



## Mitos e realidades sobre a inseminação artificial em tempo fixo (IATF) em bovinos de corte

*Myths and realities of timed artificial insemination in beef cattle*

Pietro Sampaio Baruselli<sup>1</sup>, Laís Ângelo de Abreu<sup>1</sup>, Bruna Lima Chechin Catussi<sup>1</sup>, Guilherme Felipe Ferreira dos Santos<sup>1</sup>, Luana Factor<sup>1</sup>, Augusto Rodrigues Felisbino<sup>1</sup>; Fábio Girardi Frigoni<sup>1</sup>, Gabriel Armond Crepaldi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Reprodução Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia  
Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

### Resumo

O sistema de cria é um dos principais setores da bovinocultura de corte, com impactos diretos na ocupação da terra (70% das pastagens são ocupadas pela cria) e na produtividade da cadeia da carne. O número e o peso dos bezerros produzidos por matriz e a idade das novilhas ao primeiro parto influenciam diretamente a eficiência do setor. As biotecnologias da reprodução, com destaque para a inseminação artificial em tempo fixo (IATF), têm colaborado significativamente para o desenvolvimento de um sistema de produção cada vez mais eficiente e sustentável. Em 2020 foram comercializadas no Brasil 23,7 milhões de doses de sêmen e 21,3 milhões de protocolos de IATF (90% das inseminações foram realizadas por IATF). Em 2002 eram utilizados apenas 100 mil procedimentos de IATF, que representavam somente 1% das inseminações realizadas. Nesse mesmo período (2002 a 2020), o percentual de matrizes inseminadas passou de 5% para 20% (acréscimo de 400%), com aumento de 213 vezes no emprego da IATF. Os programas de IATF oferecem uma abordagem organizada e prática para o uso da IA, além de melhorarem a eficiência reprodutiva, genética e produtiva dos rebanhos. O uso da IATF antecipa a prenhez na estação de monta e a idade a primeira concepção das novilhas, aumentando significativamente a eficiência reprodutiva, produtiva e o retorno econômico do setor. Recentes estudos evidenciaram que os sistemas de cria que utilizam a IATF apresentam redução de 37,7% na emissão de CO<sub>2</sub> equivalentes (produz mais bezerros de qualidade genética com menos matrizes que a monta natural), colaborando com a sustentabilidade da pecuária. Evidencia-se, também, que a nutrição, além de outros fatores, exerce papel importante na reprodução e afeta diretamente o desempenho da IATF. Entretanto, ainda existem mitos e realidades sobre os fatores que podem afetar o sucesso desta biotecnologia. O objetivo dessa revisão é apresentar e discutir os principais temas que impactam a eficiência da IATF em rebanhos de corte.

**Palavras-chave:** IATF, fertilidade, sustentabilidade, retorno econômico.

### Abstract

*The cow-calf operation system is one of the main sectors of beef production, with direct impacts on land occupation (70% of pastures are occupied by the cow-calf operation system) and on the productivity of the meat chain. The number and the weight of calves produced per cow and the age of the heifer at first calving directly impact the efficiency of the sector. Reproductive biotechnologies, with emphasis on fixed-time artificial insemination (FTAI), have significantly contributed to the development of an efficient and sustainable production system. In 2020, 23.7 million doses of semen and 21.3 million FTAI protocols were marketed in Brazil (90% of inseminations were performed by FTAI). In 2002, only 100,000 FTAI procedures were used (a 213-fold increase in 19 years), which represented only 1% of the inseminations performed. During this same period (2002 to 2020), Brazil went from 5% to 20% of inseminated cow and heifers (increase of 400%). FTAI programs provide an organized and practical approach to the use of AI, as well as improve the reproductive, genetic and productive efficiency of the herds. The use of the FTAI anticipates the conception of cows in the breeding season and the age of the first conception of heifers, significantly increasing the reproductive and productive efficiency and the economic return of livestock. Recent studies have shown that breeding systems that use FTAI present a reduction of 37.7% in the emission of CO<sub>2</sub> equivalents (it produces more calves of genetic quality with fewer dams than natural service), collaborating and with the sustainability of livestock. It is also evident*



*that nutrition plays an important role in reproduction and directly affects the FTAI performance. However, there are still myths and realities about the factors that can affect the success of this biotechnology. The aim of this review is to present and discuss the main topics that impact the efficiency of FTAI in beef herds.*

**Keywords:** FTAI, fertility, sustainability, economic return.

## Introdução

A demanda global por alimentos acompanha a projeção de crescimento demográfico. Estima-se que até o ano de 2050 haverá aumento populacional de 29%, atingindo 9,8 bilhões de pessoas (FAO, 2017; UNDESA, 2019). Nesse contexto, as exportações agroalimentares vêm fortalecendo o setor agrícola e abrindo oportunidades para o desenvolvimento econômico dos países emergentes. Todavia, a necessidade de produção de alimentos não está aliada somente à quantidade e qualidade de produtos disponíveis ao consumidor, mas também a produtos economicamente acessíveis à população (*State of Food and Security and Nutrition in the World*, 2020).

Estimativas apontam que em 2019 cerca de 750 milhões (aproximadamente uma em cada dez pessoas no mundo) foram expostas a níveis severos de insegurança alimentar, um indicador que se aproxima da fome (FAO, 2019). Assim, estudos que procuram estabelecer sistemas alimentares mais eficientes e sustentáveis se tornaram necessários para atender o cenário atual e futuro.

O Brasil possui destaque na indústria global de alimentos, especialmente de *commodities* como a carne bovina. Em 2020, o rebanho bovino nacional foi estimado em 187 milhões de cabeças, de acordo com nova metodologia sugerida pela Athenagro Consultoria (ABIEC, 2021). Na pecuária de corte, registrou-se o abate de 41,5 milhões de cabeças com produção de 10,2 milhões de toneladas equivalente carcaça. As exportações de carne bovina passaram de 2,49 milhões em 2019 para 2,69 milhões em 2020 (26,1% da carne produzida foi destinada às exportações).

Apesar disso, a pecuária de corte brasileira ainda apresenta baixa eficiência produtiva e ocupa o segundo lugar no ranking mundial de produção de carne, liderado pelos Estados Unidos, com 17,9% da carne mundial produzida (12,3 milhões toneladas; ABIEC, 2021) com rebanho bovino composto por 94,3 milhões de animais.

Na cadeia de produção de carne bovina, a cria é um dos principais sistemas, com impactos diretos na quantidade (kg) de bezerros produzidos por matriz e na sustentabilidade econômica do setor (Bo *et al.*, 2007; Oaigen, 2008; Baruselli *et al.*, 2012). Dessa forma, considera-se que o sistema de cria é o primeiro elo da cadeia e a base de sustentação da atividade pecuária (Rovira, 1996; Baruselli *et al.*, 2017a,b). Nesse contexto, o uso intensivo das biotecnologias da reprodução tem ganhado força nos últimos anos por proporcionar significativo aumento da produtividade e da rentabilidade das propriedades. A inseminação artificial (IA) é uma técnica que apresenta inúmeras vantagens quando comparada à monta natural (Penteado *et al.*, 2005; Lima *et al.*, 2010; Lamb e Mercadante, 2016; Baruselli *et al.*, 2018). A técnica de IA permite acelerar o ganho genético pela utilização do sêmen de touros geneticamente superiores, resultando em bezerros mais produtivos que geram maior retorno econômico.

Quando a inseminação artificial é associada à protocolos de sincronização da ovulação (inseminação artificial em tempo fixo; IATF), verifica-se, também, significativo aumento da eficiência reprodutiva dos rebanhos. Estudos evidenciaram que a IATF concentra a concepção no início da estação de monta, aumentando a eficiência produtiva devido ao nascimento dos bezerros na melhor época do ano (Valle, 1998). Bezerros nascidos no início da estação de parição apresentam ganho adicional de 20 Kg no peso ao desmame quando comparados com bezerros nascidos no final da estação de monta (Bo *et al.*, 2007; Baruselli *et al.*, 2018; Baruselli, 2019). Diversos estudos suportam a grande contribuição da IATF para a disseminação do uso da inseminação artificial (Pursley *et al.*, 1995; Baruselli *et al.*, 2017a, 2018; Borchardt *et al.*, 2016; Stevenson e Britt, 2017), colaborando para o avanço da pecuária de corte e de leite no Brasil e no exterior.

Com o aumento da utilização da inseminação artificial é possível acelerar o melhoramento genético do rebanho bovino brasileiro, com consideráveis ganhos produtivos e econômicos. Entretanto, nota-se que a IA é uma biotécnica ainda pouco utilizada em nosso país (Baruselli *et al.*, 2019b). Contudo, um dos maiores entraves para o aumento da utilização da IA nas propriedades rurais é a dificuldade operacional, principalmente de detecção do estro, que diminui a eficiência reprodutiva dos rebanhos com impactos diretos na produção de carne e de leite. Ainda, existem outros obstáculos para a utilização da



IATF, como questões culturais e operacionais, falta de conhecimento do setor sobre as vantagens proporcionadas pela técnica e dificuldades de oferta de mão-de-obra especializada para dar suporte aos programas reprodutivos que utilizam essa biotecnologia em nosso país (Baruselli *et al.*, 2019a,b).

O objetivo dessa revisão é apresentar detalhes sobre os mitos e as verdades que impactam a utilização da IATF nos rebanhos bovinos brasileiros

### **Impactos da IATF na eficiência reprodutiva: comparação com a monta natural e com os programas de inseminação artificial com detecção de estro**

Diversas pesquisas foram realizadas nas condições brasileiras de manejo com o objetivo de comparar o desempenho de diferentes programas reprodutivos que utilizam a monta natural, ou a detecção do estro seguida de inseminação artificial, com os programas que empregam o protocolo de sincronização da ovulação para IATF em bovinos de corte (Baruselli *et al.*, 2002; Baruselli *et al.*, 2004a; Penteadó *et al.*, 2005; Bó *et al.*, 2007; Sá Filho *et al.*, 2013).

É sabido que após o parto as vacas de corte passam por um período prolongado de anestro, quando não manifestam cio, reduzindo significativamente a oportunidade de se tornarem gestantes no início do período pós-parto, tanto por monta natural quanto por IA após a detecção do estro. Essa característica impacta diretamente a eficiência reprodutiva dos rebanhos, com redução da produção de quilogramas de bezerros produzidos por matriz. Pesquisas realizadas no Brasil foram indicativas de que os tratamentos de sincronização da ovulação são uma consistente estratégia para ser utilizada visando superar os transtornos causados pelo anestro pós-parto em rebanhos de corte (Baruselli *et al.*, 2004a). Quando a fêmea em idade reprodutiva sai da condição anovulatória e inicia a ciclicidade após o parto vários hormônios são produzidos e liberados. Estudos científicos evidenciaram que os hormônios produzidos pela vaca durante o ciclo estral podem ser administrados em doses fisiológicas para induzirem a ciclicidade e para sincronizarem com precisão o crescimento folicular, o estro e a ovulação (Bó *et al.*, 2003; Baruselli *et al.*, 2004a). Essas estratégias de sincronização, além de facilitarem o emprego da inseminação artificial, melhoram significativamente a eficiência reprodutiva dos rebanhos em comparação com a utilização somente da monta natural ou da detecção do estro para o emprego dessa biotecnologia.

O estabelecimento da estação de monta em rebanhos de corte normalmente é realizado durante os meses da primavera e do verão, devido a maior disponibilidade de forragem que favorecem a nutrição das matrizes (Sá Filho *et al.*, 2013). Nos sistemas de produção baseados a pasto, altas taxas de prenhez no início da temporada de reprodução são críticas para a rentabilidade do sistema de cria (Baruselli *et al.*, 2017a,b, 2018). As vacas que emprenham precocemente na estação de monta irão parir mais cedo na próxima temporada de parto, e, conseqüentemente, terão tempo adicional para se recuperarem antes da próxima temporada de reprodução, melhorando a eficiência reprodutiva do rebanho. Ainda, os bezerros filhos das vacas que emprenham no início da estação de monta nascem no início da estação de parição (final da época seca), e apresentam melhores condições sanitárias durante o crescimento inicial com impactos positivos no peso ao desmame (Cutaia *et al.*, 2003; Bó *et al.*, 2007). Nessas condições, os bezerros machos serão abatidos precocemente e as fêmeas a apresentam maior probabilidade de se tornarem gestantes aos 14 meses de idade (fêmeas super precoces; Freitas 2015).

Nosso grupo de pesquisa realizou uma seqüência de estudos para avaliar o desempenho reprodutivo de vacas de corte expostas a diferentes programas reprodutivos. No primeiro estudo (Baruselli *et al.*, 2002) comparamos a eficiência reprodutiva de vacas submetidas à detecção do estro para inseminação artificial (metodologia utilizada na época) com as técnicas de sincronização para IATF. Foram utilizadas 397 vacas Brangus, paridas há  $69,7 \pm 22,1$  dias e divididas homogeneamente de acordo com a condição corporal e o período pós-parto em três grupos. No grupo controle, as vacas foram expostas à estação de monta (EM) de 90 dias, com 45 dias de detecção de estro e inseminação artificial [dois manejos de detecção de estro por dia (manhã e tarde) e IA 12 horas após início do estro] e 45 dias de repasse com touro Brangus (relação touro/vaca de 1:45). Os outros dois grupos foram submetidos à estação de monta semelhante, porém, no primeiro dia da EM todas as vacas foram inseminadas em tempo fixo após um protocolo a base de GnRH e prostaglandina (protocolo Ovsynch; Pursley *et al.*, 1995) ou a base de progesterona e estrógeno (P4+E2).

