



Abanico Veterinario. Janeiro-Dezembro 2023; 13:1-37. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2023.16>

Revisão da literatura. Recebido:07/02/2022. Aceito:08/06/2023. Publicado:27/06/2023. Chave: e2022-11.

<https://www.youtube.com/watch?v=k2kox38NV-k>

Sincronização do estro e da ovulação em gado de corte. Base endócrina e protocolos utilizados

Synchronization of estrus and ovulation in bovine females. Endocrine bases and treatments used



Hernández-Coronado Cyndi^{1ID}, Rosales-Torres Ana^{1ID}, Vázquez-López Salomón^{2ID}, Guzmán-Sánchez Adrián^{*1ID}

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Departamento Producción Agrícola y Animal, Calzada del Hueso 1100, Coyoacán, CDMX 04960 México. ²Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Maestría en Ciencias Agropecuarias. Calzada del Hueso 1100, Coyoacán, CDMX 04960 México. *Autor para correspondência: Adrián Guzmán-Sánchez. Email: cyndibash87@gmail.com, anamexico@gmail.com, mvzsalovazquez@gmail.com, aguzman@correo.xoc.uam.mx

Resumo

No México, a eficiência reprodutiva das vacas em sistemas de produção de bezerros é baixa e o uso de esquemas de sincronização do estro e da ovulação pode contribuir para melhorá-la. O objetivo desta revisão foi descrever a regulação endócrina do ciclo estral e a dinâmica folicular em bovinos, destacando como, por meio do uso de hormônios exógenos, esses processos podem ser manipulados para implementar diferentes protocolos de sincronização do estro e da ovulação. Além disso, os resultados da taxa de prenhez no estro sincronizado (TPES) são apresentados com os diferentes protocolos de sincronização do estro e da ovulação relatados na literatura. Foram coletadas revisões e artigos originais sobre o ciclo estral e o desenvolvimento folicular em bovinos, e os dados da TPES foram obtidos de artigos científicos publicados entre 2000 e 2023. O TPES relatado varia de 23 a 76 %; no entanto, embora a faixa seja ampla, em protocolos baseados em estradiol e GnRH, cerca de 50 % dos dados de TPES coletados estão entre 45 e 55 %. Nos protocolos baseados em progesterona, 50 % dos dados relatam TPES entre 55 e 65 %. Atualmente, existem três protocolos principais de sincronização de estro e ovulação com os quais, de acordo com a literatura revisada, é possível obter TPES de 45 a 65 % na maioria dos casos.

Palavras-chave: ciclo estral, surtos de crescimento folicular, sincronização do estro e da ovulação, vacas de corte.

Abstract

In Mexico, reproductive efficiency of cows in calf production systems is low and the use of estrus and ovulation synchronization schemes can contribute to improve it. The objective of this review was to describe the endocrine regulation of the estrous cycle and follicular dynamics in cattle, highlighting how, using exogenous hormones, and these processes can be manipulated to implement different estrous and ovulation synchronization protocols. In addition, results of pregnancy rate at synchronized estrus (PRSE) with the different estrous and ovulation synchronization protocols reported in the literature are presented. Reviews and original articles on topics of estrous cycle and follicular development in cattle were collected and PRSE data were obtained from scientific articles published between 2000 and 2023. The reported PRSE ranges from 23 to 76 %, however, although the range is wide, in estradiol and GnRH based protocols about 50 % of the PRSE data collected are between 45 and 55 %. In progesterone-based protocols, 50 % of the data report PRSE between 55 and 65 %. Currently, there are three main estrous and ovulation



synchronization protocols with which, according to the literature reviewed, PRSE between 45 and 65 % can be obtained in most occasions.

Keywords: oestrous cycle, waves of follicular growth, synchronization of estrus and ovulation, beef cows.

INTRODUÇÃO

A criação de bezerros para a produção de carne bovina é altamente dependente da eficiência reprodutiva das matrizes (Alvarez *et al.*, 2018). No México, em geral, e especificamente nas regiões tropicais do país, a eficiência reprodutiva nos sistemas de produção de bezerros é baixa (Lassala *et al.*, 2020). Foi relatado que apenas 32,6 % das vacas do rebanho nacional estão prenhes, sendo que as vacas do nordeste e da zona central têm a maior porcentagem de gestação (41 %), enquanto na região norte a porcentagem de gestação é de apenas 25 % (Gutiérrez, 2018). Embora fatores como a raça, o anestro pós-parto, a lactação e o estado nutricional afetem a eficiência reprodutiva nesses sistemas de produção, há também alguns aspectos do manejo reprodutivo que podem exacerbar esse problema. No México, cerca de 90 % dos produtores de bezerros do país usam a reprodução contínua, apenas entre 2,4 e 9,4 % usam a inseminação artificial (IA) e menos de 10 % usam a sincronização do estro (Lassala *et al.*, 2020).

O conhecimento do controle endócrino do ciclo estral e da fisiologia da dinâmica folicular em vacas permitiu o desenvolvimento de biotecnologias como a sincronização do estro e da ovulação, que, por sua vez, facilitam e tornam a IA mais eficiente em bovinos de corte (Marizancén & Artunduaga, 2017). Essas biotecnologias, quando aplicadas corretamente, podem ser usadas para melhorar a eficiência reprodutiva do gado (Colazo *et al.*, 2018; Baruselli *et al.*, 2018). Em vacas Nelore pós-parto, o uso de um protocolo de sincronização de estro antes do início do parto aumentou em 1,5 vez a probabilidade de as vacas ficarem prenhes durante esse período, bem como a taxa de prenhez no parto (52,2 vs. 27,6 %; Ferreira *et al.*, 2018). Em vacas de corte, o uso de protocolos de sincronização do estro e da ovulação no início do período de parição permite a indução e a uniformidade da manifestação do estro em um período pré-estabelecido de curta duração, o que facilita a IA, a programação do parto e a indução da atividade ovariana em novilhas e vacas em anestro (Colazo & Mapletoft, 2014; Baruselli *et al.*, 2018).

Os protocolos de sincronização do estro e da ovulação baseiam-se no uso de hormônios para manipular a dinâmica folicular e a duração da fase lútea do ciclo estral (Lamb *et al.*, 2010; Colazo & Mapletoft, 2014), portanto, é importante entender esses processos em detalhes. Os hormônios usados para manipular a dinâmica folicular são o hormônio liberador de gonadotropina (GnRH), os estrogênios e a progesterona. A prostaglandina F_{2α} (PGF_{2-α}) e a progesterona podem ser usadas para manipular a duração da fase lútea (Lamb *et al.*, 2010; Bó & Baruselli, 2014; Colazo & Mapletoft, 2014; Bó *et al.*, 2016). Ao aplicar tratamentos hormonais para manipular a resposta reprodutiva dos bovinos, é importante entender o mecanismo pelo qual ocorrem as alterações fisiológicas e



endócrinas em cada fase do ciclo estral a ser modificada, bem como os efeitos de cada hormônio em um determinado protocolo. Este artigo tem como objetivo descrever a regulação endócrina do ciclo estral e a dinâmica folicular em bovinos, destacando como, por meio do uso de hormônios exógenos, esses processos podem ser manipulados para implementar diferentes protocolos de sincronização do estro e da ovulação. Além disso, os resultados da taxa de prenhez no estro sincronizado (TPES) são apresentados com diferentes protocolos de sincronização do estro e da ovulação relatados na literatura.

MATERIAL E MÉTODOS

Pesquisamos os bancos de dados Pubmed, ScienceDirect, Google Scholar e SciELO usando as palavras-chave "Bovine estrus cycle" e "Bovine follicular waves" e selecionamos as revisões e os artigos originais mais importantes sobre esses tópicos, incluindo os publicados por nosso grupo. Para descrever os resultados da taxa de prenhez no cio sincronizado (TPES) obtidos com os principais protocolos atualmente em uso, fizemos uma pesquisa apenas no Pubmed usando as palavras-chave "estrus synchronization beef cows estradiol" para obter dados relatados usando protocolos baseados em estradiol e com as palavras-chave "estrus synchronization beef cows GnRH", recuperamos artigos usando protocolos baseados em GnRH. Além dos artigos recuperados na última pesquisa, selecionamos aqueles que usavam protocolos baseados em progestagênio. Em ambas as buscas, foram selecionadas publicações de 2000 a 2023. Os principais critérios de seleção para os dados do TPES foram aqueles em que a atribuição do tratamento foi completamente randomizada. Além disso, os dados foram obtidos de grupos experimentais que avaliaram o efeito do uso da gonadotrofina coriônica equina (eCG), o efeito da apresentação do estro, a ciclicidade e o desmame temporário. Quando em um artigo foram avaliadas outras variáveis além das mencionadas acima, apenas os dados do grupo de controle foram considerados. Com os dados de TPES de cada grupo experimental, foram feitos histogramas de frequência ou gráficos de dispersão para descrever a variação dos dados.

Controle endócrino do ciclo estral em bovinos

As fêmeas de mamíferos domésticos, a partir da puberdade e durante toda a sua vida reprodutiva, passam periodicamente por ciclos estrais, que são definidos como o período entre o início de um estro e o início do próximo (Lamb & Mercadante, 2016). O ciclo estral é caracterizado por uma série de alterações anatômicas, endócrinas e comportamentais que visam à ovulação e à preparação do ambiente uterino para uma possível gestação (Bó *et al.*, 2003). Em bovinos, cada ciclo estral tem duração média de 20 dias em novilhas e 21 dias em vacas (Sartori & Barros, 2011). O ciclo estral é composto por quatro estágios: estro, metaestro, diestro, proestro e duas fases: a fase folicular, estrogênica ou proliferativa, que inclui o proestro e o estro, e a fase lútea, progestacional ou secretora,



que inclui o metaestro e o diestro (Figura 1). Na fase folicular, o folículo ovulatório se desenvolve e, portanto, o hormônio dominante é o estradiol. Esse esteroide promove, em nível uterino, a proliferação de células endometriais. Na fase lútea, ocorre o desenvolvimento e a funcionalidade do CL, de modo que o hormônio dominante é a progesterona, que estimula o endométrio a secretar leite uterino ou histotrofo ([Rathbone et al., 2001](#); [Sartori & Barros, 2011](#)).

O estabelecimento do ciclo estral e as mudanças que ocorrem nele são regulados pela síntese e secreção de hormônios do hipotálamo, como o GnRH, da glândula pituitária que produz o hormônio luteinizante e o hormônio folículo estimulante (LH e FSH), do folículo que secreta estrogênio e inibina, do CL que produz progesterona e ocitocina e do endométrio que libera PGF2 α ([Sartori & Barros, 2011](#)).

Durante o proestro, a produção de FSH permanece baixa e constante porque não é regulada pelo GnRH, enquanto o LH começa a aumentar sua frequência de secreção e a diminuir a amplitude de seus pulsos. Isso promove a maturação do folículo final, aumentando a síntese de estradiol e inibina ([Rathbone et al., 2001](#)). O aumento desses dois hormônios exerce um feedback negativo sobre a síntese de FSH no nível da hipófise ([Aerts & Bols, 2010](#)). Por outro lado, no final do proestro e no início do estro, o estradiol exerce um efeito de feedback positivo sobre o GnRH, agindo em seus receptores α e β localizados em neurônios glutamatérgicos e kipeptinérgicos ([Kenealy & Terasawa, 2012](#)). Esse efeito do estradiol desencadeia o pico pré-ovulatório de GnRH-LH e, portanto, a ovulação ([Garverick & Smith, 1993](#); [Forde et al., 2011](#); [De Graaff & Grimard, 2018](#)). Para desencadear a ovulação, que ocorre de 10 a 12 horas após o fim do estro, o LH promove a síntese de prostaglandinas e enzimas para facilitar a ruptura das paredes foliculares. Além disso, o LH estimula o reinício da meiose no oócito ([Delgado et al., 2011](#)). Após a ovulação, o CL se desenvolve a partir do folículo ovulado sob o efeito do LH e as concentrações de progesterona aumentam gradualmente até atingir sua concentração máxima no final do metaestro e início do diestro ([Forde et al., 2011](#)). As concentrações máximas de progesterona são mantidas constantes durante todo o estro para evitar a ovulação dos folículos dominantes desenvolvidos durante a fase lútea do ciclo ([Baruselli et al., 2007](#)).

Se o oócito ovulado não for fertilizado, por volta dos dias 16 e 17 do ciclo estral, o endométrio secretará PGF2 α para induzir a regressão do CL ([Rosales-Torres & Guzmán, 2011](#); [Sartori & Barros, 2011](#)). Para isso, a PGF2 α , ao se ligar ao seu receptor nos vasos sanguíneos do CL, causa uma elevação do Ca $^{++}$ intracelular para induzir a vasoconstrição. A vasoconstrição reduz o fornecimento de nutrientes, oxigênio e colesterol ao CL, levando à redução da síntese de progesterona e à apoptose das células luteais ([Rosales-Torres & Guzmán, 2008](#); [Shirasuna et al., 2012](#)). A luteólise causa uma



redução na concentração sérica de progesterona, o que faz com que o feedback negativo exercido pela progesterona sobre o GnRH desapareça (Rathbone *et al.*, 2001).

Ondas de crescimento folicular

O desenvolvimento folicular durante o ciclo estral bovino ocorre em ondas e é um processo altamente seletivo em que, normalmente, apenas um folículo pode ovular e o destino do restante dos folículos na mesma coorte é a atresia (Rosales-Torres *et al.*, 2012). Em cada onda de crescimento folicular, um folículo dominante se desenvolve, embora apenas o folículo dominante da última onda ovule (Aerts & Bols, 2010; Bó *et al.*, 2016; Ginther, 2016). As ondas de crescimento folicular são compostas de três fases: recrutamento cíclico, seleção e dominância (Aerts & Bols, 2010; Fortune *et al.*, 1991; Rosales-Torres *et al.*, 2012).

