



ARTIGO
ORIGINAL

Adição de uma dose de prostaglandina F_{2α} em um protocolo de inseminação artificial em tempo fixo em fêmeas Nelore acíclicas

Addition of a dose of prostaglandin F_{2α} to a fixed-time artificial insemination protocol in anestrous Nelore females

Maria Antônia Moreira Maciel ¹

Raquel Gomes do Amaral ¹

Rafael Ferreira dos Santos ¹

Artur Azevedo Menezes ^{2*}

Marcus Vinícius Galvão Loiola ²

Rodrigo Freitas Bittencourt ²

Antonio de Lisboa Ribeiro Filho ²

Tiago Oliveira Brandão ³

Alexandra Soares Rodrigues ¹

¹ Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), Barra, BA, Brasil

² Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, BA, Brasil

³ Universidade do Estado da Bahia (UNEBA) Barreiras, BA, Brasil

***Correspondência:** arturmenezes76@gmail.com

Recebido: 6 jul 2025 | **Aceito:** 17 out 2025

Editor: Luiz Ernandes Kozicki

DOI: <http://dx.doi.org/10.7213/acad.2025.23007>

Rev. Acad. Ciênc. Anim. 2025;23:e23007

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar se a inclusão de uma dose adicional de prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}) em protocolos de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) melhora a resposta folicular e a taxa de prenhez em vacas Nelore acíclicas. Um total de 70 vacas Nelore foram incluídas no experimento. No Dia 0 (D0), inseriu-se um dispositivo intravaginal com 1 g de progesterona (P4) e administrou-se 2 mg de benzoato de estradiol por via intramuscular (IM). No D7, os ani-

mais foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos experimentais: o grupo controle (GC; n = 32) recebeu uma única dose de PGF_{2α} no D9 e o grupo GPGF (GPGF; n = 38) recebeu duas doses de PGF2α, nos dias D7 e D9. No D9, os dispositivos de P4 foram removidos e todas as vacas receberam aplicações (IM) de 500 µg de PGF2α, 0,6 mg de cipionato de estradiol e 300 UI de eCG. No D11, as características folliculares de 32 vacas (GC = 14; GPGF = 18) foram avaliadas por meio de ultrassonografia modo B e Doppler colorido. Os parâmetros analisados incluíram diâmetro folicular (DFOL), área folicular (AFOL), vascularização folicular (VFOL) e percentual de vascularização folicular (%VFOL). Ainda nesse momento, todos os animais foram submetidos à IA propriamente dita. O diagnóstico de gestação foi realizado no D45. Não foram observadas diferenças, estatisticamente, entre os grupos para as características de DFOL (GC = 1,05 ± 0,15 cm; GPGF = 1,08 ± 0,22 cm; p = 0,67), AFOL (GC = 0,51 ± 0,08 cm²; GPGF = 0,46 ± 0,18 cm²; p = 0,44), VFOL (GC = 0,26 ± 0,06 cm²; GPGF = 0,24 ± 0,09 cm²; p = 0,57), e %VFOL (GC = 51,91 ± 11,25%; GPGF = 56,33 ± 18,91%; p = 0,44). Com relação às taxas de prenhez, o GC obteve 34,4% (11/32), enquanto o GPGF apresentou 42,1% (16/38), também sem diferença significativa entre os grupos (p = 0,34). Conclui-se que a inclusão de uma dose adicional de PGF2α no protocolo de sincronização para IATF em vacas Nelore acíclicas não resultou em aumento significativo nos parâmetros folliculares ou na taxa de prenhez.

Palavras-chave: Doppler. Fertilidade. Gado de corte. Prenhez.