Verificou-se maior número de vacas gestantes no início da estação de monta quando a IATF foi introduzida no programa reprodutivo. Entretanto, o protocolo a base de P4 + E2 apresentou maior P/IATF (49%) que o protocolo a base de GnRH e prostaglandina (15%; protocolo Ovsynch). A taxa de serviço

(vacas inseminadas após a detecção do estro) das vacas vazias após a IATF durante os primeiros 45 dias de estação de monta foi superior para os animais que receberam protocolos a base de P4+E2 (47%) quando comparada ao grupo controle (23%), demonstrando efetiva capacidade de indução de ciclicidade do protocolo a base de progesterona e estrógeno. As vacas sincronizadas com o protocolo Ovsynch, além de proporcionarem menor P/IATF, não apresentaram aumento de ciclicidade (33%) quando comparadas com o grupo controle. A taxa de prenhez (IATF + IA com detecção de estro) ao término dos 45 dias de EM foi superior para as vacas que receberam o protocolo a base de P4+E2 (63%) quando comparadas às vacas que receberam o protocolo a base de GnRH + Prostaglandina (38,0%) e do grupo controle (19,1%). Os resultados estão apresentados na Figura 1. Esse estudo identificou que as vacas sincronizadas com P4+E2 anteciparam os partos no ano seguinte em 34,3 dias quando comparadas aos outros grupos. Essa investigação contribuiu para evidenciar que os tratamentos de sincronização a base de progesterona e estrógenos proporcionam satisfatórias taxas de concepção à IATF no primeiro dia da EM, além de induzirem maiores taxas de serviço (indução de ciclicidade durante o período pós-parto), aumentando a taxa de prenhez à IA e antecipando o parto da estação de monta subsequente em vacas de corte paridas.

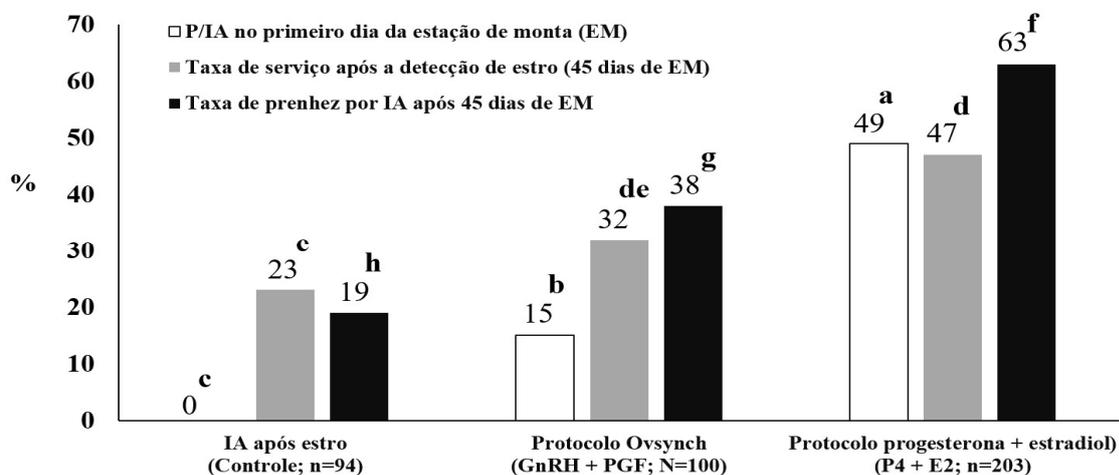


Figura 1. Taxas de P/IA no primeiro dia da estação de monta ( $a \neq b \neq c$ ;  $P < 0,05$ ), de serviço (detecção de estro seguida de IA;  $d \neq e$ ;  $P < 0,05$ ) e de prenhez por IA após 45 dias de estação de monta ( $f \neq g \neq h$ ;  $P < 0,05$ ) de 397 vacas Brangus submetidas a diferentes programas reprodutivos durante a EM 2001/2002 na fazenda Brangus Brasil, São Manoel - SP. As vacas do grupo controle foram submetidas somente a detecção do estro seguida de IA, as vacas do grupo Ovsynch foram sincronizadas com GnRH + PGF + GnRH e inseminadas em tempo fixo no primeiro dia (Dia 0) da EM e as vacas do grupo P4 + E2 foram sincronizadas com dispositivos de progesterona associado ao benzoato de estradiol e inseminadas em tempo fixo no Dia 0 da EM. Após a IATF todas as vacas foram submetidas a detecção do estro por 45 dias de forma semelhante ao realizado no grupo controle (adaptado de Baruselli *et al.*, 2002).

Em um segundo estudo (Penteado *et al.*, 2005) procuramos avaliar novamente a eficiência da IATF em comparação à IA após a detecção do estro, entretanto, foi incluído também um grupo para avaliar a eficiência da IATF comparada à monta natural. Foram utilizadas 594 vacas Nelore, paridas em um intervalo de apenas 15 dias (55 a 70 dias de pós-parto no início da estação de monta). Os animais foram subdivididos homogeneamente de acordo com a condição corporal e o período pós parto em quatro grupos experimentais [Controle (somente monta natural); IA-Convencional (IA 12 horas após a detecção do estro); IATF+IA (IATF seguida de IA após detecção do estro) e; IATF+touro (IATF seguida de repasse com touros); Figura 2]. Após 45 dias de estação de monta todos os grupos foram submetidos à monta natural na proporção de um touro para 30 vacas até o final da estação reprodutiva (90 dias; Figura 2).

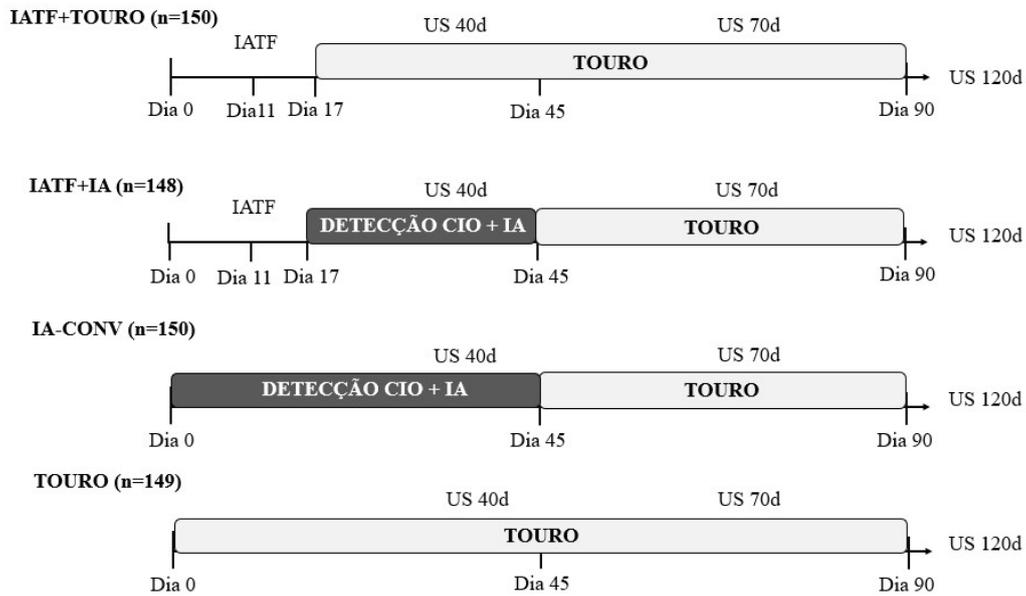


Figura 2. Diagrama esquemático dos diferentes manejos reprodutivos avaliados durante a estação de monta de 90 dias em vacas Nelore paridas, Camapuã, MS, 2004/05 (adaptado de Penteadó *et al.*, 2005).

Para obtenção das taxas de prenhez à IATF, taxas de prenhez nos primeiros 45 dias de estação reprodutiva e ao final da estação de monta, foram realizados exames ultrassonográficos em todas as vacas aos 40, 75 e 120 dias após o início da estação de monta. A curva de prenhez acumulada foi estimada pela idade aproximada da gestação diagnosticada durante os exames ultrassonográficos (Figura 3).

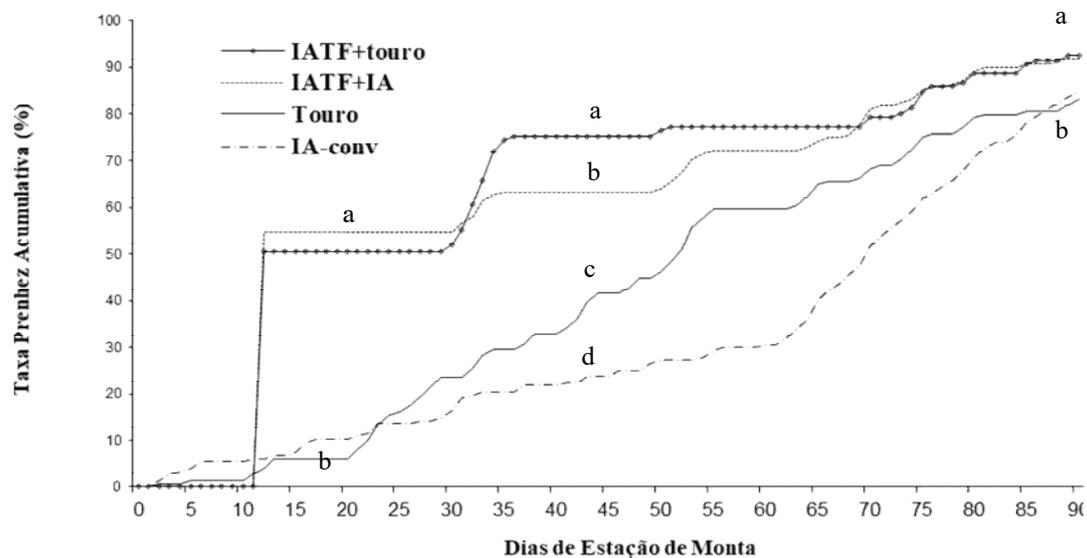


Figura 3. Estimativa da taxa de prenhez acumulada de 594 vacas Nelore submetidas à diferentes manejos reprodutivos durante a estação de monta de 90 dias [1] IA-conv: detecção de estro e IA por 45 dias seguida de monta natural por mais 45 dias; 2) Touro: somente monta natural por 90 dias; 3) IATF+IA: IATF no início da estação de monta seguida de observação de estro e IA por 45 dias e monta natural por mais 45 dias; 4) IATF+touro: IATF no início da estação de monta seguida de repasse com touros até o final da estação de monta], Camapuã, MS, 2004/05 (adaptado de Penteadó *et al.*, 2005).



A taxa de prenhez no início da estação de monta (primeiros 11 dias) foi superior para os grupos que receberam a IATF em comparação aos grupos que receberam somente a monta natural ou a IA após a detecção de estro. Essa diferença na taxa de prenhez foi também observada aos 45 dias de estação de monta, sendo superior para o grupo IATF + touro (75,3%; 113/150)<sup>a</sup>, seguido do grupo IATF+IA após a detecção do estro (63,5%; 94/148)<sup>b</sup>, somente touro (44,3%; 66/149)<sup>c</sup> e por último IA após a detecção do estro (23,3%; 35/150)<sup>d</sup>. A taxa de prenhez ao final da estação reprodutiva (90 dias) foi maior nos grupos que receberam IATF (IATF + touro= 92,7%; 139/150 e IATF+IA= 91,9%; 136/148) comparados aos grupos que não receberam IATF no início da estação de monta (IA-conv. = 85,0%; 125/147 e Touro= 83,2%; 124/149). Verificou-se, também, que os animais que foram inseminados em tempo fixo no início da estação de monta apresentaram menor intervalo entre o início da estação de monta e a concepção quando comparados aos animais não sincronizados (30,3 ± 1,5 vs. 52,0 ± 1,5 dias). Os resultados da pesquisa demonstraram claramente que o uso estratégico da IATF como ferramenta de manejo reprodutivo promove antecipação da concepção (22 dias) e incremento na taxa de prenhez ao final da estação de monta (ao redor de 8%) em vacas Nelore (*Bos indicus*) lactantes, dando suporte técnico e científico para utilização em larga escala dessa biotecnologia da reprodução nas matrizes de corte no Brasil.

Em um terceiro experimento (Sá Filho *et al.*, 2013) reanalisamos o impacto do uso da IATF no início da estação de monta, seguido por repasse com touros (IATF + MN; n = 252), comparado ao manejo que utiliza somente a monta natural (MN; n = 255) ao longo de uma estação reprodutiva de 90 dias. A IATF + MN resultou em maior (P = 0,001) proporção de vacas prenhes nos primeiros 45 dias de estação de monta do que as vacas que receberam exclusivamente a monta natural (63,5% v. 46,3%). A probabilidade de prenhez foi maior para IATF + MN do que para somente MN (razão de risco ajustada, 1,64; intervalo de confiança de 95%, 1,34 a 2,01; P < 0,0001), principalmente devido à maior quantidade de gestações estabelecidas por IATF no início da estação de monta. De fato, as vacas submetidas à IATF + MN apresentaram menor número de dias até a concepção (11 dias) do que as vacas expostas exclusivamente a monta natural (55 dias), com redução de 44 dias para obtenção da prenhez durante a EM. Estudos realizados em outros países em diferentes condições de manejo (Flores *et al.*, 2006; Bó *et al.*, 2007; Rodgers *et al.*, 2015) também confirmaram que a IATF aumenta a porcentagem de vacas que parem no início estação de nascimento quando comparadas com vacas expostas exclusivamente à monta natural.