Durante o recrutamento cíclico, uma coorte de pequenos folículos antrais inicia o crescimento em resposta a um pico transitório de FSH (Mihm *et al.*, 2000; Driancourt, 2001; Aerts & Bols, 2010). Essa fase dura cerca de 2 dias, durante os quais o FSH estimula o crescimento do folículo (Webb *et al.*, 2004; Rodgers & Rodgers, 2010). A seleção ocorre no final do período de crescimento comum, quando um dos folículos recrutados é selecionado como dominante para continuar seu crescimento (Sirard, 2016; Rosales-Torres *et al.*, 2012). Por fim, a dominância refere-se ao mecanismo pelo qual o folículo selecionado como dominante tem um desenvolvimento rápido e suprime o crescimento dos folículos subordinados (Ginther *et al.*, 1989; Webb *et al.*, 2004). Para fazer isso, o estradiol e a inibina produzida nele impedem a síntese e a secreção de FSH (Beg & Ginther, 2006). Essa redução do FSH causa a atresia dos folículos subordinados, enquanto o folículo dominante continua a crescer a uma taxa de até 1,6 mm por dia (Sirois & Fortune 1988; Rosales-Torres *et al.*, 2012). Se o folículo dominante se desenvolver durante a fase lútea do ciclo estral, as concentrações circulantes de progesterona impedem o pico pré-ovulatório de LH, de modo que ele não pode ovular e se torna atrético (Figura 1). Na ausência de um CL funcional, o folículo dominante, com sua alta produção de estradiol, induz o pico de LH pré-ovulatório e, portanto, a ovulação (Driancourt, 2001; Moore & Thatcher, 2006).

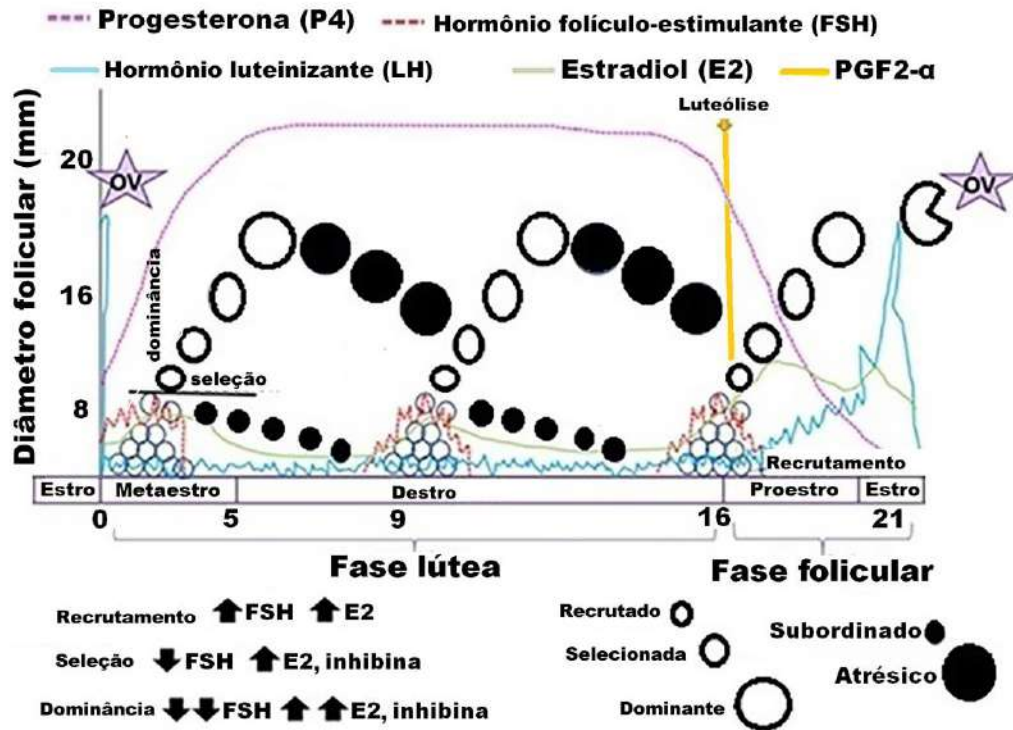


Figura 1: Representação esquemática dos estágios e fases do ciclo estral bovino e das ondas de desenvolvimento folicular

É importante observar que, enquanto o folículo dominante estiver estrogênica e ativamente ativo, uma nova onda de crescimento folicular não poderá surgir (Webb *et al.*, 2004; Rosales-Torres *et al.*, 2012). No entanto, se o folículo dominante ovular ou se tornar atrético, o bloqueio do FSH desaparecerá, pois o estradiol e a inibina não são mais produzidos e ocorrerá uma nova elevação transitória desse hormônio, o que estimulará o surgimento de uma nova onda de crescimento folicular (Sartori *et al.*, 2004; Beg & Ginther, 2006).

Existem algumas diferenças de espécies e raças na dinâmica folicular (Baruselli *et al.*, 2007). No gado *Bos taurus*, a seleção do folículo dominante ocorre 2 dias após o início da onda folicular e, geralmente, o folículo que atinge 8,5 mm de diâmetro é selecionado como dominante (Fortune *et al.*, 1991; Fortune *et al.*, 2001). No caso de vacas *Bos indicus*, a seleção do folículo dominante será 2,6 dias após o início da onda e o folículo com um diâmetro de aproximadamente $5,9 \pm 0,4$ mm será selecionado (Sartori & Barros, 2011). Baruselli *et al.* (2018) relatam que vacas Brahman, Nelore e Gyr podem apresentar de duas a quatro ondas de desenvolvimento folicular por ciclo estral. Já nas vacas *Bos taurus*, predominam de duas a três ondas (Sartori *et al.*, 2004). Além da diferença no número de ondas foliculares, as fêmeas *Bos indicus* recrutam mais folículos por onda de crescimento folicular do que as fêmeas *Bos taurus* ($33,4 \pm 3,2$ versus $25,4 \pm 2,5$, respectivamente). Por fim, em fêmeas *Bos taurus* com duas ondas de crescimento folicular, o maior diâmetro do folículo dominante é 17,1 mm para a primeira onda e 16,5 mm para a segunda onda (Ginther, 2016), enquanto em *Bos indicus* os maiores diâmetros



do folículo dominante são 11,3 mm, 12,1 mm e 10,4 mm para a primeira, segunda e terceira ondas de crescimento, respectivamente (Figueiredo *et al.*, 1997).

Sincronização do estro e da ovulação.

Os protocolos de sincronização do estro e da ovulação têm vantagens importantes para o manejo reprodutivo do gado de corte e evoluíram ao longo do tempo para se tornarem mais eficazes. A implementação desses protocolos facilita o uso da inseminação artificial em tempo fixo (IATF) ou do estro detectado, homogeneiza o nascimento dos bezerros, permite a programação do parto, o cuidado com os bezerros recém-nascidos e aumenta as taxas de prenhez (Abel *et al.*, 2017). Atualmente, a manipulação hormonal do ciclo estral em bovinos para sincronizar o estro e a ovulação baseia-se em quatro princípios principais;

1) Simular a fase lútea do ciclo estral. Isso é feito por meio da administração exógena de progesterona usando dispositivos intravaginais que liberam progesterona (DIP) constantemente (Colazo & Mapletoft, 2014) ou usando progestagênios orais, como o acetato de melengestrol (MGA; Lamb *et al.*, 2010). Os DIPs são atualmente os mais usados e são recomendados para uso por períodos de 5 a 7 dias (Abel *et al.*, 2017; Williams & Stanko, 2020). A justificativa fisiológica para o uso de DIPs é que, quando o tratamento é suspenso, as concentrações de progesterona no sangue são rapidamente reduzidas. Isso faz com que os animais sem corpo lúteo entrem em proestro e a maturação de um folículo dominante produza estradiol suficiente para aumentar a frequência dos pulsos de LH da hipófise e a probabilidade de ovulação (Rathbone *et al.*, 2001; Lamb *et al.*, 2010; Sartori & Barros, 2011).

2) Acelerar a regressão do CL por meio da administração de PGF2 α ou de seus análogos sintéticos. A aplicação de PGF2 α induz a lise do CL para causar uma redução nas concentrações de progesterona endógena e induzir uma nova fase folicular em animais com um CL funcional (Abreu *et al.*, 2018). A PGF2 α induz a lise do CL quando aplicada pelo menos 6 a 7 dias após o início do estro, pois, antes desse período, o CL está em desenvolvimento e há muitos fatores de sobrevivência no ambiente circundante, como LH, VEGF e IGF-I, que impedem o efeito luteolítico da PGF2 α (Wenzinger & Bleul, 2012; Abel *et al.*, 2017; Scarpa *et al.*, 2019). É importante observar que, na ausência de um CL, a PGF2 α não tem efeito; no entanto, por motivos de gerenciamento e pela necessidade de experiência para palpar a presença de um CL, a PGF2 α é frequentemente aplicada mesmo quando não há CL no ovário.

3) Sincronizar o início de uma nova onda de crescimento folicular. Isso é conseguido com a aplicação de GnRH ou estradiol. Quando o GnRH ou seus análogos são aplicados, um pico de LH é induzido e, se a cadela tiver um folículo dominante, ele ovulará. A ovulação do folículo dominante causa uma redução no estradiol e na inibina, o que permite uma elevação do FSH para iniciar uma nova onda de crescimento folicular (Adams *et al.*, 1992; Aerts & Bols, 2010). Quanto ao uso de estradiol ou seus análogos, eles são aplicados em altas doses (2 mg) para induzir um feedback negativo sobre o FSH no nível da hipófise e, assim, causar atresia dos folículos da onda de crescimento atual presente no ovário. Quando os folículos se tornam atrésicos, eles param de secretar



estradiol e inibina, o feedback negativo sobre o FSH é eliminado e as concentrações dessa gonadotrofina aumentam para iniciar uma nova onda de crescimento folicular (Bó *et al.*, 1994; Scarpa *et al.*, 2019).

4) **Induzir a ovulação do folículo dominante da onda de crescimento sincronizado.** Em gado de corte, a ovulação pode ser induzida pela aplicação de GnRH no momento da inseminação artificial ou pela aplicação de baixa dose (1 ng) de estradiol em animais em proestro para induzir o comportamento de estro e o pico pré-ovulatório de LH (Bó *et al.*, 2016).

Principais protocolos usados atualmente

Até o momento, os tratamentos mais usados para a sincronização do estro e da ovulação baseiam-se no DIP. Os protocolos diferem basicamente no hormônio usado para sincronizar o desenvolvimento folicular, que pode ser GnRH, estrogênios sintéticos ou progestagênios. Assim, os protocolos de sincronização de estro e ovulação usados atualmente são baseados em estradiol, GnRH ou progesterona (Figura 2), embora a maioria dos protocolos use uma combinação desses hormônios (Bó & Baruselli, 2014; Lamb & Mercadante, 2016; Bó *et al.*, 2016).

Protocolos à base de estradiol

Os tratamentos à base de estradiol (Figura 2A a 2C) consistem na inserção de um DIP mais uma injeção de 2 mg de benzoato de estradiol (BE) por via intramuscular no dia 0. O estradiol permite induzir o início da onda de crescimento folicular e, assim, garantir a presença de um folículo estrogenicamente ativo contendo um oócito viável no momento da IA (Bó *et al.*, 1994; Uslenghi *et al.*, 2014; Bó *et al.*, 2016). O DIP é removido 7, 8 ou 9 dias após a inserção e a PGF2 α é aplicada para lisar um possível CL. Isso garante a redução da progesterona no sangue e o início da fase folicular. Depois disso, a ovulação do folículo dominante da onda sincronizada deve ser induzida, o que pode ser feito de várias maneiras em relação à remoção do DIP: 1) aplicar 1 mg de BE 24 horas depois, 2) aplicar GnRH 54 horas depois ou 3) aplicar cipionato de estradiol (ECP; 0,5 ou 1 mg) após a remoção do DIP. Usando esses protocolos, recomenda-se realizar a IATF entre 54 e 64 horas após a remoção do DIP (Colazo *et al.*, 2003; Sales *et al.*, 2012).

TPES em novilhas tratadas com protocolos à base de estradiol

Usando protocolos à base de estradiol em novilhas, a menor TPES relatada nos artigos consultados foi de 39 % (Reineri *et al.*, 2023), enquanto a maior foi de 59 % (Silva *et al.*, 2018a). Com relação às diferenças por indutor de ovulação, a TPES não diferiu estatisticamente em novilhas com o uso de GnRH (59 %; Silva *et al.*, 2018b) ou DBS (53 %; Silva *et al.*, 2018b) ou entre o uso de BE (48 %) e DBS (47 %; Pfeifer *et al.*, 2014).