Abstract

The present study aimed to evaluate whether the inclusion of an additional dose of prostaglandin F₂α (PGF₂α) in fixed-time artificial insemination (FTAI) protocols improves follicular response and pregnancy rate in anestrous Nellore cows. A total of 70 Nellore cows were enrolled in the experiment. On Day 0 (D0), a 1 g progesterone (P4) intravaginal device was inserted, and 2 mg of estradiol benzoate was administered intramuscularly (IM). On D7, animals were randomly allocated into two experimental groups: the control group (CG; n = 32) received a single dose of PGF₂α on D9, and PGF group (GPGF; n = 38) received two doses of PGF₂α on D7 and D9. On D9, the P4 devices were removed, and all cows received IM administrations of 500 µg of PGF₂α, 0.6 mg of estradiol cypionate, and 300 IU of eCG. On D11, follicular characteristics of 32 cows (CG = 14; GPGF = 18) were assessed by B-mode and color Doppler ultrasonography. The parameters evaluated included follicular diameter (FOLD), follicular area (FOLA), follicular vascularization area (FOLV), and percentage of follicular vascularization (%FOLV). At this time point, all females were subsequently subjected to artificial insemination proper. Pregnancy diagnosis was performed on D45. No statistically significant differences were observed between groups for FOLD (CG = 1.05 ± 0.15 cm; GPGF = 1.08 ± 0.22 cm; p = 0.67), FOLA (CG = 0.51 ± 0.08 cm²; GPGF = 0.46 ± 0.18 cm²; p = 0.44), FOLV (CG = 0.26 ± 0.06 cm²; GPGF = 0.24 ± 0.09 cm²; p = 0.57), or %FOLV (CG = 51.91 ± 11.25%; GPGF = 56.33 ± 18.91%; p = 0.44). Regarding pregnancy outcomes, CG achieved 34.4% (11/32), while GPGF reached 42.1% (16/38), with no significant difference between groups (p = 0.34). It is concluded that the inclusion of an additional dose of PGF₂α in the synchronization protocol for FTAI in anestrous Nellore cows did not result in a significant increase in follicular parameters or pregnancy rate.

Keywords: Doppler. Fertility. Beef cows. Pregnancy.

Introdução

Nos sistemas modernos de produção animal, particularmente nas operações de cria, as biotecnologias reprodutivas desempenham um papel

fundamental na maximização da produtividade do rebanho. Entre essas tecnologias, a inseminação artificial em tempo fixo (IATF) tem ganhado destaque como uma ferramenta essencial para o manejo reprodutivo (Baruselli, 2024).

Os protocolos de IATF à base de progesterona (P4) e estradiol (E2) demonstram uma maior eficácia em vacas no período pós-parto criadas em clima tropical quando comparados aos protocolos baseados em hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH). Tais protocolos utilizam P4 e E2 para promover a regressão do crescimento folicular e sincronizar a emergência de uma nova onda folicular. Posteriormente, administra-se uma dose de prostaglandina F₂α (PGF₂α) além do uso de cipionato de estradiol para indução sincronizada da ovulação (Bó et al., 2018).

Visando assegurar a luteólise completa, uma vez que concentrações elevadas de P4 próximas ao momento da inseminação artificial estão associadas à redução das taxas de prenhez, estudos foram realizados com vacas leiteiras utilizando uma segunda dose de PGF₂α em protocolos Ovsynch (Souza et al., 2007; Brusveen et al., 2009). Nesse contexto, Pereira et al. (2015), em estudo com vacas leiteiras submetidas a um protocolo de sincronização da ovulação à base de E2/P4, observaram que, mesmo na ausência de corpo lúteo (CL) durante o protocolo, as vacas que receberam duas doses de PGF₂α apresentaram maior taxa de prenhez (32,1%; 25/78 vs. 19,4%; 19/98).