Após a primeira IATF, a estratégia mais comum adotada para emprenhar rapidamente as vacas não gestantes é a introdução de touros de repasse até o final da estação de monta. No entanto, métodos para ressincronizar vacas não gestantes após o primeiro serviço já estão bem estabelecidos e oferecem uma ferramenta potencial para reduzir o tempo entre as inseminações subsequentes. Assim, o uso dessas tecnologias permite reduzir o uso de touros por meio de programas de ressincronização (ou seja, dois, três ou quatro procedimentos de IATF; revisado por Baruselli *et al.*, 2017 a ou b). A disseminação de procedimentos reprodutivos eficientes possibilita a produção de maior quantidade (obtenção de elevadas taxas de prenhez no início da estação reprodutiva) e qualidade (maximização do uso de IA com reprodutores genéticos superiores) de bezerros de corte (Marques *et al.*, 2015; Crepaldi *et al.*, 2017). Essas tecnologias podem contribuir para melhorar a produtividade e, conseqüentemente, melhorar a rentabilidade da pecuária. Realizamos estudos que calcularam o retorno do investimento com a aplicação da IATF nas fazendas de corte no Brasil. A cada R\$ 1,00 investido na tecnologia de IATF foi verificado retorno de R\$ 4,20 para a cadeia de produção de carne em nosso país (Baruselli, 2017b). Esses números demonstram de forma evidente que o investimento na tecnologia da IATF gera significativos ganhos para a pecuária brasileira. Sendo assim, quanto ao impacto dos programas reprodutivos nos rebanhos de corte podemos concluir que: (1) a monta natural é mais eficiente do que IA após a detecção do estro, entretanto, (2) a IATF é mais eficiente do que a monta natural e do que a IA após a detecção do estro.

### **Contribuição da IATF para antecipar a concepção de novilhas super precoces**

A IATF pode ser utilizada em fêmeas zebuínas pré-púberes (Sá Filho *et al.*, 2006; Sá Filho *et al.*, 2010c; Freitas, 2015; Freitas *et al.*, 2021) para reduzir a idade ao primeiro serviço e, conseqüentemente, a idade à primeira concepção e ao primeiro parto (Day; Nogueira, 2013). Com a utilização dessa tecnologia é possível promover a extensão da vida reprodutiva da fêmea, aumentando o número de bezerros produzidos por matriz (Short *et al.*, 1994) e reduzindo o intervalo entre gerações (Yokoo *et al.*, 2012; Baruselli *et al.*, 2017a).

Realizamos estudos para avaliar o impacto do uso de dispositivos intravaginais de progesterona associado ao tratamento com estradiol para induzir a puberdade em novilhas Nelore pré-púberes



submetidas à programas de IATF (Sá Filho *et al.*, 2006; Sá Filho *et al.*, 2009). No primeiro estudo com 309 novilhas, as fêmeas receberam o tratamento com dispositivo intravaginal de progesterona 30 dias antes da IATF. As Novilhas tratadas apresentaram maior taxa de ciclicidade (presença de CL no início do protocolo de sincronização; D0). Ainda, as novilhas que não responderam ao protocolo de indução de ciclicidade (sem CL no início do protocolo de sincronização) apresentaram maior taxa de prenhez à IATF quando comparadas com as novilhas não tratadas para indução de ciclicidade (40,0% vs. 61,9%; Sá Filho *et al.*, 2006). Esses estudos demonstraram que é possível melhorar a taxa de prenhez à IATF de novilhas Nelore utilizando protocolos de indução de ciclicidade.

Realizamos outras pesquisas que também evidenciaram o efeito positivo do tratamento de indução de ciclicidade com dispositivos intravaginais de progesterona no aumento do diâmetro do corno uterino em novilhas pré-púberes (Sales *et al.* 2009). Ainda, demonstramos que novilhas Nelore que apresentam comprometimento no desenvolvido uterino possuem menor taxa de prenhez à IATF (Martins *et al.*, 2017). Nesse estudo avaliamos o escore de desenvolvimento uterino (cornos uterinos com diâmetro <1,5 cm vs. cornos uterinos com diâmetro entre 1,5 e 2,0 cm) em novilhas Nelore pré-púberes (sem presença de CL) inseminadas em tempo fixo. A taxa de prenhez à IATF foi maior nas novilhas com maior escore uterino [41,1% (122/297) vs. 17,8% (19/107); P = 0,0005; Martins *et al.*, 2017]. Estudos recentes confirmaram esses achados (Lima *et al.*, 2020).

Nesse contexto, inúmeros protocolos de indução da ciclicidade vêm sendo estudados como estratégia para antecipar a puberdade e para aumentar o sucesso reprodutivo de novilhas pré-púberes submetidas à IATF (Sá Filho *et al.*, 2006; Sá Filho *et al.*, 2009; Peres *et al.*, 2009; Rodrigues *et al.*, 2014). Os estudos sugerem que maiores taxas de ciclicidade no início do protocolo de sincronização proporcionam aumento nas taxas de concepção à IATF (Sá Filho *et al.*, 2015). O tratamento com progestágenos reduz os receptores de estrógeno no hipotálamo, culminando em queda do feedback negativo do estradiol sobre a liberação de GnRH (Day; Anderson, 1998) e induzindo de forma eficiente a puberdade em novilhas (Anderson *et al.*, 1996). Além disso, a adição de estrógeno no final do tratamento com progesterona pode simular o proestro fisiológico e incrementar o resultado do protocolo de indução de ciclicidade (Sá Filho *et al.*, 2015).

Na atualidade foram desenvolvidos programas reprodutivos para inseminar em tempo fixo novilhas Nelore de 14 meses (super precoces). Essa categoria apresenta elevada quantidade de fêmeas pré-púberes (< 2 %; Freitas, 2015) no início da estação reprodutiva. Estudo realizado pelo nosso grupo de pesquisa com 629 novilhas Nelore de 14 meses demonstrou que 75,3% das fêmeas responderam ao protocolo de indução de ciclicidade realizado 22 dias antes do início da sincronização para IATF (Freitas, 2015). Os animais que não receberam o tratamento permaneceram em anestro (Figura 4). Estudos recentes reforçam os efeitos positivos dos protocolos de indução de ciclicidade na eficiência da IATF em novilhas super precoces de corte (Lima *et al.*, 2020; Felisbino, 2021).

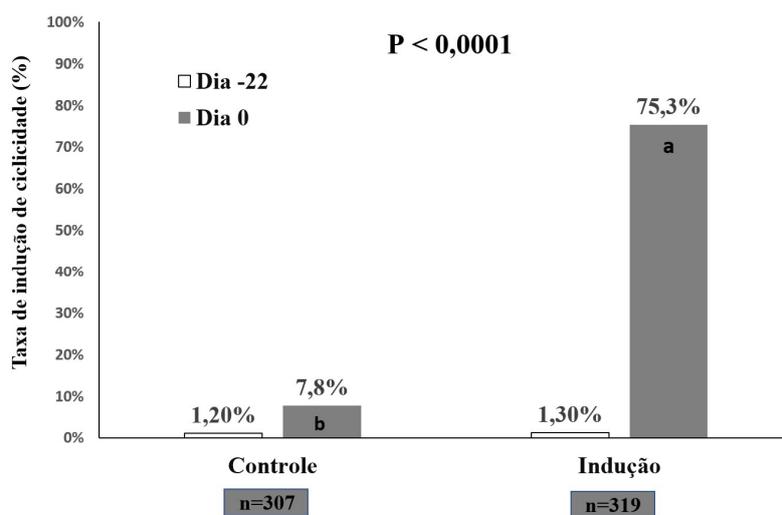


Figura 4. Porcentagem de novilhas da raça Nelore com 14 meses de idade com presença de corpo lúteo no início do protocolo de indução de ciclicidade (D-22) e no primeiro dia do protocolo de IATF (Dia 0). As novilhas induzidas receberam um dispositivo de P4 reutilizado por 12 dias (D-22 a D-12) com CE (0,6 mg) no momento da remoção (adaptado de Freitas 2015).



Esses estudos são indicativos de que os protocolos de indução de ciclicidade aumentam a quantidade de novilhas com presença de CL no início do protocolo de IATF e colaboram para aumentar o desenvolvimento uterino e a fertilidade de novilhas de corte inseminadas em tempo fixo.

### Consolidação dos protocolos de sincronização da ovulação

Conforme levantamento realizado pelo Departamento de Reprodução Animal da FMVZ/USP, baseado no Index ASBIA e nas informações de mercado do número de fármacos comercializados para sincronização, foi observado que a utilização da IATF pelos produtores brasileiros cresceu consideravelmente nos últimos 20 anos, passando de 1% das inseminações realizadas em 2002 (100 mil protocolos de sincronização para IATF) para 90% das inseminações realizadas em 2020 (21,3 milhões protocolos de sincronização para IATF; Baruselli, 2021). Analisando os dados que foram levantados no período, verifica-se que ocorreu recente aumento da utilização da inseminação artificial em 2018, 2019 e 2020, com a comercialização de 15, 18 e 23 milhões de doses de sêmen, respectivamente (Index ASBIA 2021). Nesse mesmo período foram comercializados 13 milhões (2018), 16 milhões (2019) e 21 milhões (2020) de protocolos de sincronização para IATF, demonstrando significativo aumento da utilização dessa tecnologia nos últimos anos de avaliação (Baruselli, 2021). Em 2020 houve crescimento de 29,7% no mercado de IATF quando comparado ao ano de 2019. Esses dados demonstram que a IATF está se consolidando como importante ferramenta nos programas reprodutivos em nosso país (Figura 5; Baruselli, 2021).

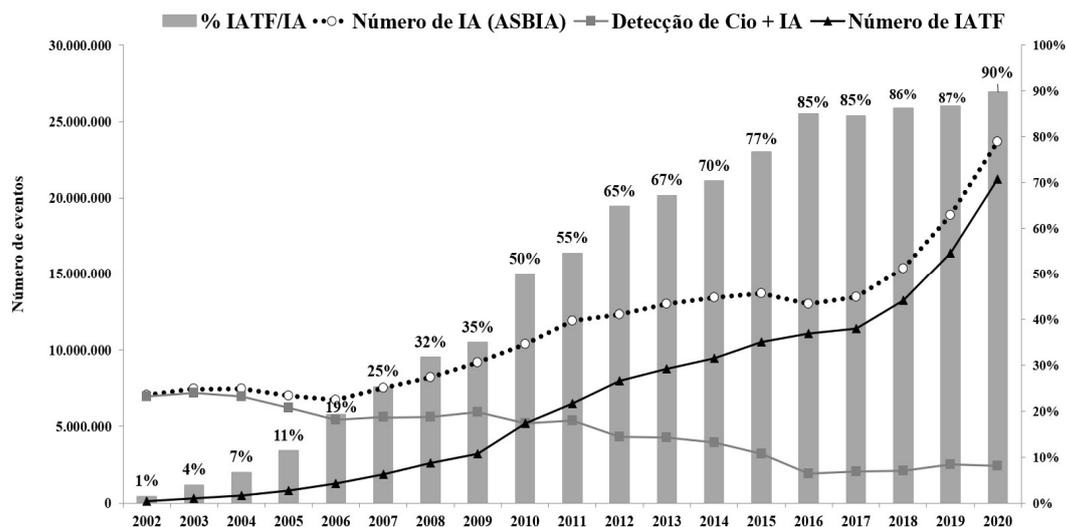


Figura 5. Número de inseminações artificiais efetuadas (baseado no número doses de sêmen comercializadas; Index ASBIA de 2002 a 2020 corrigido para 100% do mercado), número de IATF realizadas (baseado nas informações disponibilizadas pela indústria de produtos farmacêuticos veterinários) e proporção de IATF em relação ao número de inseminações efetuadas no Brasil de 2002 a 2020 (Baruselli, 2021).

Existem diferentes protocolos de sincronização da ovulação para IATF utilizados nos programas reprodutivos em rebanhos de corte (Baruselli *et al.*, 2004a; Sá Filho *et al.*, 2010; Baruselli *et al.*, 2012). Na América do Sul, o uso de dispositivos liberadores de progesterona ( $P_4$ ) associado ao tratamento com benzoato de estradiol (BE) no primeiro dia do protocolo, tem sido o tratamento mais utilizado para sincronizar a emergência de uma nova onda de crescimento folicular (Bó *et al.*, 2003; Baruselli *et al.*, 2004a; Meneghetti *et al.*, 2009; Mapletoft *et al.*, 2018), com resultados de prenhez por inseminação artificial (P/IA) variando entre 40 e 60% (Bó *et al.*, 2018).

Além disso, a administração de gonadotrofina coriônica equina (eCG) no momento da retirada do dispositivo de progesterona foi um importante tratamento que colaborou para o estabelecimento da IATF em rebanhos de corte no Brasil. A eCG aumenta significativamente o crescimento do folículo dominante e as taxas de ovulação e de prenhez à IATF, tanto em vacas quanto em novilhas, principalmente nas fêmeas que se encontram em anestro e que apresentam baixo escore de condição



corporal (revisado por Baruselli *et al.*, 2004a).

Pesquisa que realizamos com 215 vacas Nelore paridas ( $75 \pm 19$  dias pós-parto) e mantidas a pasto no Estado de Mato Grosso do Sul, evidenciou efeito positivo da eCG conforme o grau de anestro (Baruselli *et al.*, 2003). Nas vacas em anestro [sem CL mas com folículos grandes ( $\geq 8$ mm) ou pequenos ( $< 8$ mm)] houve efeito positivo do tratamento com a eCG. Entretanto, nos animais cíclicos (com presença de CL) não se notou aumento significativo na taxa de prenhez à IATF (Tabela 1). Esses dados foram indicativos de que o efeito positivo da eCG é mais evidente conforme aumenta a intensidade do anestro. Outros estudos realizados na Argentina também confirmaram os efeitos positivos da utilização da eCG em animais em anestro (Cutiaia *et al.*, 2003), e foram também apresentados e discutidos em outros artigos de revisão científica (Bó *et al.*, 2003 e Baruselli *et al.*, 2004a).