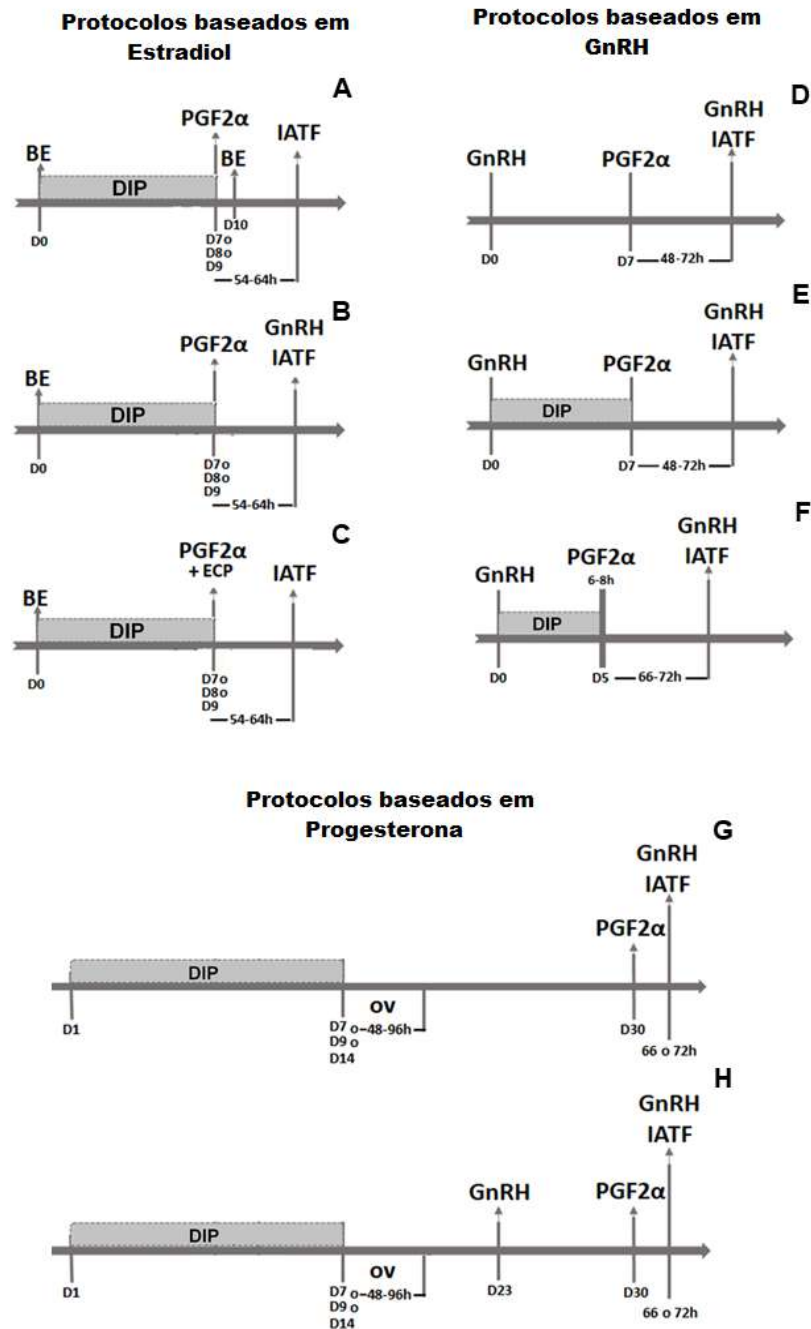


Figura 2. Principais protocolos de sincronização de estro e ovulação usados atualmente em gado de corte. A-C) Protocolos baseados em estradiol usando BE (A), GnRH (B) ou ECP (C) como indutores de ovulação. D-F) Protocolos baseados em GnRH sem (D) ou com o uso de um dispositivo intravaginal liberador de progesterona (PID) por sete (E) ou cinco (F) dias. G e H) Protocolos baseados em progesterona sem o uso de GnRH antes da aplicação de PGF2α (G) ou com o uso de GnRH sete dias antes da aplicação de PGF2α (H)



O efeito do uso de eCG na retirada do DIP em novilhas não foi tão extensivamente avaliado quanto em vacas (veja abaixo), no entanto, o uso de 200, 300 ou 400 UI de eCG não parece modificar a TPES (Pinto *et al.*, 2020). A partir dos dados coletados em novilhas, não foram relatadas diferenças na TPES entre animais em estro ou estado puberal em nenhum caso. No entanto, a presença de CL no início do tratamento indica que as novilhas começaram a ciclar. Nesse sentido, Silva *et al.* (2018b) relatam que a TPES é semelhante em novilhas sem a presença de CL no início do tratamento ao usar GnRH (50,5 %) ou ECP (50,5 %) como indutores de ovulação. No entanto, a TPES foi maior em animais com CL quando se usou GnRH (68 %) para induzir a ovulação do que quando se usou DBS (55 %). Essas evidências sugerem que, em novilhas tratadas com protocolos baseados em estradiol, o GnRH, o BE ou o DBS podem ser usados de forma intercambiável como indutores de ovulação. Entretanto, se for possível detectar novilhas ciclando no início do tratamento, é melhor usar o GnRH para induzir a ovulação nessas novilhas.

TPES em vacas tratadas com protocolos à base de estradiol

Em vacas em lactação, o menor TPES relatado foi de 23 % (Malik *et al.*, 2012) e o maior foi de 72 % (Rodrigues *et al.*, 2018). Nesse grupo de animais tratados com protocolos à base de estradiol, a maioria dos dados de TPES (73 %) relatados nos artigos consultados estava entre 41 e 60 % (Figura 3A). Para dados de vacas não lactantes, a TPES mais baixa foi de 44 % e a mais alta foi de 62 % (Uslenghi *et al.*, 2014).

A TPES relatada em vacas em lactação com o uso de BE como indutor de ovulação, em protocolos baseados em estradiol, variou entre 23 e 58 %, enquanto que quando o DBS foi usado como indutor de ovulação, 88 % dos dados de TPES relatados variaram entre 41 e 70 % (Figura 3B). Esses dados sugerem que a TPES pode ser aumentada se o DBS for usado em comparação com o BE como indutores de ovulação. Entretanto, em artigos que compararam diferentes indutores de ovulação em vacas em lactação tratadas com protocolos à base de estradiol, não foram observadas diferenças entre o uso de BE ou ECP (Sales *et al.*, 2012; Uslenghi *et al.*, 2014; Uslenghi *et al.*, 2016).

O uso de eCG (300 UI) no momento da retirada do DIP é uma estratégia para aumentar a TPES em vacas em lactação tratadas com protocolos à base de estradiol. Como pode ser visto na figura 3C, a TPES relatada quando a eCG não foi usada em 100 % dos dados recuperados da literatura foi inferior a 61 %, enquanto quando a eCG foi usada em 100 % dos dados a TPES ficou entre 45 e 72 %. Esses relatórios sugerem que a TPES em vacas em lactação tratadas com protocolos à base de estradiol pode ser melhorada com o uso da eCG. Essa hipótese foi confirmada por Pessoa *et al.* (2016), que relatam que o uso de eCG no momento da retirada do DIP aumenta a TPES (45 %) em comparação com vacas sem eCG (30 %). A eCG atua principalmente nos receptores de FSH no

folículo para promover a síntese de estradiol e o crescimento folicular (Murphy & Martinuk, 1991). Foi relatado que o aumento do desenvolvimento folicular pode melhorar a qualidade dos oócitos e, portanto, a fertilidade (Simões *et al.*, 2018), o que explica por que o uso desse hormônio melhora a TPES em protocolos baseados em estradiol.

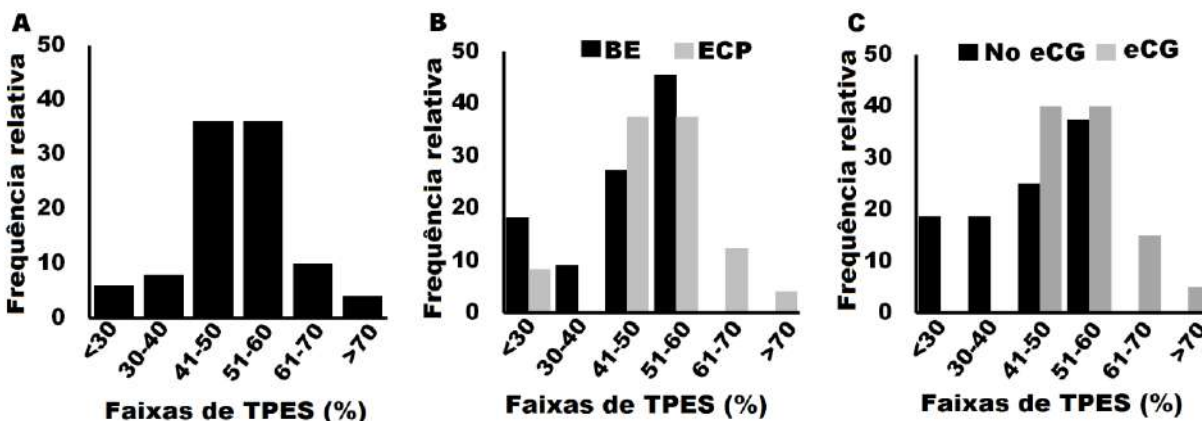


Figura 3. Taxa de prenhez até o cio sincronizado (TPES) com protocolos à base de estradiol em vacas em lactação. A) Distribuição dos dados totais de TPES. B) Distribuição dos dados de TPES com o uso de benzoato de estradiol (BE) e cipionato de estradiol (ECP) como indutores de ovulação. C) Distribuição dos dados de TPES com ou sem o uso de 300 UI de gonadotrofina coriônica equina (eCG) no momento da retirada do DIP. Informações coletadas de: Ross *et al.*, 2004; Sa Filho *et al.*, 2010; Malik *et al.*, 2012; Campos *et al.*, 2013; Pfeifer *et al.*, 2015; Uslenghi *et al.*, 2016; Pessoa *et al.*, 2016; Cooke *et al.*, 2016; Rodrigues *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2018a, Crepaldi *et al.*, 2019; Oliveira-Filho *et al.*, 2020; Noronha *et al.*, 2020; Diniz *et al.*, 2021; Alves *et al.*, 2021; Pfeifer *et al.*, 2022; Barbosa *et al.*, 2022; Rodriguez *et al.*, 2023; Aragunde-Vieytes *et al.*, 2023

Em vacas de corte em lactação, a presença do bezerro reduz a secreção de GnRH/LH (Crowe, 2008), portanto, o desmame temporário é recomendado desde a remoção do DIP até a IATF (Crowe, 2008). No entanto, Cooke *et al.* (2016) relatam que o TPES é semelhante em vacas em que o desmame temporário foi realizado (45,6%) do que em vacas em que não foi realizado (46,6%), enquanto Pfeifer *et al.*, (2014) relatam um TPES de 58,1 % com desmame temporário, que está dentro da faixa de TPES relatada no restante dos artigos revisados em que o desmame temporário não foi relatado (Malik *et al.*, 2012; Rodrigues *et al.*, 2018). Essas evidências sugerem que o desmame temporário não é necessário e que os protocolos baseados em estradiol podem neutralizar o efeito negativo da presença de bezerros na secreção de GnRH/LH.

Outro fator que pode afetar a TPES é a apresentação de cio após a retirada do DIP. A TPES foi maior ($P < 0,05$) em vacas lactantes e não lactantes que apresentaram cio do que naquelas que não apresentaram cio (Cedeño *et al.*, 2021; Pessoa *et al.*, 2016; Rodrigues *et al.*, 2018). A falta de comportamento de cio pode ser indicativa da ausência



de um folículo pré-ovulatório maduro capaz de produzir estradiol suficiente para estimular o cio e a ovulação, o que explicaria por que os animais sem cio têm um TPES mais baixo.

Recentemente, foi relatada uma variação dos protocolos baseados em estradiol em que o DIP é usado por apenas 5 ou 6 dias. Esse protocolo foi denominado J-synch e, em novilhas de corte tratadas com esse protocolo, há uma TPES mais alta (61,9%) em comparação com novilhas tratadas com o protocolo convencional (51,4 %; [Bó et al., 2016](#)). Semelhante ao que foi observado em novilhas tratadas com o protocolo convencional à base de estradiol, as novilhas tratadas com a ciclagem J-synch têm um TPES mais alto do que as novilhas em anestro ([Núñez-Olivera et al., 2022](#); [Zwiefelhofer et al., 2021](#)). Da mesma forma, em vacas em lactação, o uso do J-synch tende a aumentar a TPES (74,1 %) quando comparado ao protocolo baseado em GnRH (66,5 %; [Macmillan et al., 2020](#)). Além disso, nesse tipo de protocolo, a aplicação de eCG no momento da retirada do DIP aumenta o TPES ([Núñez-Olivera et al., 2020](#)). A redução de 8 para 5 dias no uso de DIP em protocolos à base de estradiol evita a presença de folículos persistentes, pois a liberação de progesterona pelo DIP é suficiente para exercer feedback negativo para o GnRH, o que favorece a renovação folicular ([Day, 2015](#)).

Protocolos baseados em GnRH

Os tratamentos baseados em GnRH consistem na administração de GnRH no dia zero para induzir a ovulação do folículo dominante e, assim, promover o início de uma nova onda de crescimento folicular. Posteriormente, no sétimo dia, a PGF2 α é aplicada para induzir a regressão do CL e, 48 a 72 horas depois, uma segunda dose de GnRH é aplicada (Figura 2D) para induzir a ovulação e a IATF é realizada ([Martínez et al., 1999](#); [Martínez et al., 2000](#)). A eficácia desse tratamento depende em grande parte do fato de os animais ovularem após a primeira aplicação de GnRH. Se os animais ovularem, haverá a formação de um CL, portanto, ao aplicar PGF2 α no dia 7, as concentrações séricas de progesterona serão reduzidas, os animais entrarão em uma fase folicular e haverá um folículo pré-ovulatório que ovulará com a segunda aplicação de GnRH ([Bó et al., 2016](#); [Ginther, 2016](#)). Como a porcentagem de ovulação após a primeira aplicação de GnRH é altamente variável ([Bó et al., 2016](#)), esse protocolo foi complementado com o uso de um DIP junto com a primeira aplicação de GnRH, que deve ser removido no momento da aplicação de PGF2 α (Figura 2E). Dessa forma, independentemente de os animais ovularem ou não após a primeira aplicação de GnRH, quando o DIP for removido, todos os animais estarão em proestro. Além disso, esse protocolo foi encurtado, usando o DIP por apenas 5 dias e aplicando duas injeções de PGF2 α , uma no momento da retirada do DIP e a segunda 6 a 8 horas depois (Figura 2F).