Neste mesmo contexto, Lopes Jr et al. (2020), em estudo com vacas Holandesas primíparas e múltiparas acíclicas, observaram que os animais tratados com duas doses de PGF₂α apresentaram picos de hormônio luteinizante (LH) mais prolongados e maior frequência de pulsos de LH por hora. Tais achados sugerem que a atuação da PGF₂α pode ir além da regressão lútea, atuando também na modulação do eixo hipotálamo-hipófise, promovendo a liberação de LH (Cruz et al., 1997; Weems et al., 2006; Pfeifer et al., 2018). Randel et al. (1996) avaliaram o efeito da PGF₂α exógena sobre as concentrações circulantes de LH em vacas e afirmaram que a liberação hipofisária de LH em resposta ao GnRH foi aumentada em decorrência da aplicação da PGF₂α.

Corroborando essa hipótese, Silva et al. (2024), trabalhando com vacas de corte mestiças submetidas a protocolo com antecipação da aplicação da

$\text{PGF}_{2\alpha}$, verificaram que essa estratégia aumentou a fertilidade dos animais que não apresentavam CL no início do protocolo.

Nesse contexto, a utilização de uma dose dupla de $\text{PGF}_{2\alpha}$ (ou seus análogos) em programas de IATF surge como uma estratégia promissora para otimizar a eficiência reprodutiva. Diante disso, o presente estudo hipotetizou que a aplicação adicional de $\text{PGF}_{2\alpha}$ aumentaria o diâmetro e a vascularização folicular, assim como a taxa de prenhez de vacas Nelore lactantes e acíclicas submetidas a protocolo de IATF.

Material e métodos

O experimento foi realizado entre agosto de 2022 e junho de 2023, em uma fazenda comercial localizada no município de Barra, oeste da Bahia, Brasil ($11^{\circ}05'23''\text{S}$, $43^{\circ}08'30''\text{W}$). A região apresenta clima tropical com estação seca bem definida e precipitação média anual de 670,4 mm. O sistema de produção adotado na propriedade é extensivo, baseado em pastagens de *Cenchrus ciliaris* (capim Buffel) e vegetação nativa, com fornecimento de suplemento mineral e acesso irrestrito à água.

Foram utilizadas 70 vacas Nelore (*Bos taurus indicus*) multíparas, lactantes, com idade entre 5 e 6 anos, em média 60 a 70 dias pós-parto, e escore de condição corporal de $2,54 \pm 0,05$ (escala de 1 a 5). Antes do início do protocolo de IATF, todas passaram por exame clínico ginecológico e avaliação ultrassonográfica transretal nos dias -10 (D-10) e 0 (D0), utilizando transdutor linear de 5,0 MHz (Sonoscape S2VET®). As vacas foram consideradas aptas à inclusão no experimento caso não apresentassem CL no momento da avaliação, ausência de alterações no trato reprodutivo e histórico reprodutivo sem registro de aborto.

Todos os procedimentos foram conduzidos em conformidade com as diretrizes do Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Oeste da Bahia (CEUA-UFOB), sob protocolo n.º 0007/2023.

Protocolo de sincronização

As vacas foram submetidas ao seguinte protocolo de sincronização (Figura 1): em um dia aleatório do ciclo estral, denominado como Dia 0 (D0), foi inserido um dispositivo intravaginal contendo 1,0 g de progesterona (Sincrogest®, Ourofino, Brasil) e

administrada, por via intramuscular (IM), uma dose de 2,0 mg de benzoato de estradiol (Sincrodiol®, Ourofino, Brasil).

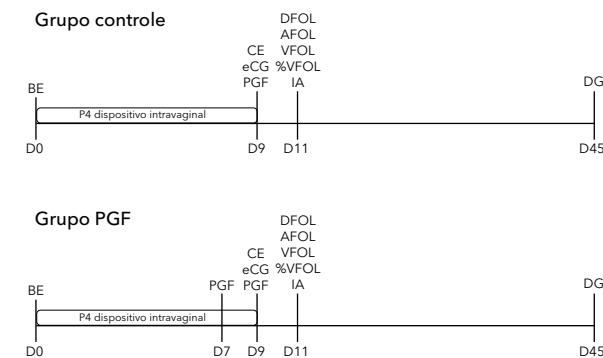


Figura 1 - Diagrama esquemático das atividades realizadas durante o protocolo de sincronização hormonal para avaliação de parâmetros foliculares e taxa de prenhez em fêmeas submetidas à aplicação de dose única ou dupla de prostaglandina $\text{F}_2\alpha$.