Tabela 1. Taxa de prenhez à IATF conforme classificação da funcionalidade ovariana (D0) de vacas Nelore lactantes tratadas com dispositivo intravaginal de progesterona (DP4) associado ou não ao tratamento com eCG na retirada do DP4 (Dia 8). Sidrolândia – MS, 2000/2001 (adaptado de Baruselli *et al.*, 2003).

Classificação dos ovários (D0)	Taxa de prenhez à IATF (%)		Diferença (eCG – controle)	Valor de P
	Sem eCG	Com eCG		
A (presença de CL)	55,5 (15/27)	64,0 (16/25)	+ 8,5%	0,37
B (fóliculo $\geq 8$ mm)	34,4 (22/64)	50,0 (29/58)	+ 15,6%	0,06
C (fóliculo $< 8$ mm)	29,4 (05/17)	56,5 (13/23)	+ 27,1%	0,08

Em outro estudo, realizado com 1.984 vacas Nelore sincronizadas para IATF no período pós-parto, verificamos que a eCG apresenta eficácia em animais com escore de condição corporal  $\leq 3,0$  (escala de 1 a 5). Vacas com elevado escore de condição corporal ( $> 3,0$ ) não apresentaram efeito positivo do tratamento com eCG (Baruselli *et al.*, 2004b; Figura 6). Estudos evidenciaram forte associação entre o escore de condição corporal e a taxa de anestro. Os animais com baixo escore de condição corporal apresentam elevada taxa de anestro (D'occhio *et al.*, 1990, Viscarra *et al.*, 1998).

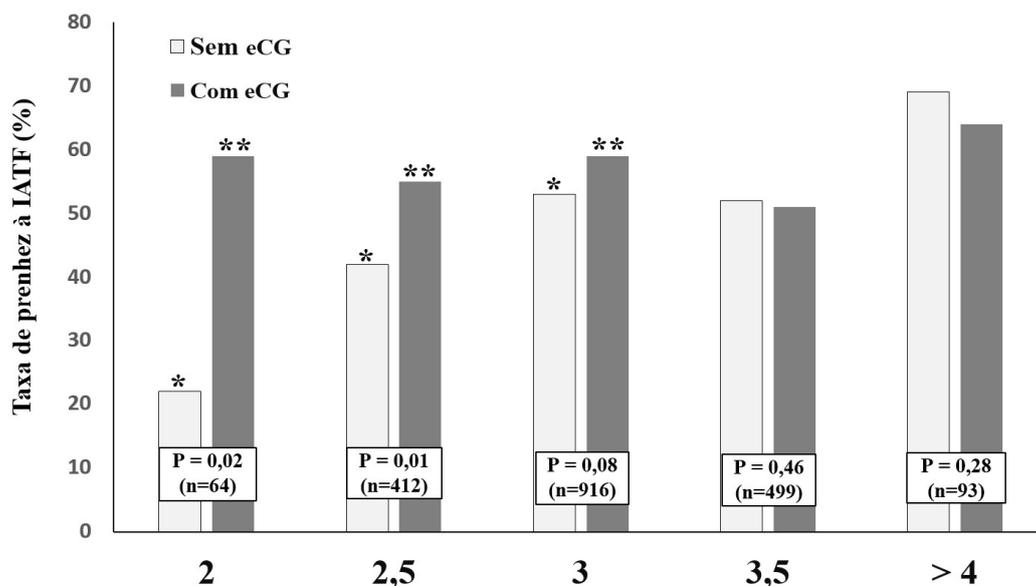


Figura 6. Taxa de prenhez à IATF de vacas *Bos indicus* (Nelore) lactantes (n = 1.984) tratadas ou não com eCG no momento da retirada do dispositivo intravaginal de progesterona conforme o escore de condição corporal (escala de 1 a 5; adaptado de Baruselli *et al.*, 2004b).



Um importante efeito da eCG é a estimulação do crescimento do folículo dominante e o aumento da taxa de ovulação ao final do protocolo de sincronização, tanto em vacas (Sá Filho *et al.*, 2009) como em novilhas (Baruselli *et al.*, 2004a; Sá Filho *et al.*, 2010b). Ainda, foi verificado que vacas primíparas demonstraram ser mais dependentes ao tratamento com eCG e apresentaram maior resposta em fertilidade quando comparadas com as vacas múltiparas (Sales *et al.*, 2016; Bottino *et al.*, 2021).

A utilização do cipionato de estradiol (CE) no momento da retirada do dispositivo intravaginal de P4 para a indução da ovulação também foi um grande avanço tecnológico que possibilitou reduzir a quantidade de manejos para realização dos procedimentos de IATF (quatro para três manejos), tornando a tecnologia ainda mais adaptada à realidade das fazendas brasileiras. Nos primeiros estudos que realizamos foi avaliada a dinâmica do crescimento folicular e da ovulação (Reis *et al.*, 2004; Martins *et al.*, 2005) e a taxa de prenhez à IATF (Marques *et al.*, 2004) de fêmeas tratadas com cipionato de estradiol como indutor de ovulação, demonstrando semelhante eficácia quando comparadas com fêmeas tratadas com benzoato de estradiol. Na sequência, realizamos diversos estudos que demonstraram que a redução do número de manejos utilizando o tratamento CE na retirada do dispositivo intravaginal de progesterona não influenciou o momento do pico de LH, o momento da ovulação e a taxa de prenhez à IATF quando comparado ao tratamento com BE 24 horas após a retirada do dispositivo de progesterona (Sales *et al.* 2012). Mais tarde, Crepaldi *et al.* (2019), em um estudo com vacas da raça Nelore (n=1.189), confirmaram a mesma hipótese e não observaram diferença na taxa de prenhez à IATF quando compararam a utilização de CE (3 manejos) com BE (4 manejos) como indutores de ovulação.

Recentemente, Abreu *et al.* (2021a) analisaram o impacto da remoção do tratamento com estradiol na eficiência do protocolo de sincronização para IATF em vacas Nelore (n=1.075). Através de um ensaio fatorial (2x2) analisamos os seguintes tratamentos: 1) aplicação de BE no dia zero do protocolo e CE no dia da retirada do dispositivo; 2) aplicação de BE no dia zero do protocolo e GnRH no dia da IATF; 3) aplicação de GnRH no dia zero do protocolo e CE no dia da retirada do dispositivo; 4) aplicação de GnRH no dia zero do protocolo e GnRH no dia da IATF. Verificamos que o grupo que recebeu as duas fontes de estradiol (BE no dia zero do protocolo e CE no dia da retirada do dispositivo) apresentaram 44,6% de prenhez à IATF, superior (+ 65,7%) quando comparado aos animais do grupo que não recebeu nenhuma fonte de estradiol (29,3% em animais tratados somente com GnRH; Figura 7).

Analisando os efeitos principais separadamente, foi verificado que as vacas tratadas com BE no início do protocolo de IATF apresentaram maior taxa de prenhez à IATF [42,1% (225/534) vs. 31,9% (173/541); P=0,01]. Semelhantemente, o tratamento com CE no dia da retirada do dispositivo de P4 foi mais eficiente quando comparado ao grupo que recebeu somente GnRH no momento da inseminação [39,5% (215/544) vs. 34,4% (215/544); P=0,04]. Ainda, verificamos que a substituição do BE no início do protocolo reprodutivo por GnRH influencia o diâmetro do folículo dominante no dia da retirada, além de diminuir a taxa de expressão de estro (Abreu *et al.* 2021<sup>a</sup>). Esses dados demonstram a importância do tratamento com estradiol na eficiência dos protocolos de sincronização da ovulação para IATF em bovinos de corte.

Estudos foram indicativos de que a presença de corpo lúteo no início do protocolo de IATF em fêmeas de corte pode proporcionar aumento na concentração plasmática de P<sub>4</sub> durante a sincronização e ocasionar inibição do crescimento do folículo dominante (Carvalho *et al.*, 2008; Dias *et al.*, 2009; Mantovani *et al.*, 2010). Desta forma, a administração de prostaglandina de 1 a 3 dias antes da retirada do dispositivo de progesterona (manejo adicional) ou no início do protocolo de sincronização (sem manejo adicional) pode ser uma importante ferramenta para induzir a lise do CL e evitar excesso de progesterona durante o protocolo de sincronização. Essa estratégia farmacológica aumenta a pulsatilidade de LH (Batista *et al.*, 2017, 2020), e as taxas de crescimento do folículo dominante e de ovulação, otimizando os índices de fertilidade de fêmeas submetidas à IATF (Meneguetti *et al.*, 2009; Mingoti *et al.*, 2016; Colli *et al.*, 2016). Entretanto, o número de manejos proporcionados pelos tratamentos adicionais com prostaglandina deve ser levado em consideração para o estabelecimento do protocolo nas fazendas de corte.

Factor *et al.* (2021) avaliaram o tempo de permanência do dispositivo intravaginal de progesterona (7 ou 9 dias) e os seus efeitos na taxa de prenhez à IATF em novilhas da raça Nelore de 24,8 meses de idade. A redução do período de permanência de 9 para 7 dias promoveu aumento na taxa de concepção à IATF [50,9% (111/218) vs. 59,1% (130/220); P = 0,04], podendo ser uma ferramenta para otimizar o desempenho reprodutivo dessa categoria. Felisbino *et al.* (2019) evidenciaram elevada a taxa de ovulação antecipada (30,3% das novilhas ovularam entre a retirada do dispositivo de P4 e a IATF) em 301 novilhas Nelore sincronizadas com protocolos com 8 dias de permanência do dispositivo de P4. As



novilhas que ovularam antecipadamente apresentaram maior diâmetro do FD no momento da remoção do dispositivo de P4 (11,1 vs. 9,6mm, respectivamente) e inferiores taxa de prenhez à IATF (22,9% vs. 42,9%). Barbuio *et al.* (2020) verificaram redução na taxa de ovulação antecipada em novilhas Nelore sincronizadas com protocolos de 7 quando comparadas com novilhas sincronizadas com protocolos de 8 dias de permanência do dispositivo de P4. Os autores encontraram maior taxa de ovulação antecipada em novilhas sincronizadas com 8 dias (16,7%) quando comparadas com novilhas sincronizadas com 7 dias (4,7%) de permanência do dispositivo de P4. Esses dados suportam a possibilidade de melhorar a taxa de prenhez à IATF de novilhas Nelore sincronizadas com protocolos de 7 dias de permanência do dispositivo de P4 e que empregam o tratamento com prostaglandina no início do protocolo (Felisbino, 2021).

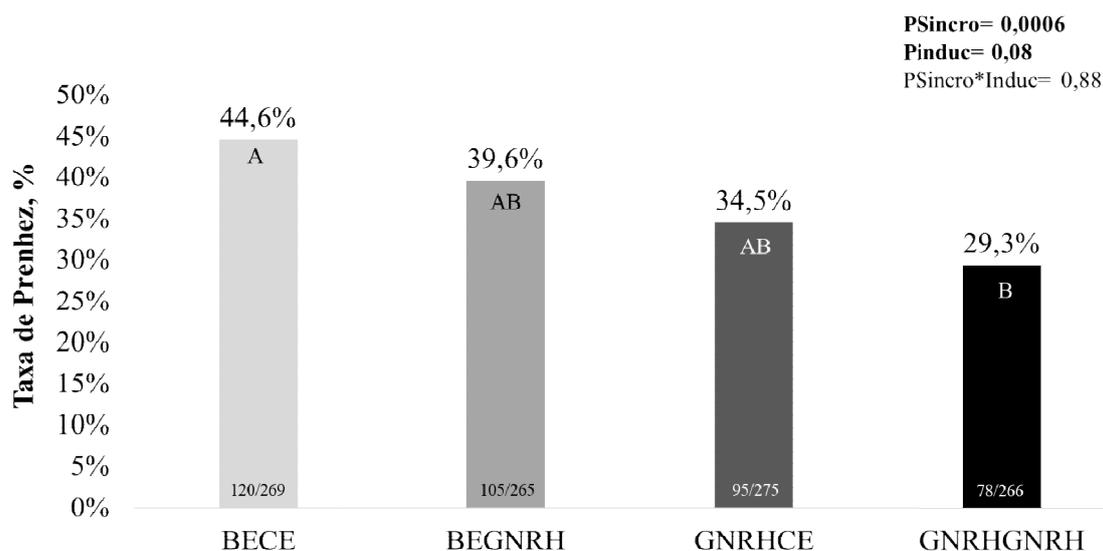


Figura 7. Taxa de prenhez à IATF de vacas Nelore submetidas ao tratamento com ou sem estradiol durante o protocolo de sincronização da ovulação (adaptado de Abreu, 2021<sup>a</sup>).

Estudos demonstraram forte evidência de que a ausência de sinal de estro entre a retirada do dispositivo de progesterona e a IATF resulta na diminuição da P/IA em vacas de corte previamente sincronizadas (Sá Filho *et al.*, 2010), evidenciando que a manifestação de estro é um forte marcador de fertilidade. As vacas que manifestam estro apresentam maior diâmetro do folículo dominante e maior taxa de ovulação ao final do protocolo de sincronização para IATF (Sá Filho *et al.*, 2011). Também, apresentam maior diâmetro do CL e elevada concentração plasmática de P4 no diestro subsequente à IATF (Sá Filho *et al.*, 2011).

