com a fertilidade de novilhas cruzadas, predominantemente taurinas, submetidas à IATF. O estudo utilizou dados de 362 novilhas com idade entre 18 e 24 meses, peso mínimo de 293 kg e escore de condição corporal (ECC) mínimo de 3 (escala de 1 a 5). No D0, todas as novilhas receberam 2 mg de benzoato de estradiol (BE) intramuscular (im) e 265 µg de cloprostenol sódico (im), sendo aleatoriamente alocadas em três grupos: Monodose A (n = 116); Monodose B (n = 117); ou Controle (n = 115), que receberam DIV contendo 1 g de P4. Os DIVs foram mantidos por 8 dias, sendo que na remoção (D8) as fêmeas receberam 265 µg de cloprostenol sódico (im), 0,5 mg de cipionato de estradiol (CE) (im) e 300 UI de eCG. Ainda no D8, foi realizada a pintura da base da cauda para avaliar a manifestação de estro. Em um subgrupo de animais (n = 102) foi realizada a coleta de sangue na remoção do DIV para dosagem de P4. Todas as fêmeas foram inseminadas 48h após a remoção do DIV com sêmen de touros com fertilidade comprovada. O diagnóstico de gestação (DG) foi realizado 30 dias após a IATF. O DIV de P4 não afetou a concentração de P4 no D8 (P = 0,99; n = 88), sendo observado $2,34 \pm 0,10$, $2,34 \pm 0,10$ e $2,35 \pm 0,10$ ng/mL para os grupos Monodose A, Monodose B e Controle, respectivamente. A taxa de manifestação de estro e a taxa de prenhez não foram afetadas pelos tratamentos, sendo observado 87,9%, 88,0% e 79,1% de manifestação de estro, e 56,0%, 51,3% e 54,3% de prenhez, para os grupos Monodose A, Monodose B, e Controle, respectivamente. Não houve efeito do estro sobre a taxa de prenhez, sendo observado 57,7% nas novilhas que não manifestaram estro, e 53% nas que manifestaram. Assim, para novilhas predominantemente *Bos taurus*, com peso e condição corporal adequados, diferentes DIVs de P4 não afetaram a fertilidade após a IATF.

Palavras-chave: *Bos taurus*, progesterona, DIV, fertilidade, produtividade .

FACTORS ASSOCIATED WITH PREGNANCY RATE OF *Bos taurus* HEIFERS SUBJECTED TO TAI

Author: Lucas Cardoso Azeredo

Advisor: Bernardo Garziera Gasperin

Coadvisor: Jaime Urdapilleta Tarouco

ABSTRACT

In general, around 50% of females become pregnant after TAI. Considering that the pregnancy rate is fundamental to the productivity of systems, studies that optimize the response to hormonal treatments are important. In hormonal protocols, exogenous progesterone (P4) controls luteinizing hormone (LH) pulses, delaying estrus and the next ovulation. P4 is administered using intravaginal devices (IVDs), which are available as monodosis, containing 0.5 to 0.6 g P4, and IVDs containing 1 to 2 g of P4. The objective of the study was to evaluate factors associated with the fertility of crossbred heifers, predominantly *Bos taurus*, submitted to TAI. The study used data from 362 heifers, 18-to-24-months-old, with a minimum weight of 293 kg and minimum body condition score (BCS) of 3 (scale from 1 to 5). On D0, all heifers received 2 mg of estradiol benzoate (EB) intramuscularly (im) and 265 µg of sodium cloprostenol (im), being randomly allocated into three groups: Monodosis A (n = 116); Monodosis B (n = 117); or Control (n = 115), which received IVDs containing 1g of P4. The IVDs were maintained for 8 days, and at IVD removal (D8) all females received 265 µg of sodium cloprostenol (im), 0.5 mg of estradiol cypionate (EC) (im) and 300 IU eCG. Furthermore, on D8, the base of the tail was painted with a marker to evaluate estrus manifestation. In a subgroup of animals (n = 102), blood samples were collected at the time of IVD removal for P4 analysis. All females were inseminated 48 h after IVD removal with semen from bulls with proven fertility. Pregnancy diagnosis (PD) was performed 30 days after TAI. The different IVDs did not affect serum P4 concentrations on D8 (P = 0.99; n = 88), with 2.34 ± 0.10 , 2.34 ± 0.10 and 2.35 ± 0.10 ng/mL for Monodosis A, Monodosis B and Control, respectively. Estrus expression and pregnancy rates were not affected by the treatments, with 87.9%, 88.0% and 79.1% of estrus manifestation, and 56.0%, 51.3% and 54.3% of pregnancy rate being observed for Monodosis A, Monodosis B and Control, respectively. No effect of the manifestation of estrus on the pregnancy rate was detected, with 57.7% observed in heifers that did not express estrus, and 53.0% in those that did. In conclusion, different P4 IVDs did not affect fertility in crossbred *Bos taurus* heifers with adequate weight and BCS.

Keywords: *Bos taurus*, progesterone, IVD, fertility, productivity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVO GERAL	9
2.1. Objetivos específicos	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1. Novilhas de reposição	9
3.2. Precocidade	12
3.3. Indução hormonal da puberdade	13
3.4. Fisiologia do ciclo estral	14
3.5. Protocolos de IATF	16
3.5.1. Usos da progesterona	18
4. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	20
4.1. Dosagem de progesterona	20
4.2. Análise estatística	20
5. RESULTADOS	21
6. DISCUSSÃO	23
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
8. AGRADECIMENTO	30
9. REFERÊNCIAS	31
10. ANEXO	39

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Notas de probabilidade de valor presente líquido conforme a perda de bezerros: Probabilidade de que o VPL seja inferior a US\$ 0 (branco), entre US\$ 0 e US\$ 500 por cabeça (cinza claro) e superior a US\$ 500 por cabeça (cinza escuro) em rebanhos de parto na primavera. Adaptado de Boyer, Griffith & Delong (2020)......10
- Figura 2** Taxa de prenhez de acordo com a concentração sérica de progesterona (ng/mL) no dia da remoção do dispositivo intravaginal. As fêmeas foram agrupadas de acordo com a concentração de progesterona independentemente do DIV utilizado. Os números no interior e acima das barras indicam o número de animais por grupo e a taxa de prenhez após IATF, respectivamente. Os dados não diferem estatisticamente ($P>0,05$)..... 21
- Figura 3** Taxa de prenhez de acordo com o peso vivo (kg) no dia da inserção do dispositivo intravaginal. (B) Taxa de prenhez de acordo com o escore de condição corporal (ECC). Os números no interior e acima das barras indicam o número de animais por grupo e a taxa de prenhez após IATF, respectivamente. Os dados não diferem estatisticamente ($P>0,05$)..... 22
- Figura 4** Taxa de estro e prenhez de acordo com o DIV. As fêmeas foram submetidas ao mesmo protocolo hormonal. Os números acima das barras indicam a taxa de estro e prenhez. Os dados não diferem estatisticamente ($P>0,05$)..... 22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCZ	Associação Brasileira de Criadores de Zebu
BE	Benzoato de Estradiol
CE	Cipionato de Estradiol
CL	Corpo Lúteo
DG	Diagnóstico de Gestação
DIVs	Dispositivos Intravaginais
E2	Estradiol
E2/P4	Protocolos baseados na utilização de estradiol e progesterona
ECC	Escore de Condição Corporal
eCG	Gonadotrofina Coriônica Equina
EUA	Estados Unidos da América
FD	Folículo Dominante
FSH	Hormônio Folículo Estimulante
GnRH	Hormônio Liberador de Gonadotrofina
hCG	Gonadotrofina Coriônica Humana
IA	Inseminação Artificial
IATF	Inseminação Artificial em Tempo Fixo
LH	Hormônio Luteinizante
P4	Progesterona
PGF	Prostaglandina
PIB	Produto Interno Bruto
VPL	Valor Presente Líquido

1. INTRODUÇÃO

O Produto Interno Bruto (PIB), é um indicador resumido da produção de novos bens e serviços de um país ao longo do ano. O PIB do Brasil no ano de 2021 foi de R\$ 8,7 trilhões e dentro deste montante a pecuária de corte foi responsável por movimentar, aproximadamente, R\$ 913 bilhões através, por exemplo, de: insumos, investimentos em genética, nutrição e sanidade animal, o que representou 10% do PIB nacional. Portanto, há uma contribuição significativa desse setor, evidenciado sua importância econômica (ABIEC 2022; IBGE 2023; CEPEA 2023; IBGE 2022).

A pecuária brasileira é detentora de um rebanho estimado em, aproximadamente, 196 milhões de cabeças de gado, com um abate aproximado de 39 milhões de cabeças ao ano, onde mais de 80% dos animais são criados em ambientes pastoris (ABIEC 2022). Cezar et al. (2005) estimaram que, em torno de 80% dos sistemas produtivos brasileiros, são considerados extensivos, sendo de baixo nível tecnológico e regime nutricional a pasto. Dentro deste sistema, a desmama ocorre entre 7 e 8 meses, a idade média ao primeiro parto é de 45 meses, e o abate com mais de 40 meses (MALAFAIA et al., 2021). Portanto, há grande oportunidade de incremento produtivo no sistema de produção pelo aumento da precocidade e fertilidade das novilhas.

Na contramão destes sistemas extensivos e de baixa precocidade observada, Monteiro et al. (2023), ao considerarem estudos em bovinos de corte com IATF e prenhez por IATF como a principal variável, observaram que o Brasil é atualmente o país que mais publicou trabalhos sobre a tecnologia. Os pesquisadores do Brasil publicaram 98 manuscritos, dos 228 avaliados, de 1995 até 2021, o que representa 43% das publicações, na frente dos Estados Unidos da América (EUA) (41,2%), mesmo estes estando na vanguarda dos primeiros estudos de sincronização de estro, através das Universidade de Wisconsin (1951) e Cornell (1955). A partir destes estudos e dos avanços da tecnologia, hoje os programas de IATF usados em bovinos de corte podem ser divididos em dois tipos de protocolos, de acordo com a base dos hormônios utilizados, baseados em hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH - tipo *Ovsynch*), principalmente utilizados na América do Norte; e baseados em estradiol (E2) e progesterona (P4). De maneira geral, a maioria dos protocolos empregados no

Brasil são baseados na utilização de E2/P4, obtendo taxa de prenhez de, aproximadamente, 50,8% (MONTEIRO et al., 2023). Tendo em vista que a taxa de prenhez é uma variável chave para a produtividade do sistema, e que de maneira geral apenas cerca de 50% das fêmeas incluídas em protocolos de IATF se tornam prenhes, estudos que otimizem a resposta aos tratamentos hormonais se tornam relevantes.

Nos rebanhos de bovinocultura de corte, uma das categorias mais importantes são as novilhas de reposição, pois estas carregam a genética superior para o estoque de matrizes (D'OCCHIO et al., 2019). Neste sentido, Mercadante & Lamb (2024) sustentam que uma estratégia para implementação de programas de IATF nos rebanhos, é a aplicação de tratamento hormonal nas novilhas, a fim de familiarizar os produtores com a técnica, além da vantagem para as mesmas, que entrariam em reprodução cedo na estação reprodutiva, acarretando benefícios ao decorrer da sua vida produtiva.

