

ANA LUIZA CARVALHO DE OLIVEIRA GALVÃO

Fertilidade de touros e suas interações com fatores relacionados as fêmeas em programas de inseminação artificial em tempo fixo

SÃO PAULO
2021

ANA LUIZA CARVALHO DE OLIVEIRA GALVÃO

Fertilidade de touros e suas interações com fatores relacionados as fêmeas em programas de inseminação artificial em tempo fixo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Reprodução Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Departamento:
Reprodução Animal

Área de concentração:
Reprodução Animal

Orientador:
Dr. Manoel Francisco de Sá Filho

SÃO PAULO
2021

Obs: A versão original encontra-se disponível na Biblioteca da FMVZ/USP

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 4054
FMVZ

Galvão, Ana Luiza Carvalho de Oliveira

Fertilidade de touros e suas interações com fatores relacionados as fêmeas em programas de inseminação artificial em tempo fixo / Ana Luiza Carvalho de Oliveira Galvão. – 2021.
92 f. ; il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Reprodução Animal, São Paulo, 2021.

Programa de Pós-Graduação: Reprodução Animal.

Área de concentração: Reprodução Animal.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Francisco de Sá Filho.

1. Bovinos. 2. Reprodução. 3. Corte. 4. Condição corporal. 5. Categoria animal. I. Título.



Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade de São Paulo

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "INFLUÊNCIA DA QUALIDADE ESPERMÁTICA EM TOUROS COM DIFERENTES PADRÕES DE FERTILIDADE À CAMPO", protocolada sob o CEUA nº 7035170518 (ID 005929), sob a responsabilidade de **André Furugen César de Andrade e equipe; Ana Luiza Carvalho de Oliveira Galvão** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 12/12/2018.

We certify that the proposal "INFLUENCE OF SPERMAL QUALITY IN BULLS WITH DIFFERENT FIELD FERTILITY STANDARDS", utilizing 550 Bovines (males and females), protocol number CEUA 7035170518 (ID 005929), under the responsibility of **André Furugen César de Andrade and team; Ana Luiza Carvalho de Oliveira Galvão** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 12/12/2018.

Finalidade da Proposta: [Pesquisa](#)

Vigência da Proposta: de [05/2018](#) a [05/2020](#) Área: [Reprodução Animal](#)

Origem: [Animais provenientes de estabelecimentos comerciais](#)

Espécie: [Bovinos](#) sexo: [Machos e Fêmeas](#) idade: [3 a 16 anos](#) N: [550](#)

Linhagem: [Nelore / Aberdeen Angus / Braford](#) Peso: [350 a 900 kg](#)

Local do experimento: 1.1176 fazendas parceiras do programa de identificação de fertilidade da empresa Alta Genetics

São Paulo, 22 de março de 2021

Prof. Dr. Marcelo Bahia Labruna
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Camilla Mota Mendes
Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: GALVÃO, Ana Luiza Carvalho de Oliveira

Título: Fertilidade de touros e suas interações com fatores relacionados as fêmeas em programas de inseminação artificial em tempo fixo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Reprodução Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: ___/___/___

Banca Examinadora

Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço o apoio dos meus pais, os quais sempre fizeram o possível e o impossível para me incentivar e me dar a chance de ter oportunidades, independente do desafio sempre acreditaram em mim. Tenho certeza que sempre será assim, Ricardo e Eliane são a minha base e sempre terão a minha admiração.

Agradeço também as pessoas mais importantes na minha jornada profissional: Adnan, Pedro e Manoel. Seria pouco eu descrever aqui a dimensão que vocês se tornaram para mim, o espelho de profissional e ser humano que eu levo de vocês. Eu me lembro até hoje o brilho da discussão entre vocês, do quanto aquilo me motivava a querer aprender e a buscar. Vocês acreditaram em mim, me apoiaram, me ajudaram, me incentivaram, foram mais do que colegas de trabalho! Vocês sempre serão o meu DREAM TEAM. Peço desculpas pelas poucas palavras, mas sinceramente não tem gratidão maior que a minha por vocês.

Ao Manoel, que além de gestor e orientador se tornou mais do que um amigo. Agradeço por crescer com você, agradeço por me fazer enxergar o valor da família e do trabalho. Você é motivo de admiração e orgulho, sou sua fã!

A minha filha, Giovanna, o sentido da minha vida. Tenho certeza que Deus a preparou para esse momento, para me ajudar a enfrentar e superar momentos difíceis. Veio para me mostrar que o fardo não é maior do que aquele que podemos carregar e que essa conquista é inteiramente por ela e para ela.

RESUMO

GALVÃO, ALCO. **Fertilidade de touros e suas interações com fatores relacionados as fêmeas em programas de inseminação artificial em tempo fixo.** 2021. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

O presente estudo avaliou os fatores que influenciam as respostas de programas de inseminação em tempo fixo (IATF) em fazendas comerciais de gado de corte. Para isto um total de 803.628 informações de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) foram analisadas. O objetivo principal foi verificar o efeito da fertilidade dos reprodutores [Baixa (n= 30 touros, Média (n= 68 touros) e Alta (n= 131 touros)] e suas interações com a taxa de prenhez de inseminações realizadas em fêmeas de diferentes categorias [Nulípara (n=162.895); Primípara (n=117.30); Multípara (n=479.122) e Solteira (n=44.301)], classe de escore de condição corporal [ECC; Alto (n=211.733); Médio (n=450.265) e Baixo (n=141.630)], grupo genético da matriz [GGM; *Bos indicus* (n=674.849); *Bos taurus* (n=14.629) e Cruzada (n=114.150)] e ordem de serviço [1ª IATF (n=663.919) e Ressincronização (n=139.709)]. As variáveis foram analisadas pelo procedimento GLIMMIX do SAS®, sendo os efeitos de inseminador, fazenda, touro, protocolo de sincronização e raça do touro considerados como aleatórios no modelo estatístico. A classe de fertilidade do touro apresentou efeito significativo ($P < 0.0001$) sobre a P/IATF. Não houve interação entre classe de fertilidade e categoria animal ($P = 0,07$), bem como GGM ($P = 0,16$) sobre a P/IATF. No entanto, foi observado efeito significativo de interação entre classe de fertilidade do touro e classe de ECC ($P = 0,01$) e ordem de serviço ($P = 0,03$). Portanto, a classe de fertilidade do touro contribui significativamente na reposta dos programas de IATF. Não há efeito de interação entre a fertilidade dos touros e as diferentes categorias animais e nos diferentes GGM, no entanto, a ordem de serviço e a classe de ECC alteraram a amplitude de contribuição da classe de fertilidade dos touros sobre a P/IATF.

Palavras-chave: bovinos, reprodução, corte, condição corporal, categoria animal

ABSTRACT

GALVÃO, ALCO. **Bull fertility and their interactions with female-related factors in fixed-time artificial insemination programs.** 2021. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

The present study evaluated the factors that influence the responses of fixed-time insemination programs (FTAI) in commercial beef farms. For this, data from 803,628 FTAI were analyzed. The main objective was to verify the effect of the bull fertility class [Low (n = 30 bulls, Medium (n = 68 bulls) and High (n = 131 bulls)] and their interactions with female-related factors such as animal categories [Nulliparous (n = 162,895); Primiparous (n = 117.30); Multiparous (n = 479.122) and Not Lactating (n = 44.301)], body condition score [BCS; High (n = 211.733); Medium (n = 450.265)) and Low (n = 141,630)], genetic group [GGM; *Bos indicus* (n = 674,849); *Bos taurus* (n = 14,629) and Crossbreed (n = 114,150)] and service order [1st FTAI (n = 663,919) and Resynchronization (n = 139,709)]. The analysis was performed by GLIMMIX procedure of SAS®, with the effects of inseminator, farm, synchronization protocol and bull breed considered as random in the statistical model. The fertility class of bull showed a significant effect (P <0.0001) on P/FTAI. There was no interaction between fertility class and animal category (P = 0.07) and GGM (P=0.16) on P/FTAI, however, a significant effect of the interaction between BCS (P = 0.01) and order of service (P = 0.03) were observed. Therefore, bull fertility class have significant influence on the P/FTAI. There is no interaction effect between the fertility class and the different animal categories and GGM, however, the order of service and BCS have impact on the range of variation of the effect of the fertility class on the P/FTAI.

Keywords: cattle, reproduction, beef, body condition, animal category

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Protocolo de sincronização 4 manejos (9 dias).....	50
Figura 2 – Protocolo de sincronização 3 manejos (8 dias).....	51
Figura 3 – Protocolo de sincronização 3 manejos (9 dias).....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição de estratégias para o estímulo folicular	52
Tabela 2 - Análise descritiva dos dados	54
Tabela 3 - Efeitos aleatórios sobre a P/IATF	55
Tabela 4 - Efeitos fixos sobre a P/IATF	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - P/IATF de acordo com a ordem de serviço	56
Gráfico 2 - P/IATF de acordo com a categoria e a ordem de serviço.....	56
Gráfico 3 - P/IATF de acordo com a ordem de serviço e a categoria animal ...	57
Gráfico 4 - P/IATF de acordo com a classe de ECC	58
Gráfico 5 - P/IATF de acordo com o GGM e a classe de ECC.....	58
Gráfico 6 - P/IATF de acordo com a classe de ECC e o GGM.....	59
Gráfico 7 - P/IATF de acordo com a categoria da matriz	59
Gráfico 8 - P/IATF de acordo com a categoria da matriz e a classe de ECC ...	60
Gráfico 9 - P/IATF de acordo com a categoria da matriz e o GGM	61
Gráfico 10 - P/IATF de acordo com a classe de fertilidade dos touros.....	61
Gráfico 11 - P/IATF de acordo com a classe de fertilidade dos touros e a categoria animal.....	62
Gráfico 12 - P/IATF de acordo com a classe de fertilidade dos touros e o GGM	62
Gráfico 13 P/IATF de acordo com a classe de fertilidade dos touros e a classe de ECC.....	63
Gráfico 14 - P/IATF de acordo com a classe de fertilidade dos touros e a ordem de serviço	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. Fatores que afetam a fertilidade de bovinos de corte.....	17
2.1.1. Aspectos relacionados a fêmea	17
2.1.1.1. Categoria animal	17
2.1.1.2. Escore de condição corporal	20
2.1.1.3. Raça.....	21
2.1.1.4. Ordem de serviço – IATF vs. Ressincronização.....	23
2.2. Protocolos reprodutivos.....	25
2.2.1 Protocolos a base de estradiol e progesterona	25
2.2.2 Relação entre momento da ovulação e fertilidade	29
2.2.3 Relação entre momento da IATF vs. Fertilidade	30
2.3. Aspectos relacionados a machos.....	33
2.3.1. Puberdade e fertilidade de touros	34
2.3.2. Fertilidade de touros em programas de inseminação.....	35
2.3.3. Testes laboratoriais de fertilidade.....	36
2.3.4. Fertilidade a campo	40
2.3.5. Métodos de avaliação de fertilidade	43
2.3.5.1. Testes estatísticos.....	44
2.3.5.2. Genômica	45
2.3.5.3. Avaliações moleculares.....	46
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	49
3.1 Origem e preparo dos dados.....	49
3.2 Distribuição e análise descritiva dos dados.....	52
3.3 Análise estatística	53
4. RESULTADOS	55

5. DISCUSSÃO	64
6. CONCLUSÃO.....	68
Referências	69

1. INTRODUÇÃO

A bovinocultura de corte é uma das principais atividades do agronegócio brasileiro, apresentando o segundo maior rebanho efetivo do mundo, com 232 milhões de cabeças. Neste sentido, o Brasil se posiciona como um dos maiores produtores de carne bovina do mundo, com produção de 9,9 milhões toneladas de equivalente carcaça (USDA, 2019). Em 2019, a pecuária participou com aproximadamente 27% do produto interno bruto (PIB) do agronegócio. Este valor corresponde a 8,5% do PIB do Brasil (ABIEC, 2020). Além dos números expressivos, existe constante busca de ferramentas que tornem os sistemas de produção mais rentáveis, eficientes e sustentáveis.

O sistema de produção de bovinos de corte é dividido em fases de cria, recria e engorda, ou todas juntas em um ciclo completo, que tem diferentes objetivos. A cria é a etapa responsável pela produção e comercialização de bezerros, compreendendo a reprodução e tendo como objetivo obter o maior número e maior peso de bezerros por matriz acasalada, elevando a taxa de natalidade (MARION, 2014; SESSIM, 2016).

A fase reprodutiva apresenta grande influência na rentabilidade na pecuária de corte, chegando a ser 13 vezes mais importante economicamente que características de crescimento (BRUMATTI et al., 2011). Isso ocorre devido ao vínculo da produção de bezerros com a eficiência econômica dos sistemas de produção de bovinos, sendo esses destinados a reposição do rebanho ou para o abate, como uma importante fonte de receita (GONÇALVES et al., 2017). Portanto, o desafio está em tornar essa fase cada vez mais eficiente, aumentando a sustentabilidade da atividade (DAVIS E WHITE 2020).

O desempenho reprodutivo apresenta natureza multifatorial, de forma que, a identificação dos fatores que afetam a fertilidade é essencial para o desenvolvimento de técnicas que possibilitem a maximização da eficiência reprodutiva. Fatores como categoria animal (nulíparas, primíparas e múltíparas), idade da vaca ao parto, status nutricional, escore de condição corporal (ECC), genética e raça apresentam efeito direto na taxa de prenhez e no desenvolvimento da função folicular e luteal em fêmeas bovinas (FERREIRA et al., 2013; GOTTSCHALL, 2011; GRILLO et al., 2015; ONYANGO, 2014; POSSA et al., 2015; SARTORI et al., 2010; SOARES; SALMAN, 2005). Em consonância,

a idade, estágio reprodutivo, manejo, genética e raça afetam a produção e qualidade espermática e conseqüentemente, os índices reprodutivos de machos (DANCE et al., 2015; GUIMARÃES et al., 2011; MELLO, 2013; MORAES, 2012; OLIVEIRA et al., 2014a; SILVA; DODE; UNANIAN, 1993).

Nesse sentido, biotécnicas reprodutivas, tais como a inseminação artificial (IA) e, mais recentemente, a inseminação artificial em tempo fixo (IATF), podem ser utilizadas para melhorar o desempenho reprodutivo de bovinos de corte. Ambas técnicas permitem a utilização de reprodutores de mérito genético superior, o que leva ao aumento do ganho genético, da produtividade dos animais, do controle zootécnico do rebanho e da padronização dos bezerros, além de ser uma técnica que evita a transmissão de doenças sexuais e reduz o custo de reposição com touros (BARUSELLI et al., 2004, 2019; MARTINEZ; FERREIRA; MACHADO, 2000). Como consequência da empregabilidade das técnicas no setor produtivo, foi comercializada mais de 23 milhões de doses de sêmen, segundo o INDEX ASBIA 2020.

Com as grandes vantagens que a IATF proporciona, a biotecnica elimina a necessidade de detecção de estro e permite que vacas em anestro sejam inseminadas (BORGES et al., 2008). Com essa biotécnica reprodutiva a ovulação é induzida e é possível inseminar as fêmeas no mesmo dia e hora pré-determinados, ajustando tanto a inseminação quanto a prenhez para o início da estação de monta e concentrando os nascimentos. Assim, a IATF permite reduzir as exigências de mão-de-obra e realização da inseminação em momentos incorretos. Como consequência, é possível também reduzir a duração da estação de monta, o número de touros em monta, elevando a taxa de prenhez e a eficiência reprodutiva (BARUSELLI et al., 2004, 2019; MARTINEZ; FERREIRA; MACHADO, 2000). Essa biotécnica apresentou um crescimento de 29,7% entre os anos de 2019 e 2020 (INDEX ASBIA, 2020).

Resultados satisfatórios de programas reprodutivos, sobretudo os que se baseiam na inseminação artificial, dependem em grande parte, da utilização de touros com adequada fertilidade (MARTINI, 2019). Mesmo que as partidas de sêmen tenham sido aprovadas em análises convencionais, estas podem apresentar variação na fertilidade final (CELEGHINI et al., 2017, SANTOS, 2016a). As variações na fertilidade entre os ejaculados dos reprodutores, podem ser atribuídas a diferentes fatores, que são de difícil detecção ao considerar

características de qualidade espermática isoladas (CELEGHINI et al., 2017; ZANATTA, 2019). Assim, diversos esforços têm sido aplicados na tentativa de desenvolver métodos de predição de fertilidade de reprodutores em programas de inseminação.

Dentro das metodologias, está a análise de base de informações de taxa de concepção por touro (SCR – sire conception rate). O SCR é um índice baseado nas gestações confirmadas do touro oficialmente gerada pelo USDA nos EUA, considerando vários rebanhos e modelo complexo de avaliação. Esse indicador foi lançado como ferramenta para relatar a fertilidade de touros contratados por centrais de inseminação (NORMAN; HUTCHINSON; WRIGHT, 2008; NORMAN; HUTCHISON; VANRADEN, 2011). O SCR é corrigido para consanguinidade, permitindo incluir múltiplos serviços com até sete IA, além de considerar diferenças ambientais, de manejo e de processamento do sêmen, o que aumenta a acurácia de avaliação, permitindo comparar animais de diferentes centrais. Com isso, é um índice que permite ranquear os touros conforme a fertilidade (HARSTINE; UTT; DEJARNETTE, 2018; UTT, 2016).

Além da iniciativa oficial realizada pelo USDA nos EUA, diversas outras empresas apresentam metodologias de avaliação da fertilidade de touros, especialmente no que se refere a touros de raças especializadas na produção de carne (Alta Genetics – Concept Plus, CRV Lagoa – IFERT, ABS – IATFmax, SEMEX - Fertility First, GENEX - FERT\$). No caso do Concept Plus, o índice também é baseado em dados reais de gestação/prenhez confirmadas e inclui vários fatores que podem afetar a fertilidade, como idade do reprodutor, data da IATF, rebanho, número de serviços, raça do touro e da fêmea, escore de condição corporal da fêmea no início do protocolo, etc. Além disso, o Concept Plus considera fatores adicionais, como efeito do técnico, do sistema de criação, tipo de sêmen (sexado vs convencional), que podem ter grande impacto sobre a fertilidade do touro (FOGAÇA, 2017).

Apesar de os programas estatísticos conseguirem ranquear os touros de acordo com a fertilidade, existem diversos questionamentos sobre a maneira em que a fêmea interfere na taxa de concepção de touros de alta, média ou baixa fertilidade. Assim, ainda não está totalmente elucidada a existência de interações entre as variáveis que afetam a fertilidade de fêmea e a categoria de fertilidade do touro sobre a taxa de concepção. Diante do exposto, objetivou-se com este

trabalho avaliar as características das fêmeas e suas interações com a classe de fertilidade de touros previamente ranqueados em programas estatísticos. A hipótese deste trabalho é de que a fertilidade intrínseca do touro não é alterada pelas características influenciadas pela fêmea.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Fatores que afetam a fertilidade de bovinos de corte

2.1.1. Aspectos relacionados a fêmea

As maiores limitações do desempenho reprodutivo de fêmeas bovinas são a elevada idade ao primeiro parto, as falhas reprodutivas e o período de anestro. O anestro pode ser observado quando a fêmea ainda não atingiu a puberdade sexual ou durante o período pós-parto (ALMEIDA et al., 2013; MELLO, 2014).