TPES em novilhas tratadas com protocolos baseados em GnRH

Em novilhas tratadas com protocolos baseados em GnRH usando DIP por 5 dias, a maioria dos dados de TPES (91 %) estava entre 51-70 %. Por outro lado, quando o DIP foi usado por 7 dias, a maioria dos dados de TPES estava entre 41-60 % (Figura 4A). Esses dados sugerem que a TPES pode ser aumentada se o DIP for usado por 5 dias em comparação com 7 dias.

Ao usar DIP de 5 dias em protocolos baseados em GnRH, recomenda-se 2 injeções de PGF2 α no momento da retirada do DIP porque os animais ovulantes, com a primeira aplicação de GnRH, têm um CL jovem que está sob a influência de estímulos tróficos que promovem seu desenvolvimento (Niswender *et al.*, 2000). De acordo com as informações consultadas, a TPES é reduzida em novilhas tratadas com protocolos baseados em GnRH+DIP por 5 dias, se for usada uma única injeção de PGF2 α em comparação com o uso de duas injeções desse hormônio (Kasimanickam *et al.*, 2012; Kasimanickam *et al.*, 2014; White *et al.*, 2016; Helguera *et al.*, 2018). Por esse motivo, é melhor administrar duas injeções de PGF2 α ao decidir usar o DIP por 5 dias.

A apresentação do cio antes da IATF mostrou resultados contrastantes no TPES em novilhas tratadas com protocolos baseados em GnRH. As novilhas sincronizadas com o protocolo de GnRH e DIP por 7 dias que estão no estro têm TPES semelhante ao das novilhas que não estão no estro (Martínez *et al.*, 2002; Knickmeyer *et al.*, 2019). Em contraste, Oosthuizen *et al.* (2018a) e Speckhart *et al.* (2022), usando o mesmo protocolo, relatam que a TPES é maior em novilhas em estro pré-inseminação do que em novilhas sem estro. Assim, parece que a TPES em novilhas tratadas com protocolos baseados em GnRH pode ser parcialmente dependente da apresentação do cio. No entanto, inseminar apenas novilhas em estro, além de representar um desafio de manejo para detectar o estro, pode reduzir a taxa de parto no final do acasalamento e, portanto, recomenda-se inseminar todos os animais, independentemente de estarem ou não em estro.

Com relação ao status puberal no início do tratamento, parece que a TPES não difere entre animais púberes e peripúberes submetidos a protocolos baseados em GnRH com uso de DIP por 7 ou 5 dias (Busch *et al.*, 2007; Helguera *et al.*, 2018; Knickmeyer *et al.*, 2019). O uso de GnRH e DIP nesses protocolos, além de sincronizar o estro e a ovulação, pode induzir a atividade ovariana em novilhas peri-púberes com bom desenvolvimento corporal (Colazo & Mapletoft, 2014; Baruselli *et al.*, 2018), o que explica o fato de não haver diferenças na TPES entre novilhas púberes e peri-púberes.

O tempo entre a retirada do DIP e a IA mostrou efeitos contraditórios na TPES. Helguera *et al.*, (2018) relatam que não há diferença na TPES entre novilhas tratadas com GnRH e DIP por 5 dias e inseminadas 66 horas após a retirada do DIP em relação às novilhas



inseminadas às 72 horas. Por outro lado, em novilhas tratadas com o mesmo protocolo, a TPES é maior quando a inseminação foi realizada 54 horas após a retirada do DIP do que quando a inseminação foi realizada às 72 horas (Kasimanickam *et al.*, 2012). Embora as diferenças nesses resultados possam ser devidas a muitos fatores, é importante observar que quanto maior o tempo entre a remoção do DIP e a IA, maior o risco de o folículo dominante ovular, comprometendo a viabilidade e a fertilidade do oócito.

TPES em vacas em lactação tratadas com protocolos baseados em GnRH

A distribuição dos dados de TPES em vacas em lactação tratadas com protocolos baseados em GnRH sem o uso de DIP ou com seu uso por 5 ou 7 dias é mostrada na figura 4B. O intervalo de TPES em vacas em lactação tratadas com protocolos baseados em GnRH sem o uso de DIP foi de 31 % (Stevenson *et al.*, 2003) a 64 % (Small *et al.*, 2009). Já nas fêmeas submetidas a protocolos baseados em GnRH e DIP por 5 dias, a variação foi de 33 % (Williams & Stanko, 2020) a 69 % (Kasimanickam *et al.*, 2009) e nos animais em que foi usado o protocolo baseado em GnRH, mas com DIP por 7 dias, a variação foi de 38 % (Rosales-Torres *et al.*, 2017) a 71% (Lamb *et al.*, 2001).

O TPES é mais alto em animais nos quais o DIP foi usado por 7 dias após a primeira aplicação de GnRH em comparação com aqueles que não o fizeram (Lamb *et al.*, 2001 e Larson *et al.*, 2006). Com relação às diferenças entre o uso de DIP por 7 ou 5 dias, os dados de TPES coletados sugerem que não há diferença (Figura 4B); no entanto, foi relatado que a TPES é maior quando se usa DIP por 5 dias em comparação com 7 dias (Whittier *et al.*, 2013). Com base nesses dados, recomenda-se usar o DIP por 5 ou 7 dias em vacas tratadas com protocolos baseados em GnRH para garantir que os animais que não ovulem com a primeira aplicação de GnRH entrem na fase folicular no momento da retirada do DIP (Bó *et al.*, 2016; Ginther, 2016). Isso aumenta o número de animais que respondem ao tratamento e, com isso, o TPES.

Conforme mencionado acima, o tempo entre a remoção do DIP e a IA pode variar entre 48 e 72 horas. A partir dos dados de TPES que coletamos de vacas em lactação tratadas com protocolos baseados em GnRH+DIP por 5 dias, na maioria (85 %) a IATF foi realizada dentro de 72 horas após a retirada do DIP, o menor TPES foi 33 % (Williams & Stanko, 2020) e o maior foi 69 % (Kasimanickam *et al.*, 2009). Em vacas em lactação tratadas com o protocolo baseado em GnRH com e sem o uso de DIP por 7 dias, o tempo entre a aplicação de PGF2- α e a IA, bem como os resultados de TPES relatados, foram altamente variáveis (figuras 4C e 4D). Em vacas em lactação onde o DIP de 7 dias foi usado, o TPES mais alto (71 %) foi relatado quando a IATF foi realizada às 48 (Lamb *et al.*, 2001) e 72 horas (Nash *et al.*, 2012), enquanto o mais baixo (38 %) foi quando a IA foi realizada às 72 horas (Rosales-Torres *et al.*, 2017). Busch *et al.* (2008), mostram que a TPES é maior quando a IA é feita às 66 horas do que quando é feita às 54 horas após



a retirada do DIP. No entanto, devido à variação na TPES mostrada na figura 4C, o efeito do tempo entre a retirada do DIP e a IA em protocolos de 7 dias baseados em GnRH e DIP pode não ser significativo. Por fim, em vacas em lactação tratadas com protocolos baseados em GnRH sem o uso de DIP, a TPES variou de 31% quando a IATF foi realizada 48 horas após a aplicação de PGF2 α (Stevenson *et al.*, 2003) a 64% quando a IATF foi realizada 64 horas após a aplicação de PGF2 α (Small *et al.*, 2009).

A apresentação de cio pré-IA, o status ovariano no início do tratamento, o uso de eCG e o desmame temporário podem afetar a TPES em vacas em lactação tratadas com protocolos baseados em GnRH. Vários relatórios mostram o efeito da apresentação do estro antes da IA sobre a TPES (Nash *et al.*, 2012; Thomas *et al.*, 2014; Hill *et al.*, 2016a; Hill *et al.*, 2016b; Abel *et al.*, 2017) e concluem que as fêmeas que apresentam estro têm TPES mais alta do que as que não apresentam estro. Em estudos que usaram o protocolo baseado em GnRH+DIP de 7 dias, o TPES mais alto foi relatado como sendo 48 % (Abel *et al.*, 2017) e o mais baixo 42 % (Nash *et al.*, 2012; Hill *et al.*, 2016a) em vacas sem estro antes da IA, enquanto em animais com estro, o TPES mais alto foi 71 % (Nash *et al.*, 2012) e o mais baixo 64 % (Ferreira *et al.*, 2018). Assim como nos protocolos à base de estradiol, nos protocolos à base de GnRH, a apresentação de cio pode melhorar a TPES, pois os animais com comportamento de cio têm maior probabilidade de ter um folículo pré-ovulatório maduro capaz de induzir sua própria ovulação por meio do estradiol. No entanto, por motivos de manejo e para aumentar a taxa de partos no final do acasalamento, recomenda-se, como nas novilhas, que a IATF seja realizada em todos os animais.

Com relação ao efeito do status ovariano sobre a TPES, em fêmeas ciclando no início do tratamento com GnRH+DIP por 7 dias, o intervalo relatado de TPES é de 49 % (Marquezini *et al.*, 2013a) a 69 % (Bridges *et al.*, 2014), enquanto que, em animais em anestro, o intervalo é de 47 % (Nash *et al.*, 2012) a 63 % (Busch *et al.*, 2008). Giles *et al.* (2013), usando o protocolo baseado em GnRH e DIP por 5 dias, relatam que a TPES é de 50 % em vacas ciclando e 52 % em vacas em anestro. Como mencionado, no caso de novilhas tratadas com protocolos baseados em GnRH, eles podem induzir a ciclicidade em animais em anestro (Colazo & Mapletoft, 2014; Baruselli *et al.*, 2018), explicando por que não há diferença na TPES entre vacas ciclando e em anestro.

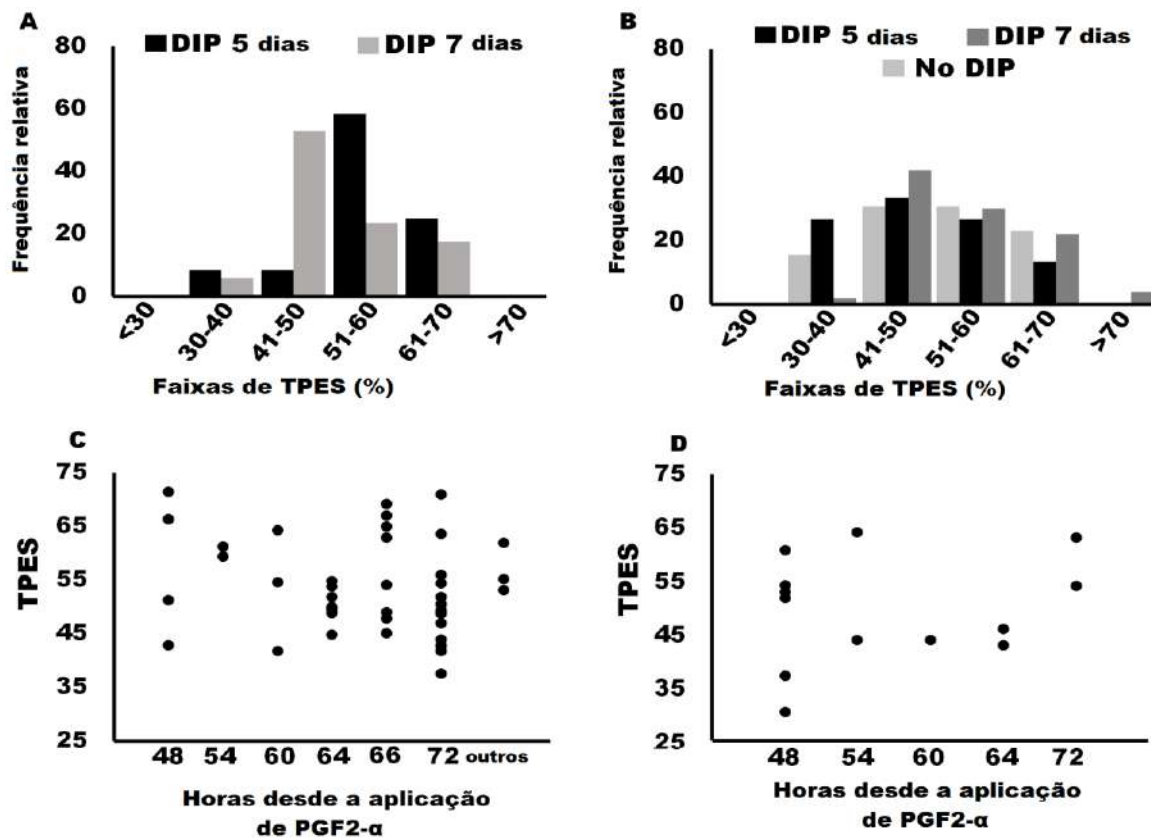


Figura 4. Taxa de prenhez até o cio sincronizado (TPES) em fêmeas bovinas tratadas com protocolos baseados em GnRH. A) Distribuição dos dados de TPES em novilhas nas quais foi usado um dispositivo intravaginal de liberação de progesterona (DIP) por 5 ou 7 dias após a primeira aplicação de GnRH. B) Distribuição dos dados de TPES em vacas em lactação sem o uso de um DIP ou com seu uso por 5 e 7 dias após a primeira aplicação de GnRH. C) Distribuição dos dados de TPES em diferentes momentos entre a aplicação de PGF2- α e a IA em vacas em lactação tratadas com protocolos baseados em GnRH e o uso de um DIP por 7 dias. D) Distribuição dos dados de TPES em diferentes momentos entre a aplicação de PGF2- α e a IA em vacas em lactação tratadas com protocolos baseados em GnRH sem o uso de um DIP. Dados coletados de: [Abel et al., 2017](#); [Martínez et al., 2000](#); [Bishop et al., 2017](#); [Bridges et al., 2014](#); [Macmillan et al., 2020](#); [Burns et al., 2008](#); [Busch et al., 2007](#); [Busch et al., 2008](#); [Cruppe et al., 2014](#); [Dahlen et al., 2010](#); [Echternkamp & Thallman, 2011](#); [Esterman et al., 2016](#); [Geary et al., 2001](#); [Giles et al., 2013](#); [Hall et al., 2017](#); [Helguera et al., 2018](#); [Hill et al., 2014](#); [Hill et al., 2016a](#); [Hill et al., 2016b](#); [Kasimanickam et al., 2006](#); [Kasimanickam et al., 2010](#); [Kasimanickam et al., 2014](#); [Kasimanickam et al., 2009](#); [Kasimanickam et al., 2012](#); [Knickmeyer et al., 2019](#); [Lamb et al., 2001](#); [Lamb et al., 2006](#); [Larson et al., 2006](#); [Marquezini et al., 2011](#); [Marquezini et al., 2013a](#); [Marquezini et al., 2013b](#); [Martínez et al., 2002](#); [Mercadante et al., 2015](#); [Mialot et al., 2003](#); [Nash et al., 2012](#); [Oosthuizen et al., 2018a](#); [Oosthuizen et al., 2018b](#); [Oosthuizen et al., 2018c](#); [Rosales-Torres et al., 2017](#); [Small et al., 2009](#); [Stevenson et al., 2003](#); [Thomas et al., 2014](#); [White et al., 2016](#); [Whittier et al., 2010](#); [Whittier et al., 2013](#); [Williams & Stanko, 2020](#); [Wilson et al., 2010](#); [Rodriguez et al., 2023](#); [Bonacker et al., 2020](#); [Rojas-Canadas et al., 2023](#)