A partir disto tudo, percebermos que os protocolos possuem amplitude para melhorar e as novilhas são uma oportunidade neste sentido. Dentro dos protocolos E2/P4, a P4 exógena tem como função suprimir a frequência dos pulsos do hormônio luteinizante (LH) e atrasar o estro e a próxima ovulação, para isto, o fornecimento de P4 se dá através dos dispositivos intravaginais (DIVs) (BERGFELD et al., 1996).

Atualmente, alguns DIVs de liberação controlada de P4 estão disponíveis comercialmente, dentre os quais há a possibilidade de DIVs contendo 0,5, 0,6 e $\geq 1,0$ g de P4. Estudos anteriores avaliaram a dose de P4 nos DIVs, tendo em vista a influência na fertilidade, em vacas de corte Nelore (multíparas não lactantes) (SILVA et al., 2022), fêmeas taurinas de diversas categorias (novilhas nulíparas, vacas primíparas não lactantes e vacas lactantes) (ZWIEFELHOFER et al., 2021) e, em estudo do nosso grupo, em vacas taurinas com cria ao pé (OLIVEIRA et al., 2023). No estudo de Oliveira et al. (2023), onde as vacas apresentavam ECC médio de 4, em escala de 1 a 5, foi observado menor taxa de prenhez (46,7%) em animais tratados com DIV monodose de 0,5 g de P4, em relação ao grupo de 1,0 g de P4 (58,9%). Os autores concluíram que vacas taurinas com cria ao pé, com ECC médio de 4, necessitariam de maiores doses de progesterona para a obtenção de melhores taxas de prenhez. A partir dos resultados de Oliveira et al. (2023), e da carência de informações científicas na literatura sobre a influência da dose de P4 nas taxas de prenhez em novilhas, formulou-se a hipótese que DIVs monodose, contendo menores

doses de P4 (0,5 ou 0,6 g), proporcionam menores taxas de prenhez após a IATF em novilhas taurinas, em comparação com DIVs contendo 1 g de P4.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência de diferentes fatores sobre a fertilidade de novilhas taurinas cruzadas submetidas à IATF.

2.1. Objetivos específicos

Determinar se o tipo de DIV de P4 afeta a concentração sérica de P4 no momento da retirada do DIV.

Avaliar se o tipo de DIV de P4 afeta a taxa de manifestação de estro.

Determinar se a taxa de prenhez após IATF no início da estação reprodutiva é influenciada pelo tipo de DIV de P4.

Identificar interações entre tipo de DIV de P4, peso e escore de condição corporal de novilhas submetidas à IATF.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Novilhas de reposição

Em um rebanho de cria estável, que utilize a eficiência reprodutiva como critério de descarte, com taxa constante de desmama (80%) e reposição (20%), é provável que em 5 anos o rebanho esteja renovado. Sendo assim, as novilhas de reposição possibilitam a incorporação de genética melhorada, aumentando a probabilidade de que vacas mais velhas (geneticamente inferiores) sejam descartadas (MATHEWS, KENNETH & SHORT, 2001).

Boyer, Griffith & Delong (2020), analisando dados produtivos de 19 anos de rebanhos Angus comercial e puro, oriundos de sistemas pastoris do sudeste dos EUA, com nascimentos na primavera e outono, demonstraram que uma novilha de reposição (primeiro parto aos 2 anos) necessita, desde o acasalamento da matriz (progenitora), produzir 6 bezerros consecutivos para pagar seus custos de retenção e cria, para aos 7 anos, começar a dar retorno econômico. Assim, da concepção aos 6 anos – desde que não haja falha reprodutiva-, os recursos empregados com a novilha

foram apenas suficientes para pagar seus próprios custos.

O valor presente líquido (VPL), é um indicador utilizado por investidores para verificar se o ativo que se deseja investir é economicamente viável, sendo que, se o VPL for positivo, o investimento deve ser aceito (MACKAY et al., 2004). Ainda nos estudos de Boyer, Griffith & Delong (2020), os autores utilizaram esta abordagem segundo a probabilidade de uma novilha de reposição perder 0 (zero) bezerros, 1 bezerro ou 2 bezerros ao longo da vida produtiva (considerada 11 anos). Os autores distribuíram as probabilidades de o VPL estar abaixo de US\$ 0, de estar entre US\$ 0 a US\$ 500 e acima de US\$ 500 por cabeça (Figura 1). Neste caso, haveria a probabilidade de 49% das novilhas recriadas que nunca perderam um bezerro durante a vida produtiva apresentarem um VPL acima de US\$ 500. Porém, caso a novilha perca um bezerro, a chance de o VPL ser acima de US\$ 500 cai para 19%, e em caso de perda de dois bezerros, a chance será de 10%. Contudo, mesmo que a novilha não perca nenhum bezerro, ainda existe uma probabilidade de 23% desta apresentar um VPL negativo, em função do preço do gado. Em termos de investimento, caso a novilha perca 1 bezerro ao longo da vida, esta necessitaria produzir 9 bezerros para gerar retorno econômico, no entanto, ela estaria praticamente fora da idade produtiva, deste modo, dar outra chance à novilha após não parir, provavelmente acarretará perda de rentabilidade do investimento. Com isto, recai sobre as novilhas uma responsabilidade muito grande, dado o tempo necessário para o retorno do investimento, o que faz desta uma categoria de alto risco, necessitando especial atenção no seu sucesso reprodutivo.

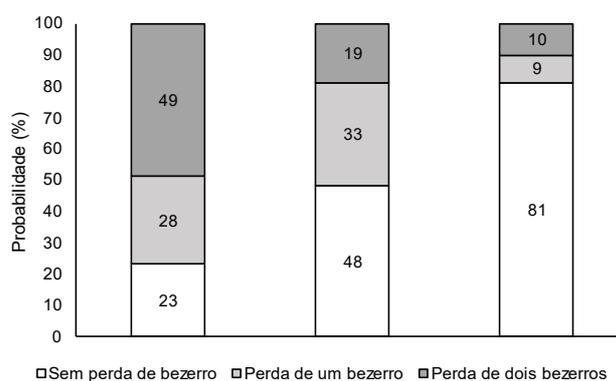


Figura 1 Notas de probabilidade de valor presente líquido conforme a perda de bezerros: Probabilidade de que o VPL seja inferior a US\$ 0 (branco), entre US\$ 0 e US\$ 500 por cabeça (cinza claro) e superior a US\$ 500 por cabeça (cinza escuro) em rebanhos de parto na primavera. Adaptado de Boyer, Griffith & Delong (2020).

A habilidade de permanência das fêmeas no rebanho é uma característica desejável, que leva em consideração a sua longevidade produtiva. Cavani et al. (2015) analisando banco de dados de 1994 a 2012 da raça Brahman, da Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), criados exclusivamente a pasto, observaram uma correlação genética entre idade ao primeiro parto e a permanência no rebanho de -0,57. Dados semelhantes foram descritos por Eler et al. (2014), que analisaram um banco de dados de fêmeas Nelore da Agro-Pecuária CFM Ltda., formado desde 1984 (de fazendas em diferentes estados brasileiros), reportando correlação genética de -0,60, entre estas características. Ou seja, a seleção de fêmeas mais jovens ao primeiro parto acarretará também em matrizes que tendem a permanecer por mais tempo no rebanho, produzindo mais quilos de bezerros desmamados. Sendo assim, observa-se que o manejo adequado das novilhas de reposição é fundamental, pois refletirá no seu desempenho futuro e, conseqüentemente, nas taxas reprodutivas do rebanho a longo prazo.

A reposição de uma parte do efetivo de vacas no rebanho de cria é potencialmente esperada, e o seu descarte pode ser motivado por diversos fatores, dentre estes, a eficiência reprodutiva. Os autores Moorey & Biase 2020, analisando o efetivo de novilhas de reposição americana em recria (5,7 milhões) do ano de 2020, estimaram que 800 mil novilhas (14%) ficaram vazias após a estação reprodutiva. Ou seja, as novilhas receberam recursos para parir aos 23 - 27 meses, mas não proporcionaram o retorno esperado, o que prejudica o desenvolvimento sustentável da produção pecuária a longo prazo. As novilhas de reposição não gestantes representam os custos de oportunidade perdidos da venda de novilhas inférteis como bezerros para engorda, além de desperdícios de recursos nutricionais, de reprodução e sanidade. Junto a isto, as novilhas de reposição demandam em geral maior aporte nutricional do que as vacas maduras para produzir um bezerro, o que acarreta alta necessidade de retorno produtivo, o que, no entanto, é dificultado pelo caráter categórico da característica de produção (prenhe ou vazia), o que impossibilita sua melhora gradual (NOTTER, 2002). A partir dos diferentes pontos mencionados, fica evidente as implicações desta categoria para a eficiência do rebanho.

Os dados apresentados nos estudos acima não devem ser extrapolados para as diversas realidades possíveis dos rebanhos produtores de carne, mas é inegável que todos demonstram claramente a importância que a novilha possui dentro de um

sistema de produção e, portanto, a necessidade de tornar essa categoria o mais eficiente possível.

3.2. Precocidade

A precocidade sexual buscada nos rebanhos, de modo geral, identifica os animais que possuem uma taxa de crescimento maior em relação aos seus contemporâneos, atingindo a puberdade mais cedo (FERRAZ et al., 2023; SCHUBACH et al., 2019). Nas fêmeas, a idade à puberdade pode ser determinada pela presença do primeiro corpo lúteo (CL), avaliada através de exame ginecológico e ultrassonografia transretal, estando intimamente ligada à precocidade sexual, sendo um dos principais indicadores (CORBET et al., 2017; JOHNSTON et al., 2009).

A busca por fêmeas mais precoces pode ser definida de maneira prática, como a busca por fêmeas de menor idade à puberdade, o que possibilita a antecipação da entrada em reprodução. Um rebanho composto por animais mais precoces é capaz de reduzir o número de animais improdutivos dentro do sistema, promovendo maior sustentabilidade (FERNANDES JÚNIOR et al., 2022). No entanto, o alcance da precocidade sexual é um processo complexo influenciado por diversos fatores ambientais, genéticos e nutricionais (COOKE et al., 2020a; MOTA et al., 2020; FERRAZ et al., 2018). Shao et al. (2021), em estudo sobre a influência do fator genético em características reprodutivas de bovinos e bubalinos, observaram nos trabalhos revisados, que para a maioria das populações de corte avaliadas, as herdabilidades para idade à puberdade apresentaram de moderada a alta magnitude. Por exemplo, Johnston et al. (2009), avaliando dados de novilhas de genótipos Brahman, criadas a pasto no norte da Austrália obtiveram uma herdabilidade de 0,57. Já Berry, Wall & Pryce (2014), em uma meta-análise de parâmetros genéticos para o desempenho reprodutivo de fêmeas, em 12 estudos de bovinos de corte, estimaram uma herdabilidade de 0,31. Portanto, como em geral as características reprodutivas são de baixa herdabilidade, a idade à puberdade é uma exceção, sendo um critério de seleção relevante.