Diversos fatores podem levar a essas situações fisiológicas em fêmeas, como presença do bezerro junto a matriz, balanço energético e condição corporal, idade, ordem de parição ou categoria, aptidão da raça, suplementação mineral, manejo reprodutivo, sanidade do rebanho, entre outros (FERREIRA et al., 2013; GOTTSCHALL, 2011; GRILLO et al., 2015; ONYANGO, 2014; POSSA et al., 2015; SARTORI et al., 2010; SOARES; SALMAN, 2005). Em conjunto, esses fatores podem elevar o período de anestro, além de reduzir os índices de prenhez em decorrência da influência negativa sobre o desenvolvimento folicular e a ação de hormônios reprodutivos (ONYANGO, 2014). Em programas de IATF, dentre as principais características das fêmeas que afetam a fertilidade dos programas de inseminação estão: categoria animal, escore de condição corporal, manifestação do estro e diâmetro folicular (ANDRADE et al., 2018; CARVALHO et al., 2019).

2.1.1.1. Categoria animal

Fêmeas bovinas com diferentes ordens de parição ou categoria (nulíparas, primíparas, múltíparas) podem apresentar diferenças no desempenho reprodutivo, com vantagens e limitações específicas que levam a

variações das estratégias de manejo de cada uma (PATTERSON et al., 2013; GRILLO et al., 2015).

A categoria de novilhas (nulíparas) são fêmeas que estão na fase pré-púbere ou entrando na puberdade. Assim, estas ainda não iniciaram a ciclicidade ovariana / vida reprodutiva. Fêmeas jovens devem ser expostas à reprodução quando atingirem, no mínimo, 65% do peso adulto estimado e de acordo com a raça (PATTERSON et al., 2013). A puberdade é atingida através de uma cascata de eventos ocasionado por um complexo mecanismo neuroendócrino que culminam no amadurecimento sexual de novilhas, na apresentação do primeiro estro e ovulação, seguida da capacidade de conceberem e manterem a gestação. A puberdade sexual não é sinônimo de maturidade sexual, apesar desses eventos serem complementares, isso porque, a maturidade só é atingida após três ou quatro ciclos estrais consecutivos e completos, acompanhados de sinais de estro (ALMEIDA et al., 2013; GOTTSCHALL, 2011). Em programas de IATF, a puberdade pode ser induzida com a utilização de protocolos hormonais. A utilização de hormônios como o hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) e progesterona (P4) associados a estrógenos podem otimizar os resultados de protocolos de IATF em novilhas (MELLO, 2019; RODRIGUES et al., 2014).

Fêmeas primíparas necessitam de maior atenção quanto as reservas corporais e condição nutricional. Essa categoria sofre estresse decorrente da primeira parição e precisam utilizar os nutrientes oriundos da alimentação para manter a gestação, lactação e completar o crescimento e desenvolvimento corporal (GRILLO et al., 2015), podendo apresentar menores índices de fertilidade. De fato, tem sido relatado menor taxa de prenhez em primíparas submetidas a programas de IATF em comparação a múltíparas, atribuído a maior exigência de energia para manutenção, crescimento e lactação desta categoria (CUNHA et al., 2013; REBELLO, 2015). Ao avaliar os índices de prenhez em fêmeas Nelore, Oliveira; Bonato; Santos (2011) observaram menores valores para primíparas submetidas a mesmo manejo que múltíparas. Assim, para que as fêmeas primíparas apresentem bom desempenho na próxima concepção, é necessário que tenham adequada condição nutricional no período do primeiro parto (OLIVEIRA; BONATO; SANTOS, 2011; GRILLO et al., 2015). Após a recuperação do primeiro parto, estudos mostram que estas fêmeas estão aptas a se tornarem gestantes em intervalos regulares de tempo (VIU et al., 2008). Em

programas de IATF, podem ser utilizados hormônios no início da estação de monta para induzir o cio e antecipar a primeira ovulação pós-parto de fêmeas primíparas, aumentando a taxa de prenhez (CUNHA et al., 2013; MENEGHETTI; VASCONCELOS, 2008).

As fêmeas multíparas, que já tiveram dois ou mais partos, podem apresentar maiores taxas de prenhez comparadas a nulíparas e primíparas, por apresentarem menor demanda de energia em decorrência do desenvolvimento corporal completo e por já terem atingido a maturidade sexual. Considerando que essas fêmeas já se encontram na fase adulta, o sucesso reprodutivo delas depende mais das condições ambientais e de manejo (GRILLO et al., 2015; REBELLO, 2015).

O vínculo entre a matriz e o bezerro também influencia o desempenho reprodutivo, podendo resultar no atraso do retorno à ciclicidade após o parto, elevando o anestro e o intervalo entre partos (IEP). O bezerro promove estímulo na vaca durante a sucção que leva ao aumento da sensibilidade do centro gerador de pulsos de GnRH no hipotálamo ao efeito de retroalimentação negativa do 17β -estradiol ovariano, devido a liberação de opióides endógenos pelo hipotálamo (STEVENSON et al., 1994). Esse mecanismo fisiológico culmina na supressão da liberação de pulsos de LH, falha do desenvolvimento folicular e da ovulação, aumentando o anestro pós-parto (MURPHY; BOLAND; ROCHE, 1990).

Em vacas com bezerro ao pé, o folículo dominante entra em atresia antes de ter capacidade de produzir quantidades suficientes para indução do pico de LH (WILTBANK et al., 2002). Além disso, a produção de leite para amamentação do bezerro, eleva a demanda nutricional das vacas para estarem aptas a reprodução, uma vez que a lactação é dominante sobre outras atividades fisiológicas como a reprodução (BAUMAN, 2000). Vasconcelos; Vilela; Sá Filho (2009), ao avaliar o impacto da remoção temporária dos bezerros sobre os índices de prenhez de fêmeas Nelore submetidas a protocolos de IATF, concluíram que a remoção foi benéfica para aumentar esse índice, elevando a fertilidade e a frequência de pulsos de LH, taxa de crescimento folicular e ovulação. Em contrapartida, fêmeas solteiras submetidas a programas de IATF tendem a apresentar maiores taxas de prenhez, por não estarem amamentando e apresentarem maior escore de condição corporal e maior resposta ao protocolo

de sincronização por retornarem a sua função ovariana cíclica (BRANDÃO, 2012). Brandão (2012) relatou taxas de prenhez de 80,7% para vacas solteiras em comparação a múltiparas (57,6%) e primíparas (45,8%) quando estas apresentavam bezerro ao pé. Assim, vacas solteiras em bom estado nutricional, tendem a estar ciclando e apresentarem melhor desempenho reprodutivo que fêmeas com bezerro ao pé.

2.1.1.2. Escore de condição corporal

Assim como a categoria da fêmea, as condições nutricionais apresentam grande influência na fertilidade. Isso porque, vacas sem ou com poucas reservas corporais e em déficit energético são mais pré-dispostas a apresentar enfermidades e distúrbios metabólicos, levando a baixa eficiência reprodutiva. Fêmeas bovinas necessitam de reservas corporais, na forma de gordura, para serem utilizadas como energia para o crescimento, metabolismo basal, funções reprodutivas da puberdade à maturidade sexual até ficarem gestantes, parirem e iniciarem a lactação, além da manutenção da saúde geral (WRIGHT et al., 1987). Assim, as fêmeas estarão em plena forma no âmbito produtivo e reprodutivo quando apresentarem reservas corporais equilibradas, sendo a cobertura de gordura um dos principais indicativos da quantidade dessas reservas (SOARES; SALMAN, 2005).

A avaliação de ECC é uma ferramenta prática para análise dos depósitos corpóreo de tecidos adiposo e massa muscular. Os métodos de avaliação podem variar conforme a metodologia ou raça, porém, de maneira geral, os valores de escores mais altos indicam animais com maior reserva corporal (LAGO et al., 2001) e estes são atribuídos considerando a quantidade de reservas teciduais, como gordura e músculos. Realizada através de avaliação visual, a observação de ECC considera áreas como costelas, processos espinhosos e transversos da coluna vertebral, vazios, ponta do osso íleo, base da cauda, osso sacro e vértebras lombares (MACHADO et al., 2008).

A análise de ECC é uma ferramenta prática, que apresenta baixo custo de mensuração, é útil para monitorar a condição nutricional e elaborar estratégias alimentares, detectar diferenças entre os grupos de animais e auxiliar na formação de grupos de manejo, além de indicar condição para entrada em

reprodução e para manter uma gestação até o parto (RICHARD; SPITZER; WARNER, 1986). Isso porque, as informações de escore são mais representativas que o próprio peso, visto que, indica o status nutricional e metabólico dos animais. Assim, a avaliação do ECC em fêmeas possibilita tomadas de decisões que podem agregar na melhoria dos índices de prenhez e fertilidade (FERREIRA et al., 2013).

Fêmeas com ajustado ECC, parem e retornam ao cio em menos tempo, apresentam menor IEP, e obtêm maiores índices de reconcepção nos serviços realizados, índices de fertilidade ao final da estação reprodutiva e peso dos bezerros (NOGUEIRA et al., 2015). Avaliando fêmeas Nelore submetidas a um programa de IATF, Ferreira et al. (2013) observaram que vacas que apresentam ECC acima de 2 (considerando escala de 1 a 5) (Houghton et al., 1990) mostram ciclicidade normal. Em adição, fêmeas Nelore classificadas com ECC entre 3 e 4 apresentaram 86,5% de prenhez e com ECC entre 2 e 2,5 apresentaram 65,9% de prenhez, atribuída a maior taxa de sincronização para fêmeas de maior ECC (FERREIRA et al. 2013). Em consonância, para Torres; Tineo; Raidan (2015), fêmeas Nelore submetidas a IATF com ECC mínimo de 2,25 apresentam ciclicidade e taxa de prenhez acima de 60%, confirmando o efeito da nutrição sobre o desempenho reprodutivo. Ainda assim, a inclusão de hormônios como gonadotrofina coriônica equina (eCG) nos protocolos de IATF possibilita uma maior eficiência no desenvolvimento folicular, colaborando com a indução da ovulação em vacas com baixo ECC, provavelmente, pela ação deste hormônio compensando a baixa pulsatilidade de LH dos animais mais magros (DIAS et al., 2013; FARIAS; DE FREITAS; BRAUNER, 2018). Nesses cenários, a condição corporal pode não influenciar na taxa de prenhez.

2.1.1.3. Raça

Assim como a idade a puberdade, a fertilidade sexual e o desempenho reprodutivo podem ser afetados pela raça (SARTORI et al., 2010). Estudos demonstram que fêmeas zebuínas podem apresentar maior idade ao primeiro parto (SARTORI et al., 2010), porém, tem maior aptidão nos processos de involução uterina (MARTINS; BORGES, 2011). Em animais taurinos a manifestação da puberdade ocorre entre 9 a 12 meses, enquanto em zebuínos

varia entre 16 a 40 meses (SARTORI et al., 2010). Por outro lado, animais zebuínos apresentam maior rusticidade e adaptabilidade, resultando na elevada longevidade reprodutiva. As matrizes zebuínas apresentam características intrínsecas que facilitam o parto, como garupa com boa angulosidade e boa abertura pélvica, boa habilidade materna, instinto de proteção ao bezerro e menor custo de manutenção (BATTISTELLI, 2012).

Fêmeas zebuínas apresentam gestação com duração de, em média, 292 dias e mais longa que as taurinas (PASCHAL; SANDERS; KERR, 1991). A duração do estro também é diferente para essas espécies, sendo a menor duração e a manifestação no período noturno em fêmeas zebuínas, fatores que dificultam a observação. Fêmeas zebuínas apresentam duração de estro em torno de 10 a 12 horas, comparada à média de 16 horas de duração em fêmeas taurinas (MIZUTA, 2003; SARTORI et al., 2010). Animais zebuínos apresentam maior incidência de três ondas foliculares, enquanto taurinos apresentam predominância de duas ondas foliculares (BARUSELLI; GIMENES; SALES, 2007; RHODES et al., 1995). Fêmeas *bos indicus* também recrutam maior número de folículos por onda de crescimento folicular e apresentam menor diâmetro folicular em relação a fêmeas *bos taurus* (CARVALHO et al., 2008; SARTORI et al., 2010). Os corpos lúteos de zebuínos podem variar de 17 a 21 mm de diâmetro e de taurinos de 20 a 30 mm de diâmetro (BARUSELLI; GIMENES; SALES, 2007; RHODES et al., 1995). Também são observadas variação na concentração de P4 produzida pelo CL, sendo os menores valores apresentados por zebuínos (BARUSELLI; GIMENES; SALES, 2007; SEGERSON et al., 1984).

Assim, animais taurinos e zebuínos apresentam características intrínsecas que levam a variações no desempenho reprodutivo. Além disso, apesar dos esforços para aumentar a precocidade sexual de animais zebuínos com a seleção genética, o desempenho ainda é inferior a animais taurinos ou cruzados (BARUSELLI; GIMENES; SALES, 2007; SARTORI et al., 2010). Desta forma, é crescente o interesse no cruzamento racial, a fim de aproveitar as vantagens reprodutivas de cada raça e os efeitos da heterose e complementariedade delas, que é o ganho genético decorrente da combinação de características intrínsecas entre as raças. O cruzamento entre raças e espécies bovinas possibilita reunir as características desejáveis dos animais,

obtendo uma rápida incorporação do mérito genético desejado (REGGIORI et al., 2016).

A IATF pode ser utilizada para ampliar o uso da inseminação artificial eliminando a necessidade da detecção do estro que em raças zebuínas apresenta curta duração, conforme mencionado, sendo uma limitação para eficiência da inseminação convencional (SARTORI et al., 2010).

As diferenças fisiológicas e no desempenho reprodutivo de fêmeas taurinas e zebuínas devem ser consideradas para definição dos protocolos de IATF, além disso estimulação ou variação na dosagem hormonal podem ser utilizadas para contornar limitações específicas de cada raça (MELLO, 2019). Por exemplo, o eCG pode ser utilizado para aumentar o diâmetro do folículo pré-ovulatório no momento da IATF, melhorando a taxa de ovulação e aumentando as concentrações plasmáticas de progesterona durante a fase luteal subsequente (MELLO et al., 2014). Carvalho et al. (2008) relatou que novilhas *Bos indicus* podem manter concentrações mais altas de progesterona circulante que novilhas *Bos taurus*, assim são mais sensíveis a altas concentrações deste hormônio, podendo levar a supressão da pulsatilidade de LH e a redução do crescimento folicular durante o protocolo de sincronização, além de aumentar o período até a ovulação.

2.1.1.4. Ordem de serviço – IATF vs. Ressincronização

São várias as biotecnologias desenvolvidas que podem ser utilizadas no manejo reprodutivo de fêmeas bovinas, como a ressincronização da ovulação, que é uma sincronização da ovulação da matriz, previamente inseminada, sem que haja necessidade do estado gestacional, que surgiu da necessidade de reduzir o período entre cada protocolo de IATF. Assim, essa técnica pode ser realizada após a IA convencional ou ITAF e possibilita re-inseminar as fêmeas que não conseguiram engravidar após a primeira sincronização de seus estros (BARUSELLI et al., 2017; MARQUES et al., 2012; SÁ FILHO et al., 2014).

Apesar dos custos adicionais com o protocolo de ressincronização, essa biotécnica pode levar a um aumento na taxa de prenhez, a eliminação da necessidade de detecção do estro, melhorando a eficiência reprodutiva devido ao menor intervalo de partos e duração da estação de monta, com altas taxa de

serviço (BARUSELLI et al., 2017; FREITAS et al., 2007; MARQUES et al., 2012). Outra vantagem dessa biotécnica é a possibilidade de reduzir o número de touros de repasse utilizados, o que não é possível com apenas a IATF, visto com apenas essa técnica, as fêmeas vazias retornam ao cio simultaneamente (MARQUES et al., 2012), e a taxa de serviço vai depender do retorno ao estro dessas fêmeas (BARUSELLI et al., 2017). Freitas et al. (2007) avaliando a taxa de prenhez em fêmeas submetidas a IATF e IATF seguida de ressincronização, observaram valores 25% superiores (50% vs. 75%) na prenhez acumulada com a união das duas técnicas. Além disso, o autor relatou que foi possível proporcionar duas oportunidades de inseminação para as vacas tratadas em um período de 42 dias.

Existem dois momentos para a realização da ressincronização que são importantes para o sucesso dela, que é antes do diagnóstico de gestação (entre o 19° e o 23° dia após a primeira IATF) ou no momento do diagnóstico de gestação. A realização da ressincronização no primeiro momento tem como vantagem possibilitar que a fêmea se torne gestante no início da estação de monta, aumentando a eficiência reprodutiva, apesar de aumentar o gasto com hormônios em fêmeas que já estavam gestantes. Por outro lado, a ressincronização no momento do diagnóstico, também reduz o intervalo entre as inseminações e permite que apenas as fêmeas não gestantes recebam o tratamento de ressincronização (MARQUES et al., 2012; SÁ FILHO et al., 2014).

Os protocolos de ressincronização iniciados antes do diagnóstico de gestação são semelhantes aos empregados na primeira IATF com o uso de implante intravaginal de progesterona e aplicação intramuscular de benzoato de estradiol (BE). Com isso, alguns hormônios podem afetar a gestação das fêmeas que foram tratadas e estavam prenhes, é o caso do BE que apresenta efeito luteolítico (QUEIROZ, 2019). Outra alternativa é a ressincronização sem o uso de estradiol no início do tratamento, baseando-se no uso de uma alta dose de P4 injetável no momento da inserção de dispositivo de P4 14 dias após a IATF, induzindo a emergência de uma nova onda de crescimento folicular (PUGLIESI et al., 2017). Ainda assim, Sá Filho et al. (2014) comparando o uso de BE e GnRH no protocolo de ressincronização 22 dias após a primeira IATF em novilhas Nelore, observaram que o grupo tratado com BE apresentou maior

prenhez por IA e este hormônio não levou a efeitos deletérios a prenhez oriunda da primeira IATF.

É importante ressaltar que, embora essa biotécnica apresente benefícios, há algumas limitações como a exigência de um rigoroso controle do rebanho, com identificação dos animais e controle do status reprodutivo; além do aumento do manejo dos animais que estão em fases mais sensíveis, como as recém paridas ou gestantes (MARQUES et al., 2012). Assim, faz-se necessário mais estudos para avaliar o efeito dessa técnica e dos hormônios utilizados para a condução dela sobre a taxa final de prenhez e a produção de bezerros.

2.2. Protocolos reprodutivos

2.2.1 Protocolos a base de estradiol e progesterona

Os protocolos de sincronização para IATF são utilizados para induzir a emergência de uma nova onda folicular, controlar a duração do crescimento folicular até o estágio pré-ovulatório, sincronizar a inserção e a retirada da fonte de progesterona endógena ou exógena (implante auricular ou dispositivo intravaginal), além de induzir a ovulação sincronizada em todos os animais (BARUSELLI et al., 2004).