Ainda, Dos Santos *et al.* (2021) observaram que existe elevada correlação entre o diâmetro do maior folículo no momento da retirada do dispositivo intravaginal de progesterona e o diâmetro do endométrio no momento da IATF ( $r = 0,49$ ;  $P = 0,02$ ). As novilhas que apresentaram folículo com diâmetro superior a 11,1mm no momento da retirada do dispositivo intravaginal de progesterona também possuíam maior diâmetro do endométrio ( $P = 0,02$ ) e maior expressão de estro entre a retirada do dispositivo de P4 e a IATF ( $P = 0,02$ ).

Vários estudos demonstraram efeito positivo do tratamento com GnRH no momento da IATF nas vacas e novilhas que não manifestam estro após a retirada do dispositivo intravaginal de P4 (Ferreira *et al.*, 2017, Gonçalves *et al.*, 2017, Rodrigues *et al.*, 2019, Madureira *et al.*, 2020). O tratamento com GnRH pode ser uma alternativa farmacológica para aumentar a taxa de prenhez a IATF, principalmente nas fêmeas que não manifestam estro.

### Fatores que afetam o desempenho dos resultados da IATF

É um fato que a IATF está consolidada como uma ferramenta que promove melhorias na rentabilidade e sustentabilidade das fazendas de corte brasileiras. Entretanto, é um mito que o resultado da IATF não depende de estratégias de manejo e operacionais para o sucesso reprodutivo.



Em estudo de Frigoni (2020) analisamos um banco de dados com 304.512 inseminações em tempo fixo e utilizamos um modelo estatístico capaz de controlar o impacto das variáveis utilizando somente lotes que possuíam touros contemporâneos com fertilidade conhecida. As inseminações foram realizadas por 86 técnicos durante os anos de 2013 a 2019 em matrizes da raça Nelore presentes em 363 fazendas. Para análise dos fatores que impactam a eficiência da IATF foram utilizados somente os registros das inseminações com informações completas de fazenda, lote, categoria de parto, escore de condição corporal, inseminador, ano, touro e raça do touro. Do total de IATF (n=304.512), 144.909 se enquadraram nos critérios estabelecidos e foram selecionadas para as análises. Verificou-se que a taxa de prenhez à IATF foi influenciada pela fazenda (P=0,013) e pelos lotes presentes nas fazendas (P<0,001), pelo touro (P=0,02) e pela raça do touro (P=0,002), pelo técnico que efetuou o procedimento (P=0,031), pelo ano da realização do procedimento (P=0,011), pelo escore de condição corporal (ECC; P=0,042) e pela categoria do parto (novilhas, primíparas e múltiparas; P<0,001).

Observou-se que o sêmen dos touros utilizados para inseminação interfere na eficiência da IATF, com taxa de prenhez variando de 24,6% até 67,1% (Figura 8). A causa desta variação ainda não está bem esclarecida pela ciência, visto que os resultados obtidos a campo têm pouca correlação com os parâmetros espermáticos pós descongelamento do sêmen (Zanatta, 2019; Attia *et al.*, 2016). Pesquisadores discutem que a fertilidade do touro é uma característica complexa de baixa herdabilidade e influenciada por fatores ambientais, nutricionais e de manejo (Zoca *et al.*, 2019; Luz *et al.* 2018). Esses resultados foram confirmados por outro estudo (Nasser *et al.*, 2011), no qual discutimos a importância da escolha do sêmen de touros de elevada fertilidade para serem utilizados para aumentar o sucesso dos programas reprodutivos que empregam a IATF.

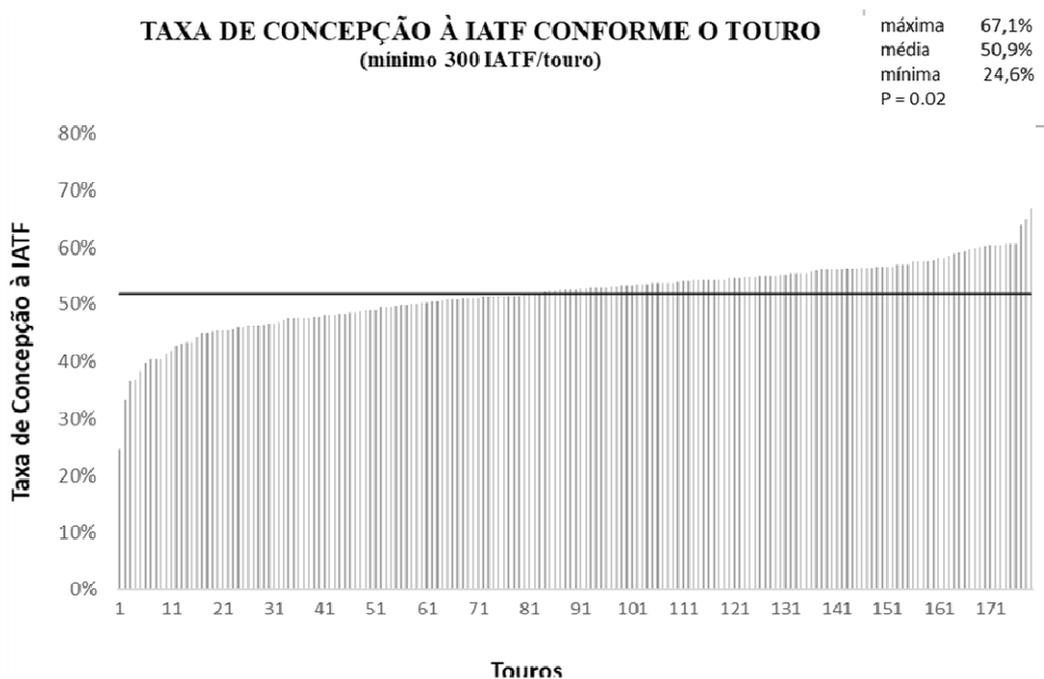


Figura 8. Distribuição da taxa de concepção à IATF conforme o touro (179 touros com mínimo de 300 IATF, totalizando 144.909 procedimentos; adaptado de Frigoni, 2020).

Apesar dos protocolos de sincronização para IATF estarem bem estabelecidos, o ato da inseminação também pode ser um fator limitante na obtenção de resultados satisfatórios nas taxas de concepção. Realizar a inseminação por um técnico capacitado é essencial para que os resultados sejam positivos. Sá Filho *et al.* (2009) encontraram variação de resultado em relação ao inseminador, com taxa de prenhez variando de 15,1% até 81,8%. Imperfeições na manipulação do sêmen e/ou na execução da técnica são geralmente apontados como fatores que podem comprometer o sucesso na inseminação (Russi *et al.*, 2009; Nasser *et al.*, 2011).

O manejo nutricional é um dos fatores mais importantes que afetam a reprodução de fêmeas de corte. O escore de condição corporal (ECC) indica a condição nutricional e as reservas energéticas dos animais e tem alto impacto no resultado da IATF (Ayres *et al.*, 2014). Estudos demonstram que vacas

com ECC inferior a 2,75 (escala de 1 a 5) no momento da IA apresentaram menores taxas de prenhez quando comparada com vacas de ECC maior que 2,75 (Baruselli *et al.*, 2004; Sá Filho *et al.*, 2010; Sales *et al.*, 2011). O ECC influencia o retorno à ciclicidade no pós-parto, pois as fêmeas com baixo ECC apresentam maior sensibilidade hipotalâmica aos efeitos de feedback negativo do estradiol, levando a um aumento no intervalo entre o parto e o retorno à ciclicidade (Wiltbank *et al.*, 2002; D'Occhio *et al.*, 2019). Ainda, fêmeas que perdem ou mantêm ECC do parto à IATF apresentam menores taxas de prenhez do que fêmeas que ganham ECC (52,7% vs. 62,2%), indicando a importância de monitorar o ECC durante o período pós-parto para otimizar os resultados (Abreu *et al.*, 2021b).

O principal fator que determina o baixo ECC na maioria das fazendas brasileiras de corte é a época do parto, que geralmente ocorre durante a seca, que corresponde à baixa disponibilidade e qualidade das pastagens (Santos *et al.*, 2014). A inadequada oferta de alimentos diminui a ingestão de alimentos e gera deficiência de nutrientes, causando perda de peso e de ECC da fêmea, comprometendo a reprodução durante a estação de monta (Hess *et al.*, 2005). Sendo assim, torna-se necessário o desenvolvimento de estratégias nutricionais que visam suprir as necessidades proteicas, energéticas, minerais e vitamínicas através de um programa de suplementação.

Os efeitos da suplementação com blocos multinutricionais (à base de melão de cana e monensina) durante o pré (90 dias antes do parto) e/ou pós-parto (120 dias após o parto) foram avaliados sobre o desempenho reprodutivo de primíparas Nelore. Foi observado que fêmeas suplementadas em ambos ou um dos períodos apresentaram maior espessura de gordura subcutânea, peso e ECC no início do protocolo de IATF do que fêmeas controle. Também, observou-se que as vacas suplementadas com blocos multinutricionais apresentaram maior taxa de prenhez à IATF quando comparadas ao grupo controle (Figura 9; Catussi, 2021).

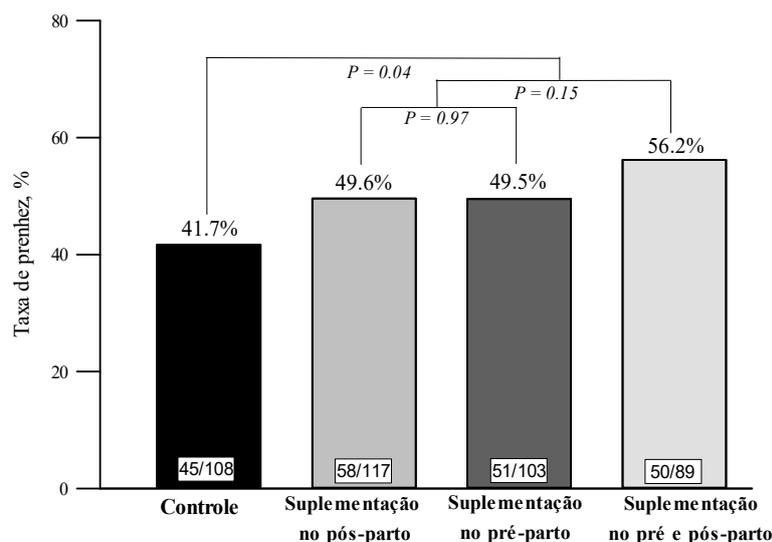


Figura 9. Taxa de prenhez à primeira IATF de primíparas Nelore com diferentes estratégias de suplementação nutricional com blocos multinutricionais à base de melão de cana e monensina (adaptado de Catussi, 2021).

A interação entre a nutrição e genética apresenta impactos significativos na eficiência reprodutiva de fêmeas bovinas (Docchio *et al.*, 2019). A seleção genética para precocidade sexual reduz a idade ao primeiro parto e melhora os índices reprodutivos do rebanho e a rentabilidade e retorno econômico das fazendas (Day e Nogueira, 2013; Ferraz *et al.*, 2018).

Com o objetivo de avaliar os fatores nutricionais e genéticos que interferem na precocidade sexual de novilhas Nelore, realizamos um estudo com 198 novilhas Nelore de 14 meses. Os animais foram mantidos por 94 dias em dois manejos nutricionais distintos (Confinamento: nutrição melhorada vs. Pasto: nutrição moderada) e duas classificações genéticas (alta vs. Baixa genética para precocidade sexual). Após 60 dias do início do experimento foi realizada a mensuração da gordura subcutânea tanto na costela quanto na garupa. Nesse momento, as novilhas foram submetidas à IATF e em um subgrupo de novilhas (n=39) foi submetido a OPU/PIVE.



Os resultados evidenciaram que novilhas que apresentam genética para precocidade sexual produziram maior quantidade de embriões de qualidade. Esse aumento também foi verificado nas novilhas confinadas (Tabela 2). A taxa de prenhez à IATF foi maior em novilhas com alta nutrição (Tabela 3). Também, ficou constatado que novilhas com melhor nutrição e genética para precocidade sexual apresentaram maior deposição de gordura subcutânea, tanto na costela (Figura 10 A) quanto na garupa (Figura 10 B). Dessa forma, concluímos que tanto a nutrição como a genética influenciam a qualidade embrionária e a deposição de gordura na carcaça. Os dados também evidenciaram que a nutrição influenciou positivamente a fertilidade à IATF de novilhas Nelore de 14 meses (Catussi *et al.*, 2021; dados não publicados). Esses achados reforçam a importância da nutrição adequada e da seleção genética para precocidade sexual para obtenção de resultados satisfatórios nos programas reprodutivos que utilizam novilhas Nelore super precoces (14 meses de idade).

Tabela 2. Resultados da produção *in vitro* de embriões de novilhas Nelore conforme grupos experimentais.

	Confinamento		Pasto		P-value		
	Alta genética	Baixa genética	Alta genética	Baixa genética	Nut	Gen	N*G
Número de animais	9	8	11	11			
Total de oócitos viáveis	23,9	19,9	19,5	20,8	0,69	0,76	0,39
Embriões de alta qualidade	7,7	3,3	4,0	2,4	0,05	0,009	0,35

Tabela 3. Resultados de fertilidade de novilhas Nelore submetidas a IATF conforme grupos experimentais.