A genética, a nutrição e a idade determinam o momento da puberdade, através do papel regulador na maturação endócrina, a qual desencadeará uma atividade ovariana cíclica inicial e continuada (PERRY, 2016). Assim, do ponto de vista endócrino, à medida em que a puberdade se aproxima, na fase chamada

peripuberdade, a retroalimentação negativa do E2 que inibe a secreção do LH diminui, devido a alterações na abundância de receptores de E2 nas distintas áreas do hipotálamo (DUFOURNY & BELTRAMO, 2015; LOOPER et al., 2003). Com a proximidade do momento da puberdade, o hipotálamo passa a responder positivamente ao estímulo do E2, o que ocasiona aumento na secreção de GnRH, que atuará na hipófise anterior, promovendo a síntese e liberação de gonadotrofinas hormônio folículo estimulante (FSH) e LH, levando ao aumento dos pulsos e frequência de liberação de LH (RODRIGUES et al., 2002). Portanto, o estradiol assume o papel indutório sobre a liberação de GnRH, o qual induz o pico de LH, indispensável para a ovulação (NETT et al., 2002).

Em síntese, esta elevação peripuberal nas concentrações de LH é consequência do aumento da síntese de GnRH hipotalâmico, ocasionado pela redução da retroalimentação negativa do E2, o que é fator chave para o início da puberdade de novilhas. Baseando-se nisto, fica clara a relevância dos eventos associados com a maturação do hipotálamo sobre o perfil hormonal, visto que a mudança neste perfil gera as alterações necessárias para o desencadeamento da puberdade (DUITTOZ et al., 2016).

Em uma visão do todo e considerando as possíveis implicações, a produção de carne bovina precisa mais que dobrar até 2050, e 70% deste incremento é esperado das regiões tropicais e subtropicais produtoras de gado (COOKE et al., 2020b). Portanto, é vital que a produção de carne bovina em sistemas extensivos, busque a precocidade dos animais em produção, permitindo acelerar o ciclo produtivo, de acordo com o ambiente em questão.

3.3. Indução hormonal da puberdade

A hormonioterapia é uma das técnicas de indução da puberdade frequentemente utilizada, com o objetivo de estimular o início do ciclo estral em novilhas e, assim, reduzir a idade ao primeiro parto. Para isto, têm-se aplicado diversos protocolos de exposição dos animais a P4 e seus análogos, em associação ou não, a hormônios como o GnRH, a gonadotrofina coriônica humana (hCG) ou equina (eCG), o E2, a prostaglandina (PGF), entre outros (DAY & NOGUEIRA, 2013; FILHO et al., 2007).

Estes protocolos e associações hormonais agem de diferentes formas, gerando

diferentes respostas fisiológicas nas fêmeas, com o objetivo de reorganizar e estimular o ciclo reprodutivo. Os protocolos de indução com P4 são utilizados antes dos programas de sincronização, a fim de aumentar o número de novilhas púberes antes da inseminação artificial (IA) e aumentar o número de prenhez/IA (LIMA et al., 2020). A utilização dos progestágenos tem como base de ação a supressão dos receptores de estradiol no hipotálamo, o que acelera a secreção de LH, conduzindo à ovulação (FILHO et al., 2007; DAY & ANDERSON, 1998). A exposição à P4 pode ser realizada antes ou durante o protocolo hormonal para a realização da IATF. Os protocolos hormonais baseados em P4 podem utilizar como indutor de ovulação o GnRH, ou ésteres de estradiol, que induzem o pico de GnRH/LH na presença de concentração subluteal de P4 (BRAGANÇA et al., 2004; MARTINEZ et al., 2000).

Com a indução da puberdade e possível concepção antecipada na estação de monta, será possível garantir partos mais cedo na estação de nascimento, o que permite mais dias de recuperação na próxima estação reprodutiva para as novilhas poderem reconceber. Não distante disto, é possível observar que a entrada na puberdade apresenta alta relevância para os sistemas produtivos, dado os diversos fatores correlacionados.

3.4. Fisiologia do ciclo estral

Após atingir a puberdade, as fêmeas bovinas são consideradas poliéstricas contínuas, com ciclos estrais que duram em torno de 21 dias (variando de 17 a 24 dias). O ciclo estral é modulado pelo hipotálamo (através do GnRH), pela glândula pituitária (através da produção e liberação do FSH e LH, estimulada pelo GnRH), pelos ovários e suas estruturas: corpo lúteo, responsável pela produção de P4; e folículos, produtores de E2, inibinas e fatores de ação local. O útero também desempenha papel fundamental nos ciclos reprodutivos, por meio da síntese e liberação de PGF2 α , possibilitando novas oportunidades de concepção para fêmeas não gestantes. Estes hormônios agem através de um sistema de retroalimentação tanto negativa, como positiva (COLAZO & MAPLETOFT, 2017; STEVENSON, 2007).

O ciclo estral pode ser dividido em duas fases, de acordo com as estruturas ovarianas predominantes: fase folicular e a fase lútea. A primeira, onde os folículos ovarianos se desenvolvem, amadurecem, e o momento que ocorre a ovulação. Na segunda fase é onde ocorre a formação do CL, e este tem a sua maior funcionalidade.

Estas duas fases ainda podem ser subdivididas em quatro etapas: pro-estro e estro (fase folicular); metaestro e diestro (fase lútea) (RANGEL, 2018; SILVA, 2020).

O pro-estro tem duração de 2 a 3 dias, e inicia com a redução das concentrações de P4 do ciclo anterior devido à regressão do CL, caracterizando-se pelo aumento nas concentrações de E2 circulantes (produzidos pelos folículos em crescimento), o que leva ao aumento na frequência de liberação de GnRH/LH. O estradiol desencadeia o comportamento sexual e faz os órgãos reprodutivos passarem por algumas adaptações, como: maior vascularização, aumento do tônus muscular, edema de vulva, relaxamento da cérvix e proliferação do epitélio vaginal. O pico pré-ovulatório de GnRH gera um pico de LH, iniciando assim a cascata ovulatória (SILVA, 2020; GONÇALVES et al., 2008).

O estro é o período do ciclo mais característico, pois a fêmea aceita a monta, devido aos elevados níveis de E2. Também se observam sinais de inquietude, contração do útero à palpação retal, relaxamento cervical, hiperemia vaginal e vulvar, além de secreção de muco claro e transparente. Nesta fase do ciclo, o folículo dominante em crescimento atinge o diâmetro pré-ovulatório, sendo observados níveis máximos de E2 no fluido folicular. Uma retroalimentação positiva é então exercida pelo E2, GnRH e LH, induzindo o pico de LH pré-ovulatório no início do estro, que será responsável pela ovulação cerca de 27 h depois. Com duração variada de 12 a 18 horas, o término do estro é marcado pelo fim da receptividade sexual (SILVA, 2020; GONÇALVES et al., 2008).

O metaestro é a fase caracterizada pela ocorrência da ovulação na fêmea bovina e posterior formação do CL, podendo durar até 5 dias. A ovulação ocorre cerca de 27 horas após o início do estro, ou de 10 a 15 horas após o término. Após a ovulação, o folículo se enche de sangue formando o denominado corpo hemorrágico, a partir do qual será formado o CL. Após a ovulação, há também queda nas concentrações de E2 e inibina, como consequência há aumento nas concentrações de FSH, permitindo assim, a formação da primeira onda folicular. O fim desta fase é caracterizado pela presença de CL funcional e bem estabelecido com produção crescente de P4, levando a diminuição do tônus do útero e menor vascularização (SILVA, 2020; COLAZO & MAPLETOFT, 2017; GONÇALVES et al., 2008).

O diestro possui duração de 10 a 12 dias, é considerado o período mais longo do ciclo. Essa fase é caracterizada pelas altas concentrações de P4 secretada pelo CL, que gera espessamento da camada interna do útero (endométrio), maior atividade

secretória das glândulas do endométrio, relaxamento muscular dos órgãos genitais, fechamento cervical, vascularização reduzida e hipertrofia epitelial na vagina. Nesta fase, as altas concentrações de P4 exercem efeito negativo na liberação de LH, sendo observado aumento na secreção de FSH, induzindo o crescimento folicular e aumento das concentrações séricas de E2 e inibina, que reduzem a síntese de FSH. Contudo, estes folículos em desenvolvimento não completam sua maturação, devido as baixas cocentrações de LH, e sofrem regressão. Durante a fase final do diestro, o CL sofre luteólise pela ação da PGF2 α produzida pelo útero, em resposta a ausência de um embrião. Com a regressão do CL, há conseqüente redução nos níveis de P4, o que marca o fim desta fase e início de um novo ciclo (SILVA, 2020; COLAZO & MAPLETOFT, 2017; RIPPE, 2009; GONÇALVES et al., 2008).

É bem estabelecido que as fêmeas já nascem com um determinado número de folículos e oócitos para o desenvolvimento e ovulação, número este, que em geral é superior ao necessário para toda a sua vida reprodutiva. Estima-se que menos de 0,5% dos folículos ovarianos que iniciam seu desenvolvimento serão ovulados, os demais iniciam um processo de regressão conhecido como atresia folicular, dando origem às ondas foliculares. As ondas foliculares têm duração aproximada de 10 dias, e são resultado de uma sucessão de eventos, onde destaca-se: crescimento síncrono de folículos antrais em resposta a elevação de FSH, seleção do folículo dominante (FD), e atresia dos demais folículos da onda, denominados subordinados. Este processo ocorre devido à presença da P4 produzida pelo CL durante a fase lútea, o que inibe os pulsos de LH, impedindo o desenvolvimento completo dos folículos pela sua ausência. Assim, a partir da atresia destes folículos, a produção de estradiol e inibina é suprimida, levando a retomada da secreção de FSH, o que dá início a um novo recrutamento folicular. Na última onda de crescimento, com a redução nos níveis de P4 causada pela luteólise do CL, há aumento das concentrações dos estrógenos foliculares que estimulam a síntese de LH, fornecendo o suporte necessário para o desenvolvimento e maturação do FD que desencadeará a ovulação (SILVA, 2020; GINTHER et al., 2016; WILTBANK et al, 2002; GINTHER et al., 2001).

3.5. Protocolos de IATF

A base da produção da pecuária de corte são os bezerros, que ao longo da cadeia produtiva darão origem ao produto, a carne. Portanto, a eficiência e qualidade

das matrizes se torna essencial, pois é delas que os bezerros receberão metade do seu potencial de produção (50% da genética) e das quais depende boa parte do seu desenvolvimento inicial, desde a concepção até o desmame.

Tendo em vista que a mudança no contingente das matrizes não seria algo viável, uma das formas de se aumentar a produtividade sem a alteração destas, é através da utilização da IATF, principalmente em rebanhos manejados extensivamente (BÓ & BARUSELLI 2014). A partir da aplicação da tecnologia é possível aumentar o mérito genético dos animais, por meio do uso de touros melhoradores, acarretando tanto em ganho nas fêmeas de reposição, quanto nos machos que irão para abate. Portanto, a IATF é uma maneira prática de trazer impacto econômico positivo, podendo agregar até meio bilhão de dólares ao ano na cadeia produtiva da carne bovina brasileira (BARUSELLI et al., 2018).