Nota: AFOL = área folicular; BE = 2 mg de benzoato de estradiol; CE = 0,6 mg de cipionato de estradiol; D = dia; DFOL = diâmetro folicular; DG = diagnóstico de gestação; eCG = 300 UI de gonadotrofina coriônica equina; IA = inseminação artificial; PGF = prostaglandina $\text{F}_2\alpha$ (500 µg de cloprostenol sódico); P4 = dispositivo intravaginal contendo 1,0 g de progesterona; VFOL = vascularização folicular; %VFOL = percentual de VFOL.

No D7, 38 vacas foram aleatoriamente selecionadas para receber uma aplicação IM de 500 µg de cloprostenol sódico (Sincrocio®, Ourofino, Brasil). No D9, os dispositivos de progesterona foram removidos e todas as vacas receberam, por via IM, 500 µg de cloprostenol sódico (Sincrocio®, Ourofino Brasil), 0,6 mg de cipionato de estradiol (Sincro-CP®, Ourofino, Brasil) e 300 UI de gonadotrofina coriônica equina (Sincro eCG®, Ourofino, Brasil). Posteriormente, os animais foram alocados em dois grupos experimentais: controle (GC; n = 32), que recebeu uma única dose de $\text{PGF}_{2\alpha}$ no D9; e grupo PGF (GPGF; n = 38), que recebeu duas doses de PPGF $_{2\alpha}$, nos dias D7 e D9.

No D11 do protocolo de sincronização, realizou-se a IATF. Para o procedimento, utilizou-se um único lote de sêmen criopreservado proveniente de um touro da raça Nelore, aprovado segundo os padrões mínimos de qualidade exigidos pelo Colégio Brasileiro de Reprodução Animal.

O sêmen foi descongelado a 37 °C por 30 segundos e todas as inseminações foram realizadas pelo mesmo inseminador, com experiência comprovada.

Avaliações ultrassonográficas

As avaliações ultrassonográficas foram realizadas por meio de um aparelho portátil equipado com modo B e Doppler colorido (Sonoscape S2VET®). Para o modo B, utilizou-se transdutor linear transretal de 7,5 MHz. No modo Doppler colorido, os parâmetros do aparelho foram ajustados para uma velocidade de fluxo de 6 cm/s a fim de permitir a detecção do movimento das hemácias em pequenos vasos sanguíneos. No modo power-flow, foram utilizados frequência de 4,2 MHz, ganho de cor de

58%, frequência de repetição de pulsos (PRF) de 0,6 kHz e profundidade de imagem de 6 cm.

Parâmetros foliculares

As características foliculares foram avaliadas por ultrassonografia modo B e Doppler colorido em 32 vacas (GC = 14; GPGF = 18) no D11 do protocolo de sincronização, imediatamente antes da inseminação. Os ovários foram examinados por via transretal e, por meio do modo B, congelou-se uma imagem do maior folículo visualizado para determinação do diâmetro folicular pré-ovulatório (DFOL) e da área total da parede folicular (AFOL). Adicionalmente, imagens em modo Doppler colorido foram obtidas para quantificar a área vascularizada da parede folicular (VFOL) (Figura 2).