Os protocolos de IATF são baseados, principalmente, na combinação de progesterona e estradiol, isso porque o comportamento estral é dependente de uma exposição a progesterona, que deve estar presente durante um determinado período antes das fêmeas serem expostas ao estradiol. Assim, a progesterona do primeiro corpo lúteo formado após a ovulação pós-parto ativa o eixo hipotalâmico-hipofisário das vacas, aumentando a sensibilidade delas ao estradiol. Quando o segundo grupo de folículos promove a secreção de estradiol após o anestro, as vacas demonstram comportamento estral, devido a ativação do eixo hipotalâmico-hipofisário (SENGER, 2003). Enquanto a previa exposição à progesterona reduz a lise precoce do corpo lúteo, o contato com estradiol pode promover a regulação da cascata hormonal, sincronizando a ovulação e reestabelecendo a liberação de hormônios que levam a ciclicidade (DE ALMEIDA et al., 2016).

A secreção de P4 é estimulada, principalmente, por LH e é fundamental para o desenvolvimento embrionário e manutenção da gestação (SILVEIRA, 2010). Os progestágenos são compostos sintéticos que possuem ação semelhante a P4, mimetizando a fase luteal do ciclo estral (RIBEIRO, 2011). Esses compostos e P4 preparam o endométrio para a implantação e manutenção da prenhez, além de levar a indução dos sinais do cio juntamente com os estrógenos. Além disso, progestágeno e P4 também atuam no desenvolvimento do tecido mamário e na inibição do cio e do pico pré-ovulatório de LH em concentrações elevadas (HAFEZ; HAFEZ, 2004; CASTILHO, 2015).

A utilização de progestágenos exógenos em vacas em anestro mantêm a P4 circulante em concentrações abaixo das encontradas na fase luteal, isso faz com que ocorra um padrão secretório de LH característico da fase folicular, sendo de alta frequência e baixa amplitude. Esse padrão faz com o folículo continue crescendo e ocorra maior produção de E2, o que leva ao pico de LH e a ovulação (MADUREIRA, 2000). Em contrapartida, a aplicação de progestágenos em vacas que apresentam ciclicidade normal e presença do CL, pode levar ao aumento nas concentrações séricas de P4 a níveis que diminuem a pulsatilidade do LH, diminuindo o tamanho do folículo dominante (MADUREIRA, 2000). Nesse sentido, é importante observar o estágio reprodutivo dos animais para administração de progestágeno. Ainda assim, a utilização de progestágenos resulta em taxas de prenhez entre 40 a 63% (VIANA, 2016). Além disso, a baixa taxa de serviço, seja por deficiências de manejo na detecção do cio ou pelo anestro no período pós-parto, comprometem a eficiência de programas reprodutivos, de forma que, o uso de protocolos funcionais para fêmeas que apresentam anestro é essencial (SEVERO, 2009).

A P4 pode ser administrada através de implantes auriculares, via oral pela alimentação (BARUSELLI et al., 2004) ou injetáveis (MOROTTI et al., 2018), porém a administração realizada com auxílio de dispositivo intravaginal bovino (DIB) para liberação lenta do hormônio tem sido a mais utilizada. Isso porque, para exercerem seu papel fisiológico, é necessário a administração desses hormônios com liberação lenta, contínua e constante (MACHADO et al., 2020). Esses dispositivos podem ser utilizados por um período de sete a 12 dias dependendo do protocolo estabelecido (SALA et al., 2014).

O DIB é um dispositivo em forma de cruz e de silicone, homogeneamente embebida com progesterona natural com quantidade de, aproximadamente, 1,5 g (FERNANDES, 2010). Esses implantes têm se mostrado altamente eficazes para administração de progestágenos, por apresentar eliminação homogênea e administração controlada de forma precisa pela remoção do mesmo (PEREIRA, 2009). Por outro lado, a alta incidência de vaginites em fêmeas bovinas que receberam implantes intravaginal de progesterona tem sido um empecilho a sua adoção, pois pode levar ao desenvolvimento de infecção na vagina e útero, endometrite e inflamação no epitélio vaginal causando descarga vaginal, além de, se reutilizado, aumenta a transmissão de doenças sexualmente transmissíveis (HERRMANN; WALLACE, 2007; MANSANO et al., 2013). Ainda assim, estudos demonstram que as descargas vaginais não comprometem os índices de prenhez, apesar de afetarem o bem-estar animal (GRAAFF; GRIMARD, 2017).

O implante auricular atua inibindo o pico pré-ovulatório de LH e a manifestação do estro (ALMEIDA et al., 2006). Em contrapartida, a utilização de implantes auriculares com P4 e a administração de gonadotrofina coriônica equina no dia da retirada do implante, levou ao aumento no crescimento do folículo dominante entre o 9º e 11º dia do protocolo, número de ovulações e taxa de prenhez em fêmeas Nelore (SÁ FILHO et al., 2010a). Contudo, quando é utilizado mais de um implante auricular, os pulsos de LH podem ser suprimidos (SANCHEZ et al., 1995). Além disso, a aplicação e retirada desse tipo de dispositivo demanda mais tempo e cuidado com os animais, comparado com outros implantes (CEREZETTI et al., 2019).

A administração de P4 injetável tem como benefícios a redução dos custos, manejo e descarte dos dispositivos, além das vantagens sanitárias e higiênicas (MOROTTI et al., 2018). No entanto, a ação da P4 injetável ainda não está totalmente elucidada. Ainda assim, estudos tem demonstrado taxas de prenhez similares com protocolo utilizando P4 injetável e implante intravaginal (CAMPOS et al., 2016).

Os estrógenos, como o E2, possuem diversas funções na fisiologia reprodutiva como a manifestação do estro e de características sexuais secundárias, além da indução da liberação do GnRH e do LH (HAFEZ; HAFEZ, 2004; PIMENTA, 2014). Esses hormônios podem ser utilizados a partir de três

formas exógenas, que são o BE, cipionato de estradiol (CE) e valerato de estradiol (VE). A utilização de BE ou CE não apresenta diferenças quanto a dinâmica ovariana e a taxa de concepção de fêmeas bovinas, com eficiência semelhante na dinâmica folicular. Porém, a utilização de CE em protocolos de IATF apresenta maior aplicabilidade prática, com redução no manejo e menor custo operacional (ANDRADE et al., 2012). Ao ser utilizado em protocolos de inseminação, o E2 pode apresentar duas funções: 1) provocar atresia dos folículos existentes, quando aplicado no início do protocolo juntamente com progestágenos, induzindo o surgimento de uma nova onda folicular entre 3 a 5 dias após a aplicação e assegurando a presença de um folículo novo e um ócito viável para prosseguir com o protocolo; 2) favorecer a liberação de GnRH, aumentando o pico de LH e levando a ovulação, quando a aplicação do estrógeno é realizada na retirada do dispositivo progestágeno, reduzindo o período para a realização da IATF (PERALTA-TORRES et al., 2010). Além disso, Pereira et al. (2013), comparando protocolo de sincronização com e sem estradiol e inclusão de GnRH, relataram que o tratamento à base de E2 e P4 reduziu a perda gestacional entre os dias 32 a 60, além de aumentar a proporção de vacas que manifestaram estro antes a IA, atribuído a melhoria da fertilidade.

O uso de P4 em associação com BE, em protocolos no início do tratamento hormonal, promove a sincronização da ovulação e da gestação, ao sincronizar a indução de uma nova onda de crescimento folicular (BÓ; BARUSELLI; MARTINEZ, 2003; MARTÍNEZ et al., 2000). Após o início do tratamento com essa combinação hormonal, a emergência da nova onda de crescimento folicular ocorre em cerca de quatro dias (CACCIA; BÓ, 2008), devido à supressão temporária do FSH e LH e a atresia do folículo dominante (DISKIN; AUSTIN; ROCHE, 2002).

Em resumo, protocolos que tem como base estrógeno e progestágeno são caracterizados pela inserção de um implante contendo o segundo hormônio associado à administração de BE no D0, tendo como objetivo dar início a uma onda folicular. A retirada do implante é realizada dos dias 7, 8 ou 9, seguida da administração de PGF2 α , que vai induzir a luteólise e minimizar o nível de P4 circulante. Passadas 24 horas, é realizada novamente a administração de BE, sincronizando a ovulação, pois induz um pico de LH a partir de um *feedback* positivo pré-ovulatório ao GnRH, sendo a IA realizada de 30 a 36 horas após a

aplicação (FURTADO et al., 2011). Outra opção é a administração de CE na remoção do dispositivo (FRANÇA et al., 2015; TORRES-JÚNIOR et al., 2014).

Para melhoria do desempenho reprodutivo, diversas alterações nos protocolos a base de estradiol e progesterona tem sido realizadas e avaliadas, como o momento de aplicação, as doses hormonais, duração do protocolo, entre outras. Os hormônios utilizados para realização de IATF apresentam vantagens e desvantagens intrínsecas, mas também depende de fatores relacionados aos animais que determinam seu sucesso ou fracasso. A avaliação desses fatores é essencial para ampliar a adoção da técnica de IATF, maximizando os índices reprodutivos e reduzindo os custos de adoção.

2.2.2 Relação entre momento da ovulação e fertilidade

O momento da ovulação apresenta grande importância no sucesso de protocolos de IATF, pois determina a sincronização entre a ovulação e a inseminação, fator decisivo para a ocorrência da fecundação (DADARWAL et al., 2013). Se a inseminação for realizada muito antes da ovulação, os espermatozoides permanecerão no trato reprodutivo um longo período até a fecundação. Como resultado, podem ocorrer danos ao DNA do espermatozoide, afetando o desenvolvimento embrionário. Em adição, um período prolongado entre o momento da ovulação e a fecundação provoca danos ao oócito, diminuindo a taxa de fecundação (ROELOFS et al., 2006). Por outro lado, se a inseminação for realizada muito perto do momento da ovulação, as taxas de fecundação podem ser reduzidas, pois são necessárias oito horas para a completa capacitação do espermatozoide e que este atinja o oviduto (HUNTER; WILMUT, 1983). Assim, o recomendado é que a inseminação seja realizada entre 12 e 24 horas antes da ovulação, resultando em maiores taxas de produção de embriões viáveis (68%) comparada a inseminação após a ovulação (6%) (ROELOFS et al., 2006).

O diâmetro folicular pode ser utilizado para definir o momento da inseminação (PFEIFER et al., 2015), pois é um indicador da capacidade funcional e da maturidade, além de estar associado a maiores concentrações de estradiol, o que influencia a fertilização, por auxiliar no transporte espermático e favorecer a concepção (PERRY et al., 2007; SÁ FILHO et al., 2010b). Além

disso, fêmeas com folículos menores no momento da IATF apresentam ovulação mais tardia, que fêmeas que apresentam folículos maiores (PFEIFER et al., 2015). Para este parâmetro, deve ser considerada também a raça da fêmea, visto que fêmeas zebuínas apresentam ovulação com um diâmetro inferior ao de fêmeas taurinas (SARTORI et al., 2010).

Outro indicador da ovulação é o comportamento estral, pois a ovulação ocorre, geralmente, entre 28 e 30 horas após o início do estro, de forma que, o momento ideal para inseminação é próximo ao fim deste (PTASZYNSKA, 2007). Fêmeas que exibem cio apresentam maiores taxas de prenhez (SÁ FILHO et al., 2010b), atribuído às maiores concentrações de estradiol no momento da inseminação, o que altera o ambiente uterino, propiciando maior longevidade e motilidade espermática (SOUZA, 2019). O estro também é um indicativo de fêmeas que apresentam folículo com maior diâmetro, maior taxa de ovulação e maior função luteínica (SÁ FILHO et al., 2011). O atraso da realização da inseminação em relação ao início do cio, poderia aumentar as taxas de concepção por ser realizada mais próxima da ovulação. Por outro lado, essa técnica pode diminuir a qualidade embrionária em comparação a inseminações realizadas no início do cio (DALTON et al., 2001; SAACKKE, 2008), devendo ser avaliado o momento ideal de realização.

O momento da ovulação também pode ser influenciado pelos protocolos hormonais utilizados, visto que os hormônios possuem diferentes padrões de metabolização, provocando o pico de LH em diferentes momentos (SALES et al., 2012). Nesse sentido, Gindri et al. (2017) avaliando a relação entre o momento da ovulação e diferentes protocolos em bovinos, relataram que as fêmeas que receberam BE apresentaram ovulação mais próxima da retirada do dispositivo de progesterona, além de apresentar menor variação no momento da ovulação. Em contrapartida, estudos demonstraram não haver diferenças no momento da ovulação com BE ou cipionato de estradiol (SALES et al., 2012), e com BE ou GnRH (SOUZA et al., 2009). Essas diferenças podem estar relacionadas ao momento da administração dos hormônios indutores da ovulação. Assim, esse efeito deve ser avaliado no momento da definição dos protocolos de IA.

2.2.3 Relação entre momento da IATF vs. Fertilidade

As taxas de prenhez também são influenciadas pelo momento de realização da IATF, o que é atribuído, parcialmente, pela relação do tamanho do folículo no momento da inseminação e a fertilidade. O tamanho do folículo dominante também está associado a maiores concentrações de estradiol, o que conforme mencionado é relacionado a melhoria nas taxas de concepção (SÁ FILHO et al., 2010b). De fato, Pugliesi et al. (2016) relataram menores taxas de concepção e taxa de ovulação em fêmeas Nelore que apresentaram menor diâmetro folicular no momento da IATF.

Ainda assim, há relatos divergentes quanto a associação do momento da IATF e a fertilidade de bovinos. Silva et al. (2008), avaliando desempenho de novilhas Nelore, não observaram influência do momento da IA sobre a fertilidade de novilhas, considerando 1º e 2º IATF, bem como a acumulada. De maneira semelhante, Diniz; Andrade; Norte (1983) não observaram efeito na fertilidade de fêmeas zebuínas, inseminadas de oito a mais de 14 horas após a detecção do estro. Em contrapartida, Martinez et al. (2004), avaliando rebanhos leiteiros, relataram redução na fertilidade de fêmeas inseminadas tardiamente, mais de 30 horas após o início do estro. Essas diferenças podem estar relacionadas a maior ou menor variação no diâmetro dos folículos das fêmeas avaliadas, conforme mencionado, podendo afetar a ocorrência da ovulação e levando a necessidade de adequar o momento da inseminação (PFEIFER et al., 2015).

Além disso, outros fatores, além do diâmetro do folículo e ocorrência da ovulação, podem estar associados a maior fertilidade em resposta ao momento da realização da IATF (MION, 2018; SILVA et al., 2008). Entre esses fatores estão características intrínsecas das fêmeas, como ECC, categoria e raça, que foram mencionados anteriormente.

Em adição, pode ser observada influência do touro e do tipo de sêmen utilizado na relação entre momento da IATF e fertilidade. A preferência na obtenção de bezerros machos ou fêmeas dependendo dos objetivos produtivos (SILVA et al., 2008), fez com que fosse desenvolvido técnicas que permitem modificar a proporção entre os sexos das crias, como a sexagem. A técnica da sexagem, com a separação dos espermatozoides que carregam o cromossomo Y e os que carregam o cromossomo X, é realizada baseando-se nas diferenças do conteúdo do DNA das células espermáticas e utilizando citometria de fluxo (GARNER; SEIDEL JUNIOR, 2008).

Apesar do sucesso dessa técnica, alguns estudos têm demonstrado que pode haver uma relação entre sêmen sexado e a menor fertilidade da IATF, isso devido a uma capacitação precoce e um menor tempo de sobrevivência do espermatozoide no trato reprodutivo da fêmea (BARUSELLI et al., 2007; JOHNSON; WELCH, 1999). O processo de sexagem pode ser prejudicial ao espermatozoide, em função do tempo de processamento e danos causados pela passagem do equipamento. Com isso, espermatozoides que hiperativam mais cedo apresentam menor período de sobrevivência no oviduto da vaca comparado aos que levam mais tempo para apresentar hiperativação (PFEIFER et al., 2019), assim, apresentam menor capacidade de fertilizar oócitos de fêmeas que apresentam maior período até a ovulação. Isso porque, a hiperativação ativa a capacitação do espermatozoide, aumentando as taxas metabólicas, gerando maior influxo de Ca^{2+} e exocitose do acrossoma (BLEIL; BEALL; WASSARMAN, 1981).

A menor fertilidade com sêmen sexado, além da longevidade de sobrevivência, também pode ser atribuída a reduzida concentração espermática (DEJARNETTE et al., 2010) e alterações na criotolerância (HOLLINSHEAD et al., 2003), causados por estresse químico e físico (SEIDEL JUNIOR, 2007). Além disso, as doses de sêmen sexado também apresentam padrão alterado de movimentação espermática, resultando em dificuldade de sedimentação dos espermatozoides e em uma menor recuperação celular e quantidade de oócitos que poderiam ser fecundados (DELL'AQUA JR et al., 2006). Esses fatores levam a menores taxas de prenhez com o uso de sêmen sexado, que fica em torno de 60% da observada com o uso de sêmen convencional (BARUSELLI et al., 2007; BODMER et al., 2005), e as perdas embrionárias com o uso de sêmen sexado chega a 17% (BODMER et al., 2005).

Uma alternativa para contornar esse problema é a realização da inseminação em um período mais próximo ao momento da ovulação, com melhorias na taxa de concepção utilizando sêmen sexado (SALES et al., 2011). De acordo com Sales et al. (2011), o atraso no momento da inseminação para 60 horas após a retirada do dispositivo provoca aumento na taxa de prenhez de fêmeas inseminadas com sêmen sexado. Gerhardt et al. (2012) avaliando taxa de concepção de vacas com uso de sêmen sexado e convencional, relataram que as fêmeas inseminadas 12 e 15 horas após a observação do cio

apresentaram valores de 37,04 e 50%. Além disso, o atraso de 3 horas na inseminação resultou em taxa de prenhez similar a obtida com o uso de sêmen convencional (GERHARDT et al., 2012). Nesse sentido, a utilização de protocolos que possibilitem a sincronização da ovulação com o momento da realização da IA pode aumentar a eficiência nos programas de inseminação, por favorecer a fertilização (BARUSELLI et al., 2007).

A diferenciação sexual da progênie, mesmo sem o uso de sêmen sexado, pode ser observada com a variação no momento da realização da inseminação. De fato, Martinez et al. (2004) relatou que o momento de realização da IA levou a um maior percentual de fêmeas (73,05%) quando as inseminações foram realizadas entre oito e 18 horas após a detecção do cio, e menor (27,94%) quando realizadas com mais de 30 horas após a detecção do cio. Em consonância, Silva et al. (2008) relataram que relação macho/fêmea apresentou correlação significativa ($r=0,93$) com o momento da IA, sendo a maior proporção de fêmeas obtidas quando a inseminação foi realizada nas primeiras horas após a aplicação de GnRH. Esse comportamento ocorre em virtude de os espermatozoides portadores do cromossomo Y capacitarem-se mais cedo. Quando a inseminação é realizada próximo a ovulação, uma maior proporção dos espermatozoides carreadores do cromossomo Y estarão capacitados no momento da chegada do ovulo no oviduto, influenciando a obtenção de embriões machos (PELLEGRINO et al., 2003; SILVA et al., 2008).