São diversas as abordagens farmacológicas que são empregadas nos protocolos para a sincronização do estro e IATF. No entanto, fatores biológicos inerentes ao animal como escore de condição corporal (ECC), dias pós-parto, ciclicidade ovariana, e até temperamento são capazes de impactar os resultados (MERCADANTE & LAMB 2024). Os protocolos de IATF, apesar de algumas particularidades conforme a categoria e genótipo animal em termos de fármacos, agem visando a manipulação de alguns aspectos fisiológicos fundamentais, como a sincronização da onda folicular, o controle da concentração dos níveis de P4 durante o protocolo, e a indução da ovulação sincronizada, os quais quando assegurados, contribuem para os bons resultados do protocolo. Segundo os usos mais comuns, os fármacos utilizados nos protocolos de IATF podem ser resumidos nas seguintes estratégias de ação fisiológica: GnRH/LH/hCG, como indutores de ovulação; estrógenos, para a atresia dos folículos ou promoção indireta da ovulação; progestágenos, para a regulação do desenvolvimento folicular; eCG, para estímulo ao desenvolvimento final do folículo e favorecimento do estro; e PGF 2α , para a regressão do CL (MONTEIRO et al., 2023; SARTORI et al., 2023).

Mercadante & Lamb (2024), utilizando o mesmo protocolo de IATF em 1.500 vacas de corte maduras, de oito localidades da Dakota do Sul - EUA, com mesmos touros e mesmos técnicos no momento da inseminação, observaram uma variação de 44,4 a 65,0% nas taxas de prenhez após diagnóstico de gestação (DG) por ultrassonografia realizado 35 a dias pós a IA. Das diferentes localidades trabalhadas, apenas três apresentaram taxas de prenhez acima de 55%, e os locais de maior

sucesso de prenhez já utilizavam a técnica há pelo menos cinco anos, enquanto as demais localidades utilizavam esporadicamente ou sem constância na utilização. A localidade de melhores índices já utilizava a IATF há sete anos. A utilização da IATF possibilita maior proporção de vacas que irão engravidar cedo dentro da estação reprodutiva e, com a utilização prolongada, isso se intensifica ao longo dos anos, o que garante às fêmeas mais tempo de puerpério e possibilidade de maior intervalo parto-IATF, possibilitando melhores taxas de prenhez (MERCADANTE & LAMB, 2024; OOSTHUIZEN et al., 2018). Além disso, possibilita melhores ECCs, fator que também impacta diretamente no sucesso reprodutivo. Deste modo, os autores defendem o fato de que a IATF necessita de um compromisso de longo prazo, ou seja, o empenho com a aplicação da técnica contribuirá para o sucesso dos índices.

3.5.1. Usos da progesterona

De modo geral, a primeira manipulação hormonal realizada em protocolos de IATF baseados em E2/P4, é a inserção de dispositivos liberadores de P4. Esta cumpre um papel importante na sincronização do estro, controlando o crescimento folicular e mantendo um FD com tamanho e produção de E2 adequados (SILVA et al., 2022; WILTBANK et al., 2011a). Isto ocorre porque a P4 regula a liberação hipofisária de LH, promovendo crescimento mais lento do FD. Após a remoção das fontes de P4 exógena (dispositivo intravaginal) e da endógena (indução da luteólise), ocorre diminuição de suas concentrações circulantes no organismo, levando a aumento na frequência dos pulsos de LH, o que estimula o crescimento folicular, culminando com a ovulação (PFEIFER et al., 2009; RATHBONE et al., 2001).

A P4 possui uma meia-vida biológica curta e é depurada rapidamente do corpo do animal. Essa compreensão levou ao desenvolvimento de métodos de manipulação do ciclo estral que permitissem contornar isto (RATHBONE et al., 1998). Assim, foram desenvolvidos na década de 1970 os DIVs, que fornecem P4 exógena continuada para manipulação do ciclo estral (RATHBONE et al., 1998). Após realizada a inserção do DIV na fêmea, ocorre absorção e distribuição do hormônio para o sistema circulatório, atingindo rapidamente concentrações sanguíneas acima de 1ng/mL. Essas concentrações seriam suficientes para suprimir a liberação de LH endógeno, permitindo assim, o crescimento adequado do FD após a diferenciação e, após a remoção da P4, o aumento da frequência dos pulsos de LH (RATHBONE et al., 2002;

RATHBONE et al., 1998; SAVIO et al., 1993). No entanto, variações nas concentrações de P4 no momento da retirada do DIV podem afetar a sincronização da ovulação. Estas variações podem adiantar ou atrasar a ovulação. Além disso, baixas concentrações de P4 durante o protocolo hormonal podem levar à formação de folículos persistentes e, conseqüentemente, a ovulação de gameta com baixa viabilidade, comprometendo o sucesso do protocolo (SARTORI et al., 2023).

Quanto aos DIVs disponíveis no mercado, há diversas formas e doses de P4. Tendo isto em vista, Silva et al. (2022) avaliaram DIVs de diferentes concentrações de P4 (0,5 g; 0,75 g; 1 g e 1,9 g) e suas influências na dinâmica folicular de vacas Nelore não lactantes. Os autores observaram que as diferentes doses de P4 geraram concentrações sanguíneas distintas de P4 e o dispositivo de menor dose resultou em maior diâmetro médio do FD ao longo do tempo. No entanto, não houve diferença no diâmetro do FD no dia 10, e todos os dispositivos foram capazes de sincronizar o surgimento de uma nova onda folicular.

Nicacio & Marinho (2020), a fim de auxiliar na escolha do dispositivo para os protocolos de IATF, compararam dispositivos de 1,0 g de P4 com dispositivos de 1,9g de P4. Os autores trabalharam com 193 vacas Nelore, de 4 a 12 anos de idade, e não observaram diferença nas taxas de prenhez entre os dispositivos. Portanto, concluíram que ambos dispositivos podem ser utilizados, ficando a escolha relacionada a facilidade de uso e/ou custo de aquisição.

Em vacas taurinas com cria ao pé, um estudo do nosso grupo (OLIVEIRA et al., 2023), comparando dispositivos de uso único (0,5 g P4) com de uso múltiplo (1,0 g P4), em 308 vacas lactantes de quatro localidades com ECC médio de 4 (escala de 1 a 5), demonstrou maior taxa de prenhez para as vacas que receberam DIV de 1,0 g P4. Os autores observaram uma tendência a menores concentrações de P4 no dia de retirada dos dispositivos (D8) no grupo 0,5 g, quando consideradas as vacas com menos de 4 ng/mL de P4. Ainda, os animais do grupo 0,5 g P4 obtiveram menor taxa de prenhez, de 46,7% (71/152), em relação ao grupo 1,0 g P4, que obteve 58,9% (92/156). Portanto, concluíram que vacas taurinas com cria ao pé, com ECC elevado, necessitam de maiores doses de P4 para maiores taxas de prenhez.

Baseado nestes resultados nota-se a relevância de compreender como as diferentes doses de P4 nos DIVs podem influenciar a prenhez em protocolos de IATF em novilhas taurinas, para com isto promover os melhores resultados na categoria.

4. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Todos os procedimentos foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da UFRGS (CEUA/UFRGS, protocolo nº 41037/2021). Os dados foram obtidos de fazendas no estado do Rio Grande do Sul-BR, com novilhas taurinas cruzadas (n = 362) predominantemente da raça Angus, entre 18 e 24 meses de idade, com peso mínimo de 293 kg (mediana: 361 kg) e ECC (escala de 1 a 5) mínimo 3 (mediana: 4). Todas as novilhas foram mantidas em pastagens nativas com livre acesso a água e sal mineral. No D0 todas as novilhas receberam 2 mg de benzoato de estradiol (BE) intramuscular (im) e 265 µg de cloprostenol sódico (im), sendo aleatoriamente alocadas em três grupos: Monodose A (n = 116), Monodose B (n = 117), ou Controle (n = 115), que recebeu DIV contendo 1 g de P4. Todos os dispositivos eram novos, com dose de P4 conhecidas. Os DIVs de P4 foram mantidos por 8 dias, sendo que na remoção todas as fêmeas receberam uma segunda administração de 265 µg de cloprostenol sódico (im), 0,5 mg de cipionato de estradiol (CE) (im) e 300 UI de eCG. Ainda, no D8, foi realizada a pintura da base da cauda com bastão marcador para avaliar a manifestação de estro. Em um subgrupo de animais (n = 102) foi realizada coleta de sangue no momento da remoção dos DIVs para dosagem de P4. Todas as fêmeas foram inseminadas 48 h após a remoção do DIV com sêmen de touros (n = 7) com fertilidade comprovada. O DG foi realizado 30 dias após a IATF por ultrassonografia transretal.

4.1. Dosagem de progesterona

Após coleta de sangue dos vasos coccígeos, o soro foi obtido por meio de centrifugação (1000 g) e posteriormente preservado a -20° C. As dosagens de P4 foram realizadas por quimioluminescência em laboratório comercial, usando o kit Elecsys progesterone III Cobas assay (Roche Diagnostics, REF 07092539) com coeficientes de variação intra e inter-ensaio inferiores a 10% e sensibilidade de 0,2 ng/mL.

4.2. Análise estatística

O efeito dos grupos sobre a concentração de P4 no D8 foi avaliado por ANOVA seguido pelo teste de Tukey-HSD. A normalidade e homoscedasticidade dos dados foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. O efeito dos

grupos sobre variáveis binomiais (estro e prenhez) foi analisado por regressão logística e a multi-comparação entre grupos realizada por contrastes. O efeito da concentração de P4, peso e ECC sobre as taxas de prenhez, independente do tratamento, foram analisados por qui-quadrado. Todas as análises foram realizadas com o programa JMP Pro 17 (JMP Statistical Discovery LLC).

5. RESULTADOS

Catorze novilhas (13,7%; 14/102) com concentrações de P4 acima de 6 ng/mL foram consideradas como não responsivas à PGF2 α administrada no D0 e, portanto, não foram incluídas no cálculo da concentração sérica de P4 no D8. A dose de P4 no DIV não afetou a concentração sérica de P4 no D8 ($P=0,99$; $n=88$), sendo observado $2,34 \pm 0,10$, $2,34 \pm 0,10$ e $2,35 \pm 0,10$ ng/mL para os grupos Monodose A ($n=25$), Monodose B ($n=33$) e Controle ($n=30$), respectivamente. Não houve interação significativa entre o efeito da dose de P4, peso e ECC das novilhas ($P>0,05$). Na Figura 2 é demonstrada a taxa de prenhez de acordo com a concentração de P4 na remoção do DIV, incluindo as novilhas com concentração de P4 acima de 6 ng/mL (não responsivas à PGF2 α do D0). Na Figura 3 estão representadas as taxas de prenhez de acordo com o peso vivo (A) e ECC (B) no dia da inserção do dispositivo vaginal.

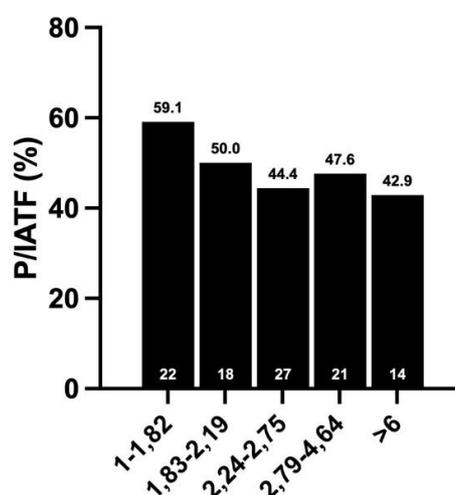


Figura 2 Taxa de prenhez de acordo com a concentração sérica de progesterona (ng/mL) no dia da remoção do dispositivo intravaginal. As fêmeas foram agrupadas de acordo com a concentração de progesterona independentemente do DIV utilizado. Os números no interior e acima das barras indicam o número de animais por grupo e a taxa de prenhez após IATF, respectivamente. Os dados não diferem estatisticamente ($P>0,05$).