	Confinamento		Pasto		P-value		
	Alta genética	Baixa genética	Alta genética	Baixa genética	Nut	Gen.	N*G
Número de animais	50	47	50	51			
Taxa de prenhez à 1ª IATF	52,0%	57,5%	48,0%	29,4%	0,02	0,33	0,11
Taxa de prenhez à 2ª IATF	41,2%	26,7%	27,3%	29,0%	0,61	0,57	0,45
Taxa de prenhez acumulada (1ª + 2ª IATF)	66,0%	66,0%	60,0%	47,1%	0,07	0,37	0,38

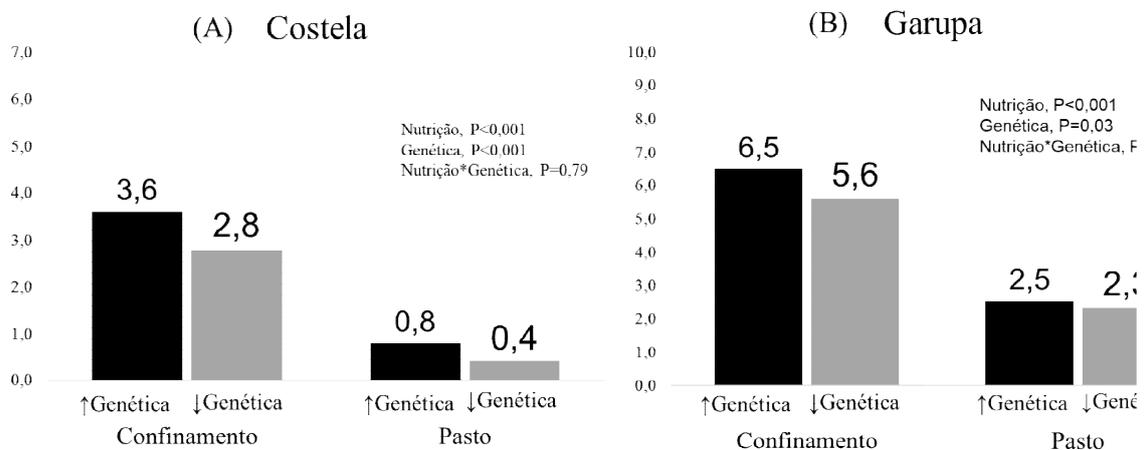


Figura 10. A) Espessura de gordura subcutânea (mm) entre a 12ª e 13ª costela (EGS) e B) Espessura de gordura subcutânea (mm) na garupa (EGP) em novilhas Nelore conforme a nutrição e a seleção genética para precocidade sexual.



### Contribuição da IATF para a sustentabilidade dos sistemas de produção

O avanço tecnológico da pecuária tem permitido a produção cada vez mais sustentável do ponto de vista produtivo, econômico e ambiental. A produtividade da carne bovina no Brasil aumentou 159% de 1990 a 2020. Em 1990, a produção de carne representava apenas 4,6 milhões de toneladas (1,6@/ha/ano), enquanto em 2020 foram produzidas 10,3 milhões de toneladas (4,2@/ha/ano). Além disso, dados da ABIEC (2021) demonstram que a área de pastagem utilizada e a produtividade da pecuária estão se comportando de forma inversamente proporcional. A partir de 2005 houve considerável queda no uso de terras (milhões de hectares de pastagem) e aumento significativo de produtividade (@/ha/ano; ABIEC, 2021).

Nosso grupo de pesquisa (Abreu *et al.*, 2021c) analisou dois sistemas de produção de bezerros sob mesma condição de manejo (baixa tecnologia com monta natural vs. elevada tecnologia com o emprego da IATF). Verificamos que o uso de tecnologia, além de aumentar a eficiência reprodutiva (redução da idade ao primeiro parto de 48 para 24 meses e aumento da taxa de desmame de 60 para 80%), contribuiu para a redução de 37,7% no uso de área de pastagem (ha) e na quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> equivalentes para produção de 400 bezerros machos desmamados. O CO<sub>2</sub>eq foi calculado de acordo com a unidade animal (1 UA=450 Kg de PV) e foi estimada a lotação de 1 UA por hectare de pastagem para a produção dos bezerros. O sistema de produção de baixa eficiência reprodutiva emitiu 3.714,5 toneladas de CO<sub>2</sub>eq por ano (correspondendo a US\$ 222.871,77; 60 USD por 1 tonelada CO<sub>2</sub>eq), enquanto o sistema de alta eficiência reprodutiva emitiu 2.311,3 toneladas de CO<sub>2</sub>eq por ano (correspondendo a US\$ 138.675,77). O sistema de alta eficiência reprodutiva gerou US\$ 84.196,00 de crédito pela redução da emissão de CO<sub>2</sub>eq. Esses dados demonstram o impacto da eficiência reprodutiva na sustentabilidade produtiva e ambiental da pecuária de corte.

O aumento da emissão de gases de efeito estufa tem sido relacionado com as mudanças climáticas recentes (aumento dos veraneios, secas prolongadas, chuvas muito concentradas) causadas por gases que permanecem na atmosfera e comprometem a camada de ozônio que refrigera a terra. A geração de gases de efeito estufa varia segundo diversos fatores, mas as estimativas indicam que o dióxido de carbono é o gás mais produzido (76%), seguido do metano (14%) e do óxido nitroso (7%; Ortolani, 2021). Entretanto, estimativas recentes da FAO (2020) indicam que a maior parte gerada do dióxido de carbono é oriunda das atividades humanas (combustão pelos veículos e indústrias, eletricidade via termoeletricas, fermentação do esgoto) e somente 5% pela agropecuária.

Como discutido anteriormente, a nutrição exerce um papel importante na reprodução, por afetar diretamente aspectos da fisiologia e do desempenho reprodutivo da fêmea bovina (Sartori; Guardieiro, 2010; D'Occhio *et al.*, 2019). Entretanto, um fator ainda pouco abordado é a suplementação nutricional proteica e energética de ruminantes e os efeitos dessa estratégia para o ambiente. A suplementação proteico-energética ativa as bactérias que metabolizam o lactato em ácido propiônico e aumentam o consumo de H<sub>2</sub>, diminuindo a geração de ácido acético e reduzindo a produção de metano (5% a 7%) em relação ao grupo alimentado somente a pasto (Ortolani, 2021). Ainda, animais tratados com concentrado energético, apresentam aumento da produção de lactato devido a multiplicação de bactérias lácticas, com incremento na produção de ácido propiônico e no consumo de H<sub>2</sub>, diminuindo a geração de metano em até 20% quando comparado com animais mantidos somente a pasto (Ortolani, 2021). Na atualidade, as estratégias de suplementação nutricional que estão sendo utilizadas para aumentar a eficiência reprodutiva dos rebanhos podem também diminuir a emissão de carbono do sistema de cria.

O estabelecimento de eficientes sistemas de produção de carne bovina com balanço positivo de carbono é o desafio da pecuária do futuro.

### Desafios para aumentar o uso da IATF no Brasil

Como discutido anteriormente, o mercado de IA cresceu consideravelmente nos últimos 20 anos no Brasil, principalmente devido ao desenvolvimento científico e tecnológico que proporcionou alta eficiência com custo-benefício favorável para o emprego dessa biotecnologia nas fazendas. No entanto, segundo informações que publicamos anteriormente (Baruselli *et al.*, 2019a), existem importantes fatores a serem destacados com o intuito de dar suporte ao contínuo crescimento do mercado da IATF nos próximos anos:

- **Serviços de extensão para produtores:** transferir ao setor produtivo os conhecimentos científicos e tecnológicos existentes relacionados ao impacto da IATF no aumento da produtividade da pecuária, com



análise dos benefícios econômicos gerados pela aplicação dessa biotecnologia nas fazendas, fornecendo uma mensagem clara e objetiva aos usuários (muitos pecuaristas não conhecem as vantagens do uso da IATF).

**Treinamento de extensão para os especialistas:** oferecer programas educacionais para a formação de novos especialistas capacitados para aplicação dessa tecnologia nas fazendas (para cada 1 milhão de crescimento no número de IATF realizada são necessários aproximadamente 300 especialistas controlando os procedimentos nas fazendas; 3.500 IATF por especialista).

- **Desenvolvimento tecnológico:** continuar desenvolvendo produtos e protocolos mais eficientes, práticos e econômicos para serem utilizados nas fazendas com o objetivo de aumentar a produtividade e a lucratividade. Realizar mais pesquisas para aumentar a eficiência dos programas de IATF, levando em consideração as interações nutrição e reprodução, genética e reprodução, saúde e reprodução e meio ambiente e reprodução.

- **Aumentar a integração entre as instituições:** aumentar a cooperação entre universidades, institutos de pesquisa, especialistas em reprodução animal, indústrias de insumos para IA, indústrias de produção animal e associações de produtores com o intuito de transferir mais efetivamente o uso dessa tecnologia ao campo.

- **Demanda de mercado:** no mundo existe uma forte demanda para produção de proteína animal com maior eficiência e sustentabilidade ambiental e econômica. O uso da IATF aumenta a produtividade por hectare e contribui significativamente para melhorar a eficiência da pecuária.

Portanto, com a intensificação do uso da IATF é possível incrementar a produção com reduzido impacto ambiental. Este cenário colabora para otimizar o sistema de produção e para que os pecuaristas busquem novas alternativas, nas quais se destacam as biotecnologias da reprodução.

### Considerações finais

A IATF é uma biotecnologia reprodutiva que promove o melhoramento genético e aumenta a eficiência reprodutiva e produtiva dos rebanhos. A IATF apresenta maior eficiência quando comparada à detecção de estro seguida de IA e à monta natural. Ainda, a IATF aumenta o ganho genético (eleva o número de matrizes inseminadas com sêmen de touros de levado valor genético) e produz mais bezeros que nascem no início da estação de parição (melhor época com impactos positivos no peso ao desmame). Verifica-se também, que os protocolos de sincronização da ovulação antecipam a concepção de novilhas pré-púberes submetidas à IATF, reduzindo a idade ao primeiro parto e aumentando a eficiência reprodutiva das fazendas de cria, contribuindo com a redução do uso de área e com a sustentabilidade da pecuária.

Todavia, os resultados da IATF dependem de inúmeros fatores. Os cuidados com a nutrição (conforme as exigências específicas de cada categoria), a condição de escore corporal, a sanidade, o manejo com boas práticas, a escolha do sêmen de touros de alta fertilidade e a mão-de-obra qualificada são importantes fatores que devem ser levados em consideração para otimizar os resultados. O conhecimento de todos esses fatores que interferem na eficiência do processo para correção das condutas de manejo na fazenda é importante para o sucesso do programa reprodutivo das fazendas de cria que utilizam a IATF.

### Referências

**Abreu LA, Guerino GM, Catussi BLC, Baruselli PS.** Impacto da remoção dos tratamentos com estradiol nos protocolos de sincronização para IATF em vacas *Bos indicus*. In: XXXV Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embriões, 2021. Modalidade On-line. Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embriões. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=l0WxZkwaoyc>. Acesso em: 07 out., 2021a.

**Abreu LA, Catussi BLC, Factor L, Baruselli PS.** Efeito do ganho, manutenção e perda do escore de condição corporal no período pós-parto na fertilidade à IATF. In: I Sincronize, 2021. São Paulo. Anais [...]. Ribeirão Preto: I Sincronize Ouro Fino Saúde Animal. Disponível em: <https://sincronize.ourofinosaudeanimal.com/>. Acesso em: 20 nov., 2021b.

**Abreu LA, Rezende VT, Gameiro AH, Baruselli PS.** Effect of reduction age at first calving and increase weaning rate on equivalent CO<sub>2</sub> emissions on cow-calf operation system. In: VII International Symposium of Agricultural and Agroindustrial Waste Management SIGERA, 2021. Anais [...].