2.3. Aspectos relacionados a machos

Para sistemas de produção de bovinos de corte, a fertilidade do touro apresenta grande importância e tem impacto multiplicador sobre os índices econômicos e produtivos do rebanho (OLIVEIRA et al., 2011). Individualmente, a fertilidade do macho tem maior impacto no rebanho que a da fêmea, uma vez que o touro deixa um maior número de filhos, seja em monta natural ou na IA. Desta forma, a taxa de prenhez do rebanho depende, em sua maioria, da fertilidade dos touros utilizados. Isso faz com que a avaliação dos fatores que influenciam a fertilidade dos touros e métodos de análise que permitam identificar os animais com maior potencial reprodutivo seja de grande importância para o sucesso da bovinocultura.

2.3.1. Puberdade e fertilidade de touros

As funções do touro utilizado em um sistema de monta natural são identificar as fêmeas em cio, através do olfato e da visão, realizar a monta e emprenha-las (BLOCKEY 1976). O sucesso dessa atividade só será atingido se o touro se apresentar púbere, fértil com produção espermática de qualidade e em quantidade, com libido e habilidade física.

A utilização de animais com menor idade a puberdade tem grande influência na taxa de desfrute, pois diminui a entrada dos animais na fase reprodutiva, mesmo em rebanhos submetidos a estação de monta. Além disso, a puberdade precoce aumenta a qualidade do sêmen, o que melhora o desempenho reprodutivo (COSTA-SILVA et al., 2013; MELLO, 2013). Os eventos fisiológicos que levam a puberdade são induzidos por mudanças endócrinas associadas ao desenvolvimento corporal e o ganho médio diário (BLOM, 1973; LUNSTRA; FORD; ECHTERNKAMP, 1978), cuja velocidade depende da raça, idade, manejo, nutrição, condições climáticas e componente genético (LUNSTRA; FORD; ECHTERNKAMP, 1978; MELLO, 2013). Em estudo clássico, Wolf; Almquist; Hale (1965) definiram puberdade como a idade que o macho apresenta concentração de 50 milhões de espermatozoides e ejaculado com 10% de motilidade espermática. Essa definição é facilmente obtida por meio da coleta e avaliação do sêmen (GUIMARÃES et al., 2011).

Durante a puberdade, os órgãos reprodutivos sofrem uma transformação estrutural em função do início da produção dos espermatozoides e as concentrações gonadais e circulatória de hormônios masculinos apresentam aumento (GUIMARÃES et al., 2011). O acelerado crescimento testicular e as mudanças na secreção do hormônio luteinizante levam ao incremento da testosterona sanguínea e começo da espermatogênese (AMANN; SCHAMBACHER, 1983). A partir dessa fase, os níveis hormonais de FSH e LH elevam-se, promovendo o amadurecimento do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal e a espermatogênese ocorre de modo permanente e contínuo (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

Após a fase pré-púbere, machos apresentam aumento do volume, concentração, vigor e motilidade espermática, além da redução de patologias

espermáticas (FRENEAU, 1991; LUNSTRA; FORD; ECHTERNKAMP, 1978). Neste período, touros jovens apresentam baixos valores quanto a qualidade física do sêmen, além de apresentarem defeitos na cauda, peça intermediária e acrossoma. Isso porque, em menores idade, a secreção de testosterona é irregular, o epitélio seminífero encontra-se desestruturado, o epidídimo está em fase de maturação e as células e Sertoli apresentam funcionamento parcial. Cerca de 16 a 20 semanas após os animais atingirem a puberdade, essas irregularidades apresentam redução, enquanto há aumento do potencial de fecundação do sêmen (GUIMARÃES et al., 2011; LUNSTRA; FORD; ECHTERNKAMP, 1978). Desta forma, os machos são considerados maduros sexualmente quando a produção de testosterona, o crescimento gonadal e o desenvolvimento sexual se estabilizam. Após a maturidade, há produção espermática suficiente e reserva extragonádica para a produção de ejaculados normais (GUIMARÃES et al., 2011; MORAES, 2012).

As características seminais tendem a melhorar a medida que os animais se tornam mais velhos (OLIVEIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014a). Animais jovens e senis produzem sêmen com qualidade inferior aos animais adultos, em relação ao volume do ejaculado, motilidade, vigor e anormalidades espermáticas (OLIVEIRA et al., 2011; SILVA et al., 2009). Assim, touros devem ser utilizados após atingir a maturidade sexual, momento no qual apresentarão parâmetros seminais em um padrão de qualidade e volume desejáveis, podendo ser utilizados com um maior número de fêmeas por estação de monta. Além disso, animais com idade avançada devem ser descartados, pois a resistência destes a sistemas de criação e a produção e qualidade espermática apresentam redução em resposta ao avanço da idade (HAFEZ; HAFEZ, 2004; OLIVEIRA et al., 2011).

2.3.2. Fertilidade de touros em programas de inseminação

Considerando o avanço das biotecnologias reprodutivas e da IA (BARUSELLI et al., 2019), a utilização de partidas de sêmen bovino de baixa fertilidade e a manipulação inadequada do sêmen tem grande impacto nos índices reprodutivos do rebanho, acarretando em prejuízos econômicos. Assim, as pesquisas em programas de inseminação têm sido direcionadas para garantir

qualidade das partidas de sêmen através de análises que possibilitem identificar partidas com bons índices de fertilidade antes destas serem utilizadas (CELEGHINI et al., 2017). Dentre os critérios convencionalmente avaliados em partidas de sêmen bovino para que sejam consideradas apta a reprodução estão a motilidade progressiva superior a 30%, vigor superior a 3 (de uma escala de 1 a 5), defeitos totais inferiores a 30% e maiores inferiores a 10% para doses de 10×10^6 , volume superior a 0,25 mL e concentração espermática (Brasil, 2009).

Ainda assim, partidas que apresentam os valores mínimos aceitáveis para estes parâmetros, podem apresentar índices insatisfatórios de fertilidade (OLIVEIRA, et al., 2014b; SANTOS, 2016a), devido a alterações em estruturas espermáticas não contempladas nas avaliações comumente realizadas (CELEGHINI et al., 2017). Além disso, a qualidade de partidas em nível de fertilidade é dependente do processo de fecundação que é influenciado por diversos fatores, incluindo as funções metabólicas dos espermatozoides, fazendo com que este se torne infértil quando um dos fatores bioquímicos ou morfológicos se encontram afetados (WATSON, 2000). Em adição, a capacidade de fertilidade depende de fatores inerentes ao próprio indivíduo, do ejaculado, do espermatozoide, do processamento do sêmen e do método de avaliação (AMANN; SCHAMBACHER, 1983; VINCENT et al., 2012).

Diante dessa demanda, tem se buscado técnicas que permitem avaliar o potencial para fertilidade dos touros e o que pode influenciar nas partidas, uma vez que, os valores de fertilidade das partidas de cada touro apresentam grande variação (CELEGHINI et al., 2017; GARCÍA-ÁLVAREZ et al., 2014) e mesmo que sejam aprovadas em análises laboratoriais podem resultar em diferentes taxas de prenhez.

2.3.3. Testes laboratoriais de fertilidade

Os testes laboratoriais utilizados como indicadores indiretos de fertilidade, baseiam-se, geralmente, na qualidade seminal. Este parâmetro refere-se a aspectos relacionados a estrutura e viabilidade do espermatozoide, refletindo o estado funcional do epitélio seminífero do testículo e as funções de maturação, transporte e armazenamento no epidídimo (COULTER; KASTELIC, 1994 apud GALVÃO, 2009). Nesse sentido, alguns dos parâmetros são volume, pH, cor,

turbilhonamento, vigor, concentração, morfologia, defeitos maiores, defeitos menores, defeitos totais, motilidade, enzimas acrossomais, integridade da cromatina, entre outros (CBRA, 2013; HAFEZ; HAFEZ, 2004; OLIVEIRA et al., 2011; SILVA; DODE; UNANIAN, 1993; SILVA et al., 2009; SILVA, 2006; TEIXEIRA, 2009; ZEMJANIS, 1970).

O vigor espermático representa os espermatozoides em movimento progressivo ou a intensidade do deslocamento deles, atribuído em uma escala que varia de 1 (movimento oscilatório) a 5 (movimento progressivo retilíneo e muito rápido) e o mínimo valor aceitável é 3 (MIES FILHO, 1975).

A concentração pode ser avaliada com auxílio da Câmara de Neubauer e/ou Espectrofotômetro (TEIXEIRA, 2009), determinando o número de espermatozoides por centímetro cúbico em um volume de sêmen conhecido e diluído em um volume de meio, como formol-salino tamponado (HENRY; NEVES, 1998). A avaliação da cor e aspecto é realizada macroscopicamente e também reflete a concentração de espermatozoides, variando de cremoso ou marmóreo, leitoso, opaco e aquoso (ZEMJANIS, 1970).

A motilidade espermática expressa em porcentagem como a proporção de espermatozoides que apresentam motilidade progressiva (SILVA; DODE; UNANIAN, 1993), é avaliada por microscopia óptica de campo claro ou que apresente contraste de fase ou por meio de sistemas computadorizados utilizando a amostra de uma gota de sêmen (CBRA, 2013).

O turbilhonamento ou motilidade em massa é obtido com a associação do volume, concentração, motilidade e vigor. Esse parâmetro é expresso em escala que varia de zero a cinco (CBRA, 2013) e identificado em ondas utilizando uma gota de sêmen no microscópio ou na observação do ejaculado contra a luz (TEIXEIRA, 2009).

A avaliação da morfologia do espermatozoide pode ser realizada através de microscopia ótica de luz com utilização de corantes como rosa de bengala, sondas fluorescentes, por microscopia de contraste de fase ou de interferência diferencial (CBRA, 2013). As alterações morfológicas espermáticas são, geralmente, classificadas com base nos defeitos maiores ou menores, considerando a importância das anormalidades para a fertilidade, através da identificação de outras células no ejaculado, além dos espermatozoides, e também indica infecção, danos ao testículo ou degeneração testicular (BLOM,

1973; CBRA, 2013). Os defeitos maiores são relacionados com infertilidade e doenças testiculares ou epididimárias, já os defeitos menores são referentes a anomalias de menor impacto na fertilidade, sendo ambos avaliados como percentuais (SILVA; DODE; UNANIAN, 1993).

A busca pela garantia da fertilidade fez com que diversas técnicas fossem desenvolvidas, além das mencionadas como parâmetros de qualidade seminal. Isso porque tem sido demonstrado que características como motilidade, vigor concentração, número de espermatozoides por palheta, defeitos maiores e totais podem ser semelhantes entre touros de alta e baixa fertilidade (SANTOS, 2016b). Dentre essas técnicas, está a análise espermática computadorizada (CASA – *computer-assisted semen analysis*). Esse sistema possibilita a visualização e digitalização de imagens sucessivas dos espermatozoides para posterior processamento e análise, gerando informações da cinética espermática e parâmetros da população total, como movimento e velocidade de cada espermatozoide (AMANN; KATZ, 2004). O CASA também permite a contagem total, a motilidade total e progressiva e amplitude do deslocamento de espermatozoides (ARRUDA, 2000; CENTOLA, 1996).

A combinação das múltiplas variáveis obtidas com o CASA apresenta melhores índices de correlação com a fertilidade a campo de bovinos, comparado a utilização de parâmetros isolados ou métodos convencionais de avaliação da qualidade de sêmen (FARREL et al., 1998). Isso porque permite a avaliação de parâmetros que estão relacionados com a capacidade de penetração da zona pelúcida e no muco cervical, além da migração (MATOS et al., 2008; VERSTEGEN; IGUER-OUADA; ONCLIN, 2002).

A funcionalidade da célula espermática é dependente da integridade dos compartimentos inclusos nas membranas celulares (PAPAIIOANNOU et al., 1997). Essas estruturas podem ser avaliadas quanto a sua integridade e funcionalidade utilizando sondas fluorescentes, que se ligam e marcam estruturas específicas das células, permitindo mensurar mudanças metabólicas (CELEGHINI, 2005). As enzimas contidas no acrossoma participam da digestão da zona pelúcida e permite a entrada de material genético do espermatozoide no oócito (BARTH; OKO, 1989), além de afetar a fertilidade sexual. Isso porque, acrossoma lesados resultam na incapacidade de realizar a reação acrossomal e

fecundar o oócito, tornando os espermatozoides inviáveis (COOPER; YEUNG, 1998).

A integridade funcional da membrana das células espermáticas pode ser avaliada pelo teste hipo-osmótico (SIQUEIRA et al., 2007), sendo identificado os espermatozoides que apresentam alterações na região da cauda após serem expostos a condições hipoosmóticas, calculando a porcentagem daqueles com defeitos antes e após o teste (REVELL; MRODE, 1994). Tem sido observado correlação positiva entre espermatozoides reativos ao teste hipo-osmótico e a taxa de gestação (SIQUEIRA et al., 2007). Isso porque, esse parâmetro é importante para hiperativação da motilidade, capacitação espermática e reação acrossomal, levando a fecundação do oócito (GADELLA et al., 2001).

A membrana plasmática passa por grandes modificações para adquirir capacidade espermática e ocorrer a fertilização (COLENBRANDER et al., 2002), processo que é decorrente de uma sequência de alterações bioquímicas que leva a mudanças biológicas, dentre estes estão a remoção dos fatores periféricos, alterações na fluidez e mudanças na composição lipídica da membrana (GADELLA, 2008). Esse mecanismo pode ser avaliado com auxílio da sonda lipofílica Merocianina 540, com a qual ocorre aumento da intensidade da sua fluorescência em resposta ao aumento da desordem, indicando que as células estão iniciando o processo de capacitação (HALLAP et al., 2006). Nos testes, este corante pode ser adicionado ao corante Yo-Pro-1 para análise simultânea da integridade da membrana plasmática (HALLAP et al., 2006).

A análise da integridade da membrana plasmática e do acrossoma apresenta maior potencial para predição da fertilidade *in vitro*, que a avaliação da motilidade e da morfologia espermática (TARTAGLIONE; RITTA, 2004). Tartaglione; Ritta (2004) relataram que a associação dos valores obtidos para integridade da membrana plasmática explicaram 82,4% das variações nas taxas de fertilização *in vitro*. Em consonância, as taxas de fertilidade relacionadas a dados de cinética espermática obtidos por CASA, sondas fluorescentes e citometria de fluxo podem ser capazes de prever a capacidade fertilizante do sêmen bovino (JANUSKAUKAS; JOHANNISON; RODRIGUEZ-MARTINEZ, 2001).

2.3.4. Fertilidade a campo

Apesar dos avanços nas técnicas laboratoriais, variações substanciais são observadas entre as avaliações *in vitro* e baixas correlações são observadas quando os parâmetros de qualidade espermática são comparados com a fertilidade do touro e taxa de concepção (OHGODA et al., 1988; SCHNEIDER; ELLINGTON; WRIGHT, 1999). Isso porque, estimar a fertilidade de amostras de sêmen a partir de características *in vitro* ainda é inconsistente para determinar o potencial de fertilidade *in vivo* (RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ, 2006). Além disso, touros de alta e baixa fertilidade podem não apresentar diferenças nas avaliações convencionais, sendo maior a correlação da fertilidade com testes funcionais (CORREA; PACE; ZAVOS, 1997; FLOREZ-RODRIGUEZ, 2017; NAGY et al., 2015). Nesse sentido, testes funcionais a campo podem complementar a avaliação dos touros aumentando a confiabilidade quanto ao potencial reprodutivo (CORREA; PACE; ZAVOS, 1997), além de auxiliar na determinação a capacidade do espermatozoide de interagir com o oócito, fertilizar e desenvolver o embrião (BERLINGUER et al., 2009).

Aliado as avaliações de qualidade do sêmen e do ejaculado, características inerentes ao comportamento dos animais podem auxiliar na identificação da fertilidade e eficiência reprodutiva de um touro, como a libido e a capacidade de serviço (PINEDA; LEMOS, 1994; SMITH et al., 1981). A libido de um touro está relacionada a demonstração e interesse sexual, a capacidade de servir uma fêmea e a resposta a estímulos, enquanto a capacidade de cobertura refere-se à habilidade do touro em executar esse desejo e indica o número de serviços efetuados (CHENOWETH, 1994). Assim, quantifica-se e qualifica-se o desejo e a capacidade sexual dos touros, levando em consideração as atitudes tomadas pelo touro frente a fêmea ou outros estímulos (SANTOS, 2001), sendo recomendadas metodologias diferentes para avaliação de animais zebuínos e taurinos (CBRA, 2013; CHENOWETH, 1994; OSBORNE; WILLEANS; GALLOWAY, 1971). A libido tem uma importante contribuição na fertilidade, visto que diferenças na taxa de prenhez têm sido relatadas associadas variação no libido e capacidade de serviço (BLOCKY, 1989; SALVADOR et al., 2003).

Outra análise comumente realizada para avaliar a fertilidade dos touros é o exame andrológico, que também possibilita a identificação de anomalias no trato genital e no comportamento sexual. No exame andrológico é avaliada a concentração, volume, vigor, cor, aspecto, motilidade e morfologia da população de espermatozoides no ejaculado, além de testes funcionais constituídos de reação acrossômica induzida e integridade do acrossoma e cromática, que indicam a funcionalidade dos testículos para produção qualitativa de sêmen (MARIANO et al., 2015; MENEGASSI et al., 2012; RIBEIRO, 2018). Assim, o exame andrológico auxilia na identificação de bons padrões reprodutivos, visando a utilização de animais mais férteis (BETTENCOURT et al., 2018; PENA ALFARO, 2011).

O perímetro escrotal também tem sido adotado como um indicador da fertilidade de touros, por estar relacionado a características morfofisiológicas das gônadas e as características quantitativas e qualitativas do sêmen bovino, como aspectos morfológicos, defeitos totais, maiores e menores (FORNI; ALBUQUERQUE, 2004; SILVA et al., 2002). Essa característica também está associada a produção de testosterona (DIAS et al., 2014) e ao potencial para precocidade sexual (COSTA-SILVA et al., 2013). A mensuração do perímetro escrotal pode ser associada a outros critérios de avaliação, como a avaliação da integridade e eficiência biológica da célula espermática, ultrassonografia testicular, entre outros (COSTA-SILVA et al., 2013).

A ultrassonografia testicular pode complementar a avaliação andrológica, fornecendo informações sobre a função dos testículos em bovinos (GÁBOR et al., 1998), estruturas internas do escroto e dos testículos, do parênquima e mediastino (ABDEL-RAZEK; ALI, 2005; GÁBOR et al., 1998; PECHMAN; EILTS, 1987; SILVA et al., 2015), por meio da análise da ecotextura e ecogenicidade do parênquima testicular (AHMADI et al., 2013). Através das imagens obtidas, pode ser identificadas variações na textura testicular que estão relacionadas a maturidade e precocidade sexual (ABDEL-RAZEK; ALI, 2005; COSTA-SILVA et al., 2013), produção e qualidade espermática (AHMAD et al., 2011; GÁBOR et al., 1998).

O teste ideal da avaliação da fertilidade de um touro deve ser capaz de avaliar, não só a capacidade dos seus espermatozoides de atingir o local de fertilização e fertilizar o oócito, mas também de estabelecer e manter a gestação.