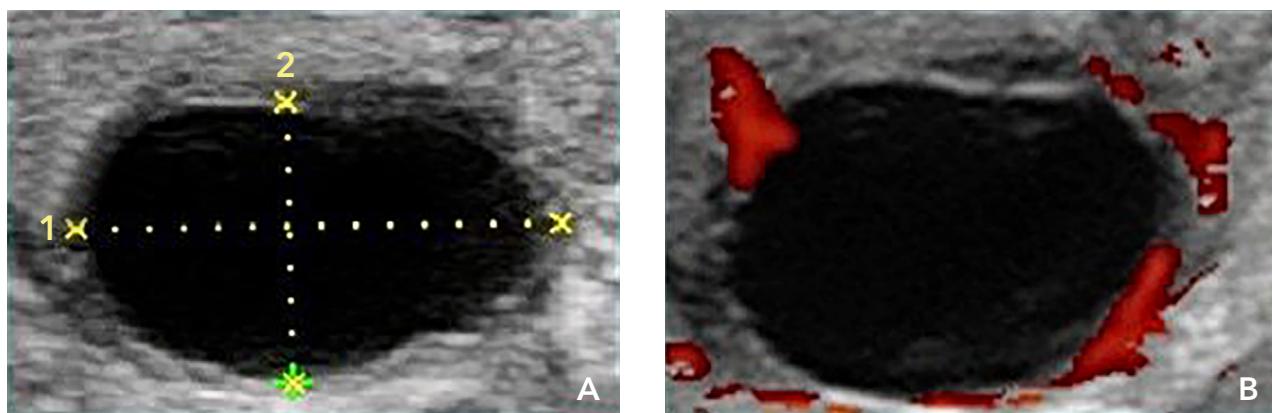


Figura 2 - Imagens ultrassonográficas em modo B (A) e Doppler colorido (B) do ovário de uma fêmea bovina. (A) Medição do diâmetro (cm) do folículo pré-ovulatório. (B) Avaliação da área de perfusão sanguínea na parede folicular.

A análise das imagens foi realizada de forma objetiva, com o auxílio do software nativo do equipamento para mensuração da área total da parede folicular. A área vascularizada foi delimitada manualmente por meio de cursor gráfico. O percentual de vascularização da parede folicular (%VFOL) foi calculado pela razão entre a área vascularizada e a área total da parede folicular.

Diagnóstico de gestação

O diagnóstico de gestação foi realizado por meio de ultrassonografia transretal no D45, correspondente a 34 dias após a inseminação artificial. As fêmeas

foram consideradas gestantes quando foi identificado embrião com batimento cardíaco visível.

Análise estatística

As análises estatísticas foram conduzidas com o auxílio do software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS®, versão 19, IBM), adotando-se nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). Inicialmente, realizou-se análise descritiva para obtenção da média e do desvio-padrão de cada variável investigada. A normalidade dos dados foi avaliada por meio do teste Shapiro-Wilk. O pressuposto de homogeneidade de variância foi avaliado por meio do teste de

Levene. A comparação dos parâmetros morfológicos foliculares (DFOL, AFOL, VFOL e %VFOL) entre os grupos foi realizada por meio do teste t de Student. A análise do qui-quadrado (χ^2) de Person foi aplicada para comparação das taxas de prenhez entre os grupos. Diferenças foram consideradas estatisticamente significativas quando $p \leq 0,05$.

Resultados

Os resultados obtidos para os parâmetros foliculares estão apresentados na Tabela 1. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os protocolos de IATF com aplicação única ou dupla de PGF₂α para nenhum dos parâmetros foliculares avaliados ($p > 0,05$).

A taxa geral de prenhez observada foi de 38,6% (27/70). Os animais do GC apresentaram taxa de prenhez de 34,4% (11/32), enquanto os animais do GPGF apresentaram taxa de prenhez de 42,1% (16/38), não havendo diferenças significativas ($p = 0,34$) entre os grupos experimentais.