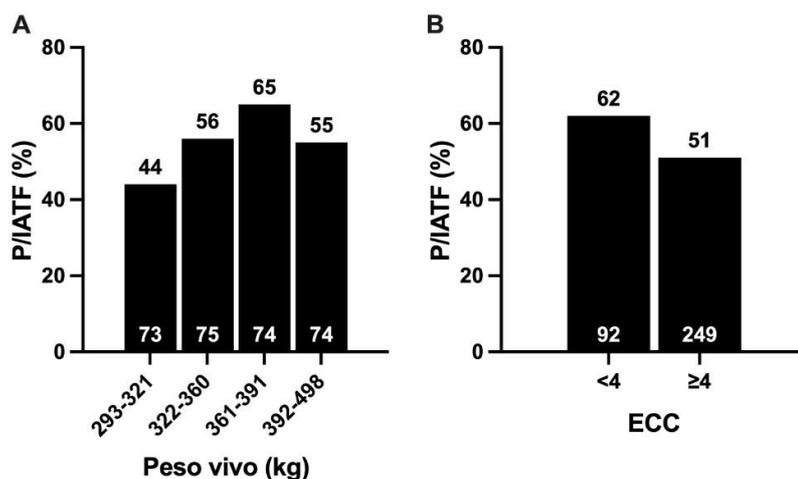


Figura 3 (A) Taxa de prenhez de acordo com o peso vivo (kg) no dia da inserção do dispositivo intravaginal. **(B)** Taxa de prenhez de acordo com o escore de condição corporal (ECC). Os números no interior e acima das barras indicam o número de animais por grupo e a taxa de prenhez após IATF, respectivamente. Os dados não diferem estatisticamente ($P>0,05$).

A taxa de manifestação de estro não foi afetada pelos tratamentos ($P=0,1$), sendo observado 79,1% (91/115), 87,9% (102/116) e 88,0% (103/117) para os grupos Controle, Monodose A e Monodose B, respectivamente (Figura 4). A taxa de prenhez não diferiu entre os grupos, sendo observado 54,3% (63/116), 56,0% (65/116) e 51,3% (60/117), para os grupos Controle, Monodose A e Monodose B, respectivamente (Figura 4). Não houve efeito da manifestação de estro sobre a taxa de prenhez, sendo observado 57,7% (30/52) nas novilhas que não manifestaram estro, e 53% (157/296) de prenhez nas que manifestaram.

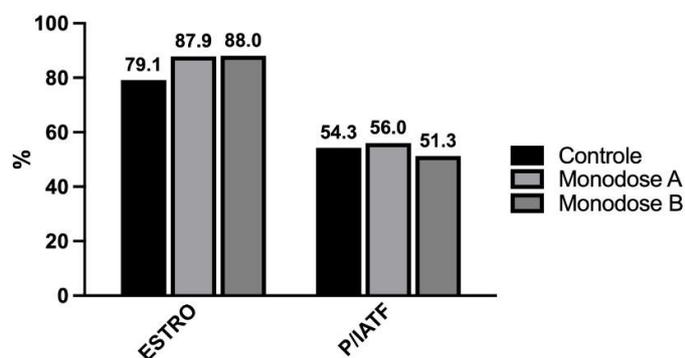


Figura 4 Taxa de estro e prenhez de acordo com o DIV. As fêmeas foram submetidas ao mesmo protocolo hormonal. Os números acima das barras indicam a taxa de estro e prenhez. Os dados não diferem estatisticamente ($P>0,05$).

6. DISCUSSÃO

A adoção da IATF tem possibilitado a utilização da tecnologia em rebanhos maiores e com manejo extensivo, garantido progresso genético (BÓ, BARUSELLI & MAPLETOFT., 2013). Segundo censo do IBGE (2010), 84% da população brasileira é urbana, e essa tendência se acentuará, caracterizando o chamado apagão da mão de obra (EMBRAPA GADO DE CORTE, 2020). Deste modo, é provável que a IATF continue prevalecendo em relação à IA convencional, devido ao menor número de manejos diários necessários e, conseqüentemente, menor emprego de mão de obra. Portanto, o aprimoramento dos protocolos hormonais existentes é indispensável para que a técnica seja cada vez mais utilizada no rebanho nacional. No presente estudo, a hipótese que DIVs monodoses repercutiriam em menor fertilidade de novilhas taurinas após a IATF não foi confirmada. Considerando que as concentrações séricas de P4, taxa de manifestação de estro e de prenhez não diferiram entre os grupos, é possível concluir que os diferentes DIVs utilizados foram eficazes no controle do crescimento folicular e ovulação em novilhas taurinas.

Os protocolos hormonais utilizados no presente estudo envolveram a administração de PGF2 α no dia da inserção do DIV. A PGF2 α é um agente luteolítico empregado com a finalidade de induzir a lise do CL. No entanto, o CL na fase inicial de crescimento (metaestro) não é responsivo a PGF2 α , o que pode explicar a porcentagem de novilhas que não respondeu à aplicação exógena de PGF2 α no D0 deste estudo. Segundo Wiltbank et al. (1995), o CL bovino só responde à PGF2 α do 5º ao 17º dia do ciclo. Neste sentido, provavelmente, no momento da primeira aplicação da PGF2 α , 13,7% das novilhas se encontravam no metaestro, pois nesta fase o CL apresenta refratariedade à PGF2 α (LAUDERDALE et al., 1974). Porém, também não devemos descartar a possibilidade de falha humana na aplicação do hormônio. Outros autores citam que a vascularização incompleta e/ou diferenciação incompleta dos fatores degenerativos possam ser explicações para não regressão do CL inicial após a injeção de PGF2 α (WILTBANK et al., 1995; NISWENDER et al., 1976). O CL apresenta um desenvolvimento marcado e estritamente regulado, com uma programação específica, composta por crescimento (angiogênese), função e luteólise (regressão) (BERISHA & SCHAMS, 2005). Assim, é possível especular que justamente pela morte programada do CL (apoptose) não seja possível adiantar a sua

lise antes do seu crescimento. Protocolos que preconizam administração de PGF2 α no momento da inserção (D0) do DIV têm por objetivo evitar concentrações séricas muito elevadas de P4, fazendo com que a maioria das fêmeas permaneçam apenas sob efeito da P4 exógena. Entretanto, os achados do presente estudo reforçam a necessidade de uma segunda aplicação de PGF2 α no momento da retirada dos DIVs, para garantir concentrações basais de P4 no momento da IATF.

Ainda, considerando o subgrupo de novilhas em que foi avaliada a concentração de P4, sugere-se que estudos futuros devem ser delineados para avaliar se elevadas concentrações de P4 na remoção do DIV têm efeito sobre a fertilidade, considerando que a queda da P4 no momento da retirada do DIV é crucial para o aumento da frequência de LH e para a ovulação sincronizada na IATF (RATHBONE et al., 2001). É possível que maiores concentrações de P4 levem mais tempo para serem metabolizadas, o que poderia influenciar negativamente o crescimento do folículo dominante (pela inibição de LH) e atrasar o momento da manifestação do estro e ovulação (CIPRIANO et al., 2011).

No presente estudo, as novilhas receberam PGF2 α no começo do protocolo para que as variações de concentrações de P4 fossem atribuídas somente aos diferentes DIVs, e não de origem endógena, diminuindo a variação nos resultados. Ao nosso conhecimento, não há evidências sobre a necessidade de se administrar PGF2 α no D0 em novilhas taurinas submetidas a protocolos de IATF. A PGF2 α é mais comumente utilizada no D5, 6, 7, 8, ou 9, dos protocolos, ou seja, um a dois dias antes, ou no dia da remoção do DIV. Essa abordagem aumenta a eficácia na regressão do CL, garantindo a queda de P4 antes do momento da IATF (MONTEIRO et al., 2023).

O metabolismo animal pode influenciar a P4 circulante através do fluxo sanguíneo hepático. Assim, a P4 circulante é resultante da produção oriunda do CL, da administração exógena e/ou da taxa de fluxo sanguíneo, devido a sua metabolização hepática (WILTBANK et al., 2014). Desta forma, é possível que tanto a seleção genética praticada ao longo dos anos nos rebanhos, gerando animais padronizados, quanto o manejo adequado, principalmente em termos nutricionais (resultando em peso mínimo de 293 kg e ECC mínimo de 3), expliquem a falta de variação nas concentrações de P4 no D8, já que a taxa de ingestão de matéria seca e o genótipo animal modulam a metabolização de P4 (BATISTA et al., 2020). No entanto, Silva et al. (2022) desenvolveram um estudo semelhante quanto aos tratamentos testados, embora trabalhando com vacas Nelore multíparas, não

lactantes, onde compararam DIVs com quatro diferentes doses de P4 (0,5 g; 0,75 g; 1g e 1,9 g), e observaram efeito dos tratamentos nas concentrações de P4 circulantes ($P < 0,01$). O dispositivo contendo 1,9g de P4 gerou as maiores concentrações médias de P4 nos dias avaliados. Contudo, a variável reposta dos autores era o crescimento do folículo dominante, diferente do nosso estudo em que a taxa de prenhez era a principal variável resposta.

Infelizmente, no presente estudo o diâmetro do folículo dominante não foi avaliado. É sabido que folículos com maiores diâmetros são associados com maior taxa de expressões de estro e de prenhez (PFEIFER et al., 2020; NOGUEIRA et al., 2019). Considerando que não houve diferença entre a prenhez dos animais que apresentaram estro ou não, e a adequada taxa de prenhez geral (53,9%), é possível inferir que houve crescimento folicular adequado em todos os grupos.

É importante ressaltar que, no presente estudo, foram utilizadas novilhas, diferente da maioria dos estudos disponíveis na literatura avaliando os efeitos da P4 em vacas, sendo categorias diferentes, que variam em função da curva de crescimento, idade e principalmente em exigências nutricionais (MEDEIROS, GOMES & BUNGENSTAB, 2015). Ainda, a maioria dos trabalhos disponíveis na literatura foram realizados em rebanhos *Bos taurus indicus* e, embora os bovinos modernos possuam origem que converge no ancestral comum chamado auroque eurasiático (*B. primigenius primigenius*), eles divergiram fenotipicamente em duas principais classes de raças ou subespécies (zebuínos e taurinos), conhecidas por serem de ambiente tropical e ambiente temperado, respectivamente. Essas diferenças atribuíram características distintas em termos fisiológicos, de necessidades nutricionais, comportamental e de composição corporal (COOKE et al., 2020; CHAN et al., 2010). Em relação ao ciclo reprodutivo, uma das diferenças relatadas é que as fêmeas *Bos taurus indicus* possuem maiores concentrações de P4 circulante, devido em parte à menor metabolização no fígado (BATISTA et al., 2020; WILTBANK et al., 2011b), o que pode explicar as diferenças observadas entre os tratamentos pelos autores Silva et al. (2022). Portanto, sugere-se cautela ao extrapolar resultados observados em zebuínos para os rebanhos taurinos e vice-versa.