Assim, a taxa de concepção final tem se mostrado mais relacionada ao objetivo final, que é a maior capacidade de produção de bezerros (BRAUNDMEIER; MILLER, 2001), e também pode estar associada a melhores resultados nos programas de IATF. A taxa de prenhez tem sido considerado como um indicador indireto da capacidade de fertilização do touro, que poderia ser mensurada diretamente pelo número de oócitos fertilizados após a monta natural ou inseminação artificial. Porém, a avaliação desse indicador de forma direta apresenta dificuldade de adoção (AMANN et al., 2018). Além disso, as causas da maior ou menor fertilidade de touros ainda não estão claras, sendo necessário avaliar os mecanismos envolvidos no desempenho reprodutivos, para que seja possível lançar mão de estratégias que possam aumentar as taxas de prenhez desses animais (ZANATTA, 2019).

A avaliação da taxa de prenhez tem sido uma forma que centrais de inseminação tem adotado para caracterização da fertilidade sexual, na qual informações de campo são analisadas com a remoção dos efeitos que possam influenciar o resultado final da IATF, considerando como referência um touro do mesmo grupo que apresente fertilidade conhecida (ALTA GENETICS, 2016; FOGAÇA, 2017; NORMAN; HUTCHINSON; WRIGHT, 2008; NORMAN; HUTCHISON; VANRADEN, 2011; ZANATTA, 2019). Nesse sentido, reprodutores com maior taxa de prenhez são considerados de alta fertilidade.

Considerando isso, foi oficialmente gerada pelo USDA o SCR, que é uma avaliação fenotípica de fertilidade com base nas inseminações realizadas e as gestações confirmadas (NORMAN; HUTCHINSON; WRIGHT, 2008). Diversos fatores como estação, ano e mês de inseminação, número de serviço, rebanho, idade da vaca, grupo genético, consanguinidade são utilizados para isolar o efeito do touro na manifestação final da prenhez. O SCR indica a probabilidade que uma unidade de sêmen de um touro específico resulte em uma prenhez, em comparação à média de todos os outros touros que poderiam ser utilizados (NORMAN; HUTCHISON; VANRADEN, 2011).

Ortega et al. (2018), avaliando a influência do SCR no estabelecimento da prenhez, observaram que touros com alto SCR produziram uma menor porcentagem de oócitos não fertilizados e embriões degenerados em comparação a touros de baixo SCR, além disso touros de baixo SCR apresentaram maiores perdas da prenhez. Touros com baixo SCR apresentam

embriões com capacidade reduzida para estabelecer uma prenhez, devido a diversos fatores como menor capacidade de fertilização do esperma, desenvolvimento embrionário pré-implantação e manutenção da gestação (ORTEGA et al., 2018).

Outro parâmetro utilizado como indicador de fertilidade é o Concept Plus, adotado pela central de inseminação Alta Genetics. O Concept Plus também se baseia em dados de confirmação de prenhez, ao invés da taxa de não retorno ao cio, avaliados em grandes rebanhos. Além disso, é um método que engloba na avaliação dos touros, apenas informações dos últimos 48 meses, sendo constantemente atualizadas. O Concept Plus engloba também outros efeitos como o inseminador e o sistema de criação, além de idade, mês, rebanho, número de serviços, para identificar o efeito do touro na ocorrência da prenhez. A correlação entre o SCR e o Concept Plus é alta, de forma que os touros bem classificados em um índice também é no outro (FOGAÇA, 2017; ALTA GENETICS, 2016). Apesar de ser mais utilizado nos rebanhos brasileiros e para zebuínos, são escassos os estudos que validaram o Concept Plus e outros indicadores utilizados por centrais de inseminação como o IFERT (CRV Lagoa), IATFmax (ABS Pecplan), Fertility First (SEMEX) e FERT\$ (FERT\$), devendo ser avaliados quanto a confiabilidade, confirmando a viabilidade em identificar touros de maior fertilidade e com melhores resultados em programas de IATF.

2.3.5. Métodos de avaliação de fertilidade

As falhas no processo reprodutivo podem ser atribuídas a diferentes fatores, como aqueles associados à qualidade do espermatozoide, incapacidade de fertilização do ovócito, espermatozoides incompetentes morfológica ou fisiologicamente, entre outros (SILVA, 2018). Com isso, a seleção de reprodutores baseando-se em avaliações de rotina foram utilizadas com sucesso como critério preliminar para eliminação daqueles com baixa fertilidade. Entretanto, a intensa busca por animais mais férteis e que produzam um maior número de bezerros, fez com que fosse necessário técnicas mais precisas da avaliação dos mecanismos fisiológicos envolvidos na fertilização (BLOTTNER; NEHRING; TORNER, 1990; SALVADOR; SALVADOR, 2019). Dessa forma, é esperado que análises de maior precisão e confiabilidade contribuam para

avaliação e identificação de touros de maior fertilidade. Dentre essas análises estão testes estatísticos, exames complementares envolvendo informações moleculares, genômicas e marcadores bioquímicos.

2.3.5.1. Testes estatísticos

A realização de análises estatísticas das informações obtidas em determinado estudo é de grande importância para validação dos dados, mas também para realização de inferências e extrapolação dos resultados obtidos (NORMANDO; TJÄDERHANE; QUINTÃO, 2010). Essa premissa se aplica também a avaliação da fertilidade de touros, inclusive resultados de avaliação obtidas a campo. Isso porque, apesar de os números absolutos demonstrarem diferenças nos animais, testes estatísticos vão apresentar o grau de significância dessas diferenças (SAMPAIO, 2007; SANTOS; SANTOS; MESQUISTA, 2010) e indicar os melhores animais.

Características contínuas podem ser avaliadas por métodos paramétricos convencionais (NORMANDO; TJÄDERHANE; QUINTÃO, 2010), como análise de variância, teste T, correlações e modelos mistos, como o SCR. Para critérios utilizados como indicadores de fertilidade, como SCR e Concept Plus, são identificados e incluídos no modelo todos os efeitos significativos na taxa de concepção, visando isolar apenas o efeito do touro para esse indicador (NORMAN; HUTCHISON; VANRADEN, 2011). Além disso, Kuhn; Hutchison (2008) compararam os resultados obtidos da análise de SCR com modelos categóricos e lineares, sendo observado que os modelos lineares são tão eficientes quanto modelos de limiar para a determinação da efetividade dos serviços e fertilidade dos pais, com a vantagem de apresentar menor demanda computacional.

Características categóricas ou qualitativas, como taxa de gestação podem ser avaliadas através de tabela de contingência e testes não paramétricos (NORMANDO; TJÄDERHANE; QUINTÃO, 2010), como o qui-quadrado (SIQUEIRA et al., 2007) e modelos mistos ajustados para a distribuição das características (ZANATTA, 2019). Em adição, métodos como regressão *stepwise* podem ser utilizados para características categóricas e contínuas para avaliar a influência de diferentes fatores sobre a variável estudada (ZANATTA,

2019). No estudo de Zanatta (2019), esse método se mostrou eficiente para a remoção de efeitos não significativos na taxa de prenhez, sendo incluso no modelo final fertilidade do touro e horário de IA, além da interação entre os efeitos.

O teste estatístico ideal depende de diversos fatores, como o tipo de característica, os tratamentos, delineamento experimental, efeitos envolvidos, entre outros (SANTOS; SANTOS; MESQUISTA, 2010). Assim, é necessário avaliar o teste mais adequado para garantir maior confiabilidade nos resultados de avaliação da fertilidade.

2.3.5.2. Genômica

Apesar dos inúmeros testes de avaliação da fertilidade sexual desenvolvidos, um método preciso e de ampla aplicação para diagnóstico de infertilidade dos machos é de grande importância. Os métodos de avaliação da fertilidade sexual e da qualidade do sêmen tem passado por constante evolução visando aumentar a confiabilidade na identificação de animais mais férteis, como o uso de marcadores moleculares associados a melhoria das taxas reprodutivas (SILVA, 2018). Assim, estudos genômicos sistematizados para fertilidade sexual, como para características de qualidade seminal e capacidade de fecundação, apresentam potencial para contribuir na identificação de novas técnicas de avaliação (CONNER; BARRATT, 2006).

A genômica contribui na avaliação genética de características complexas e para fornecer inferências biologicamente significativas (COUTINHO; ROSÁRIO; JORGE, 2010; OLIVEIRA JÚNIOR; PEREZ; FERRAZ, 2017). A fertilidade se enquadra nas características complexas, visto que é influenciada por inúmeros fatores (DANCE et al., 2015; GUIMARÃES et al., 2011; MELLO, 2013; MORAES, 2012; OLIVEIRA et al., 2014a; SILVA; DODE; UNANIAN, 1993). Assim, medidas fenotípicas de fertilidade, como a SCR, que em sua maioria apresentam influência genética podem apresentar maior acurácia de predição utilizando informação genômica. Como foi observado no estudo de Han; Penagaricano (2016), no qual foram identificados um conjunto de regiões e genes candidatos associadas a SCR, genes que também relacionados a fisiologia do espermatozoide. Além disso, esses genes estavam ancorados em

importantes vias metabólicas, incluindo reprodução, fertilização, motilidade e capacitação do espermatozoide (HAN; PENAGARICANO, 2016).

Outra aplicação da genômica e de informações de DNA é no estudo da célula espermática, podendo ser avaliada a competência funcional, fornecendo informações sobre as bases bioquímicas, fisiológicas e genéticas da qualidade do sêmen e do potencial fertilizante (AITKEN et al., 1998; SAKKAS; ALVAREZ, 2010). Nesse sentido, genes importantes que atuam na regulação do desenvolvimento espermático foram identificados (BONILLA; XU, 2008; LI et al., 2012), taxa de concepção do touro e fertilidade (LI et al., 2012).

Assim, considerando as evidências de que um grande número de variantes moleculares é responsável pela variação dos fenótipos para fertilidade sexual (HAN; PENAGARICANO, 2016), a avaliação genômica pode fornecer novas oportunidades para avaliação da fertilidade em características fenotípicas, como a SCR e Concept Plus. Como resultado, poderia ser realizada seleção antecipada dos animais a serem utilizados como reprodutores, justificando a realização de estudos genômicos com fertilidade.

2.3.5.3. Avaliações moleculares

Considerando o impacto econômico negativo da subfertilidade e infertilidade na pecuária (BARBOSA et al., 2005) e as diferenças de fertilidade entre os touros com parâmetros seminais similares (OLIVEIRA, et al., 2014b; SANTOS, 2016b), estudos moleculares associadas aos critérios de avaliação dos espermatozoides tem o potencial de identificar com maior precisão o potencial de fertilidade dos touros. Diante disso, novas técnicas tem sido empregadas para a identificação de marcadores moleculares associados à fertilidade sexual de bovinos, dentre essas estão as abordagens “ômicas”, como a proteômica, metabolômica, transcriptômica (BARROS et al., 2013; SANTANA et al., 2018; SILVA, 2018). Essas análises também dão direcionamento para uma maior compreensão de aspectos fisiológicos dos espermatozoides e para identificação de touros de maior fertilidade (SANTOS, 2017).

Touros de alta fertilidade apresentam perfil proteico do plasma seminal diferente de touros de baixa fertilidade, de forma que tem sido observada associações significativas entre a expressão de proteínas seminais e a fertilidade

(D'AMOURS et al., 2010). A proteômica é o estudo do conjunto de proteínas presentes em diferentes amostras, como fluidos corporais, presente em condições ou momentos distintos e sendo responsáveis pelo controle dos processos biológicos, assim, avalia os produtos proteicos expressos pelo genoma (JENSEN, 2004; VALLEDOR; JORRÍN, 2011).

Nesse sentido, as técnicas relacionadas a proteômica apresentam potencial para caracterizar funções biológicas importantes para o desempenho reprodutivo, com a proposta de estudar genes, proteínas e funções celulares e moleculares que podem ser utilizadas como biomarcadores da fertilidade (DE CANIO et al., 2014; RAHMAN et al., 2013). Como resultado, tem sido identificado proteínas que permitem elucidar os processos envolvidos na fertilização (DE CANIO et al., 2014; RAHMAN et al., 2013). Além de poder serem utilizados para a detecção de marcadores bioquímicos de fertilidade, a análise proteômica pode ser utilizada para avaliação da congelabilidade do sêmen, resistência a processos de conservação e seleção do sexo por meio da separação de espermatozoides e embriões (BARROS et al., 2013; STRZEZEK et al., 2005).

Dentre os estudos realizados, foram identificadas proteínas relacionadas a cabeça e a função da cauda de espermatozoides (KICHINE et al., 2013). Também foram relatadas proteínas associadas a capacitação espermática, fusão do espermatozoide com o oócito, fertilização (KILLIAN, 2012; PARK et al., 2012), trânsito epididimário (SKERGET et al., 2015), preservação da integridade acrossômica, regulação da motilidade espermática (SALVADOR, 2005; SALVADOR; SALVADOR, 2019), alteração na composição proteica da membrana espermática (RONCOLETTA et al., 1999), entre outros. A associação entre níveis proteicos e fertilidade é atribuída a interação da espermatozoide-ovócito e regulação do ciclo celular e também a prováveis diferenças químicas na composição do plasma seminal (GAVIRAGHI et al., 2010). Além disso, touros de alta fertilidade apresentam maior expressão de proteínas associadas ao metabolismo de energia, comunicação celular e motilidade (PEDDINTI et al., 2008).

A metabolômica também é uma importante ferramenta na predição da fertilidade em touros. Essa técnica permite a identificação de metabolitos, produtos de processos celulares, para compreender mecanismos biológicos de pequenas moléculas (CANUTO et al., 2018) e oferecendo a possibilidade de

identificação de biomarcadores. É o caso de metabolitos como taurina, citrato, isoleucina e leucina que foram identificados no plasma seminal e associados a fertilidade (KUMAR et al., 2015). Outro estudo identificou metabolitos como ureia, ácido butírico e ácido oxálico presentes em maiores níveis em touros de alta fertilidade, e aminometano e ácido azeláico, presentes em touros de baixa fertilidade (SANTOS, 2017). Assim, esses metabolitos podem ser utilizados como indicadores da capacidade de fertilização do touro.

Os espermatozoides, além do DNA, fornecem fatores de transcrição e componentes epigenéticos que são necessários para a fertilização e o desenvolvimento embrionário adequado (KROPP et al., 2017). Os genes de uma molécula de DNA que foram transcritos em moléculas de RNA formam o transcriptoma de uma célula (KUMAR et al., 2015). As moléculas de RNA, por sua vez, regulam uma importante fração da atividade biológica celular e compreender o funcionamento dessas moléculas é o alvo dos estudos de transcriptômica (WANG; GERSTEIN; SNYDER, 2009). O transcriptoma é formado por diferentes classes de RNA, dentre elas o micro RNA (miRNA) (KUKURBA; MONTGOMERY, 2015; MATTICK; MAKUNIN, 2006; STEFANI; SLACK, 2008) que, nos espermatozoides são associados a fertilidade sexual (GOVINDARAJU et al., 2012). Nesse sentido, miRNAs apresentaram contribuição na compreensão da regulação da fertilidade dos espermatozoides, e de processo como a gametogênese e desenvolvimento inicial de mamíferos, além de ser observado expressão diferencial em animais com diferentes classes de fertilidade (GOVINDARAJU et al., 2012).

Em adição, transcritos de RNAs se mostraram eficazes como marcadores de fertilidade, sendo que animais de alta fertilidade apresentam alta concentração de transcritos como HSP70, subunidade beta 2 dependente da voltagem do canal de cálcio, citrato sintase, claudina 1 e família de portadores de soluto 2, comparados a animais de baixa fertilidade (FEUGANG et al., 2010). Capra et al. (2017) também relataram miRNAs diferencialmente expressos comparando sêmen bovino de alta e baixa motilidade, cujas funções são relacionadas a apoptose, sugerindo uma alteração das funções celulares e aumento da apoptose das células germinativas naquelas de baixa motilidade durante a espermatogênese. Além disso, foram relatados transcritos que apresentam funções como espermatogênese, cinética espermática, fertilização

desenvolvimento embrionário (SELVARAJU et al., 2017). Com base nesses relatos pode ser confirmado o potencial que os RNAs dos espermatozoides têm para serem utilizados como biomarcadores de fertilidade.

As abordagens “ômicas” têm levado a avanços na identificação de proteínas, metabolitos e transcritos que estão associados a regulação da fertilidade de machos. Assim, considerando a complexidade dos mecanismos que levam as células espermáticas a ter a capacidade de fecundar um oócito, a proteômica e outras “ômicas” tornaram-se ferramentas adicionais no diagnóstico do potencial para fertilidade sexual de touros. Ainda assim, é um campo novo de estudo, com resultados preliminares e sendo necessárias análises adicionais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Origem e preparo dos dados

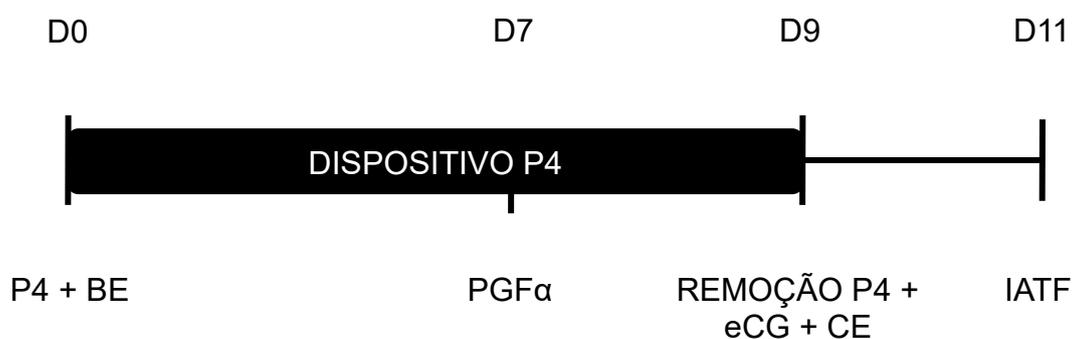
Foram analisados os bancos de dados de 2017 e 2018 do programa Concept Plus Corte, de propriedade da empresa Alta Genetics do Brasil, o qual compila informações enviadas por equipes de veterinários e fazendas de cinco países da América do Sul: Brasil, Argentina, Paraguai, Bolívia e Uruguai. O programa Concept Plus Corte tem a finalidade de, a partir de dados de campo, identificar diferenças na P/IA de acordo com o reprodutor.

O banco de dados deste período contém informações de 1.413.587 inseminações artificiais em tempo fixo. Após primeira avaliação, eliminou-se informações incompletas. Somente foram consideradas válidas inseminações que possuíam as informações adequadamente apontadas em relação: estado e município da fazenda, veterinário responsável pela coleta, nome da fazenda, lote da matriz na IATF, número da matriz, raça da matriz, categoria da matriz (nulípara, primípara, multípara ou vaca não lactante), ordem do serviço (1^a, 2^a, 3^a ou 4^a IATF), ECC da matriz no momento do protocolo (escala de 1 a 5), protocolo de sincronização utilizado, número do uso do dispositivo liberador de progesterona, data da IATF, nome e código de identificação do touro, raça do touro, central de coleta, partida da dose, inseminador e diagnóstico gestacional (1 = prenhe e 0 = vazia).