- Sociedade Brasileira dos Especialistas em Resíduos das Produções Agropecuária e Agroindustrial. Trabalho: 402386, 2021c.
- Anderson LH, McDowell CM, Day ML.** Progestin-Induced Puberty and Secretion of Luteinizing Hormone in Heifers. *Biology of Reproduction*, v.54, i. 5, p.1025–1031, 1996.
- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC).** Sumário 2021. Disponível em: <http://abiec.siteoficial.ws/images/upload/sumario-pt-010217.pdf>. Acesso em: 16/10/2021.
- Associação Brasileira de Inseminação Artificial (ASBIA).** Index ASBIA Mercado, 2021.
- Attia S, Katila T, Anderson M.** The Effect of Sperm Morphology and Sire Fertility on Calving Rate of Finnish Ayrshire AI Bulls. *Reprod Dom Anim*, v.51, p.54-58, 2016.
- Ayres H, Ferreira RM, Torres-Junior JRS, Demétrio CGB, Sá Filho M, Gimenes LU, Penteadó L, D’Occhio MJ, Baruselli PS.** Inferences of body energy reserves on conception rate of suckled Zebu beef cows subjected to timed artificial insemination followed by natural mating. *Theriogenology*, v.82, I. 4, p.529-536, 2014.
- Barbuio JP, Marques A, Madureira EH, Baruselli PS, Arruda RP, Mizuta K.** Sincronização da ovulação por benzoato de estradiol ou GnRH após tratamento com MGA/PG/17 $\beta$ -estradiol+ progesterona em novilhas Nelore. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v.23, p.312-314, 1999.
- Barbuio JP, Catussi BLCC, Surdi PHB, Silva LG, Santos MH, Favaro A, Ayres H, Antonio DBA, Marques MO, Mingoti RD, Sá Filho MF, Baruselli PS.** Effect of time of permanence (7 vs. 8 days) of intravaginal progesterone devices on follicular dynamics and pregnancy rate of Nelore (*Bos indicus*) heifers. *Anim Reprod (Resumo)*, 2020.
- Barufi FB, Madureira EH, Marques A, Carvalho NAT, Celeghini ECC, Baruselli PS, Rodrigues PHM.** Avaliação do uso de Crestar ou CIDR-B + benzoato de estradiol, seguidos ou não pela de gonadotrofina coriônica equina (eCG), no desempenho reprodutivo de vacas de corte com bezerro ao pé. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v.23, p.332-333, 1999.
- Baruselli PS, Marques MO, Carvalho NAT, Madureira EH, Campos Filho E.** Efeito de diferentes protocolos de inseminação artificial em tempo fixo na eficiência reprodutiva de vacas de corte lactantes. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v.26, p.218-221, 2002.
- Baruselli PS, Marques MO, Nasser LF, Reis EL, Bo GA.** Effect of eCG on pregnancy rates of lactating zebu beef cows treated with CIDR-B devices for timed artificial insemination. *Theriogenology*, v. 59, n. 1, p.214, 2003.
- Baruselli PS, Reis EL, Marques MO, Nasser LF, Bó GA.** The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrous beef cattle in tropical climates. *Animal Reproduction Science*, v.82-83, p.4<sup>9</sup>-486, 2004a.
- Baruselli PS, Madureira EH, Marques MO, Rodrigues CA, Nasser LFT, Silva RCP, Reis EL, Sá Filho MF.** Efeito do tratamento com eCG na taxa de concepção de vacas Nelore com diferentes escores de condição corporal inseminadas em tempo fixo (Análise retrospectiva). In: XVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Transferência de Embriões, 2004, Barra Bonita. *Acta Scientiae Veterinariae*, v.32. p.228, 2004b.
- Baruselli PS, Sales JNS, Sala RV, Vieira LM, Sá Filho, MF.** History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. *Animal Reproduction*, v.9 Issue 3, p.139-152, 2012.
- Baruselli PS, Ferreira RM, Colli MHA, Elliff FM, Sá Filho MF, Vieira LM, Freitas BG.** Timed artificial insemination: current challenges and recent advances in reproductive efficiency in beef and dairy herds in Brazil. *Animal Reproduction*, v.14, n.3, p.558-571, 2017a.
- Baruselli PS, Marques MO, Borges A, Penteadó L.** Impactos econômicos do uso de tecnologia reprodutiva na fazenda. In: Anais... Encontro dos Criadores da Scot Consultoria, São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2017b.
- Baruselli PS, Ferreira RM, Sá Filho MF, Bó GA** Review: Using artificial insemination v. natural service in beef herds. *Animal*, v.12, n.1, p. 45-52, 2018.
- Baruselli PS, Catussi BLC, Abreu LÁ, Elliff FM, Silva LG, Batista EOS.** Challenges to increase the AI and ET markets in Brazil. *Animal Reproduction*, v.16, p. <sup>a</sup>4-375, 2019a.
- Baruselli PS, Catussi BLC, Abreu LA, Elliff FM, Silva LG, Batista ES, Crepaldi GA.** Evolução e perspectivas da inseminação artificial em bovinos. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v.43, p.308-314, 2019b.
- Baruselli PS.** IATF gera ganhos que superam R\$ 3,5 bilhões nas cadeias de produção de carne e de leite. *Boletim Eletrônico do Departamento de Reprodução Animal – FMVZ/USP, 2ª Edição*, 2019. Disponível em: <http://vra.fmvz.usp.br/boletim-eletronico-vra/>. Acesso em: 21 mar. 2019.



- Baruselli PS.** Avaliação do mercado de IATF no Brasil (2019). Boletim Eletrônico do Departamento de Reprodução Animal/FMVZ/USP, <sup>aa</sup> ed., 2020a. Disponível em: <<http://vra.fmvz.usp.br/boletim-eletronico-vra/>>. Acesso em: 15/10/2021.
- Baruselli PS.** Evolução da inseminação artificial em fêmeas bovinas de corte e de leite no Brasil. Boletim Eletrônico do Departamento de Reprodução Animal/FMVZ/USP, 4. ed., 2020b. Disponível em: <http://vra.fmvz.usp.br/boletim-eletronico-vra/>. Acesso em: 15/10/2021.
- Baruselli PS.** Mercado da IATF cresce 30% em 2020 e supera 21 milhões de procedimentos. Boletim Eletrônico do Departamento de Reprodução Animal/FMVZ/USP, 5<sup>a</sup> ed., 2021. Disponível em: <http://vra.fmvz.usp.br/boletim-eletronico-vra/>. Acesso em: 15/10/2021.
- Batista EOS, Del Valle TA, Ortolan MDDV, Rennó, FP, Nogueira GP, Souza AH, Baruselli PS.** The effect of circulating progesterone on magnitude of the GnRH-induced LH surge: Are there any differences between *Bos indicus* and *Bos taurus* heifers? *Theriogenology*, v.104, p.43-48, 2017.
- Batista EOS, Sala RV, Ortolan M, Jesus EF, Del Valle TA, Rennó FP, Macabelli CH, Chiaratti MR, Souza AH, Baruselli PS.** Hepatic mRNA expression of enzymes associated with progesterone metabolism and its impact on ovarian and endocrine responses in Nelore (*Bos indicus*) and Holstein (*Bos taurus*) heifers with differing feed intakes. *Theriogenology*, v.143, p.113-122, 2020.
- Bó GA, Baruselli P.S, Martínez MF.** Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction Science*, v.78, p.307–26. 2003.
- Bó GA, Cutaia L, Peres LC, Pincinato D, Marosa D, Baruselli PS.** Technologies for fixed-time artificial insemination and their influence on reproductive performance of *Bos indicus* cattle. *Society of Reproduction and Fertility*, supplement 64, p.223-236, 2007.
- Bó GA, Baruselli PS.** Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal*, v.8, n. Supplement 1, p.144-150, 2014.
- Bó GA, Huguenine E, De La Mata JJ, Núñez-Olivera R, Baruselli PS, Menchaca A.** Programs for fixed-time artificial insemination in South American beef cattle. *Animal Reproduction*, v. 15, n. Supplement 1, p.952-962, 2018.
- Borchardt S, Haimerl P, Heuwieser W.** Effect of insemination after estrous detection on pregnancy per artificial insemination and pregnancy loss in a Presynch-Ovsynch protocol: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, v.99, n.3, p.2248-2256, 2016.
- Bottino MP, Simões LMS, Silva LA, Giroto RW, Scanduzzi LA, Massoneto JPM, Baruselli PS, Souza JC, Sales JNS.** Effects of eCG and FSH in timed artificial insemination treatment regimens on estrous expression and pregnancy rates in primiparous and multiparous *Bos indicus* cows. *Animal Reproduction Science*, v.228, p.106 - 751, 2021.
- Carvalho JBP, Carvalho NAT, Reis EL, Nichi M, Souos AH, Baruselli PS.** Effect of early luteolysis in progesterone-based timed AI protocols in *Bos indicus*, *Bos indicus* × *Bos taurus*, and *Bos taurus* heifers. *Theriogenology*, v.69, p.167-175, 2008.
- Catussi BLC.** Parturition and/or postpartum supplementation with low-moisture molasses blocks to optimize fertility and calf performance in primiparous beef cows. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.
- Cedeño AV, Cuervo R, Tríbulo A, Tríbulo R, Andrada S, Mapletoft R, Menchaca A, Bó GA.** Effect of expression of estrus and treatment with GnRH on pregnancies per AI in beef cattle synchronized with an estradiol/progesterone-based protocol. *Theriogenology*, v.161, p.294-300, 2021.
- Colli MHA, Carvalhaes RPA, Mingoti RD, Vieira LM, Rezende RG, Santos MH, Sales JNS, PS.** Taxa de prenhez à IATF de novilhas cruzadas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) submetidas ao protocolo de 3 ou 4 manejos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embriões, 30, 2016, Foz do Iguaçu, Paraná. Anais [...]. Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embriões: SBTE, p.220, 2016.
- Crepaldi GA, Sales JNS, Giroto RW, Carvalho JGS, Baruselli PS.** 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*, v.209, p.106-141, 2019.
- Cutaia L, Veneranda G, Osibulo R, Baruselli PS, Bó GA.** Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. In: V Simposio Internacional de Reproducción Animal, 2003, Córdoba, Argentina. Córdoba: IRAC. pp. 119-132, 2003.
- Day ML, Anderson LH.** Current concepts on the control of puberty in cattle. *J. Anim. Sci.* v.76(Suppl. 3), p.1–15.1998
- Day, ML, Nogueira GP.** Management of age at puberty in beef heifers to optimize efficiency of beef production. *Animal Frontiers: the review magazine of animal agriculture*, v.3, p.6-11, 2013.



- Dias CC, Wechsler FS, Day ML, Vasconcelos JLM.** Progesterone concentrations, exogenous equine chorionic gonadotropin, and timing of prostaglandin F2 $\alpha$  treatment affect fertility in postpuberal Nelore heifers. *Theriogenology*, v.72, p.378-385, 2009.
- D’occhio MJ, Neish A, Broadhurst L.** Differences in gonadotrophin secretion postpartum between Zebu and European breed cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, 22, p.311-317, 1990.
- D’Occhio MJ, Baruselli PS, Campanile G.** Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. *Theriogenology*, v.125, p.277-284, 2019.
- Dos Santos GFF, Abreu LA, Catussi BLC, Rebeis LM, Santos MEP, Ribeiro EG, Pereira MFA, Baruselli PS.** Efeito do diâmetro folicular na expressão de estro e no diâmetro do endométrio em novilhas Nelore sincronizadas para IATF. In: *I Sincronize*, 2021. São Paulo. Anais [...]. Ribeirão Preto: **I Sincronize Ouro Fino Saúde Animal**. Disponível em: <https://sincronize.ourofinosaudeanimal.com/>. Acesso em: 16 dez., 2021
- Factor L, Catussi BLC, Baruselli PS.** Permanência do dispositivo de progesterona 7 vs. 9 dias em novilhas Nelore e F1 (Angus x Nelore). In: *I Sincronize*, 2021. São Paulo. Anais [...]. Ribeirão Preto: **I Sincronize Ouro Fino Saúde Animal**. Disponível em: <https://sincronize.ourofinosaudeanimal.com/>. Acesso em: 20 nov., 2021.
- Felisbino AR, Souza DFC, Ereno JC, Lima TA, Carvalho LB, Serafim LF, Freitas BG, Guerreiro BM, Sales JN, Baruselli PS.** A redução da permanência do dispositivo intravaginal de P4 de 8 para 7 dias aumenta a taxa de prenhez de novilhas Nelore (*Bos indicus*) submetidas à IATF em fazendas que utilizam suplementação nutricional. *Anim Reprod (Resumo)*, 2020.
- Felisbino AR.** Estratégias para otimizar o protocolo de IATF em novilhas Nelore (*Bos indicus*). Dissertação Mestrado. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo. 107p, 2021.
- Ferraz MVC, Pires AV, Santos MH, Silva RG, Oliveira GB, Polizel DM, Biehl MV, Sartori R, Nogueira GP.** A combination of nutrition and genetics is able to reduce age at puberty in Nelore heifers to below 18 months. *Animal*. v.12 (3), p.569-574, 2018.
- Ferreira RM, Goncalves-junior WA, Saran-junior AJ, Gonçalves RL, Lollato JPM, Sales JNS, Baruselli PS.** Treatment with GnRH (Gonaxal®) at AI increases pregnancy rate of Nelore cyclic heifers that showed or not estrus during the TAI protocol, with greater impact in those without estrus demonstration. *Animal reproduction (Resumo)*, 2017.
- Flores R, Looper ML, Kreider DL, Post NM, Rosenkrans CF Jr.** Estrous behavior and initiation of estrous cycles in postpartum Brahman influenced cows after treatment with progesterone and prostaglandin F2 $\alpha$ . *Journal of Animal Science*, v.84, p.1916–1925, 2006.
- Food and Agriculture Organization (FAO).** Cenário da demanda por alimentos no Brasil, 2017. Rome: FAO, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/901168/>. Acesso em: 16/10/2021.
- Food and Agriculture Organization (FAO).** O Estado da Segurança e Nutrição Alimentar no Mundo 2019, Rome: FAO, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/portugal/noticias/detail/pt/c/1202880/>. Acesso em: 16/10/2021.
- Freitas BG.** Influência do desenvolvimento corporal na resposta aos programas de sincronização para inseminação artificial em tempo fixo em novilhas Nelore de 14 meses de idade. São Paulo, SP: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo. Dissertação Mestrado, 2015.
- Freitas BG, Mingoti RD, Monteiro BM, Guerreiro BM, Crepaldi OS, Docchio JM, Baruselli, PS.** Relationship of body maturation with response to estrus synchronization and fixed-time AI in Nelore (*Bos indicus*) heifers. *Livestock Science*, v.251, p.104632, 2021.
- Frigoni FG.** Avaliação das variáveis envolvidas nos resultados da IATF para aumentar a eficiência reprodutiva em rebanhos de corte. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.
- Gonçales-junior WA, Saran-junior AJ, Gonçalves RL, Lollato JPM, Sales JNS, Mingoti RD, Baruselli PS, Ferreira RM.** Treatment with GnRH (Gonaxal®) at AI increases pregnancy rate of Nelore primiparous cows that showed or not estrus during the TAI protocol. *Animal Reproduction (Resumo)*, 2017.
- Hess B, Lake S, Scholljegerdes E, Weston T, Nayigihugu V, Moss G.** Nutritional controls of beef cow reproduction. *J. Anim. Sci*, v.83, p.90-106, 2005.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).** Estatísticas Econômicas: PPM 2019: após dois anos de queda, rebanho bovino cresce 0,4%. 2020. Disponível em:



<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/29163-ppm-2019-apos-dois-anos-de-queda-rebanho-bovino-cresce-0-4>. Acesso em: 16/10/2021.