Outra importante variável a ser considerada nos protocolos de IATF é a taxa de manifestação de estro, período de receptividade sexual das fêmeas bovinas, caracterizado pela aceitação da monta. Nesta fase, as fêmeas se encontram aptas a se reproduzirem e adaptam seu comportamento para permitir a cópula e possível

prenhez. Em um ciclo reprodutivo não natural, através da manipulação farmacológica, a manifestação de estro após a retirada do DIV (D8) em protocolos de IATF, está associada a maiores taxas de prenhez e, conseqüente, maior sucesso do protocolo (NOGUEIRA et al., 2019). Em trabalho de meta-análise, Richardson et al. (2016) ao avaliarem dados de 22 estudos que utilizaram cinco protocolos de IATF comumente empregados, totalizando 10.116 animais avaliados, observaram uma melhora de 27% nas taxas de prenhez por IA (P/IA) nos animais que manifestaram estro antes da IATF, em comparação aos que não apresentaram, tanto em novilhas como em vacas, independente do protocolo empregado. Os autores ainda mencionam que a manifestação de estro antes da IATF modifica o ambiente uterino e aumenta as taxas de fecundação e a sobrevivência geral do embrião, podendo assim, influenciar nas taxas de prenhez. Em nosso estudo, os tratamentos não afetaram a manifestação de estro das novilhas, e a maioria dos animais manifestaram estro independente do tratamento, refletindo nas taxas de prenhez semelhantes entre os tratamentos. Nossos achados diferiram dos observados por Zwiefelhofer et al. (2021), que trabalhando com novilhas mestiças (Angus x Simental), demonstraram que as novilhas que receberam DIV de 1,55g de P4 apresentaram maior proporção de estro em comparação com as que receberam DIVs com 1,38g de P4 (72,0% vs. 61,0%). Entretanto, cabe ressaltar que os autores não utilizaram E2 na retirada do DIV, o que deve ter favorecido a variabilidade de expressão de cio observada, enquanto nosso estudo utilizou CE como indutor de ovulação.

Em geral, o CE é empregado na retirada dos DIVs (D8) durante os protocolos de IATF baseados em P4/E2. Sua utilização tem como objetivo promover um pico de estradiol, a fim de estimular o pico de GnRH/LH, seguido de ovulação (MERCADANTE & LAMB, 2024). As repostas (P/IA) com a utilização de CE em relação ao uso de BE 24 h após a remoção do DIVs, são semelhantes (TORRES-JÚNIOR et al., 2014). No entanto, com a utilização do CE, o número de manejos necessários no protocolo de IATF é menor, o que é desejável, pois o torna mais aplicável (SALES et al., 2012). No presente estudo a manifestação de estro não influenciou a taxa de prenhez, pois a taxa alcançada foi satisfatória ($\geq 79\%$ de estro) em todos os tratamentos. Contudo, todos os animais receberam CE na retirada do dispositivo (D8), o que pode ter influenciado o estro das novilhas, fazendo com que houvesse o comportamento, mas que não necessariamente representa uma expressão natural, pois o CE é capaz de induzir o comportamento de estro mesmo em vacas ovariectomizadas (PFEIFER et al., 2020).

Achados similares foram descritos por Katz et al. (1980), que administraram 200, 400 e/ou 800 µg de E2 para novilhas ovariectomizadas e observaram que estas manifestaram comportamentos sexuais característicos de estro.

Nogueira *et al.*, (2019), embora tenham trabalhado com fêmeas zebuínas, salientam a influência do ECC na expressão de estro, onde relatam que maior expressão foi observada em fêmeas com ECC moderado (3,21) em relação ao ECC baixo (2,61). Do mesmo modo, Richardson et al. (2016) também observaram que o ECC afetou a expressão de estro, onde os animais subcondicionados apresentaram menores expressões de estro em comparação a animais de condição moderada. Portanto, o ECC adequado a elevado (≥ 3) dos animais utilizados no presente estudo também pode explicar a elevada taxa de manifestação de estro e ausência de diferença entre os grupos.

Em geral nos protocolos de IATF se espera taxa de prenhez de aproximadamente 50%, o que é semelhante às taxas de prenhez observadas em nosso estudo, independente da manifestação de estro e dos tratamentos (MERCADANTE & LAMB, 2024; MONTEIRO et al., 2023). É possível que as condições adequadas oferecidas aos animais levaram a estes resultados, pois isto garantiu uma homogeneidade nos lotes de animais trabalhados.

Um dos manejos essenciais realizados nos protocolos de IATF E2/P4 é a inserção do DIV com P4, que tem como função regular os níveis de P4 circulante durante o protocolo, para controle e crescimento folicular, levando ao desenvolvimento de um FD com tamanho e produção de E2 suficientes, possibilitando a ovulação ao final do protocolo de IATF (SILVA et al., 2022; WILTBANK et al., 2011a). Os diferentes DIVs utilizados no nosso estudo não afetaram a taxa de prenhez das novilhas. Resultados diferentes foram observados por Zwiefelhofer et al. (2021), que conduziram três experimentos para comparação de DIVs de 1,55 vs. 1,38 g de P4, utilizando um total de 1.013 fêmeas (925 novilhas cruzas *Bos taurus*, 88 primíparas não lactantes e 208 vacas lactantes). Quando os autores combinaram os estudos, o grupo de animais que recebeu DIVs de 1,55 g P4 tendeu a ter maior prenhez ($P= 0,08$) em relação aos animais que receberam 1,38 g de P4 (55,2% vs. 51,0%, respectivamente). Os autores levantam a hipótese de que o dispositivo de 1,55 g de P4, além de possuir uma dose maior de P4 em relação ao outro dispositivo de 1,38 g de P4, possui uma área de superfície maior (~29%), favorecendo as concentrações de P4 circulante, e a sua liberação. No nosso estudo, embora não tenhamos avaliado

a área superficial dos diferentes DIVs, especula-se que a mesma não tenha exercido influência, pois a taxa de prenhez não foi afetada pelos tratamentos.

As taxas de prenhez observadas foram adequadas para a categoria utilizada. Os autores Silva *et al.* (2018), trabalharam com um grupo de animais (415 fêmeas) muito semelhante ao do nosso estudo, sendo fêmeas *Bos taurus taurus* (Angus), com peso médio de 317 kg, ECC 3 e idade entre 22 e 24 meses, de três rebanhos comerciais do estado do Rio Grande do Sul. Os autores observaram taxa de prenhez média geral semelhante ao nosso estudo (56%), a qual não foi influenciada pelos tratamentos. Núñez–Olivera, Bó & Menchaca (2022), conduziram um estudo com animais também semelhantes aos nossos, sendo 911 fêmeas *Bos taurus taurus* (Angus e Hereford), com 24 meses de idade e ECC de 4,5 (escala de 1 a 8; 1= magra e 8= obesa) no Uruguai. Os autores obtiveram taxa de prenhez geral de 65%, superior aos resultados obtidos no nosso trabalho, fato possivelmente atribuível aos tratamentos aplicado pelos autores, que geraram maior proestro o que, segundo estes, favoreceu a prenhez devido ao aumento do FD, fato observado também por outros autores (NÚÑEZ–OLIVERA *et al.*, 2020; BRIDGES *et al.*, 2010). Independente das taxas observadas e apesar dos diversos avanços mundiais, as taxas de prenhez nos protocolos de IATF se mantêm por volta de 50% e, embora a fecundação em geral seja da ordem de 85-95%, 40-50% dos embriões não desenvolvem uma gestação a termo (CAMPANILE *et al.*, 2021). Assim, consideramos que as taxas de prenhez observadas estão de acordo com o esperado.

No presente estudo, não houve interação significativa entre a dose de P4, peso e ECC das novilhas, no entanto, devemos considerar que os animais trabalhados apresentavam idade mínima de 18 meses, o que provavelmente favoreceu os resultados observados, pois a idade à puberdade é característica relevante para o sucesso reprodutivo (PERRY, 2016). O acasalamento é mais desafiador quando os animais possuem entre 13 e 14 meses, pois o tempo de recria é menor, demandando um manejo da desmama ao acasalamento mais intensivo. Dentre outros fatores, a nutrição cumpre função essencial na maturação do eixo hipotálamo-hipófise-ovário, o qual por sua vez, regula a idade de entrada na puberdade, dando início aos ciclos estrais (PERRY, 2016). Sendo assim, o aumento da idade favorece a fertilidade e ainda, em última análise, com a maior idade das novilhas, é provável que elas não tenham sido inseminadas no estro puberal, o qual possui menor fertilidade (JONES *et al.*, 2018; BYERLEY *et al.*, 1987). Não distante disto, Di Marco, Barcellos & Costa

(2007) citam que em condições sem graves limitações ambientais, como no presente estudo, as novilhas aos dois anos atingem a puberdade regularmente para o acasalamento, sendo a genética e o ambiente fatores de menor relevância, diferente do acasalamentos aos 14 e 18 meses.

Mercadante & Lamb (2024), em trabalho sobre implementação de programas de IATF em bovinos de corte, comentam que os protocolos, em geral, apresentam resultados consistentes e semelhantes (~50%), porém, de grande importância para boa prenhez são os fatores como ECC e dias pós-parto. Neste caso, por se tratarem de novilhas, não havia influência dos dias pós-parto, apenas do ECC, o qual estava adequado para a entrada das fêmeas no protocolo de IATF, favorecendo os resultados. Outro ponto relevante mencionado pelos autores, é o temperamento dos animais como fonte de influência nas taxas de prenhez. Esta característica não foi avaliada em nosso estudo. No entanto, durante os manejos, considera-se que o temperamento dos animais foi adequado, em vista dos resultados, e inferimos que estes possuíam rotina de trabalho, o que segundo os autores é positivo, pois animais aclimatados ao manejo produzem menos cortisol, favorecendo o desempenho reprodutivo (DIAS et al., 2022). Além disto, os animais eram predominantemente *Bos taurus taurus*, que são menos excitáveis em relação aos *Bos taurus indicus* (GRANDIN et al., 2019).

Outro aspecto a ser destacado é a homogeneidade do ECC dos animais, ou seja, é importante considerar que poderia haver interação da dose de P4 com ECC se houvessem animais com ECC baixo ou muito elevado. Kasimanickam & Kappes (2021), trabalhando com 1774 novilhas cruza Angus, observaram influência do ECC na taxa de prenhez ao primeiro serviço, onde as fêmeas de escore intermediário obtiveram maiores taxas ($P < 0,05$). Da mesma forma, Nishimura *et al.* (2018) descrevem que o ECC afeta de forma positiva o diâmetro do FD e a área do CL, características associadas ao bom desempenho reprodutivo. O ECC é uma medida subjetiva que, apesar de não indicar se existe variação no ganho de peso, mensura as reservas de energia do animal no momento avaliado. Neste sentido, o condicionamento adequado dos animais ($ECC \geq 3$) pode também ter favorecido os resultados, visto que o nível de ingestão de matéria seca pode influenciar na taxa de depuração dos hormônios esteroides no fígado e, assim, as concentrações circulantes destes, os quais atuam na foliculogênese (DAWUDA et al., 2002). Michael, Baruselli & Campanile (2019) em extensa revisão, mencionam que a ligação entre a relação

músculo-gordura e puberdade, através de metas mínimas de peso e condição corporal, é explicada pelo estímulo da leptina, hormônio derivado do tecido adiposo, nos neurônios (leptina-kisspeptina-GnRH), ou seja, a leptina estimula a kisspeptina que leva a maturação dos neurônios e estimula a produção de GnRH. Ainda segundo os autores, o tecido adiposo é um importante tecido endócrino, o que nos ajuda a entender como a condição corporal adequada dos animais, favorece os resultados.