Tabela 1 - Variáveis de vacas Nelore submetidas a protocolo de inseminação artificial em tempo fixo com ou sem a adição de dose extra de prostaglandina F₂α

Variáveis	GC	GPGF	p-valor
DFOL(cm)	1,05 ± 0,15	1,08 ± 0,22	0,67
AFOL(cm ²)	0,51 ± 0,08	0,46 ± 0,18	0,44
VFOL(cm ²)	0,26 ± 0,06	0,24 ± 0,09	0,57
%VFOL(%)	51,91 ± 11,25	56,33 ± 18,91	0,44

Nota: AFOL = área total da parede folicular; DFOL = diâmetro folicular pré-ovulatório; GC = grupo controle; GPGF = grupo prostaglandina; VFOL = área vascularizada da parede folicular; %VFOL = percentual de vascularização da parede folicular. Dados apresentados como média ± desvio-padrão.

Discussão

Diversos estudos têm relatado que a administração de dose dupla de agentes luteolíticos em fêmeas cíclicas submetidas a protocolos de sincronização da ovulação desempenha papel relevante na melhora dos resultados reprodutivos (Ribeiro et al.,

2012). Essa estratégia visa manter níveis basais de progesterona pré-ovulatória, favorecendo um perfil endócrino adequado ao desenvolvimento folicular (Martins et al., 2011; Nascimento et al., 2014).

No entanto, há escassez de estudos avaliando especificamente os efeitos dessa abordagem em animais acíclicos. Nesse contexto, os resultados do presente estudo indicam que o tratamento com dose adicional de PGF₂α não promoveu efeitos, significativos sobre as características morfofuncionais foliculares em vacas anêstricas. De forma semelhante, Noronha et al. (2020) avaliaram o efeito de uma dose adicional de prostaglandina em protocolo de IATF em fêmeas *Bos indicus* acíclicas com baixo escore de condição corporal e não observaram melhorias nas dimensões foliculares.

Em contrapartida, Pereira et al. (2015) e Lopes Jr et al. (2020) observaram diferenças no diâmetro folicular no momento da IATF em fêmeas Holandesas acíclicas submetidas à administração de uma ou duas doses de agente luteolítico. Esses autores apontam que a PGF₂α exerce efeitos sistêmicos no eixo hipotálamo-hipófise, aumentando a responsividade da hipófise ao GnRH, o que intensifica a frequência de pulsos de LH e favorece o desenvolvimento do folículo dominante em vacas com comprometimento nessa função (Leonardi et al., 2012; Diniz et al., 2021). Efeito semelhante foi descrito por Randel et al. (1996), que relataram aumento significativo na frequência de pulsos de LH seis horas após a administração de PGF₂α em vacas Brahman primíparas e multíparas.

Além disso, estudos apontam que a PGF₂α exerce ação local sobre o ovário, influenciando diretamente o ambiente folicular. Bridges et al. (2007), ao investigarem a expressão de RNAm de receptores de prostaglandinas, detectaram aumento na expressão de receptores de PGF₂α e prostaglandina E nas células da teca e granulosa de folículos pré-ovulatórios. Corroborando essa hipótese, Castro et al. (2021) observaram aumento na vascularização folicular em vacas leiteiras mestiças tratadas com PGF₂α. De forma semelhante, Pfeifer et al. (2016) relataram associação positiva entre vascularização folicular e ocorrência de ovulação em vacas leiteiras expostas a agentes luteolíticos.

Em contrapartida, Rodrigues et al. (2018) e Diniz et al. (2021) não observaram alterações significativas na área total da parede folicular nem na área

vascularizada em vacas mestiças leiteiras e Nelore, respectivamente, submetidas a protocolos de IATF com dose adicional de prostaglandina. Essas divergências ressaltam a complexidade da interação entre prostaglandinas e dinâmica folicular, indicando a necessidade de novos estudos que esclareçam os mecanismos pelos quais esses fármacos influenciam a morfofisiologia folicular em vacas anêstricas.

No que tange à fertilidade, alguns estudos indicam maiores taxas de concepção em grupos tratados com dose adicional de PGF₂α. Em trabalho com vacas Nelore multíparas, Ferreira et al. (2020) observaram aumento significativo na taxa de prenhez em fêmeas que receberam dose dupla do agente luteolítico ($p < 0,05$). Esses achados estão de acordo com Pereira et al. (2015), os quais sugerem que drogas luteolíticas também podem exercer efeitos no ambiente uterino, contribuindo para a melhoria da taxa de prenhez em vacas leiteiras acíclicas.