Posteriormente, foi realizada uma segunda etapa de filtro das informações, na qual eliminou-se aquelas oriundas de lotes que continham menos de 20 inseminações. Por último, foram excluídas inseminações de touros que totalizavam menos de 450 serviços e menos 5 rebanhos distintos. Após essa segunda etapa de preparo dos dados, o número de informações úteis foi de 803.628 serviços de IATF (56,85%).

Quanto aos protocolos de sincronização, de maneira geral, a maior parte dos modelos utilizados contemplam a: inserção de um dispositivo liberador de progesterona (P4) associado a administração intramuscular de 2mg de benzoato de estradiol (BE). A permanência do dispositivo varia entre 8 e 9 dias. No momento da remoção do dispositivo é realizada a aplicação de gonadotrofina coriônica equina (eCG) e cipionato de estradiol (CE). A IATF é realizada 48 horas após a retirada do dispositivo. Dentro do banco de dados analisado há maior prevalência do protocolo de sincronização de 4 manejos, com permanência do dispositivo durante 9 dias e a administração de prostaglandina (PGF α) no sétimo dia pós início do protocolo [D0: P4 + BE; D7: PGF α ; D9: retirada P4 + eCG + CE; D11: IATF; (55,1%)].

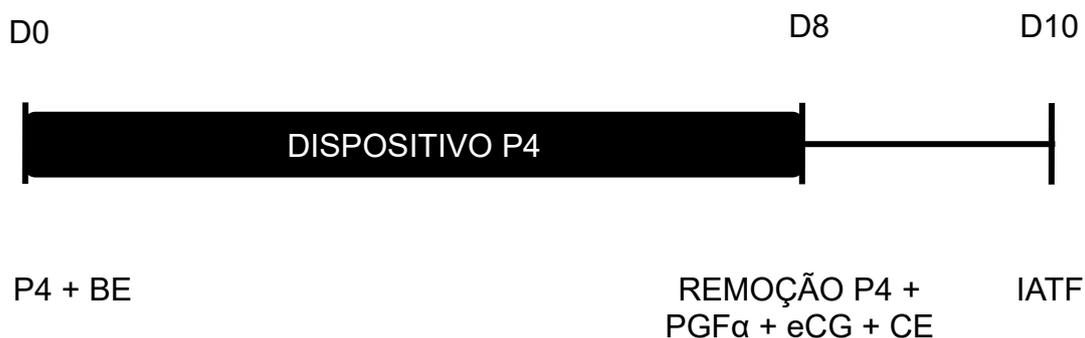
Figura 1 - Protocolo de sincronização 4 manejos (9 dias)



Fonte: autoria própria

Outro protocolo de sincronização com maior presença no banco de dados é o modelo com 8 dias de permanência do dispositivo de P4, sendo: [D0: P4 + BE; D8: retirada P4 + PGF α + eCG + CE; D10: IATF; (19,5%)], conforme demonstrado na figura 2.

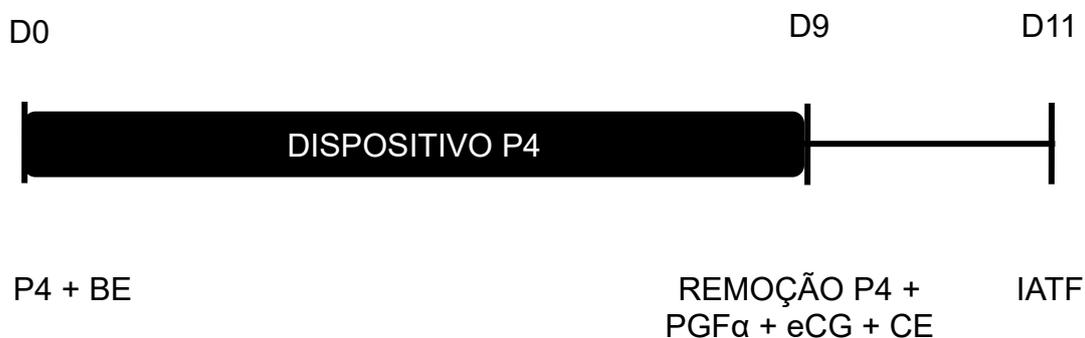
Figura 2 – Protocolo de sincronização 3 manejos (8 dias)



Fonte: autoria própria

A variação do protocolo de 9 dias de permanência do dispositivo também foi utilizada em grande escala, sendo [D0: P4 + BE; D9: retirada P4 + PGF α + eCG + CE; D11: IATF; (11,2%)], conforme demonstrado na figura 3.

Figura 3 – Protocolo de sincronização 3 manejos (9 dias)



Fonte: autoria própria

Os demais protocolos utilizados são variações dos descritos acima, os quais representam a maior parte da utilização dentro do banco de análises. As variações são compostas, em sua maioria, por estratégias da utilização de fármacos que estimulam o desenvolvimento folicular final.

Tabela 1 – Distribuição de estratégias para o estímulo folicular

ESTRATÉGIA	DISTRIBUIÇÃO
Com uso do eCG	91,6%
Sem uso do eCG	4,7%
Utilização de FSH	3,4%
Remoção do Bezerro	0,3%

3.2 Distribuição e análise descritiva dos dados

As informações são referentes à duas estações reprodutivas 2016/2017 [663.919 (82,6%)] e 2017/2018 [139.709 (17,4%)]. Estas estações foram padronizadas como tendo seu início em 1º de julho e finalizando no dia 30 de junho do ano subsequente. A distribuição das inseminações conforme o período do ano, categoria animal, raça do touro, grupo genético da matriz, ordem de serviço, categoria de fertilidade dos touros estão apresentados na Tabela 1.

Um total de 917 fazendas e 2.415 inseminadores estavam envolvidos nas inseminações. Tais fazendas estão alocadas em 19 estados nas diversas regiões do Brasil [785.144 (97,7%)], além de outros países como Argentina [5.625 (0,7%)], Bolívia [4.822 (0,6%)], Paraguai [5.627 (0,7%)] e Uruguai [2.410 (0,3%)].

O estudo contempla doses de sêmen oriundas de 229 touros de 10 diferentes raças de bovinos de corte. Tais touros foram classificados de acordo com a fertilidade e ordenados de acordo com o percentil. Posteriormente os touros foram classificados em baixa fertilidade (n= 30 touros; percentil de 1 a 20), média fertilidade (n= 68 touros; percentil de 21 a 50) e alta fertilidade (n= 131 touros; percentil de 50 a 100; Tabela 1).

A raças das fêmeas inseminadas foram categorizadas conforme os grupos genéticos [GGM; *Bos indicus*, *Bos taurus* e *Bos taurus* x *Bos indicus* (Cruzada)], categoria da matriz (nulípara, primípara, múltipara ou vaca não lactante) e classe de ECC (ECC Baixo, ECC Médio e ECC Alto) avaliado no momento do início do protocolo de sincronização, utilizando a escala entre 1-5 [1=extremamente magra e 5=obesa; (AYRES et al., 2009; Houghton et al., 1990)].

3.3 Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando modelo linear misto generalizado, pelo PROC GLIMMIX do SAS 9.4, assumindo a distribuição binomial (0: não gestante ou 1: gestante) e significância de $P < 0,05$.

Os efeitos fixos que compuseram o modelo foram ordem de serviço, estação de monta, classe de ECC, categoria animal, grupo racial da matriz e classe de fertilidade do touro, além das interações entre categoria animal e classe ECC da matriz, categoria animal e grupo racial da matriz, classe de ECC e grupo racial da matriz, categoria da matriz e ordem de serviço, classe de fertilidade do touro e categoria da matriz, classe de fertilidade do touro e grupo racial da matriz, classe de fertilidade do touro e ordem de serviço e classe de fertilidade do touro e classe de ECC, sobre a taxa de prenhez à IATF.

Os efeitos de inseminador, rebanho, raça do touro e protocolo da IATF foram incluídos no modelo de estatística como efeitos aleatórios.

Todos os resultados em termos de taxa de prenhez por IATF (P/IATF) serão apresentados conforme a média de prenhez ajustada pelo modelo estatístico.

Tabela 2 - Análise descritiva dos dados

Variável		Número IATF	%
Período do ano	Jul a Set	66.336	8,2%
	Out a Dez	414.401	51,6%
	Jan a Mar	307.711	38,3%
	Abr a Jun	15.180	1,9%
Categoria animal	Nulípara	162.895	20,3%
	Primípara	117.310	14,6%
	Múltipara	479.122	59,6%
	Solteira	44.301	5,5%
Grupo genético da matriz	<i>Bos Indicus</i>	674.849	84%
	Cruzada	114.150	14,2%
	<i>Bos Taurus</i>	14.629	1,8%
Ordem do serviço	1ª IATF	663.919	82,6%
	Ressincronização	139.709	17,4%
Raça do Touro	Aberdeen angus	415.515	51,7%
	Nelore	290.834	36,2%
	Outras raças	97.279	12,1%
	Baixo (< 2,75)	141.630	17,6%
ECC no início sincronização	Médio (2,75 - 3,25)	450.265	56,0%
	Alto (> 3,25)	211.733	26,4%
Classe fertilidade touro	Baixa	45.727	5,7%
	Média	194.829	24,2%
	Alta	563.072	70,1%

4. RESULTADOS

As variâncias dos efeitos aleatórios inclusos no modelo estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Efeitos aleatórios sobre a P/IATF

EFEITO ALEATÓRIO	VARIÂNCIA	ERRO PADRÃO	VALOR DE Z	Pr>Z	INTERVALO DE CONFIANÇA TESTE DE WALD 95%
Inseminador	0,086	0,004	19,13	<0.0001	0,078-0,096
Fazenda	0,044	0,005	8,47	<0.0001	0,036-0,057
Raça do Touro	0,010	0,006	1,55	0,0605	0,004-0,61
Protocolo	0,013	0,005	2,69	0,0035	0,007-0,033

Os efeitos fixos e suas interações sobre à P/IATF estão descritos na Tabela 4. Todas as variáveis inclusas no modelo influenciaram a P/IATF, exceto as interações entre classe de fertilidade de touro e categoria animal, como classe de fertilidade do touro e GGM.

Tabela 4 - Efeitos fixos sobre a P/IATF

EFEITO FIXO	F	Pr>F
ECC	138,75	<.0001
Ordem De Serviço	59,37	<.0001
Categoria	25,29	<.0001
GGM	18,18	<.0001
Classe Touro	22,18	<.0001
ECC * Categoria	41,73	<.0001
Categoria * GGM	3,63	0,001
Ordem De Serviço * Categoria	15,54	<.0001
ECC * GGM	64,74	<.0001
Categoria * Classe Touro	1,92	0,07
GGM * Classe Touro	1,66	0,16
Ordem De Serviço * Classe Touro	3,4	0,03
ECC * Classe Touro	3,13	0,01

A ordem de serviço ($P < 0.0001$), a categoria da matriz ($P < 0.0001$), bem como a interação entre a ordem de serviço e a categoria ($P < 0.0001$)

apresentaram influência sobre a P/IATF. Independente da categoria, a 1ª IATF apresenta maiores resultados quando comparada às ressincronizações (gráficos 1 e 2).

Gráfico 1 - P/IATF de acordo com a ordem de serviço

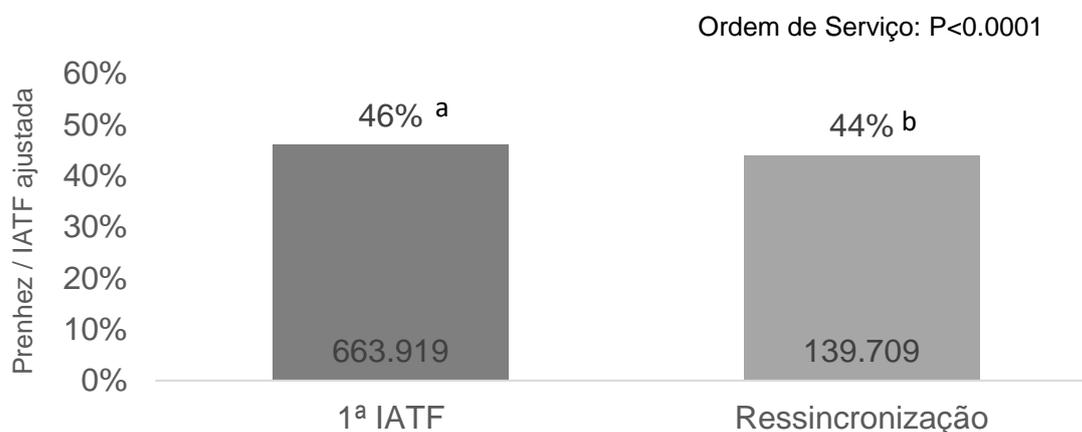
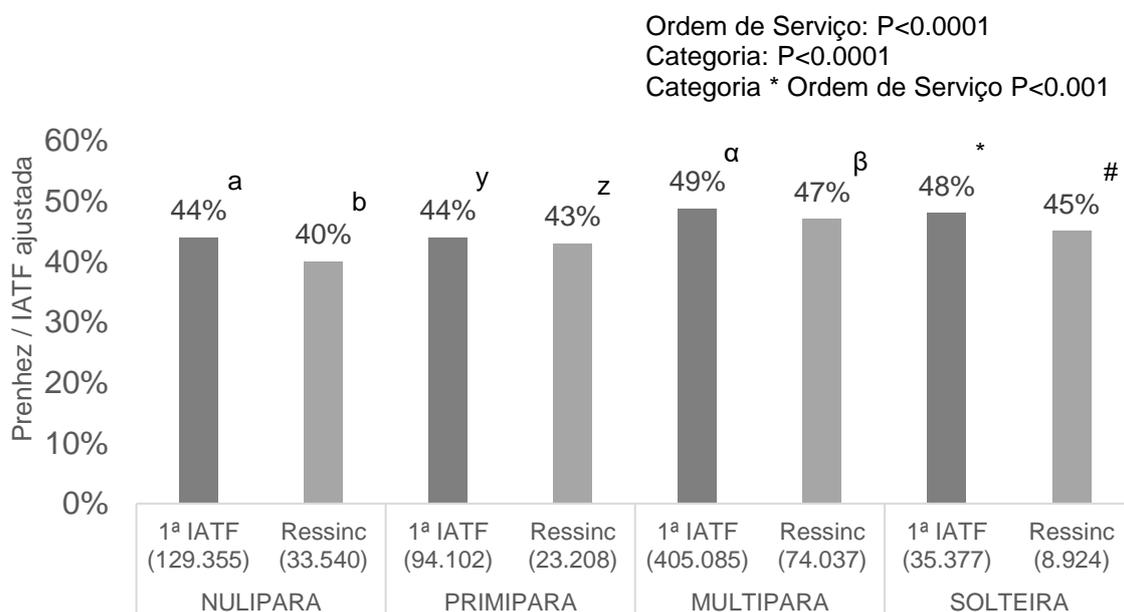


Gráfico 2 - P/IATF de acordo com a categoria e a ordem de serviço

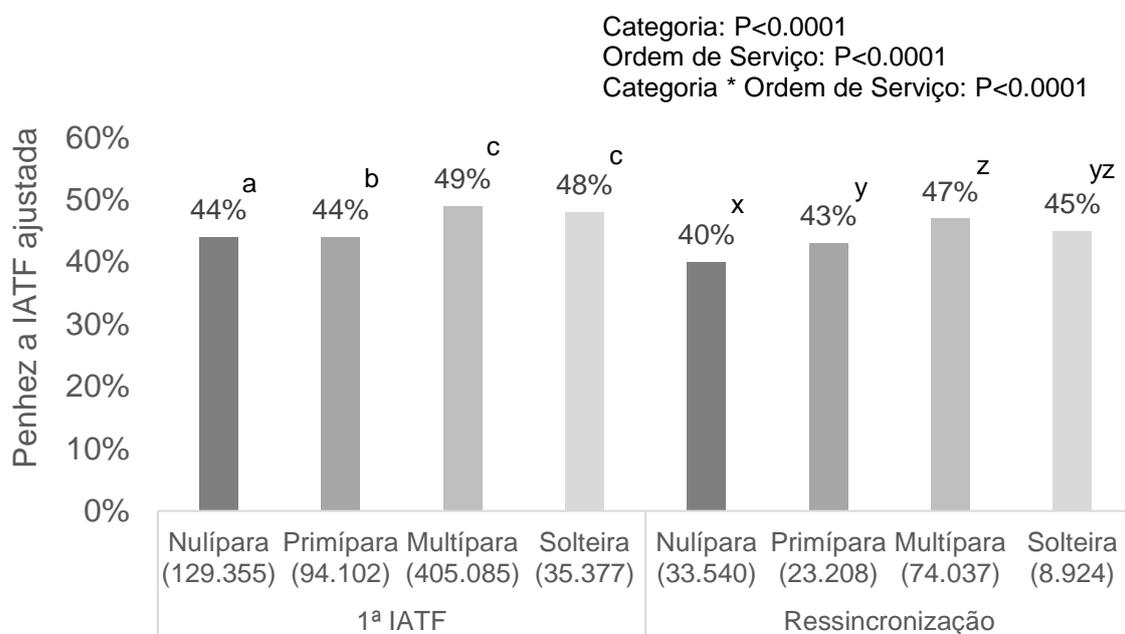


a ≠ b: efeito ($P < 0,05$) de ordem de serviço na categoria Nulípara
 y ≠ z: efeito ($P < 0,05$) de ordem de serviço na categoria Primípara
 alpha ≠ beta: efeito ($P < 0,05$) de ordem de serviço na categoria Multípara
 * ≠ #: efeito ($P < 0,05$) de ordem de serviço na categoria Solteira

Como demonstrado no gráfico 3, a P/IATF no primeiro serviço (1ª IATF) foi superior em vacas multíparas e solteiras quando comparado a fêmeas

primíparas ou nulíparas. Entretanto, a P/IATF nas ressincronizações, fêmeas solteiras apresentaram resultado similar ao das fêmeas primíparas.