Um ECC elevado, no entanto, também poderia acarretar em falhas reprodutivas, pois o fígado é um órgão metabólico que modula a função reprodutiva. Em casos de animais superalimentados (obesos), a deposição de gordura excessiva no fígado ocasiona uma disfunção metabólica e redução na produção de IGF1, o que impacta diretamente a atividade dos folículos ovarianos e a eficiência reprodutiva (MICHAEL, BARUSELLI & CAMPANILE, 2019). No entanto, discussões sobre a superalimentação de novilhas e seus impacto na reprodução não assumem grande relevância, pois os sistemas predominantemente baseados em campos naturais são geralmente caracterizados por baixa capacidade de suporte e manejos sanitários e reprodutivos deficitários. Ou seja, a situação mais comumente observada é o lento desenvolvimento ponderal e acasalamento das fêmeas aos 36 meses de idade (MALAFAIA et al., 2021).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados deste estudo, não houve efeito do dispositivo intravaginal sobre a fertilidade após a IATF de novilhas *Bos taurus taurus* de semelhante genótipo, peso, idade e ECC. Portanto, fica a critério do produtor/técnico a escolha do tipo de dispositivo a ser utilizado no protocolo de IATF, considerando o custo e/ou facilidade de manejo. Estudos futuros devem ser conduzidos para avaliar se a dose de progesterona sofre influência de animais de outros biotipos e/ou em diferentes condições nutricionais.

8. AGRADECIMENTO

Ao apoio e financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Código de Financiamento 001.

9. REFERÊNCIAS

- ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. **Beef report 2022**. São Paulo: ABIEC, 2022. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/>. Acesso em: 03 abr. 2023.
- BARUSELLI, P. S. *et al.* Using artificial insemination v. natural service in beef herds. **Animal**, Cambridge, v. 12, p. s45-s52, 2018. Suppl. 1.
- BATISTA, E. O. S. *et al.* Hepatic mRNA expression of enzymes associated with progesterone metabolism and its impact on ovarian and endocrine responses in Nelore (*Bos indicus*) and Holstein (*Bos taurus*) heifers with differing feed intakes. **Theriogenology**, Los Altos, v. 143, p. 113-122, 2020.
- BERGFELD, E. G. M. *et al.* Changing dose of progesterone results in sudden changes in frequency of luteinizing hormone pulses and secretion of 17 β -estradiol in bovine females. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 54, n. 3, p. 546-553, 1996.
- BERISHA, B.; SCHAMS, D. Ovarian function in ruminants. **Domestic Animal Endocrinology**, New York, v. 29, n. 2, p. 305-317, 2005.
- BERRY, D. P.; WALL, E.; PRYCE, J. E. Genetics and genomics of reproductive performance in dairy and beef cattle. **Animal**, Cambridge, v. 8, p. 105-121, 2014. Suppl. 1.
- BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. **Animal**, Cambridge, v. 8, p. 144-150, 2014. Suppl. 1.
- BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S.; MAPLETOFT, R. J. Synchronization techniques to increase the utilization of artificial insemination in beef and dairy cattle. **Animal Reproduction**, Belo Horizonte, v. 10, n. 3, p. 137-142, 2013.
- BOYER, C. N.; GRIFFITH, A. P.; DELONG, K. L. Reproductive failure and long-term profitability of spring-and fall-calving beef cows. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, Milwaukee, v. 45, n. 1, p. 78-91, 2020.
- BRAGANÇA, J. F. M. *et al.* Sincronização de estro e ovulação em novilhas de 12 a 14 meses de idade e inseminadas artificialmente com observação de estro e horário pré-fixado. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 28, n. 2, p. 73-77, 2004.
- BRIDGES, G. A. *et al.* Influence of the length of proestrus on fertility and endocrine function in female cattle. **Animal reproduction Science**, Amsterdam, v. 117, n. 3/4, p. 208-215, 2010.
- BYERLEY, D. J. *et al.* Pregnancy rates of beef heifers bred either on puberal or third estrus. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65, n. 3, p. 645-650, 1987.

CAMPANILE, G. *et al.* Local action of cytokines and immune cells in communication between the conceptus and uterus during the critical period of early embryo development, attachment and implantation—Implications for embryo survival in cattle: a review. **Theriogenology**, Los Altos, v. 167, p. 1-12, 2021.

CAVANI, L. *et al.* Estimates of genetic parameters for reproductive traits in Brahman cattle breed. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 93, n. 7, p. 3287-3291, 2015.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. PIB DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. **PIB do Agronegócio Brasileiro**. Piracicaba: CEPEA, 2023. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 16 nov. 2023.

CEZAR, I. M. *et al.* **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2005. 44 p (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 151). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/326307/sistemas-de-producao-de-gado-de-corte-no-brasil-uma-descricao-com-enfase-no-regime-alimentar-e-no-abate>. Acesso em: 04 dez. 2023.

CIPRIANO, R. S. *et al.* LH and FSH concentration and follicular development in Nellore heifers submitted to fixed-time artificial insemination protocols with different progesterone concentrations. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 127, n. 1/2, p. 16-22, 2011.

COLAZO, M. G.; MAPLETOFT, R. Fisiología del ciclo estral bovino. **Ciencia Veterinaria**, General Pico, v. 16, n. 2, p. 31-46, 2017.

COOKE, R. F. *et al.* Cattle adapted to tropical and subtropical environments: genetic and reproductive considerations. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 98, n. 2, [art.] skaa015, 2020a.

COOKE, R. F. *et al.* Cattle adapted to tropical and subtropical environments: social, nutritional, and carcass quality considerations. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 98, n. 2, [art.] skaa014, 2020b.

CORBET, N. J. *et al.* Using ultrasound to derive new reproductive traits in tropical beef breeds: implications for genetic evaluation. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 58, n. 9, p. 1735-1742, 2017.

DAWUDA, P. M. *et al.* Mechanisms linking under-nutrition and ovarian function in beef heifers. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 74, n. 1/2, p. 11-26, 2002.

DAY, M. L.; ANDERSON, L. H. Current concepts on the control of puberty in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 1-15, 1998.

DAY, M. L.; NOGUEIRA, G. P. Management of age at puberty in beef heifers to optimize efficiency of beef production. **Animal Frontiers**, London, v. 3, n. 4, p. 6-11, 2013.

DI MARCO, O. N.; BARCELLOS, J. O. J.; COSTA, E. **Crescimento de bovinos de corte**. Porto Alegre: UFRGS, 2007.

DIAS, N. W. *et al.* Effects of temperament on reproductive performance of *Bos taurus* heifers enrolled in the 7-day CO-Synch+ controlled internal drug release protocol. **Translational Animal Science**, Oxford, v. 6, n. 4, [art.] txac156, 2022.

DUFOURNY, L.; BELTRAMO, M. Central control of reproduction: a KISS and beyond. **Animal Frontiers**, London, v. 5, n. 1, p. 7-11, 2015.

DUITTOZ, A. *et al.* The timing of puberty (oocyte quality and management). **Animal Reproduction**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 313-333, Jul./Sept. 2016. Trabalho apresentado no 32nd Meeting of the European Embryo Transfer Association em 2016.

ELER, J. P. *et al.* Genetic relationships among traits related to reproduction and growth of Nelore females. **Theriogenology**, Los Altos, v. 82, n. 5, p. 708-714, 2014.

EMBRAPA GADO DE CORTE. **O futuro da cadeia produtiva da carne bovina brasileira: uma visão para 2040**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2020.

FERNANDES JÚNIOR, G. A. *et al.* Sustainable intensification of beef production in the tropics: the role of genetically improving sexual precocity of heifers. **Animals**, Basel, v. 12, n. 2, [art.] 174, 2022.

FERRAZ, 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**, Cambridge, v. 12, n. 3, p. 569-574, 2018.

FERRAZ, M. V. C. *et al.* Effect of growth rates on hormonal and pubertal status in Nelore heifers early weaned. **Tropical Animal Health and Production**, Edimburg, v. 55, n. 3, p. 1-13, 2023.

FILHO, A. H. S. *et al.* Indução da puberdade em novilhas com uso da hormonioterapia. **Ciência Animal**, Goiânia, v. 17, n. 2, p. 83-89, 2007.

GINTHER, O. J. *et al.* Follicle selection in monovular species. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 65, n. 3, p. 638-647, 2001.

GINTHER, O. J. The theory of follicle selection in cattle. **Domestic Animal Endocrinology**, New York, v. 57, p. 85-99, 2016.

GONÇALVES, P. B. D. *et al.* **Biotécnicas aplicadas à reprodução animal**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2008.

GRANDIN, T. **Livestock handling and transport**. 5th ed. Wallingford: CABI Publishing, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PIB cresce 4,6% em 2021 e supera perdas da pandemia**. Rio de Janeiro: IBGE, mar. 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/33066-pib-cresce-4-6-em-2021-e-supera-perdas-da-pandemia>. Acesso em: 16 maio 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto Interno Bruto - PIB**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>. Acesso em: 16 maio 2023.

JOHNSTON, D. J. *et al.* Genetics of heifer puberty in two tropical beef genotypes in northern Australia and associations with heifer-and steer-production traits. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 49, n. 6, p. 399-412, 2009.

JONES, A. L. *et al.* Using performance data and reproductive measurements to predict fertility in replacement beef heifers. **Translational Animal Science**, Oxford, v. 2, n. 1, p. 74-80, 2018.

KASIMANICKAM, R.; KASIMANICKAM, V.; KAPPES, A. Timed artificial insemination strategies with or without short-term natural service and pregnancy success in beef heifers. **Theriogenology**, Los Altos, v. 166, p. 97-103, 2021.

KATZ, L. S.; OLTENACU, E. A. B.; FOOTE, R. H. The behavioral responses in ovariectomized cattle to either estradiol, testosterone, androstenedione, or dihydrotestosterone. **Hormones and Behavior**, Amsterdam, v. 14, n. 3, p. 224-235, 1980.

LAUDERDALE, J. W. *et al.* Fertility of cattle following PGF2 α injection. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 38, n. 5, p. 964-967, 1974.

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**, Los Altos, v. 154, p. 128-134, 2020.

LOOPER, M. L. *et al.* Influence of estradiol, progesterone, and nutrition on concentrations of gonadotropins and GnRH receptors, and abundance of mRNA for GnRH receptors and gonadotropin subunits in pituitary glands of beef cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n.1, p. 269-278, 2003.