Ainda nesse contexto, Hawk (1983) relatou maior recuperação de sêmen no trato reprodutivo de fêmeas após o uso de PGF₂α, o que pode ser atribuído ao aumento da contratilidade uterina, promovendo maior penetração dos espermatozoides em criptas e dobras cervicais. Esses dados sugerem que a PGF₂α também pode atuar na melhoria do transporte e da viabilidade espermática durante a inseminação artificial.

Conclusão

A aplicação adicional de PGF₂α não resultou em melhoria significativa dos parâmetros foliculares nem da taxa de prenhez em vacas Nelore acíclicas submetidas à IATF. Esses resultados indicam que o uso rotineiro da segunda dose de PGF₂α em vacas acíclicas deve ser reavaliado sob condições de campo.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Contribuição dos autores

Todos os autores contribuíram igualmente para esse estudo e aprovaram sua versão final.

Declaração de disponibilidade de dados

Os dados de pesquisa não estão disponíveis.

Referências

Baruselli PS. Em 2023, apesar da redução do número de protocolos comercializados, 91.2% das inseminações no Brasil foram realizadas por IATF. Boletim Eletrônico. 2024;8. <http://vra.fmvz.usp.br/boletim-eletronico-vra>

Bó GA, Huguenin E, Mata JJL, Núñez-Oliveira, R, Baruselli, PS, Menchaca, A. Programs for fixed-time artificial insemination in South American beef cattle. Anim Reprod. 2018;15(Suppl 1): 952-62. <http://dx.doi.org/10.21451/1984-3143-AR2018-0025>

Bridges PJ, Fortune JE. Regulation, action, and transport of prostaglandins during the periovulatory period in cattle. Mol Cell Endocrinol. 2007;263(1-2):1-9. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2006.08.002>

Brusveen DJ, Souza AH, Wiltbank MC. Effects of additional prostaglandin F2α and estradiol-17β during Ovsynch in lactating dairy cows. J Dairy Sci. 2009;92(4):1412-22. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1289>

Castro NA, Leonardi CEP, Singh J, Schneider A, Gonçalves PB, Oliveira FC, et al. The role of prostaglandin F2α on ovulation and LH release in cows. Braz J Vet Res Anim Sci. 2021;58: e175001. <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjras.2021.175001>

Cruz LC, Valle ER, Kesler DJ. Effect of prostaglandin F(2α)-and gonadotropin releasing hormone-induced luteinizing hormone releases on ovulation and corpus luteum function of beef cows. Anim Reprod Sci. 1997;49(2-3):135-42. [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(97\)00076-6](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(97)00076-6)

Diniz JHW, Peres RFG, Teixeira ACB, Riveros JAN, Noronha IM, Martins CFG, et al. Administration of PGF2α at the moment of timed-AI using sex-sorted or conventional semen in suckled Nelore cows with different intensity of estrus behavior. Theriogenology. 2021;174:169-75. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.08.023>

Ferreira JL, Rodrigues MHD, Santos SN, Oliveira RORG, Rodrigues VS, Beserra DAA, et al. Effect of additional PGF2α dose on pregnancy rate in Nellore females subjected to FTAI. Semina Cienc Agrar. 2020;41(6):2669-76. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p2669>

Gabriel HG, Wallenhorst S, Dietrich E, Holtz, W. The effect of prostaglandin F2 administration at the time of insemination on the pregnancy rate of dairy cows. *Anim Reprod Sci.* 2011;123(1-2):1-4. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.11.010>

Hawk HW. Sperm survival and transport in the female reproductive tract. *J Dairy Sci.* 1983;66(12):2645-60. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(83\)82138-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(83)82138-9)