Embora a presença do bezerro reduza a secreção de GnRH (Martínez *et al.*, 2000), poucos estudos incluem o desmame temporário como um fator para melhorar a TPES nos protocolos baseados em GnRH revisados neste artigo. Marquezini *et al.* (2013a e 2013b) relatam, em animais tratados com protocolos baseados em GnRH+DIP por 7 dias, que o TPES é semelhante quando desmamado temporariamente por 72 horas do que quando não desmamado temporariamente. Em contraste, Geary *et al.* (2001) relatam que o desmame temporário por 48 horas tende ($P=0,09$) a aumentar a TPES em vacas tratadas com protocolos baseados em GnRH com ou sem DIP. Embora a resposta aos protocolos de sincronização baseados em GnRH possa ser comprometida pela presença do bezerro e seus efeitos negativos sobre a secreção de GnRH, em termos práticos e com base nessas evidências, a sugestão é não fazer o desmame temporário.

O uso de eCG no final dos protocolos baseados em GnRH não é tão comum quanto nos protocolos baseados em estradiol. Alguns relatos mostram, em vacas em lactação tratadas com protocolos baseados em GnRH com e sem o uso de DIP, que o TPES é maior em animais em que o eCG (400 UI) é usado no momento da aplicação de PGF2 α do que em vacas em que o eCG não é usado (Small *et al.*, 2009; Randi *et al.*, 2021). Em contrapartida, em animais tratados com protocolos baseados em GnRH+DIP por 7 dias mais desmame temporário, a TPES não é diferente em animais tratados ou não com 400 UI de eCG no momento da retirada do DIP (Marquezini *et al.*, 2013b). Esses resultados sugerem que mais estudos devem ser realizados para validar se o uso de eCG pode melhorar a TPES em vacas em lactação tratadas com protocolos baseados em GnRH.

Protocolos baseados em progesterona

Os protocolos baseados em progesterona consistem no uso de DIP ou análogos de progesterona, como o MGA, por períodos prolongados para sincronizar o cio nas fêmeas, seguido de PGF2 α e GnRH ou GnRH, PGF2 α e GnRH. O DIP é inserido no dia 1 e removido 7, 9 ou 14 dias depois. O objetivo é que os animais entrem em estro e ovulem de forma sincronizada. Posteriormente, quando os animais estiverem na fase lútea, a PGF2 α é aplicada para induzir a regressão do CL e os animais entram no proestro de forma homogênea (Figura 2G). O tempo mais comumente usado entre a retirada do DIP e o tratamento com PGF2 α é de 16 dias, embora a PGF2 α possa ser aplicada aos 11 dias (Eborn & Grieger, 2013). Após a aplicação de PGF2 α , a IATF pode ser realizada em 66 ou 72 horas. Uma variação desse protocolo é a aplicação de GnRH 7 dias antes da aplicação de PGF2 α (Figura 2H). É importante observar que o GnRH pode ser aplicado aos 2, 4, 9 e 12 dias após a retirada do DIP (Mallory *et al.*, 2011; Eborn & Grieger, 2013).



TPES em novilhas tratadas com protocolos baseados em progesterona

Em novilhas tratadas com o protocolo P-PGF2 α -GnRH, o menor TPES relatado foi de 31 % (Thomas *et al.*, 2017) e o maior foi de 63 % (Mallory *et al.*, 2011). Para novilhas tratadas com a variação desse protocolo (P-GnRH-PGF2 α -GnRH), a faixa de TPES foi de 44 (Mallory *et al.*, 2011) a 62 % (Busch *et al.*, 2007). Dos dados de TEPS coletados dos artigos selecionados, 45% relatam um TPES entre 61 e 70 % em novilhas tratadas com o protocolo P-GnRH-PGF2 α -GnRH, enquanto apenas 25 % dos dados estão dentro dessa faixa em novilhas tratadas com o protocolo P-PGF2 α -GnRH (Figura 5A). Isso sugere que o protocolo P-GnRH-PGF2 α -GnRH aumenta o TPES em comparação com o protocolo P-PGF2 α -GnRH. A esse respeito, Eborn & Grieger (2013), usando MGA por 7 dias, mostram que a TPES é maior quando o GnRH é usado após a retirada do MGA (55 %) do que quando não é usado (38 %). Da mesma forma, a TPES é maior em novilhas quando o GnRH é usado após a retirada do DIP do que em novilhas em que ele não é usado (Kasimanickam *et al.*, 2016). Essa evidência sugere que o uso do protocolo P-GnRH-PGF2 α -GnRH pode melhorar a TPES porque uma nova onda de crescimento folicular é sincronizada com o uso do primeiro GnRH.

Outros fatores que podem modificar a TPES em novilhas tratadas com protocolos baseados em progesterona são o tipo de progestagênio, a apresentação estral e o status puberal. Em novilhas tratadas com o protocolo P-GnRH-PGF2 α -GnRH, não foram observadas diferenças no TPES entre o uso de progesterona ou MGA (Eborn & Grieger, 2013). Por outro lado, novilhas em estro antes da IATF e tratadas com o protocolo P-PGF2 α -GnRH apresentam maior TPES do que quando não estão em estro (Thomas *et al.*, 2014; Thomas *et al.*, 2017). Com relação ao status puberal das novilhas, não foram observadas diferenças no TPES entre novilhas peri-púberes e novilhas púberes submetidas a um protocolo baseado em progesterona, independentemente do uso ou não de GnRH após a retirada da progesterona (Busch *et al.*, 2007; Mallory *et al.*, 2011). O uso de progestagênios nesses protocolos pode sensibilizar o hipotálamo de animais peri-púberes para induzir a ciclicidade (Perry, 2016). Isso explica por que não há diferença no TPES entre animais púberes e peri-púberes quando tratados com esses protocolos.

TPES em vacas em lactação tratadas com protocolos baseados em progesterona

Com base nos dados coletados dos artigos selecionados, o menor TPES relatado em vacas em lactação tratadas com o protocolo P-GnRH-PGF2 α -GnRH foi de 50% (Schafer *et al.*, 2007) e o maior foi de 70 % (Bader *et al.*, 2005). Em contraste, vacas tratadas com o protocolo P-PGF2 α -GnRH, o menor TPES relatado foi de 46 % (Abel *et al.*, 2017) e o maior foi de 76 % (Abel *et al.*, 2017). De acordo com os dados de TPES mostrados na Figura 5B, o uso do protocolo P-GnRH-PGF2 α -GnRH em vacas em lactação parece

umentar a TPES em comparação com vacas tratadas com o protocolo P-PGF2 α -GnRH. Isso ocorre porque o uso de GnRH antes da aplicação de PGF2 α sincroniza uma nova onda de crescimento folicular.

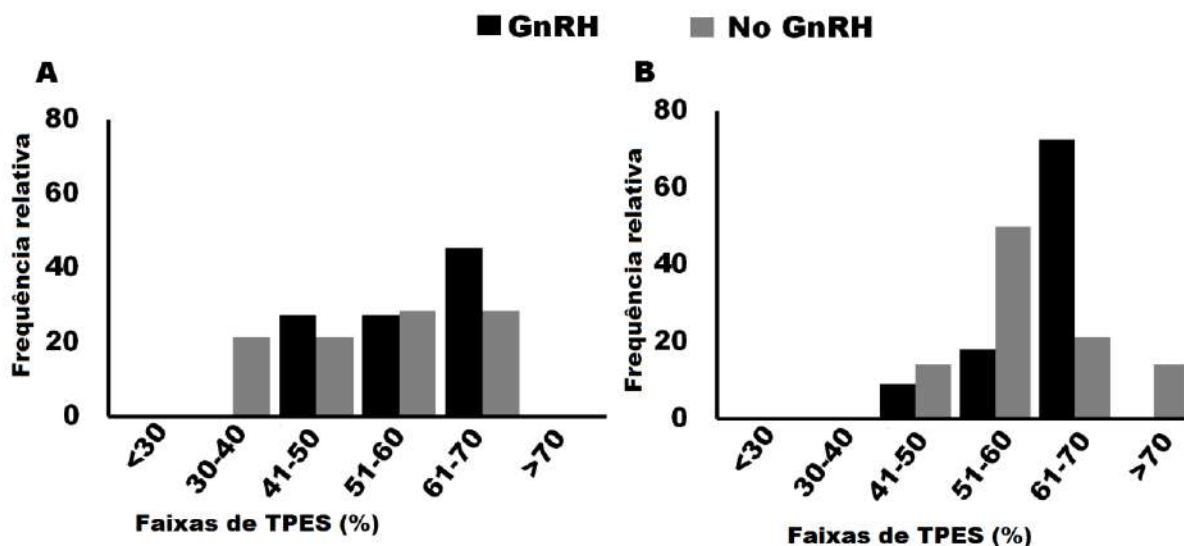


Figura 5. Taxa de prenhez até o cio sincronizado (TPES) em fêmeas bovinas tratadas com protocolos baseados em progesterona. A) Distribuição dos dados de TPES em novilhas nas quais o GnRH foi ou não aplicado após a retirada da progesterona. B) Distribuição dos dados de TPES em vacas em lactação nas quais o GnRH foi ou não aplicado após a retirada da progesterona. Dados compilados de [Bader et al., 2005](#); [Busch et al., 2007](#); [Eborn & Grieger, 2013](#); [Schafer et al., 2007](#); [Mallory et al., 2011](#); [Martin et al., 2014](#); [Kasimanickam et al., 2016](#); [Stegner et al., 2004](#); [Thomas et al., 2014](#); [Thomas et al., 2017](#); [Ketchum et al., 2021](#)

Em vacas em lactação com esses protocolos, a TPES é maior quando os animais estão em estro antes da IATF do que quando não estão em estro ([Thomas et al., 2014](#)). Em vacas em lactação tratadas com o protocolo P-PGF2 α -GnRH, a TPES foi de 71 e 76 % quando estavam em estro antes da inseminação, enquanto quando não estavam em estro, a TPES foi de 43 e 53 % ([Abel et al., 2017](#)). Com relação ao status ovariano pós-parto, [Schafer et al. \(2007\)](#), usando o protocolo P-GnRH-PGF2 α -GnRH, relataram que a TPES é semelhante entre vacas ciclando (59 %) e vacas em anestro pós-parto (64 %). Da mesma forma, em vacas tratadas com o mesmo protocolo, independentemente de a MGA ser usada por 7 ou 14 dias, a TPES é semelhante entre vacas em ciclo e em anestro pós-parto ([Bader et al., 2005](#)). Assim como nas novilhas, a apresentação de estro em vacas em lactação garante a presença de um folículo pré-ovulatório maduro capaz de ovular quando o GnRH é aplicado em conjunto com a IA. Por outro lado, os protocolos baseados em progesterona, bem como os protocolos baseados em GnRH, podem induzir a atividade ovariana em vacas com anestro pós-parto.



Conclusões

Os protocolos de sincronização de estro e ovulação usados atualmente manipulam o desenvolvimento folicular com o uso de estrogênios, GnRH ou progestagênios para induzir posteriormente a ovulação de um folículo pré-ovulatório e, assim, realizar a IATF. Além disso, é preciso garantir que os animais entrem em uma fase folicular de forma sincronizada usando PGF2 α e DIPs. Com base nas informações analisadas neste trabalho, os dados de TPES relatados são altamente variáveis; no entanto, independentemente do tipo de protocolo usado, é possível obter TPES entre 40 e 60 %. Dependendo do tipo de protocolo usado e do estado fisiológico do animal, há alguns fatores que podem ser usados para melhorar a TPES. Em vacas em lactação, o uso de eCG aumenta a TPES quando incluído em protocolos baseados em estradiol, enquanto em novilhas e vacas em lactação tratadas com protocolos baseados em GnRH, a TPES pode ser aumentada com o uso de DIP por 5 ou 7 dias. Por fim, em fêmeas tratadas com protocolos baseados em progesterona, o uso de GnRH antes da aplicação de PGF2 α melhora o TPES.