Gráfico 3 - P/IATF de acordo com a ordem de serviço e a categoria animal

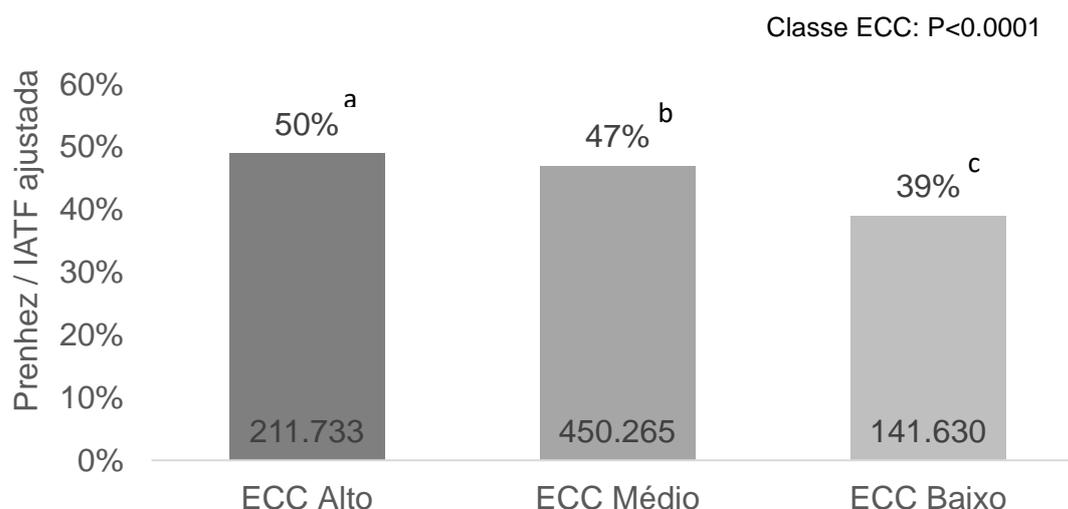


a ≠ b ≠ c: efeito ($P < 0,05$) de categoria na 1ª IATF

x ≠ y ≠ z: efeito ($P < 0,05$) de categoria na Ressincronização

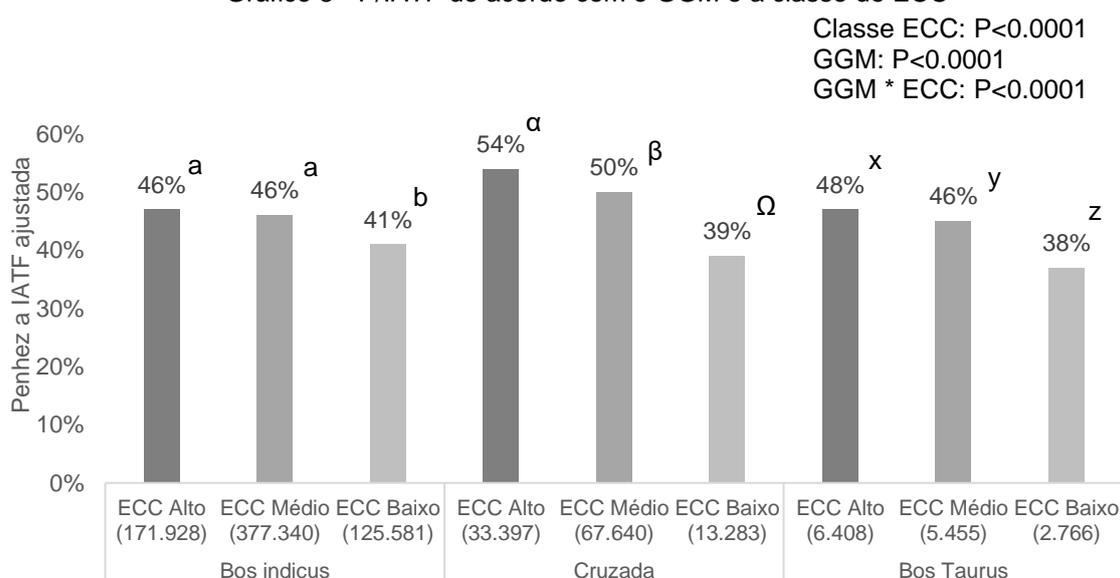
Verificou-se que fêmeas com maior ECC no início do protocolo apresentam maior P/IATF em relação àquelas fêmeas que apresentaram menor condição corporal (Gráfico 4).

Gráfico 4 - P/IATF de acordo com a classe de ECC



O grupo genético da matriz também influenciou a P/IATF (P<0.0001), entretanto foi observado interação entre o grupo genético da matriz e a classe de ECC sobre a P/IATF (P<0.0001; gráfico 5). Diferentemente do que observado nos outros grupos genéticos, fêmeas *Bos indicus* com ECC mediano tiveram resultado superior à fêmeas com ECC baixo, no entanto estas apresentaram resposta similar aquelas com ECC superior

Gráfico 5 - P/IATF de acordo com o GGM e a classe de ECC



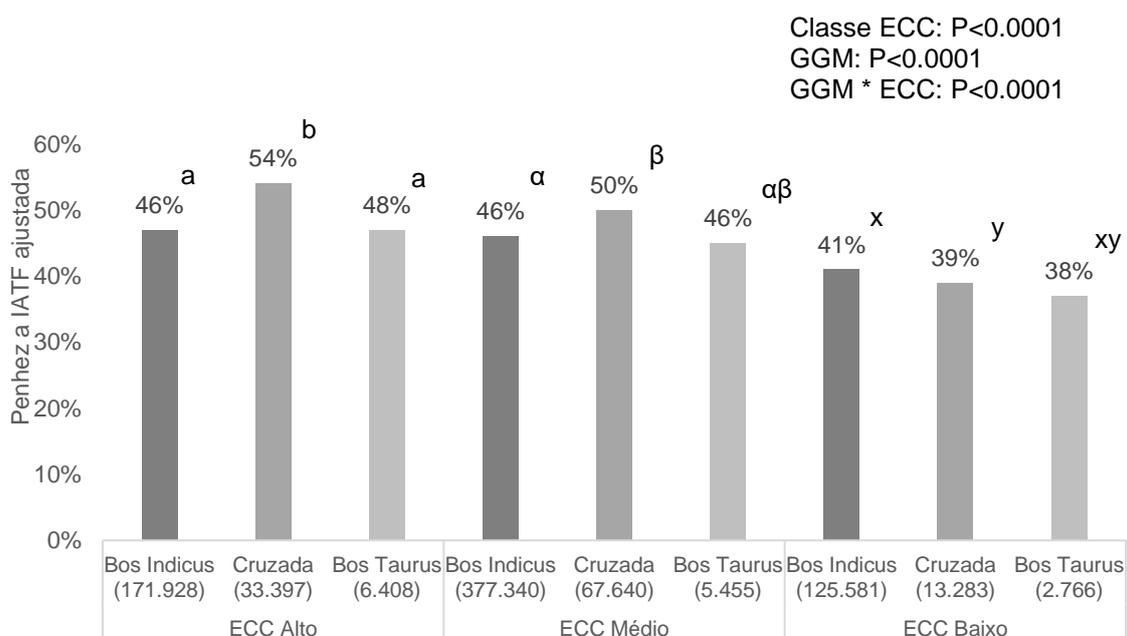
a ≠ b: efeito (P<0,05) de classe de ECC no GGM *Bos indicus*

alpha ≠ beta ≠ Omega : efeito (P<0,05) de classe de ECC no GGM Cruzada

x ≠ y ≠ z: efeito (P<0,05) de classe de ECC no GGM *Bos taurus*

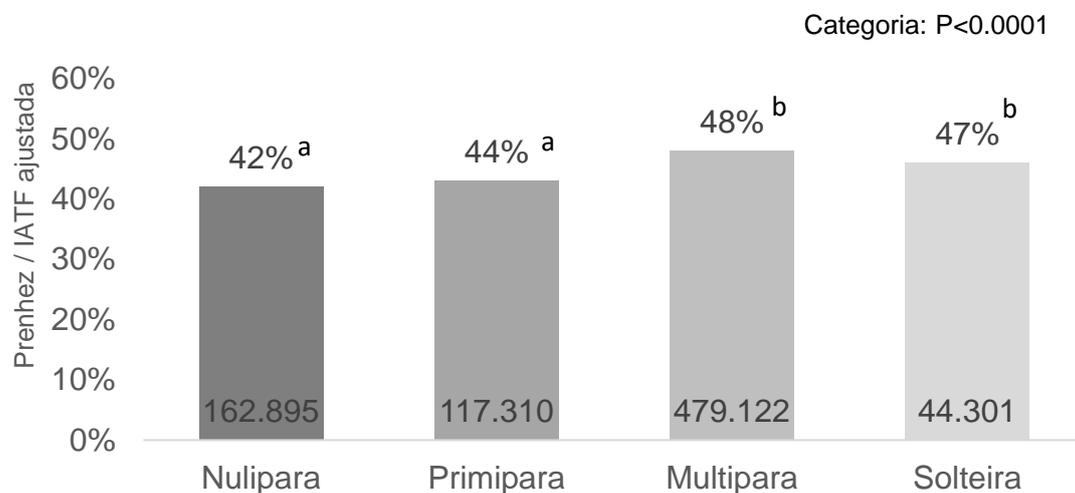
Matrizes *cruzadas* apresentaram P/IATF superior às *Bos taurus* e *Bos indicus* quando classificadas como ECC Alto. No entanto, o resultado não foi diferente quando comparado as fêmeas *Bos taurus* com ECC médio e ECC baixo (Gráfico 6).

Gráfico 6 - P/IATF de acordo com a classe de ECC e o GGM



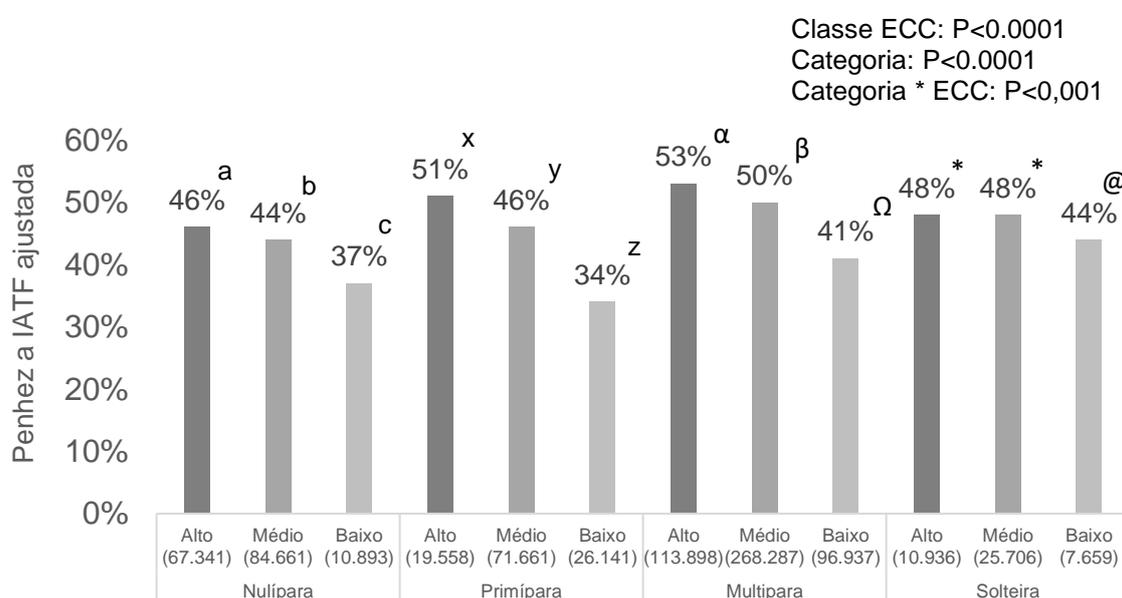
a ≠ b: efeito ($P < 0,05$) de GGM no ECC Alto
 α ≠ β: efeito ($P < 0,05$) de GGM no ECC Médio
 x ≠ y: efeito ($P < 0,05$) de GGM no ECC Baixo

Gráfico 7 - P/IATF de acordo com a categoria da matriz



A categoria da matriz influenciou a P/IATF ($P < 0.0001$). Multíparas e solteiras apresentaram maior P/IATF do que primíparas e nulíparas (gráfico 7). No entanto foi observada interação entre classe de ECC e categoria animal ($P < 0.0001$). Fêmeas solteiras não apresentaram incremento na P/IATF a partir do ECC médio. Este comportamento difere das demais categorias nas quais fêmeas classificadas como ECC Alto apresentaram maior P/IATF em relação as fêmeas classificadas como ECC Médio (gráfico 8).

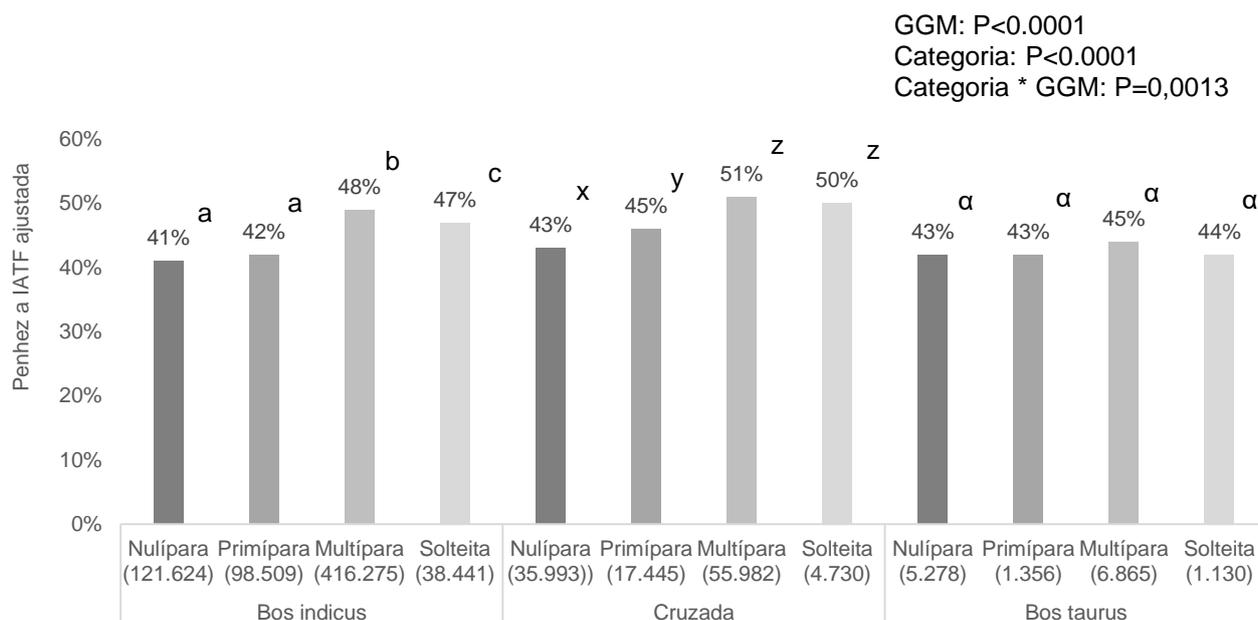
Gráfico 8 - P/IATF de acordo com a categoria da matriz e a classe de ECC



a ≠ b ≠ c: efeito ($P < 0,05$) de classe de ECC na categoria Nulípara
 x ≠ y ≠ z: efeito ($P < 0,05$) de classe de ECC na categoria Primípara
 α ≠ β ≠ Ω: efeito ($P < 0,05$) de classe de ECC Multipara
 * ≠ @: efeito ($P < 0,05$) de classe de ECC Solteira

Foi observado interação entre a categoria animal e o GGM ($P = 0,001$) sobre a P/IATF. Em fêmeas *Bos taurus*, não houve diferença entre categorias. Fêmeas *Bos indicus*, a categoria de multíparas se mostrou superior as demais categorias. Já em fêmeas cruzadas multíparas e solteiras tiveram resultados similares, e ambas foram superiores a novilhas e primíparas (gráfico 9).

Gráfico 9 - P/IATF de acordo com a categoria da matriz e o GGM



a ≠ b ≠ c: efeito (P<0,05) de categoria no GGM *Bos indicus*

x ≠ y ≠ z: efeito (P<0,05) de categoria no GGM Cruzada

α: efeito (P<0,05) de categoria no GGM *Bos taurus*

Em relação da fertilidade dos touros, houve efeito significativo da classe de fertilidade sobre a P/IATF (P<0.0001; gráfico 10). Não houve interação entre a categoria da fêmea e a classe de fertilidade do touro (P=0,07; gráfico 11), bem como entre GGM e classe de fertilidade do touro (P=0,16) sobre a P/IATF. Entretanto, houve interação entre a classe de fertilidade do touro e a classe de ECC (P=0,01; gráfico 13) e a ordem de serviço (P=0,03; gráfico 14) sobre a P/IATF.

Gráfico 10 - P/IATF de acordo com a classe de fertilidade dos touros

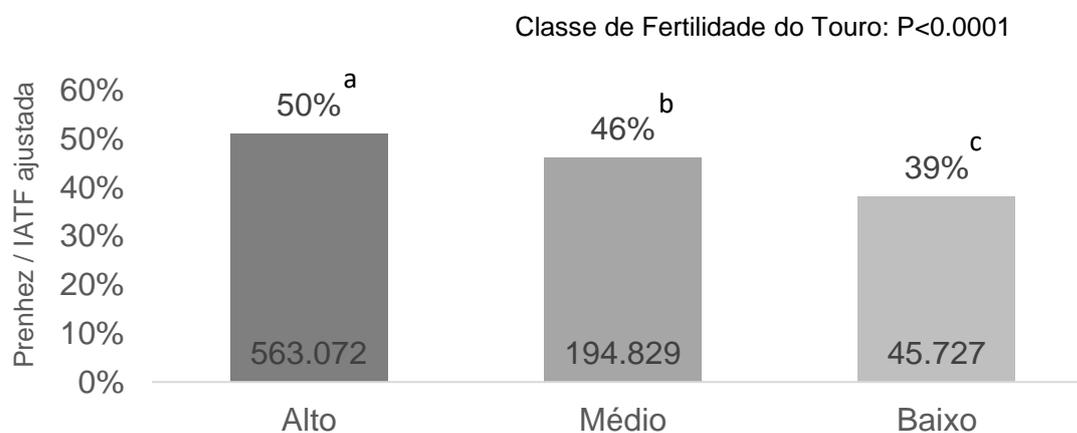
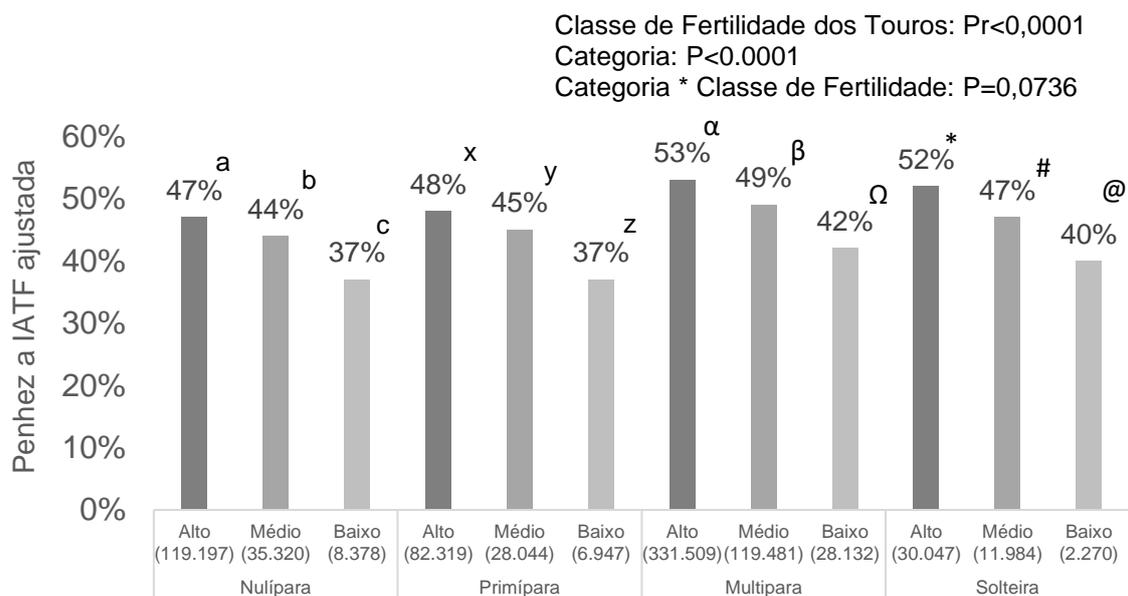
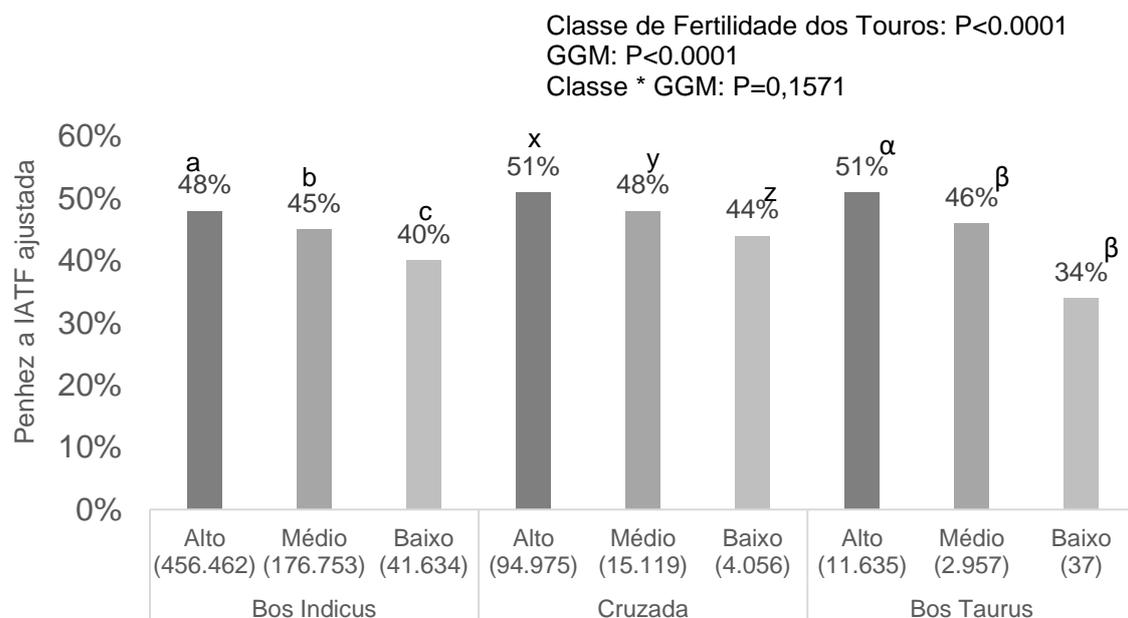