Leonardi CEP, Pfeifer LFM, Rubin MIB, Singh J, Mapleton RJ, Pessoa GA, et al. Prostaglandin F2 α promotes ovulation in prepubertal heifers. *Theriogenology.* 2012;78(7):1578-82. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.06.030>

Lopes Jr FR, Silva LM, Zimpel R, Munhoz AK, Vieira Neto A, Pereira MHC, et al. Prostaglandin F2 α influences pre-ovulatory follicle characteristics and pregnancy per AI in anovular dairy cows. *Theriogenology.* 2020;153:122-32. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.04.038>

Martins JPN, Policelli RK, Pursley JR. Luteolytic effects of cloprostenol sodium in lactating dairy cows treated with G6G/Ovsynch. *J Dairy Sci.* 2011;94(6):2806-14. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3650>

Nascimento AB, Souza AH, Keskin A, Sartori R, Wiltbank MC. Lack of complete regression of the Day 5 corpus luteum after one or two doses of PGF2 α in nonlactating Holstein cows. *Theriogenology.* 2014;81(3):389-95. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.10.009>

Noronha IM, Cooke RF, Martins CFG, Oliveira Filho RV, Pohler KG, Vasconcelos JLM. Administering an additional prostaglandin F2 α injection to Bos indicus beef cows during a treatment regimen for fixed-time artificial insemination. *Anim Reprod Sci.* 2020;219:106535. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106535>

Pereira MHC, Wiltbank MC, Barbosa LFSP, Costa Jr WM, Carvalho MAP, Vasconcelos JLM. Effect of adding a gonadotropin-releasing hormone treatment at the beginning and a second prostaglandin F2 α treatment at the end of an estradiol-based protocol for timed artificial insemination in lactating dairy cows during cool or hot seasons of the year. *J Dairy Sci.* 2015;98(2):947-59. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8523>

Pfeifer LFM, Rodrigues WB, Silva KC, Anache NA, Castro NA, Castilho EM, et al. Different protocols using PGF2 α as ovulation inducer in Nelore cows subjected to estradiol-progesterone timed AI-based protocols. *Theriogenology.* 2018;120:56-60. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.06.030>

Pfeifer LFM, Siqueira LGB, Arashiro EKN, Castro NAC, Viana JHM. Prostaglandin F2 α or estradiol benzoate to induce ovulation in timed artificially inseminated dairy cows. *Pesq Agropec Bras.* 2016;51(6):738-44. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000600005>

Randel RD, Lammoglia MA, Lewis AW, Neuendorff DA, Guthrie MJ. Exogenous PGF2 α enhanced GnRH-induced LH release in postpartum cows. *Theriogenology.* 1996;45(3):643-54. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(95\)00410-a](https://doi.org/10.1016/0093-691x(95)00410-a)

Ribeiro ES, Bisinotto RS, Favoretto MG, Martins LT, Cerri RLA, Silvestre FT, et al. Fertility in dairy cows following pre-synchronization and administering twice the luteolytic dose of prostaglandin F2 α as one or two injections in the 5-day timed artificial insemination protocol. *Theriogenology.* 2012;78(2):273-84. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.01.012>

Rodrigues AS, Silva MAA, Brandão TO, Nascimento AB, Bittencourt RF, Chalhoub M, et al. Eficácia da associação dupla dose PGF2 α -eCG no proestro de vacas leiteiras mestiças submetidas à IATF. *Pesq Vet Bras.* 2018;38(8):1518-27. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-5371>

Souza AH, Gümen A, Silva EPB, Cunha AP, Guenther JN, Peto CM, et al. Supplementation with estradiol-17beta before the last gonadotropin-releasing hormone injection of the Ovsynch protocol in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 2007; 90(10):4623-34. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0172>

Weems CW, Weems YS, Randel RD. Prostaglandins and reproduction in female farm animals. *Vet J.* 2006;171(2):206-28. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.11.014>