LITERATURA CITADA

- ABEL JM, Bishop BE, Thomas JM, Eilersieck MR, Poock SE, Smith MP, Patterson DJ. 2017. Comparing strategies to synchronize estrus before fixed-time artificial insemination in primiparous 2-year-old beef cows. *Theriogenology*. 87:306-315. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.09.010>
- ABREU FM, Da Silva MAC, Cruppe LH, Mussard ML, Bridges GA, Harstine BR. 2018. Role of progesterone concentrations during early follicular development in beef cattle: I. Characteristics of LH secretion and oocyte quality. *Animal Reproduction Science*. 196:59-68. ISSN:0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.06.020>
- ADAMS GP, Matteri RL, Ginther OJ. 1992. Effect of progesterone on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating follicle-stimulating hormone in heifers. *Journal of Reproduction and Fertility*. 96(2):627-40. ISSN: 2228-5482. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1339842/>
- AERTS JMJ, Bols PEJ. 2010. Ovarian follicular dynamics. A review with emphasis of the bovine species. Part II: antral development, exogenous influence and future prospects. *Reproduction in Domestic Animals*. 45:180–7. ISSN: 1439-0531. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01298.x>



ALVES RLOR, Silva MA, Consentini CEC, E Silva LO, Folchini NP, Oliva AL, Prata AB, Gonçalves JRS, Wiltbank MC, Sartori R. 2021. Hormonal combinations aiming to improve reproductive outcomes of *Bos indicus* cows submitted to estradiol/progesterone-based timed AI protocols. *Theriogenology*. 15:169:89-99. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.04.007>

ALVAREZ RH, Pugliesi G, Nogueira-Natal FL, Rocha CC, Ataíde-Júnior GA, Ferreira-Melo AJ. 2018. Reproductive performance of *Bos indicus* beef cows treated with different doses of equine chorionic gonadotropin at the end of a progesterone-estrogen based protocol for fixed-time artificial insemination. *Theriogenology*. 118:150-156. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.06.003>

ARAGUNDE VIEYTES R, Viñoles Gil C, Gastal GDA, Cavestany D. 2023. Equine chorionic gonadotropin administered on day 5 of a 7-days fixed-time artificial insemination program improves ovulation synchrony and corpus luteum function in anestrous beef cows. *Theriogenology*. 195:62-68. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.10.016>

BADER JF, Kojima FN, Schafer DJ, Stegner JE, Ellersieck MR, Smith MF, Patterson DJ. 2005. A comparison of progestin-based protocols to synchronize ovulation and facilitate fixed-time artificial insemination in postpartum beef cows. *Journal of Animal Science*. 83:136-143. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/2005.831136x>

BARBOSA IP, Cestaro JP, Silva SA, Noletto GS, Gonçalves RL, Silva GM, Paes FH, Gasperin BG, Rovani MT, Pfeifer LFM. 2022. GnRH34: An alternative for increasing pregnancy in timed AI beef cows. *Theriogenology*. 179:1-6. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.11.014>

BARUSELLI P, Gimenes L, Sales JN, 2007. Fisiologia reprodutiva de fêmeas taurinas e zebuínas. *Revista Brasileira de Reprodução Animal. Belo Horizonte*. 31(2):205-211. ISSN: 1809-3000. <https://www.academia.edu/18955421/>

BARUSELLI PS, Ferreira RM, Sa MF, Bo GA. 2018. Review: Using artificial insemination v. natural service in beef herds. *Animal*. 12:S45-S52. ISSN: 1751-732X. <https://doi.org/10.1017/S175173111800054X>

BEG MA, Ginther OJ, 2006. Follicle selection in cattle and horses: role of intrafollicular factors. *Reproduction*. 132:365-377. ISSN: 1741-7899. <https://doi.org/10.1530/rep.1.01233>



BISHOP BE, Thomas JM, Abel JM Pooock SE, Eilersieck MR, Smith MF. 2017. Split-time artificial insemination in beef cattle: III. Comparing fixed-time artificial insemination to Split-time artificial insemination with delayed administration of GnRH in postpartum cows. *Theriogenology*. 99:48-52. ISSN: 0093-691X.

<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.04.046>

BÓ GA, Adams GP, Pierson RA, Tribulo HE, Caccia M, Mapletoft RJ. 1994. Follicular wave dynamics after estradiol-17 β treatment of heifers with or without a progestogen implant. *Theriogenology*. 41:1555-1569. ISSN: 0093-691X.

[https://doi.org/10.1016/0093-691X\(94\)90821-Y](https://doi.org/10.1016/0093-691X(94)90821-Y)

BÓ GA, Baruselli PS, Martinez MF. 2003. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction Science*. 78:307-326. ISSN:0378-4320. [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(03\)00097-6](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(03)00097-6)

BÓ GA, Baruselli, PS. 2014. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal*. 8:144-150. ISSN: 1751-732X.

<https://doi.org/10.1017/S1751731114000822>

BÓ GA, De La Mata JJ, Baruselli PS, Menchaca A. 2016. Alternative programs for synchronizing and resynchronizing ovulation in beef cattle. *Theriogenology*. 86:388-396. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.053>

BONACKER RC, Stoecklein KS, Locke JWC, Ketchum JN, Knickmeyer ER, Spinka CM, Pooock SE, Thomas JM. 2020. Treatment with prostaglandin F2 α and an intravaginal progesterone insert promotes follicular maturity in advance of gonadotropin-releasing hormone among postpartum beef cows. *Theriogenology*. 157:350-359. ISSN: 0093-691X.

<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.08.018>

BRIDGES GA, Lake SL, Kruse SG, Bird SL, Funnell BJ, Arias R. 2014. Comparison of three DIP-based fixed-time AI protocols in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 93:3127-313. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7404>

BURNS MG, Buttrey BS, Dobbins C.A, Martel CA, Olson KC, Lamb GC. 2008. Evaluation of human chorionic gonadotropin as a replacement for gonadotropin-releasing hormone in ovulation–synchronization protocols before fixed timed artificial insemination in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 86:2539-2548. ISSN: 1525-3163.

<https://doi.org/10.2527/jas.2008-1122>

BUSCH DC, Schafer DJ, Wilson DJ, Mallory DA, Leitman NR, Haden JK. 2008. Timing of artificial insemination in postpartum beef cows following administration of the CO.synch+cotrolled internal drug-release protocol. *Journal of Animal Science*. 86:1519-1525. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-0925>



BUSCH DC, Wilson DJ, Schafer DJ, Leitman NR, Haden JK, Ellersieck. 2007. Comparison of progestin-based estrus synchronization protocols before fixed-time artificial insemination on pregnancy rate in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 85:1933-1939. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-845>

CAMPOS JT, Marinho LS, Lunardelli PA, Morotti F, Seneda MM. 2013. Resynchronization of estrous cycle with eCG and temporary calf removal in lactating *Bos indicus* cows. *Theriogenology*. 80:619-23. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.05.029>

CEDEÑO AV, Cuervo R, Tríbulo A, Tríbulo R, Andrada S, Mapletoft R, Menchaca A, Bó GA. 2021. Effect of expression of estrus and treatment with GnRH on pregnancies per AI in beef cattle synchronized with an estradiol/progesterone-based protocol. *Theriogenology*. 161:294-300. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.12.014>

COLAZO MG, Mapletoft RJ. 2014. A review of current timed-AI (TAI) programs for beef and dairy cattle. *Canadian Veterinary Journal*. 55:772-780. ISSN: 85286. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4095965/>

COLAZO MG, Kastelic JP, Mapletoft RJ. 2003. Effects of estradiol Cypionate (ECP) on ovarian follicular dynamics, synchrony of ovulation, and fertility in DIP-based, fixed-time AI programs in beef heifers. *Theriogenology*. 60:855-865. ISSN: 0093-691X. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(03\)00091-8](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(03)00091-8)

COLAZO MG, Whittaker P, Macmillan K, Bignell D, Boender G, De Carvalho-Guimaraes, R. 2018. Evaluation of a modified GnRH-based timed-AI protocol associated with estrus detection in beef heifers inseminated with sex-selected or conventional semen. *Theriogenology*. 118:90-95. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.05.037>

COOKE RF, Peres RFG, Cipriano RS, Guarnieri-Filho TA, Marques RS, Rodrigues MC. 2016. Impacts of meloxicam prior to temporary calf weaning on physiological and reproductive responses of *Bos indicus* beef cows. *Journal of Animal Science*. 94:406–411. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas2015-9222>

CREPALDI GA, Sales JNS, Girotto RW, Carvalho JGS, Baruselli PS. 2019. Effect of induction of ovulation with estradiol benzoate at P4 device removal on ovulation rate and fertility in *Bos indicus* cows submitted to a TAI protocol. *Animal Reproduction Science*. 209:106141. ISSN: 1873-2232. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106141>



CROWE MA. 2008. Resumption of ovarian cyclicity in post-partum beef and dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals Suppl.* 5:20-8. ISSN: 0936-6768. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000251>

CRUPPE LH, Day ML, Abreu FM, Kruse S, Lake SL, Biehl MV. 2014. The requirement of GnRH at the beginning of the five-day Co-Synch+controlled internal drug release protocol in beef heifers. *Journal of Animal Science.* 92:4198-4203. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7772>

DAHLEN CR, Bird SL, Martel CA, Olson KC, Stevenson JS, Lamb GC. 2010. Administration of human chorionic gonadotropin 7 days after fixed-time artificial insemination of suckled beef cows. *Journal of Animal Science.* 88:2337-2345. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2596>

DAY ML. 2015. State of the art of GnRH - based timed AI in beef cattle. *Animal Reproduction.* 12:473-478. ISSN 0378-4320. <https://www.animal-reproduction.org/journal/animreprod/article/5b5a6032f7783717068b4611>

DE GRAAFF W, Grimard B. 2018. Progesterone-releasing devices for cattle estrus induction and synchronization: Device optimization to anticipate shorter treatment durations and new device developments. *Theriogenology.* 112:34-43. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.09.025>

DELGADO PAM, Cuéllar NR, Sánchez CMG, Rojas ECC. 2011. Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina. *Veterinaria e Zootecnia.* 5:88-99. ISSN: 2178-3764. <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v5n2a08.pdf>

DINIZ JHW, Peres RFG, Teixeira ACB, Riveros JAN, Noronha IM, Martins CFG, Oliveira CS, Pohler KG, Pugliesi G, Oliveira LZ. 2021. Administration of PGF 2α at the moment of timed-AI using sex-sorted or conventional semen in suckled nelore cows with different intensity of estrus behavior. *Theriogenology.* 15;174:169-175. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.08.023>

DRIANCOURT MA. 2001. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology.* 55:1211-1239. ISSN: 0093-691X. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(01\)00479-4](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00479-4)

EBORN DR, Grieger, DM. 2013. Timed insemination of beef heifers using the 7-11 Synch protocol. *Journal of Animal Science.* 91:666-672. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4951>

ECHTERNKAMP SE, Thallman RM. 2011. Factors affecting pregnancy rate to estrus synchronization and fixed-time artificial insemination in beef Cattle. *Journal of Animal Science.* 89:3060-3068. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3549>



ESTERMAN RD, Alava EN, Austin BR, Hersom MJ. 2016. Select Synch and Co-Synch protocols using a DIP yield similar pregnancy rate after a fixed-time insemination in suckled *Bos indicus* x *Bos taurus* cows. *Theriogenology*. 85:870-876. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.10.035>

FERREIRA RM, Conti TL, Goncalves RL, Souto LA, Sales JNS, Sa MF. 2018. Synchronization treatments previous to natural breeding anticipate and improve the pregnancy rate of postpartum primiparous beef cows. *Theriogenology*. 114:206-211. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.11.022>

FIGUEIREDO RA, Barros CM, Pinheiro OL, Soler JMP. 1997. Ovarian follicular dynamics in nelore breed (*Bos indicus*) cattle. *Theriogenology*. 47:1489-1505. ISSN: 0093-691X. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(97\)00156-8](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(97)00156-8)

FORDE N, Beltman ME, Lonergan P, Diskin M, Roche JF, Crowe MA. 2011. Oestrous cycles in *Bos taurus* cattle. *Animal Reproduction Science*. 124:163-169. ISSN:0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.025>

FORTUNE JE, Sirois J, Turzillo AM, Lavoit M. 1991. Follicle selection in domestic ruminants. *Journal Reproduction and Fertility Supplement*. 43:187-98. SSN:04493087. <https://www.bioscioproceedings.org/bp/0002/pdf/bp0002rdr15.pdf>

FORTUNE JE, Rivera GM, Evans ACO, Turzillo AM. 2001. Differentiation of dominant versus subordinate follicles in cattle. *Biology of Reproduction*. 65:648-654. ISSN: 00063363. <https://doi.org/10.1095/biolreprod65.3.648>

GARVERICK HA, Smith MF. 1993. Female reproductive physiology and endocrinology of cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 9(2):223-247. ISSN: 07490720. [https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)30643-5](https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30643-5)

GEARY TW, Whittier JC, Hallford DM, MacNeil MD. 2001. Calf removal improves conception rates to the Ovsynch and Co-Synch protocols. *Journal of Animal Science*. 79:1-4. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/2001.7911>

GILES RL, Ahola JK, Whittier JC, French JT, Repenning PE, Kruse SG. 2013. Administration of a GnRH analog on day 9 of a 14-day controlled internal drug release insert with timed artificial insemination in lactating beef cows. *Journal of Animal Science*. 91:1866-1873. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5497>

GINTHER OJ, Kastelic JP, Knopf L. 1989. Intraovarian relationships among dominant and subordinate follicles and the corpus luteum in heifers. *Theriogenology*. 32:787-795. ISSN: 0093-691X. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(89\)90467-6](https://doi.org/10.1016/0093-691x(89)90467-6)



GINTHER OJ. 2016. The theory of follicle selection in cattle. *Domestic Animal Endocrinology*. 57: 85-99. ISSN: 18790054.

<https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2016.06.002>

GUTIÉRREZ GC. 2018. Simposio Vaca-Cría. Manejos Ganaderos en el sistema Vaca Cría En: *54 Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. Año 4. Vol. 1 Núm.1. Nayarit México.