**Lamb GC, Mercadante VRG.** Synchronization and artificial insemination strategies in beef cattle. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, v.32, p.335–334, 2016.

**Lima FS, Vries ADE, Risco CA, Santos JEP, Thatcher WW.** Economic comparison of natural service and timed artificial insemination breeding programs in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.93, p.4404–4413, 2010.

**Lima RS de, Martins T, Lemes KM, Binelli M, Madureira EH.** Effect of a puberty induction protocol based on injectable long acting progesterone on pregnancy success of beef heifers serviced by TAI. *Theriogenology*, v.154, p.128-134, 2020.

**Luz GB, Maffi AS, Farias LB, Xavier EG, Lima ME, Correa MN, Brauner CC.** Effects of the Bull on Conception Rate of Dairy Cows in Different Seasons and According to AI Type. *Acta Scientiae Veterinariae*, v.46, p.1552, 2018.

**Madureira G, Consentini CEC, Motta JCL, Drum JN, Prata AB, Monteiro Jr PLJ, Melo LF, Gonçalves JRS, Wiltbank MC, Sartori R.** Progesterone-based timed AI protocols for *Bos indicus* cattle II: reproductive outcomes of either EB or GnRH-type protocol, using or not GnRH at AI. *Theriogenology* v.145, p.86-93, 2020.

**Mantovani AP, Reis EL, Gacek Os Bó GA, Binelli M, Baruselli PS.** Prolonged use of a progesterone-releasing intravaginal device (CIDR®) for induction of persistent follicles in bovine embryo recipients. *Animal Reproduction*, v.2, p.272-277, 2005.

**Mantovani AP, Nichi M, Sá Filho M, Ayres H, Vettorato LF, Bó GA, Baruselli PS.** Follicular growth and plasma progesterone patterns in *Bos indicus* x *Bos taurus* heifers submitted to different PGF2 $\alpha$ /progesterone-based synchronization protocols. *Animal Reproduction*, v.7, n.2, p.91-96, 2010.

**Mapletoft RJ, Bó GA, Baruselli PS, Menchaca A, Sartori R.** Evolution of knowledge on ovarian physiology and its contribution to the widespread application of reproductive biotechnologies in South American cattle. *Animal Reproduction*, v.15 (Supplement 1), p.1003-1014, 2018.

**Marques MO, Ayres H, Reis EL, Mapletoft RJ, Baruselli PS.** Efeito do cipionato e do benzoato de estradiol na taxa de prenhez de vacas Nelore inseminadas em tempo fixo *Acta Scientiae Veterinariae*, v.32, p.222, 2004.

**Marques MO, Morotti F, Silva CB, Júnior MR, da Silva RCP, Baruselli PS, Seneda MM.** Influence of category-heifers, primiparous and multiparous lactating cows-in a large-scale resynchronization fixed-time artificial insemination program. *Journal of Veterinary Science*, v.16, p.367-371, 2015.

**Martins CM, Castricini ESC, Sá Filho MF, Gimenes LU, Baruselli PS.** Dinâmica folicular de vacas nelore tratadas com cipionato ou benzoato de estradiol em protocolos de inseminação artificial em tempo fixo. *Acta Scientiae Veterinariae*, v.33(Suplemento 1), p.285, 2005.

**Martins CM, Elliff FM, Ferreira RM, Mingoti RD, Reis PO, Baruselli PS.** Factors that affect pregnancy rate to TAI and to natural breeding of 14 months old Nelore heifers. *Anim Reprod*, v.14, 2017.

**Mingoti RD, Bastos MR, Teixeira AA, Rezende MLG, Castro MW, Faquin A, Sá filho MF, Baruselli PS.** Pregnancy rate to TAI Nelore (*Bos indicus*) protocol submitted to 3 or 4 managements using Sincrogest® or CIDR® new and reused. *Animal Reproduction (Resumo)*, 2016.

**Meneghetti M, Sá Filho OG, Peres RF, Lamb GC, Vasconcelos JL.** Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows I: Basis for development of protocols. *Theriogenology*, v.72, n.2, p.179-189, 2009.

**Nasser LF, Penteado L, Rezende CR, Sá Filho M, Baruselli PS.** Fixed time artificial insemination and embryo transfer programs in Brazil. *Acta Scientiae Veterinariae*, v.39, p.15-22, 2011.

**Oaigen RP, Barcellos JOJ, Christofari LF, Braccini Neto J, Oliveira TE, Prates ER.** Melhoria organizacional na produção de bezerros de corte a partir dos centros de custos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.3, p.580–587, 2008.

**Ortolani H.** O arrote do boi e o efeito-estufa. *Revista DBO*. Disponível em: <https://www.portaldbo.com.br/o-arrote-do-boi-e-o-efeito-estufa/>. Acesso em: 27 ago. 2021.

**Reis EL, Gimenes LU, Marques MO, Carvalho JBP, Mapletoft RJ, Baruselli PS.** Efeitos do cipionato e do benzoato de estradiol na dinâmica folicular e luteínica de vacas Nelore. *Acta Scientiae Veterinariae*, v.32, p.236, 2004.

**Rovira J.** Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo: Editorial Hemisferio Sur, p. 288, 1996.

**Peres RFG, Claro Junior I, Sá Filho OG, Nogueira GP, Vasconcelos JLM.** Strategies to improve



fertility in *Bos indicus* postpubertal heifers and nonlactating cows submitted to fixed-time artificial insemination. *Theriogenology*, v.72, p.681-689, 2009.

**Penteado L, Sá Filho MF, Reis EL, Torres-Júnior JR, Madureira EH, Baruselli PS.** Eficiência reprodutiva em vacas Nelore (*Bos indicus*) lactantes submetidas a diferentes manejos durante a estação de monta. In: Anais do XVI Congresso Brasileiro de Reprodução Animal, 2005, Goiânia, GO, 2005.

**Pursley JR, Mee MO, Wiltbank MC.** Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2 alfa and GnRH. *Theriogenology*, v.44, p.915-923, 1995.

**Rodgers JC, Bird SL, Larson JE, DiLorenzo N, Dahlen CR, DiCostanzo A, Lam GC.** An economic evaluation of estrous synchronization and timed artificial insemination in suckled beef cows. *Journal of Animal Science*, v.10, p.1297-1308, 2015.

**Rodrigues ADP, Peres RFG, Lemes AP, Martins T, Pereira MHC, Carvalho ER, Day ML, Vasconcelos JLM.** Effect of interval from induction of puberty to initiation of a timed AI protocol on pregnancy rate in Nelore heifers. *Theriogenology*, 82, p.760-766, 2014.

**Rodrigues W, Silva A, Silva J, Anache N, Silva K, Cardoso C, Garcia WR, Sutovsky P, Nogueira E.** Timed artificial insemination plus heat II: Gonadorelin injection in cows with low estrus expression scores increased pregnancy in progesterone/estradiol-based protocol. *Animal*, v.13(10), p.2313-2318, 2019.

**Russi LS, Costa EVZ, Serrav. CE.** Importância da capacitação de recursos humanos em programas de inseminação artificial. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, Belo Horizonte, v.33, n.1, p.20-25, 2009.

**Sá Filho MF, Ayres H, Rezende LFC, Penteado L, Nasser LF, Souza AH, Baruselli PS.** Effect of cyclicity induction in Nelore heifers treated with a previously used intravaginal progesterone device on conception rate after fixed time artificial insemination. *Acta Scientiae Veterinarie*, 34, p.403, 2006.

**Sá Filho OG, Meneghetti M, Peres RFG, Lamb GC, Vasconcelos JLM.** Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows II: Strategies and factors affecting fertility. *Theriogenology*, v.72, p.210-218, 2009.

**Sá Filho MF, Crespilho AM, Santos JEP, Perry GA, Baruselli PS.** 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*, v.120, n.1-4, p.23-30, 2010a.

**Sá Filho MF, Torres-Júnior JRS, Penteado L, Gimenes LU, Ferreira RM, Ayres A, Baruselli PS.** Equine chorionic gonadotropin improves the efficacy of a progestin-based fixed-time artificial insemination protocol in Nelore (*Bos indicus*) heifers. *Animal Reproduction Science*. v.118, p.182-189, 2010b.

**Sá Filho MF, Torres-Júnior JRS, Penteado L, Gimenes LU, Ferreira RM, Ayres H, Castro e Paula LA, Sales JNS, Baruselli PS.** Equine chorionic gonadotropin improves the efficacy of a progestin-based fixed-time artificial insemination protocol in Nelore (*Bos indicus*) heifers. *Animal Reproduction Science*, v.118, n.2-4, p.182-187, 2010c.

**Sá Filho MF, Santos JEP, Ferreira RM, Sales JNS, Baruselli PS.** Importance of estrus on pregnancy per insemination in suckled *Bos indicus* cows submitted to estradiol/progesterone-based timed insemination protocols. *Theriogenology*, v.76, n.3, p.455-463, 2011.

**Sá Filho MF, Penteado L, Reis EL, Souza RT, Galvão KN, Baruselli PS.** Timed artificial insemination earlier during the breeding season improves the reproductive performance of suckled beef cows. *Theriogenology*, v.79, p.625-632, 2013.

**Sá Filho MF, Nasser LFT, Penteado L, Prestes R, Marques MO, Freitas BG, Monteiro BM, Ferreira RM, Gimenes LU, Baruselli PS.** Impact of progesterone and estradiol treatment before the onset of the breeding period on reproductive performance of *Bos indicus* beef heifers. *Animal Reproduction Science*, 160, p.30-39, 2015.

**Sales JNS, Crepaldi GA, Dias LMK, Teixeira AA, Cardoso GGC, Grandinetti RR, Oliveira VG, Combi IM, Baruselli PS.** Evaluation of different protocols to induce cyclicity in prepubertal beef heifers. *Animal Reproduction*, v.6. p.234, 2009.

**Sales JNS, Carvalho JBP, Crepaldi GA, Cipriano RS, Jacomini JO, Maio JRG, Souza JC, Nogueira GP, Baruselli PS.** 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*, v.78, n.3, p.510-516, 2012.

**Sales JNS, Bottino MP, Silva L, Giroto RW, Massoneto JPM, Souza JC, Baruselli PS.** Effects of



- eCG are more pronounced in primiparous than multiparous *Bos indicus* cows submitted to a timed artificial insemination protocol, *Theriogenology*, v.86, p.2290-2295, 2016.
- Sales JNS, Crepaldi GA, Girotto RW, Souza AH, Baruselli PS.** Fixed-time AI protocols replacing eCG with a single dose of FSH were less effective in stimulating follicular growth, ovulation, and fertility in suckled-anestrus Nelore beef cows. *Animal Reproduction Science*, v.124, n.1-2, p.12-18, 2011.
- Santos FAP, Dórea JRR, Souza J, Batistel F, Diogo F.** Forage Management and Methods to Improve Nutrient Intake in Grazing Cattle. 25th Florida Rumin. Nutr. 144-165, 2014.
- Sartori R, Guardieiro MM.** Fatores nutricionais associados à reprodução da fêmea bovina. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, v.39, p.422-432, 2010.
- Short R, Staigmiller RB, Bellows RA, Greer RC.** Breeding Heifers at one year of age: biological and economic considerations. In: M.J. Fields R.S. Sand Ed. *Factor. Affect. Calf Crop.* p.55-68, 1994.
- Souza AH, Viechnieski S, Lima FA, Silva FF, Araújo R, Bó GA, Wiltbank MC, Baruselli PS.** Effects of equine chorionic gonadotropin and type of ovulatory stimulus in a timed-AI protocol on reproductive responses in dairy cows. *Theriogenology*, v.72, n.1, p.10-21, 2009.
- Stevenson JS, Britt JHA.** 100-Year review: practical female reproductive management. *Journal of Dairy Science*, v.100, n.12, p. 10292-10313, 2017.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA).** 2019 Revision of World Population Prospects. 2019. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/83427-populacao-mundial-devechegar-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu>. Acesso em: 17/10/2021.
- Valle ER, Andreotti R, Thiago LRLS.** Estratégias para aumento da eficiência reprodutiva e produtiva em bovinos de corte. *EMBRAPA-CNPGC, Campo Grande*, v.71, 80 p.1998.
- Viscarrá J.A, Wettermann R.P, J. Spitzer C, Morrison D.G.** Body condition at parturition and postpartum weight gain influence luteal activity and concentrations of glucose, insulin and non-esterified fatty acids in plasma of primiparous beef cows. *Journal of Dairy Science*, v.76, p.493-500, 1998.
- Yokoo MJ, Magnabosco CU, Rosa GJM, Lôbo RB, Albuquerque LG.** Características reprodutivas e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária*, v. 64, n.1, p.91-100, 2012.
- Wiltbank MC, Gümen A, Sartori R.** Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology*, v.57, p.21-52, 2002.
- Zanatta GM.** Produção embrionária utilizando touros de alta e baixa fertilidade. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.
- Zoca SM, Shafii B, Price W, Harstine MUB, McDonald K, Cruppe L, Peters MDL, Vasconcelos JLM, Dalton J.** Angus sire field fertility and in vitro sperm characteristics following use of different sperm insemination doses in Brazilian beef cattle. *Theriogenology*, p.143-153, 2019.
-