MACKAY, W. S. *et al.* To replace or not to replace: determining optimal replacement rates in beef cattle operations. **The Professional Animal Scientist**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 87-93, 2004.

MALAFAIA, G. C. *et al.* **Cadeia produtiva da carne bovina: contexto e desafios futuros**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2021. Disponível em: https://www.cicarne.com.br/_files/ugd/5f2f6c_7e6a93ca6fdc4639a93aee44e84956e9.pdf. Acesso em: 16 fev. 2024.

- MARTINEZ, M. F. *et al.* The use of CIDR-B devices in GnRH/LH based artificial insemination programs. **Theriogenology**, Los Altos, v. 53, p. 202, 2000.
- MATHEWS, J. R.; KENNETH H.; SHORT, S. D. The beef cow replacement decision. **Journal of Agribusiness**, Athens, (EUA), v. 19, n. 2, p. 191-211, 2001.
- MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. C.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 38 p.
- MERCADANTE, V. R. G.; LAMB, G. C. Implementing fixed-time artificial insemination programs in beef herds. **The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 40, n. 1, p. 141-156, 2024.
- MICHAEL, J. D.; BARUSELLI, P. S.; CAMPANILE, G. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: a review. **Theriogenology**, Los Altos, v. 125, p. 277-284, 2019.
- MONTEIRO, P. L. J *et al.* Research on timed AI in beef cattle: past, present and future, a 27-year perspective. **Theriogenology**, Los Altos, v. 211, p. 161–171, 2023.
- MOOREY, S. E.; BIASE, F. H. Beef heifer fertility: importance of management practices and technological advancements. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, London, v. 11, [art.] 97, [p. 1-12], 2020.
- MOTA, L. F. M. *et al.* Genome-wide scan highlights the role of candidate genes on phenotypic plasticity for age at first calving in Nellore heifers. **Scientific Reports**, London, v. 10, [art.] 6481, 2020.
- NETT, T. M. *et al.* Pituitary effects of steroid hormones on secretion of follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone. **Domestic Animal Endocrinology**, New York, v 23, n. 1/2, p. 33-42, 2002.
- NICACIO, A. C.; MARINO, C. T. **Uso de diferentes dispositivos liberadores de progesterona em programa de IATF**. Brasília, DF: Embrapa Gado de Corte, 2020. 6 p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado técnico, 151). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215092/1/COT-151-FINAL-em-alta.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2024.
- NISHIMURA, T. K. *et al.* Importance of body condition score and ovarian activity on determining the fertility in beef cows supplemented with long-acting progesterone after timed-AI. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 198, p. 27-36, 2018.
- NISWENDER, G. D. *et al.* Blood flow: a mediator of ovarian function. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 14, n. 1, p. 64-81, 1976.
- NOGUEIRA, E. *et al.* Timed artificial insemination plus heat I: effect of estrus expression scores on pregnancy of cows subjected to progesterone–estradiol-based protocols. **Animal**, Cambridge, v. 13, n. 10, p. 2305-2312, 2019.

NOTTER, D. R. Defining biological efficiency of beef production. *In*: ANNUAL RESEARCH SYMPOSIUM AND ANNUAL MEETING, 34., 2002, Omaha, Nebraska (USA). **Proceedings of the [...]**. Manhattan: Beef Improvement Federation, 2002.

NÚÑEZ-OLIVERA, R. *et al.* Effect of equine chorionic gonadotropin (eCG) administration and proestrus length on ovarian response, uterine functionality and pregnancy rate in beef heifers inseminated at a fixed-time. **Theriogenology**, Los Altos, v. 151, p. 16-27, 2020.

NÚÑEZ-OLIVERA, R.; BÓ, G. A.; MENCHACA, A. Association between length of proestrus, follicular size, estrus behavior, and pregnancy rate in beef heifers subjected to fixed-time artificial insemination. **Theriogenology**, Los Altos, v. 181, p. 1-7, 2022.

OLIVEIRA, F. C. *et al.* Progesterone dose on intravaginal device affects pregnancy rate after TAI in high BCS *Bos taurus* suckled beef cows. *In*: ANNUAL MEETING OF THE BRAZILIAN EMBRYO TECHNOLOGY SOCIETY, 36., 2023, Campinas, São Paulo. **Proceedings**. Jaboticabal: SBTE, 2023.

OOSTHUIZEN, N. *et al.* Estrus synchronization and fixed-time artificial insemination alter calving distribution in *Bos indicus* influenced beef heifers. **Theriogenology**, Los Altos, v. 106, p. 210-213, 2018.

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

PFEIFER, L. F. M. *et al.* Effect of estradiol cypionate on estrus expression and pregnancy in timed artificially inseminated beef cows. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 231, [art.] 103886, 2020.

PFEIFER, L. F. M. *et al.* Effects of low versus physiologic plasma progesterone concentrations on ovarian follicular development and fertility in beef cattle. **Theriogenology**, Los Altos, v. 72, n. 9, p. 1237-1250, 2009.

RANGEL, L. Ciclo estral. *In*. PORTA, L. R.; MEDRANO, J. H. H. **Fisiología reproductiva de los animales domésticos**. Cidade do México: FMVZ-UNAM, 2018.

RATHBONE, M. J. *et al.* Fertility regulation in cattle. **Journal of Controlled Release**, Amsterdam, v. 54, n. 2, p. 117-148, 1998.

RATHBONE, M. J. *et al.* Recent advances in bovine reproductive endocrinology and physiology and their impact on drug delivery system design for the control of the estrous cycle in cattle. **Advanced Drug Delivery Reviews**, Amsterdam, v. 50, n. 3, p. 277-320, 2001.

RATHBONE, M. J. *et al.* Reengineering of a commercially available bovine intravaginal insert (CIDR insert) containing progesterone. **Journal of Controlled Release**, Amsterdam, v. 85, n. 1/3, p. 105-115, 2002.

RICHARDSON, B. N. *et al.* Expression of estrus before fixed-time AI affects conception rates and factors that impact expression of estrus and the repeatability of expression of estrus in sequential breeding seasons. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 166, p. 133-140, 2016.

RODRIGUES, H. D. *et al.* Estradiol regulation of luteinizing hormone secretion in heifers of two breed types that reach puberty at differing ages. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 66, n. 3, p. 603-609, 2002.

SALES, J. N. S. *et al.* Effects of two estradiol esters (benzoate and cypionate) on the induction of synchronized ovulations in *Bos indicus* cows submitted to a timed artificial insemination protocol. **Theriogenology**, Los Altos, v. 78, n. 3, p. 510-516, 2012.

SARTORI, R. *et al.* Manipulation of follicle development to improve fertility of cattle in timed-artificial insemination programs. **Animal**, Cambridge, v. 17, [art.] 100769, 2023.

SAVIO, J. D. *et al.* Effects of induction of low plasma progesterone concentrations with a progesterone-releasing intravaginal device on follicular turnover and fertility in cattle. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v. 98, n. 1, p. 77-84, 1993.

SCHUBACH, K. M. *et al.* Impacts of postweaning growth rate of replacement beef heifers on their reproductive development and productivity as primiparous cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 97, n. 10, p. 4171-4181, 2019.

SHAO, B. *et al.* Genetic features of reproductive traits in bovine and buffalo: Lessons from bovine to buffalo. **Frontiers in Genetics**, Lausanne, v. 12, [art.] 617128, 2021.

SILVA, E. I. C. **Fisiologia do ciclo estral dos animais**. Recife: UFRPE, 2020.

SILVA, E. P. *et al.* Optimizing timed AI protocols for Angus beef heifers: comparison of induction of synchronized ovulation with estradiol cypionate or GnRH. **Theriogenology**, Los Altos, v. 121, p. 7-12, 2018.

SILVA, L. O. *et al.* Progesterone release profile and follicular development in Nelore cows receiving intravaginal progesterone devices. **Theriogenology**, Los Altos, v. 178, p. 77-84, 2022.

STEVENSON, J. S. Clinical reproductive physiology of the cow. *In*: YOUNGQUIST, R. S.; THRELFALL, W. R. (ed.). **Current therapy in large animal theriogenology**. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 2007. cap. 35, p. 258-270.

TORRES-JÚNIOR, J. R. S. *et al.* A comparison of two different esters of estradiol for the induction of ovulation in an estradiol plus progestin-based timed artificial insemination protocol for suckled *Bos indicus* beef cows. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 151, n. 1/2, p. 9-14, 2014.

WILTBANK, M. C. *et al.* Improving fertility to timed artificial insemination by manipulation of circulating progesterone concentrations in lactating dairy cattle. **Reproduction, Fertility and Development**, Melbourne, v. 24, n. 1, p. 238-243, 2011b.

WILTBANK, M. C. *et al.* Managing the dominant follicle in lactating dairy cows. **Theriogenology**, Los Altos, v. 76, n. 9, p. 1568-1582, 2011a.

WILTBANK, M. C. *et al.* Physiological and practical effects of progesterone on reproduction in dairy cattle. **Animal**, Cambridge, v. 8, p. 70-81, 2014. Suppl. 1.

WILTBANK, M. C. *et al.* Prostaglandin F₂ α receptors in the early bovine corpus luteum. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 52, n. 1, p. 74-78, 1995.

WILTBANK, M. C. *et al.* Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. **Theriogenology**, New York, v. 57, n. 1, p. 21-52, 2002.

ZWIEFELHOFER, E. M. *et al.* Comparison of two intravaginal progesterone-releasing devices in shortened-timed artificial insemination protocols in beef cattle. **Theriogenology**, Los Altos, v. 168, p. 75-82, 2021.

10. ANEXO

	UFRGS UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	PRÓ-REITORIA DE PESQUISA Comissão De Ética No Uso De Animais	
---	--	--	---

CARTA DE APROVAÇÃO

Comissão De Ética No Uso De Animais analisou o projeto:

Número: 41037
Título: ESTRATÉGIAS PARA MAIOR CONTROLE DA OVULAÇÃO E PREVENÇÃO DA MORTALIDADE EMBRIONÁRIA EM BOVINOS

Vigência: 01/09/2021 à 30/12/2023

Pesquisadores:

Equipe UFRGS:

Monique Tomazele Rovani - coordenador desde 01/09/2021
GABRIELLA DOS SANTOS VELHO - desde 01/09/2021
André Gustavo Cabrera Dalto - pesquisador desde 01/09/2021

Equipe Externa:

Bernardo Garziera Gasperin - pesquisador desde 01/09/2021

Comissão De Ética No Uso De Animais aprovou o mesmo, em reunião realizada em 26/07/2021 - Reunião remota via portal Mconf, em seus aspectos éticos e metodológicos, para a utilização, para experimentação, de 1.750 bovinos fêmeas oriundas de propriedade rural particular localizada em Minas do Leão/RS, de acordo com os preceitos das Diretrizes e Normas Nacionais e Internacionais, especialmente a Lei 11.794 de 08 de novembro de 2008, o Decreto 6899 de 15 de julho de 2009, e as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), que disciplinam a produção, manutenção e/ou utilização de animais do filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem) em atividade de ensino ou pesquisa.

Porto Alegre, Quinta-Feira, 5 de Agosto de 2021



ALEXANDRE TAVARES DUARTE DE OLIVEIRA
Coordenador da comissão de ética