HALL JB, Kasimanickam RK, Glaze Jr JB, Roberts-lew MC. 2017. Impact of delayed insemination on pregnancy rates to gender selected semen in a fixed-time AI system. *Theriogenology*. 102:154-161 ISSN: 0093-691X.

<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.07.014>

HELGUERA IL, Whittaker P, Behrouzi A, Mapletoft RJ, Colazo MG. 2018. Effect of initial GnRH and time of insemination on reproductive performance in cyclic and acyclic beef heifers subjected to a 5-d Co-synch plus progesterone protocol. *Theriogenology*. 106:39-45. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.10.001>

HILL SL, Grieger DM, Olson KC, Jaeger JR, Dahlen CR, Bridges GA. 2016a. Using estrus detection patches to optimally time insemination improved pregnancy risk in suckled beef cows enrolled in a fixed-time artificial insemination program. *Journal of Animal Science*. 94(9):3703-3710. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0469>

HILL SL, Grieger DM, Olson KC, Jaeger JR, Dahlen CR, Crosswhite MR. 2016b. Gonadotropin-releasing hormone increased pregnancy risk in suckled beef cows not detected in estrus and subjected to a Split-time artificial insemination program. *Journal of Animal Science*. 94:3722-3728. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0582>

HILL SL, Perry GA, Mercadante VRG, Lamb GC, Jaeger JR, Olson KC., 2014. Altered progesterone concentrations by hormonal manipulations before a fixed-time artificial insemination CO-Synch+DIP program in suckled beef cows. *Theriogenology*. 82:104-113. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.03.008>

KASIMANICKAM R, Asay M, Firth P, Whittier WD, Hall JB. 2012. Artificial insemination at 56 h after intravaginal progesterone device removal improved AI pregnancy rate in beef heifers synchronized with five-day CO-Synch+controlled internal drug release (DIP) protocol. *Theriogenology*. 77:1624-1631. ISSN: 0093-691X.

<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.12.007>



KASIMANICKAM R, Collins JC, Wuenschell J, Currin JC, Hall JB, Whittier DW. 2006. Effect of timing of prostaglandin administration, controlled internal drug release removal and gonadotropin releasing hormone administration on pregnancy rate in fixed-time AI protocols in crossbred Angus cows. *Theriogenology*. 66:166-172. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.10.019>

KASIMANICKAM R, Day ML, Rudolph JS, Hall JB, Whittier WD. 2009. Two doses of prostaglandin improve pregnancy rates to timed-AI in a 5-day progesterone-based synchronization protocol in beef cows. *Theriogenology*. 71:762-767. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.09.049>

KASIMANICKAM R, Hall JB, Currin JF, Inman B, Rudolph JS, Whittier WD. 2010. Pregnancy rates in angus cross beef cows bred at observed oestrus with or without second GnRH administration in fixed-time progesterone-supplemented ovsynch and co-synch protocols. *Reproduction in Domestic Animals*. 45:487-492. ISSN: 1439-0531. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01269.x>

KASIMANICKAM RK, Firth P, Schuenemann GM, Whittlock BK, Gay JM, Moore DA. 2014. Effect of the first GnRH and two doses of PGF 2α in a 5-day progesterone-based CO-Synch protocol on heifer pregnancy. *Theriogenology*. 81:797-804. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.12.023>

KASIMANICKAM RK, Hall JB, Whittier WD. 2016. Fertility of Angus cross beef heifers after GnRH treatment on day 23 and timing of insemination in 14-day DIP protocol. *Journal of Animal Science*. 52(1):122-129. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.1111/rda.12866>

KENEALY BP, Terasawa E. 2012. Rapid direct action of estradiol in GnRH neurons: findings and implications. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 3(2):106. <https://doi.org/10.3389/fendo.2011.00106>

KETCHUM JN, Bonacker RC, Andersen CM, Smith EG, Stoecklein KS, Spinka CM, Thomas JM. 2021. Evaluation of later timepoints for split-time artificial insemination when using sex-sorted semen among beef heifers following the 14-d CIDR®-PG protocol. *Animal Reproduction Science*. 224:106649. ISSN: 1873-2232J. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106649>

KNICKMEYER ER, Thomas JM, Locke JWC, Bonacker RC, Ellersieck MR, Poock SE. 2019. Evaluation of split-time artificial insemination following administration of a long or short-term progestin-based estrus synchronization protocol in beef heifers. *Theriogenology*. 133:179-186. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.04.011>



LAMB GC, Stevenson JS, Kesler DJ, Garverick HA, Brown DR, Salfen BE. 2001. Inclusion of an intravaginal progesterone Insert plus GnRH and prostaglandin F2 α for ovulation control in postpartum suckled beef cows. *Journal of Animal Science*. 79:2253-2259. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/2001.7992253x>

LAMB GC, Larson JE, Geary TW, Stevenson JS, Johnson SK, Day ML. 2006. Synchronization of estrus and artificial insemination in replacement beef heifers using gonadotropin-releasing hormone, prostaglandin F2 α and progesterone. *Journal of Animal Science*. 84:3000-3009. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-220>

LAMB GC, Mercadante VRG. 2016. Synchronization and Artificial Insemination Strategies in Beef Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 32:335-347. ISSN: 07490720. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.01.006>

LAMB GC, Dahlen CR, Larson JE, Marquezini G, Stevenson JS. 2010. Control of the estrous cycle to improve fertility for fixed-time artificial insemination in beef cattle: a review. *Journal of Animal Science*. 88:E181-192. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2349>

LARSON JE, Lamb GC, Stevenson JS, Johnson SK, Day ML, Geary TW. 2006. Synchronization of estrus in suckled beef cows for detected estrus and artificial insemination and timed artificial insemination using gonadotropin-releasing hormone, prostaglandin F2 α , and progesterone. *Journal of Animal Science*. 84:332-342. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/2006.842332x>

LASSALA A, Hernández-Cerón J, Pedernera M, González-Padilla E, Gutierrez CG. 2020. Cow-calf management practices in Mexico: Reproduction and breeding. *Veterinaria Mexico OA*. 7(1). ISSN: 2448-6760. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2020.1.839>

MACMILLAN K, Gobikrushanth M, Sanz A, Bignell D, Boender G, Macrae L. 2020. Comparison of the effects of two shortened timed-AI protocols on pregnancy per AI in beef cattle. *Theriogenology*. 15:142:85-91. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.09.038>

MALIK A, Wahid H, Rosnina Y, Kasim A, Sabri M. 2012. Effects of timed artificial insemination following estrus synchronization in postpartum beef cattle. *Open Veterinary Journal*. 2(1):1–5. ISSN:2218-6050. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4655776/>

MALLORY DA, Nash JM, Eilersieck MR, Smith MF, Patterson DJ. 2011. Comparison of long-term progestine-based protocols to synchronize estrus before fixed-time artificial insemination in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 89:1358-1365. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3694>



MARIZANCÉN SMA, Artunduaga PL. 2017. Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 8(2): 247-259. ISSN-e:1989-6352. <https://doi.org/10.22490/21456453.2050>

MARQUEZINI GHL, Dahlen CR, Bird SL, Lamb GC. 2011. Administration of human chorionic gonadotropin to suckled beef cows before ovulation synchronization and fixed-time insemination: Replacement of gonadotropin-releasing hormone with human chorionic gonadotropin. *Journal of Animal Science*. 89:3030-3039. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3455>

MARQUEZINI GHL, Mercadante VRG, Bischoff KM, Black TE, DiLorenzo N, Bird SL. 2013a. Effects of temporary calf removal before fixed-time artificial insemination on pregnancy rates and subsequent calf performance in suckled beef cows. *Journal of Animal Science*. 91:2414-2425. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5743>

MARQUEZINI GHL, Mercadante VRG, Olson KC, Jaeger JR, Perry GA, Stevenson JS. 2013b. Effects of equine chorionic gonadotropin on follicle development and pregnancy rates in suckled beef cows with or without calf removal. *Journal of Animal Science*. 91:1216-1224. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5382>

MARTIN NT, Thomas JM, Nash JM, Mallory DA, Eilersieck MR, Poock SE. 2014. Comparison of a 16- versus a 19-day o interval between controlled internal drug release removal and prostaglandin F_{2α} following a 14-day controlled internal drug release treatment and fixed-time artificial insemination in postpartum beef cows. *Journal of Animal Science*. 92:1759-1767. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7045>

MARTÍNEZ MF, Adams GP, Bergfelt DR, Kastelic JP, Mapletoft RJ. 1999. Effect of LH or GnRH on the dominant follicle of the first follicular wave in beef heifers. *Animal Reproduction Science*. 57:23-33. ISSN:0378-4320. [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(99\)00057-3](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(99)00057-3)

MARTÍNEZ MF, Kastelic JP, Adams GP, Janzen E, McCartney DH, Mapletoft J. 2000. Estrus synchronization and pregnancy rates in beef Cattle given DIP-B, prostaglandin and estradiol, or GnRH. *Canadian Veterinary Journal*. 41:786-790. ISSN: 0008-5286. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1476379/>

MARTÍNEZ MF, Kastelic JP, Adams GP, Mapletoft RJ. 2002. The use of a progesterone-releasing device (DIP-B) or melengestrol acetate with GnRH, LH, or estradiol benzoate for fixed-time AI in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 80:1746-1751. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/2002.8071746x>



MERCADANTE VRG, Kozicki LE, Ciriaco FM, Henry DD, Dahlen CR, Crosswhite MR. 2015. Effects of administration of prostaglandin F₂ α at initiation of the seven-day CO-Synch+controlled internal drug release ovulation synchronization protocol for suckled beef cows and replacement beef heifers. *Journal of Animal Science*. 93:5204-5213. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-8967>

MIALOT JP, Constant F, Dezaux P, Grimard B, Deletang F, Ponter AA. 2003. Estrus synchronization in beef cows: comparison between GnRH+PGF₂ α +GnRH and PRID+PGF₂ α +eCG. *Theriogenology* 60:319-330. ISSN: 0093-691X. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)01371-7](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)01371-7)

MIHM M, Austin EJ, Good TEM, Ireland JLH, Knight PG, Roche JF. 2000. Identification of potential intrafollicular factors involved in selection of dominant follicles in heifers. *Biology of Reproduction*. 63:811-819. ISSN: 00063363. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)01371-7](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)01371-7)

MOORE K, Thatcher W. 2006. Major advances associated with reproduction in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 89:1254-1266. ISSN: 1525-3198. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72194-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72194-4)

MURPHY BD, Martinuk SD. 1991. Equine chorionic gonadotropin. *Endocrine Reviews*.12:27-44. ISSN: 1945-7189. <https://doi.org/10.1210/edrv-12-1-27>

NASH JM, Mallory DA, Eilersieck MR, Poock SE, Smith MF, Patterson DJ. 2012. Comparison of long-versus short-term DIP-based protocols to synchronize estrus prior to fixed-time AI in postpartum beef cows. *Animal Reproduction Science*. 132:11-16. ISSN:0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.03.013>

NISWENDER GD, Juengel JL, Silva PJ, Rollyson MK, McIntush EW. 2000. Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum. *Physiological Reviews*. 80:1-29. ISSN: 1522-1210. <https://doi.org/10.1152/physrev.2000.80.1.1>

NORONHA IM, Cooke RF, Martins CFG, Oliveira Filho RV, Pohler KG, Vasconcelos JLM. 2020. Administering an additional prostaglandin F₂ α injection to *Bos indicus* beef cows during a treatment regimen for fixed-time artificial insemination. *Animal Reproduction Science*. 219:106535. ISSN: 1873-2232. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106535>

NÚÑEZ-OLIVERA R, Cuadro F, Bosolasco D, de Brun V, de la Mata J, Brochado C, Meikle A, Bó GA, Menchaca A. 2020. 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*. 15;151:16-27. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.03.031>



NÚÑEZ-OLIVERA R, Bó GA, Menchaca A. 2022. Association between length of proestrus, follicular size, estrus behavior, and pregnancy rate in beef heifers subjected to fixed-time artificial insemination. *Theriogenology*. 15;181:1-7. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.12.028>

OLIVEIRA FILHO RV, Cooke RF, de Mello GA, Pereira VM, Vasconcelos JLM, Pohler KG. 2020. The effect of clitoral stimulation post artificial insemination on pregnancy rates of multiparous *Bos indicus* beef cows submitted to estradiol/progesterone-based estrus synchronization protocol. *Journal of Animal Science*. 7:1-5. ISSN 1525-3163. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa195>

OOSTHUIZEN N, Canal LB, Fontes PLP, Sanford CD, Dilorenzo N, Dahlen CR. 2018a. Prostaglandin F-2 alpha, 7 d prior to initiation of the 7-d CO-synch plus DIP protocol failed to enhance estrus response and pregnancy rates in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 96:1466-1473. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.1093/jas/sky058>

OOSTHUIZEN N, Fontes PLP, Sanford CD, Ciriaco FM, Henry DD, CANAL LB. 2018b. Estrus synchronization and fixed-time artificial insemination alter calving distribution in *Bos indicus* influenced beef heifers. *Theriogenology*. 106:210-213. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.10.028>

OOSTHUIZEN N, Lansford AC, Canal LB, Fontes PLP, Sanford CD, Dahlen CR. 2018c. Comparison of two alternate PGF (2 alpha) products in two estrus synchronization protocols in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 96:1388-1395. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.1093/jas/sky059>

PERRY GA. 2016. Factors affecting puberty in replacement beef heifers. *Theriogenology*. 86:373-378. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.051>

PESSOA GA, Martini AP, Carloto GW, Rodrigues MC, Claro-Júnior I, Baruselli PS. 2016. Different doses of equine chorionic gonadotropin on ovarian follicular growth and pregnancy rate of suckled *Bos Taurus* beef cows subjected to timed artificial insemination protocol. *Theriogenology*. 15:792-799. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.09.057>

PFEIFER LF, Castro NA, Melo VT, Neves PM, Cestaro JP, Schneider A. 2015. Timed artificial insemination in blocks: A new alternative to improve fertility in lactating beef cows. *Animal Reproduction Science*. 163 :89-96. ISSN:0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.10.002>



PFEIFER LF, Leonardi CE, Castro NA, Viana JH, Siqueira LG, Castilho EM. 2014. The use of PGF2 α as ovulatory stimulus for timed artificial insemination in cattle. *Theriogenology*. 15:81:689-695. ISSN: 0093-691X.

<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.11.016>

PFEIFER LFM, Gasperin BG, Cestaro JP, Schneider A. 2022. Postponing TAI in beef cows with small preovulatory follicles. *Animal Reproduction Science*. 242:107006. ISSN: 1873-2232. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2022.107006>

PINTO HF, Missio D, Dos Santos Brum D, Carloto GW, Martini AP, Pessoa GA, Neto NA, Claro I Jr, Sá Filho MF, Leivas FG. Decreasing the dose of equine chorionic gonadotropin does not affect ovarian or pregnancy responses of purebred taurine and crossbred beef heifers. *Animal Reproduction Science*. 218:106474. ISSN: 1873-2232. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106474>

RANDI F, Kelly AK, Parr MH, Diskin MG, Lively F, Lonergan P, Kenny DA. 2021. Effect of ovulation synchronization program and season on pregnancy to timed artificial insemination in suckled beef cows. *Theriogenology*. 15;172:223-229. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.06.021>

RATHBONE MJ, Kinder JE, Fike K, Kojima F, Clopton D, Ogle CR. 2001. 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*. 50:277-320. ISSN: 1872-8294. [https://doi.org/10.1016/s0169-409x\(01\)00156-9](https://doi.org/10.1016/s0169-409x(01)00156-9)

REINERI PS, Bernhard SDR, Principi SA, Gerlero GD, Aller JF. 2023. Effects of two protocols of ovulation synchronization on corpus luteum size and blood flow, progesterone concentration, and pregnancy rate in beef heifers. *Animal Reproduction Science*. 251:107223. ISSN: 1873-2232. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2023.107223>

RODGERS RJ, Rodgers HFI. 2010. Morphological classification of bovine ovarian follicles. *Reproduction Review*. 139:309-318. ISSN: 1741-7899. <https://doi.org/10.1530/REP-09-0177>

RODRIGUES AD, Cooke RF, Cipriano RS, Silva LGT, Cerri RLA, Cruppe LH. 2018. Impacts of estrus expression and intensity during a timed-AI protocol on variables associated with fertility and pregnancy success in *Bos indicus*-influenced beef cows. *Journal of Animal Science*. 96(1):236-249. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.1093/jas/skx043>



RODRIGUEZ AM, Maresca S, López-Valiente S, Bilbao MG, Moran KD, Bartolome JA, Pratt SL, Long NM. 2023. Comparison of the 7-day CO-Synch and 8-day estradiol-based protocols for estrus synchronization and timed artificial insemination in suckled *Bos taurus* cows. *Theriogenology*. 1;200:70-76. ISSN: 0093-691X.

<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.02.003>

ROJAS-CANADAS E, Battista SE, Kieffer JD, Wellert SR, Mussard ML, Garcia-Guerra A. 2023. GnRH dose at initiation of a 5-day CO-Synch + P4 for fixed time artificial insemination in suckled beef cows. *Animal Reproduction Science*. 250:107210. ISSN: 1873-2232J. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2023.107210>

ROSALES-TORRES AM, GUZMÁN A. 2008. Apoptosis in follicular atresia and luteal regression. Review. *Técnica Pecuaria en México*. 46:159-182. ISSN: 0040-1889. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61346205.pdf>

ROSALES-TORRES AM, Guzmán A, Gutiérrez AC. 2012. Follicular development in domestic ruminants. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 1:147–160. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1299/709>

ROSALES-TORRES AM, Guzmán-Sánchez A. 2011. Role of Vascular Endothelial Growth Factor and its receptors during the ovarian cycle. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 3(1):89-111. ISSN: 2448-6698. <https://www.redalyc.org/pdf/2656/265622705008.pdf>

ROSALES-TORRES AM, López-Cedillo Z.B, Hernández-Coronado CG, Rosete-Fernández JV, Mendoza GD, Guzmán A. 2017. Short-term dietary concentrate supplementation during estrus synchronization treatment in beef cows increased IGF-I serum concentration but did not affect the reproductive respons. *Tropical Animal Health and Production*. 49: 221-226. ISSN: 15737438. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1166-7>

ROSS PJ, Aller JF, Callejas SS, Butler H, Alberio RH. 2004. Estradiol benzoate given 0 or 24 h after the end of a progestagen treatment in postpartum suckled beef cows. *Theriogenology*. 62:265-273. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.10.013>

SA FILHO MF, Crespilho AM, Santos JE, Perry GA, Baruselli PS. 2010. Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows. *Animal Reproduction Science*. 120(1-4):23-30. ISSN:0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.03.007>



SALES JNS, Carvalho JBP, Crepaldi GA, Cipriano RS, Jacomini JO, Maio JRG. 2012. 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*. 78:510-516. ISSN: 0093-691X.

<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.02.031>

SANTOS MH, Ferraz Junior MVC, Polizel DM, Barroso JPR, Miszura AA, Martins AS, and Bertoloni AV. 2018. Decreasing from 9 to 7 days the permanence of progesterone inserts makes possible their use up to 5 folds in suckled Nellore cows. *Theriogenology*. 111:56-61. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.01.017>

SARTORI R, Barros CM. 2011. Reproductive cycles in *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction Science*. 124 :244-250. ISSN:0378-4320.

<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.006>

SARTORI R, Haughian JM, Shaver RD, Rosa GJM, Wiltbank MC. 2004. Comparison of Ovarian Function and Circulating Steroids in Estrous Cycles of Holstein Heifers and Lactating. *Journal of Dairy Science*. 87:905-920. ISSN: 1525-3198.

[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73235-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73235-X)

SCARPA JO, O'neil MM, Cardoso RC, Stanko RL, Williams GL. 2019. Ovarian follicular and luteal characteristics in *Bos indicus*-influenced beef cows using prostaglandin F2 α with or without GnRH at the onset of the 5-day CO-Synch + controlled internal drug release (DIP) protocol. *Animal Reproduction Science*. 204:1-9. ISSN:0378-4320.

<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.02.013>

SCHAFER DJ, Bader JF, Meyer JP, Haden JK, Ellersieck MR, Lucy MC. 2007. Comparison of pregestin-based protocols to synchronize estrus and ovulation before fixed-time artificial insemination in postpartum beef cows. *Journal of Animal Science*. 85:1940-1945. ISSN: 1525-3163.

<https://doi.org/10.2527/jas.2006-836>

SHIRASUNA K, Nitta A, Sineenard J, Shimizu T, Bollwein H, Miyamoto A. 2012. Vascular and immune regulation of corpus luteum development, maintenance, and regression in the cow. *Domestic Animal Endocrinology*. 43(2):198-211. ISSN: 18790054.

<https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2012.03.007>

SILVA MAV, Santos CS, Franca IG, Pereira HG, Sa Filho MF, FREITAS BG. 2018a. Hormonal strategy to reduce suckled beef cow handling for timed artificial insemination with sex-sorted semen. *Theriogenology*. 114:159-164. ISSN: 0093-691X.

<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.03.020>



SILVA EP, Wiltbank MC, Machado AB, Gambin LS, Dias MM, Chaiben MFC. 2018b. Optimizing timed AI protocols for Angus beef heifers: Comparison of induction of synchronized ovulation with estradiol cypionate or GnRH. *Theriogenology*. 121:7-12. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.07.019>

SIMÕES L MS, Orlandi RE, Massoneto JPM, Scandiuzzi LA Jr, Freitas BG, Bastos MR, Souza JC, Sales JNS. 2018. Exposure to progesterone previous to the protocol of ovulation synchronization increases the follicular diameter and the fertility of suckled *Bos indicus* cows. *Theriogenology*. 116:28-33. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.04.031>

SIRARD MA. 2016. Somatic environment and germinal differentiation in antral follicle: The effect of FSH withdrawal and basal LH on oocyte competence acquisition in cattle. *Theriogenology*. 86(1):54-61. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.018>

SIROIS J, Fortune JE. 1988. Ovarian Follicular Dynamics during the Estrous Cycle in Heifers Monitored by Real-Time Ultrasonography. *Biology of Reproduction*. 39:308-317. ISSN:00063363. <https://doi.org/10.1095/biolreprod39.2.308>

SMALL JA, Colazo MG, Kastelic JP, Mapletoft RJ. 2009. Effect of progesterone presynchronization and eCG on pregnancy rates to GnRH-based, timed-AI in beef cattle. *Theriogenology*. 71:698-706. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.09.045>

SPECKHART SL, Oliveira Filho RV, Franco GA, Vasconcelos JLM, Schrick FN, Edwards JL, Pohler KG. 2022. Short Communication: Influence of estrus activity and reproductive tract size and position scores on fertility in *Bos indicus* and *Bos taurus* suckled beef cows. *Journal of Animal Science*. 100(6):skac141. ISSN 1525-3163. <https://doi.org/10.1093/jas/skac141>

STEGNER JE, Bader JF, Kojima, FN, Ellersieck MR, Smith MF, Petterson DJ. 2004. Fixed-time artificial insemination of postpartum beef cows at 72 or 80 h after treatment with the MGA® Select protocol. *Theriogenology*. 61:1299-1305. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.07.023>

STEVENSON JS, Lamb GC, Jhonson MA, Medina-Britos MA, Grieger DM, Harmony, KR. 2003. Supplemental norgestomet, progesterone, or melengestrol acetate increases pregnancy rates in suckled beef cows after timed inseminations. *Journal of Animal Science*. 81:571-586. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/2003.813571x>



THOMAS JM, Locke JWC, Bishop BE, Abel JM, Eilersieck MR, Yelich JV. 2017. Evaluation of the 14- DIP-PG and 9-d DIP-PG protocols for synchronization of estrus in *Bos indicus*-influenced and *Bos taurus* beef heifers. *Theriogenology*. 92:190-196. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.01.020>

THOMAS JM, Pooock SE, Eilersieck MR, Smith MF, Patterson DJ. 2014. Delayed insemination for non-estrous heifers and cows when using conventional semen in timed artificial insemination. *Journal of Animal Science*. 92:4189-4197. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7827>

USLENGHI G, Chaves SG, Cabodevila J, Callejas S. 2014. Effect of estradiol cypionate and amount of progesterone in the intravaginal device on synchronization of estrus, ovulation and on pregnancy rate in beef cows treated with FTAI based protocols. *Animal Reproduction Science*. 145:1-7. ISSN:0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.12.009>

USLENGHI G, Vater A, Rodríguez-Aguilar S, Cabodevila J, Callejas S. 2016. Effect of estradiol cypionate and GnRH treatment on plasma estradiol-17 β concentrations, synchronization of ovulation and on pregnancy rates in suckled beef cows treated with FTAI-based protocols. *Reproduction in Domestic Animals*. 51(5):693-699. ISSN: 1439-0531. <https://doi.org/10.1111/rda.12732>

WEBB R, Garnsworthy PC, Gong JG, Armstrong DG. 2004. Control of follicular growth: Local interactions and nutritional influences^{1,2}. *Journal of Animal Science*. 82:E63-E74. ISSN: 1525-3163. https://doi.org/10.2527/2004.8213_supplE63x

WENZINGER B, Bleul U, 2012. Effect of a prostaglandin F₂ α analogue on the cyclic corpus luteum during its refractory period in cows. *BMC Veterinary Research*. 14:8:220. ISSN: 1746-6148. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-8-220>

WHITE SS, Kasimanickam RK, Kasimanickam VR. 2016. Fertility after two doses of PGF₂ α concurrently or at 6-hour interval on the day of DIP removal in 5-day CO-Synch progesterone-based synchronization protocols in beef heifers. *Theriogenology*. 86:785-790. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.02.032>

WHITTIER WD, Currin JF, Schramm H, Holland S. 2013. Fertility in Angus cross beef cows following 5-day CO-Synch+DIP or 7-day CO-Synch estrus synchronization and timed artificial insemination. *Theriogenology*. 80:963-969. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.07.019>



WHITTIER WD, Kasimanickam RK, Currin JF, Schramm HH, Vlcek M., 2010. Effect of timing of second prostaglandin F2 α administration in a 5-day, progesterone-based Co-Synch protocol on AI pregnancy rates in beef cows. *Theriogenology*. 74:1002-1009. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.04.029>

WILLIAMS GL, Stanko, RL. 2020. Pregnancy rates to fixed-time AI in *Bos indicus*-influenced beef cows using PGF2 α with (Bee Synch I) or without (Bee Synch II) GnRH at the onset of the 5-day Co-Synch+DIP protocol. *Theriogenology*. 142:229-235. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.09.047>

WILSON DJ, Mallory, DA, Busch DC, Leitman NR, Haden JK, Schafer DJ. 2010. Comparison of short-term progestin-based protocols to synchronize estrus and ovulation in postpartum beef cows. *Journal of Animal Science*. 88:2045-2054. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2627>

ZWIEFELHOFER EM, Macmillan K, Gobikrushanth M, Adams GP, Yang SX, Anzar M, Asai-Coakwell M, Colazo MG. 2021. Comparison of two intravaginal progesterone-releasing devices in shortened-timed artificial insemination protocols in beef cattle. *Theriogenology*. 1;168:75-82. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.03.023>

[Errata Erratum](#)

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>