Gráfico 11 - P/IATF de acordo com a classe de fertilidade dos touros e a categoria animal



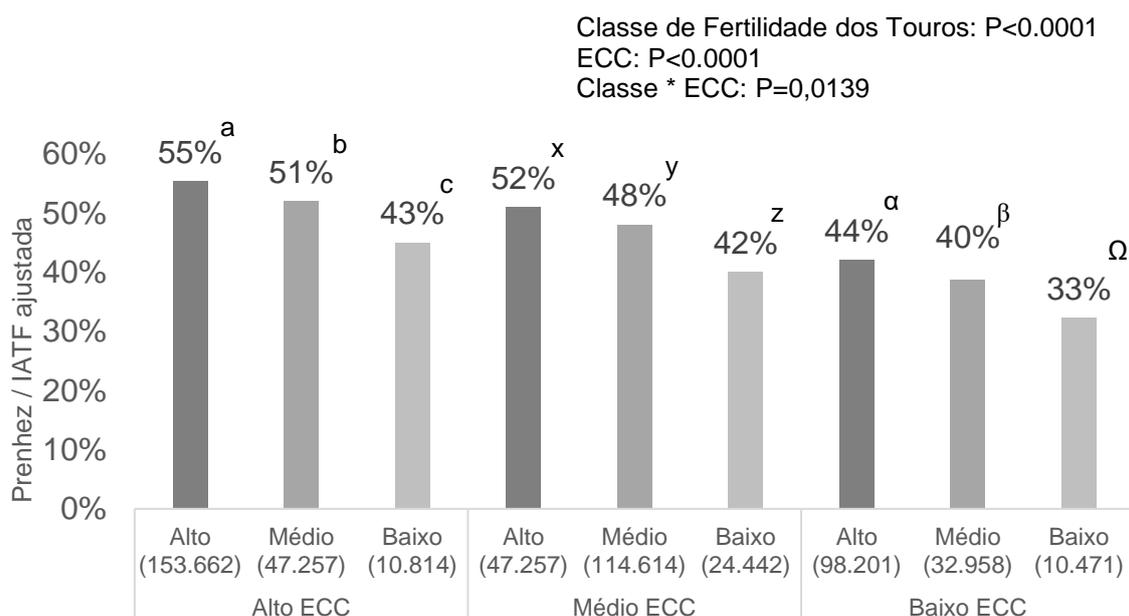
a \neq b \neq c: efeito ($P < 0,05$) de classe de fertilidade do touro na categoria Nulípara
 x \neq y \neq z: efeito ($P < 0,05$) de classe de fertilidade do touro na categoria Primípara
 α \neq β \neq Ω : efeito ($P < 0,05$) de classe de fertilidade do touro na categoria Multipara
 * \neq # \neq @: efeito ($P < 0,05$) de classe de fertilidade do touro na categoria Solteira

Gráfico 12 - P/IATF de acordo com a classe de fertilidade dos touros e o GGM



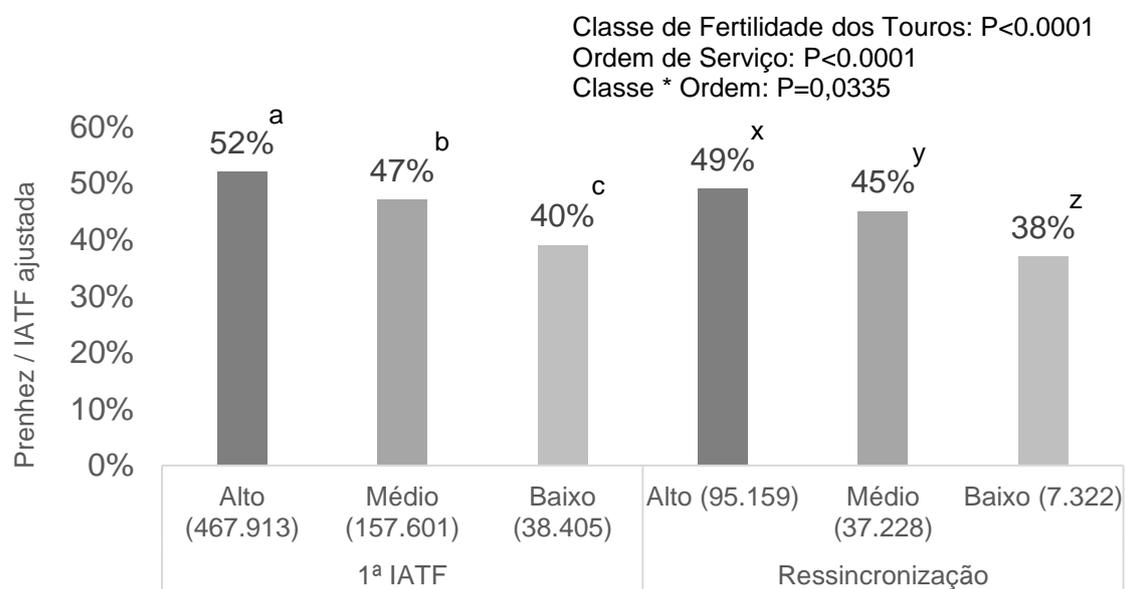
a \neq b \neq c: efeito ($P < 0,05$) de classe de fertilidade do touro no GGM *Bos indicus*
 x \neq y \neq z: efeito ($P < 0,05$) de classe de fertilidade do touro no GGM Cruzada
 α \neq β : efeito ($P < 0,05$) de classe de fertilidade do touro no GGM *Bos taurus*

Gráfico 13 P/IATF de acordo com a classe de fertilidade dos touros e a classe de ECC



a ≠ b ≠ c: efeito ($P < 0,05$) de classe de fertilidade do touro na classe de ECC Alto
 x ≠ y ≠ z: efeito ($P < 0,05$) de classe de fertilidade do touro na classe de ECC Médio
 α ≠ β ≠ Ω: efeito ($P < 0,05$) de classe de fertilidade do touro na classe de ECC Baixo

Gráfico 14 - P/IATF de acordo com a classe de fertilidade dos touros e a ordem de serviço



a ≠ b ≠ c: efeito ($P < 0,05$) de classe de fertilidade do touro na 1ª IATF
 x ≠ y ≠ z: efeito ($P < 0,05$) de classe de fertilidade do touro na Ressincronização

5. DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou os fatores que influenciam a P/IATF em programas de inseminação artificial em tempo fixo de rebanhos de corte. A classe de fertilidade do reprodutor apresentou significativo efeito na prenhez, o que reafirma a importância da escolha de touros com base em testes de fertilidade para os programas de IATF. A hipótese testada de que a fertilidade intrínseca do touro não é alterada pelas características da fêmea foi parcialmente aceita. Não houve efeito de interação entre as classes de fertilidade dos touros e as diferentes categorias animais, bem como os diferentes GGM sobre a taxa de concepção. No entanto, a ordem de serviço e a classe de condição corporal apresentaram interação significativa com a classe de fertilidade dos touros sobre a P/IATF. Tanto a ordem de serviço quanto o ECC alteram a amplitude de variação da classe de fertilidade de touros na taxa de prenhez.

Entre os efeitos fixos analisados, o escore de condição corporal foi o de maior impacto sobre a P/IA. Ficou demonstrado que fêmeas apresentando escores mais altos obtiveram maiores taxas de prenhez quando comparadas com aquelas com escores mais baixos. A mensuração do escore corporal das fêmeas é fundamental para o manejo e avaliação dos resultados da IATF e, habitualmente é realizado no momento do início do tratamento de sincronização ou no momento da IATF, período no qual as fêmeas pós-parto estão amamentando suas crias. Tal efeito de amamentação, pode ser a potencial explicação da correlação direta entre aumento de ECC e aumento da taxa de prenhez à inseminação. A manutenção adequada do plano nutricional das fêmeas lactantes durante o período de pós-parto é o maior desafio para o alcance de elevados índices reprodutivos, e pode ser indiretamente avaliado pelo ECC (MICHAEL et al., 2019; AYRES et al., 2014).

Ainda, outros achados de literatura comprovam que o incremento no escore de condição corporal interfere diretamente nas taxas de prenhez. Torres e Tineo, 2015, afirmam que aumento em 0,5 unidade de ECC gera um incremento de 39% na probabilidade de prenhez. Podendo também ser influenciada por outros fatores como a categoria e raça da matriz, a evolução de peso e a ordem de serviço (SHORT et al., 1990; CUTAIA et al., 2003).

Peculiaridades na resposta reprodutiva entre fêmeas *Bos indicus* e *Bos taurus*, frente a variações na dieta, tem sido alvo de diversas pesquisas científicas (CARVALHO et al., 2008; SARTORI et al., 2016; BASTOS, 2012; COOKE et al., 2020). A maior parte destes estudos avaliou reposta da nutrição sobre a fisiologia ovariana, qualidade oocitária e perfil endócrino. Poucos avaliaram a contribuição da nutrição no sucesso gestacional nos diferentes grupos genéticos. No presente estudo, a classe de ECC apresentou influência sob a P/IATF nos diversos grupos de GGM avaliados. Fêmeas com maior ECC apresentaram maior P/IATF quando comparada àquelas com ECC médio e ECC baixo. Ainda fêmeas com ECC médio apresentaram maior taxa de prenhez à IATF quando comparadas àquelas com ECC baixo. Apesar deste efeito principal, quando se analisa somente fêmeas *Bos indicus*, estas não apresentam melhoria de resultados a partir do ECC médio. Isto sugere de que a partir de um determinado aporte nutricional fêmeas *Bos indicus* não apresentam efeito adicional na fertilidade.

Dando sequência na variação de resposta da classe do ECC de acordo com o GGM sobre a prenhez, foi observado de que fêmeas cruzadas apresentam maior P/IA quando apresentam ECC Alto quando comparadas as fêmeas *Bos indicus* e *Bos taurus*. Tal achado poderia ser explicado pelo efeito da genética aditiva e da heterose entre as raças, que promove maior desempenho das fêmeas cruzadas (COOKE et al., 2020). Tais achados corroboram com De Camargo et al., 2017, encontrou diferença de 5,8 pontos percentuais na taxa de prenhez de fêmeas cruzadas quando comparadas a *Bos indicus*, o que reafirma o potencial do efeito da heterose sobre a fertilidade da fêmea.

Quanto a análise do efeito de categoria, fêmeas múltipara e solteira apresentaram resultados equivalentes e ambas foram superiores as demais categorias tais como nulípara e primípara. Tais resultados encontrados corroboram com o descrito por Sá Filho, 2013 e Sales et al., 2016, nos quais observaram que fêmeas múltiparas apresentaram maior P/IATF quando comparado a primípara. A menor taxa de prenhez da categoria primípara pode estar relacionada a maior demanda nutricional, devido a fase de crescimento, manutenção e primeira lactação (PILAU & LOBATO, 2009).

Adicionalmente, foi observada interação entre categoria animal e a classe de ECC sobre a P/IATF. Observa-se categorias mais jovens tais como nulípara e primípara apresentam maior declínio na P/IATF, quando submetidas a maior estresse nutricional, traduzido pelo menor ECC. A mudança de classe de ECC de mediano para baixo causa maior redução em pontos percentuais em nulíparas (12 p.p.) e primíparas (9 p.p) em relação as fêmeas múltiparas (4 p.p.).

Fêmeas jovens são mais sensíveis aos efeitos da baixa nutrição, o que afeta de maneira mais severa o eixo hipotálamo hipófise gonada (MARSON et al., 2004). Hormônios tais como a leptina, quando em baixos níveis séricos, devido ao menor aporte nutricional, afetam a sensibilidade do hipotálamo ao estradiol (GARCIA et al., 2002; WILLIAMS et al., 2002). Novilhas e primíparas sob estresse nutricional irão apresentar menor secreção de GnRH e LH e reduzido desenvolvimento folicular (SILVA et al., 2018). Conseqüentemente tais categorias jovens submetidas a insuficiente aporte nutricional terão baixa resposta aos programas de IA (PERES, 2016).

Entre os principais efeitos fixos analisados, a ordem de serviço também apresentou significativa influência sobre a P/IATF. A 1ª IATF apresentou maiores resultados de P/IATF do que a ressincronização em todas as categorias. Isto corrobora com os resultados encontrados por Campos et al., 2013 trabalhando com primíparas, bem como aqueles descritos por Marques et al., 2015, que trabalharam com primíparas e múltiparas. A maior taxa de prenhez durante a 1ª IATF em relação as ressincronizações, é comum tanto para vacas de corte quanto as de leite (DE OLIVEIRA et al., 2009; CUNHA et al., 2020; MOROTTI et al., 2015; PENTEADO et al., 2016; MIRANDA et al., 2018; BÓ & BARUSELLI 2014). Esta diferença positiva à primeira IATF é repetidamente alcançada quando o processo de IATF é bem realizado e as fêmeas respondem adequadamente a primeira IATF. Neste caso existe tendência de que as melhores fêmeas, mais férteis e com melhores condições corporais se tornem gestantes no primeiro serviço. Ao passo que as fêmeas que porventura não se tornaram gestantes, e foram ressincronizadas, tendem a apresentar maior incidência de anestro, menor ECC, ou até mesmo menor fertilidade.

Touros com classe de fertilidade superior se mostraram superiores quando comparados àqueles de classes de fertilidade média ou baixa. Diversos

estudos comprovaram que o touro possui influência nas taxas de concepção (HALL et al., 2017; THOMAS et al., 2019; LOCKE et al., 2020; ZANATTA 2019; BATISTA et al., 2016). No entanto, até o presente momento, não se tem conhecimento do fator principal que explique tal diferença de fertilidade entre indivíduos.

Alguns estudos evidenciam as diferenças da classe de fertilidade dos reprodutores pelas avaliações tais como as análises espermáticas subjetivas (CELEGHINI et al., 2017; ZANATTA, 2019), análises computadorizadas e cinéticas do espermatozóide (FARREL et al., 1998), o SCR (NORMAN; HUTCHINSON; WRIGHT, 2008; NORMAN; HUTCHISON; VANRADEN, 2011), bem como os estudos metabolômicos (BARROS et al., 2013; SANTANA et al., 2018; SILVA, 2018) e genômicos (CONNER; BARRATT, 2006) e de miRNAs (CAPRA et al., 2017). Zanatta (2019) afirma que a diferença de fertilidade entre os reprodutores pode ser explicada pela menor taxa de fertilização de touros de baixa fertilidade, bem como da interação entre o sêmen e o trato reprodutivo da fêmea. Espermatozoides que apresentam hiperatividade precoce, alterações bioquímicas e moleculares que o tornem capacitados, podem ter período de sobrevivência menor no oviduto da fêmea, reduzindo sua capacidade fecundante (PFEIFER et al., 2019). Essa hiperatividade precoce é semelhante ao que acontece com o sêmen sexado (BARUSELLI et al., 2007), podendo ser comparado aos touros de classe de fertilidade baixa. Apesar das causas potenciais na diferença de fertilidade entre os indivíduos, novos estudos precisam ser realizados na tentativa de elucidar o mecanismo biológico que justifique tal variação.

No presente estudo a classe de fertilidade do touro, não foi alterada pela categoria da fêmea e o GGM. No entanto, o mesmo efeito não foi observado em relação a ordem de serviço e a classe de ECC, nas quais apresentaram interação significativa com a classe de fertilidade do touro sobre a P/IATF. Aparentemente a interação observada entre a classe de fertilidade e a ordem de serviço, bem como a classe de ECC são relacionadas a pequenas variações de ranqueamento entre touros, o que altera de maneira sutil a amplitude da influência do touro, sem eliminar ou alterar a contribuição principal.

6. CONCLUSÃO

Diversos fatores relacionados a fêmea tais como categoria, ECC, GGM e ordem de serviço influenciam a prenhez em programas de IATF de rebanhos de corte. A classe de fertilidade do reprodutor apresenta significativo efeito no resultado destes programas, não havendo efeito de interação entre a fertilidade dos touros e as diferentes categorias animais, bem como os diferentes grupos genéticos. A ordem de serviço e a classe de ECC apresentam interação, alteraram a amplitude de variação da classe de fertilidade de touros.

Sugere-se que a utilização de touros de maior fertilidade seja uma estratégia para promover melhor resultado nos programas de inseminação artificial nos diversos sistemas de produção. Isto possibilita maior multiplicação de material genético superior e aumenta o retorno do investimento.

Referências

ABDEL-RAZEK, A.; ALI, A. Development changes of bull (*Bos taurus*) genitalia as evaluated by caliper and ultrasonography. **Reproduction in Domestic Animals**, vol. 40, p. 23–27, 2005.

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **BeefReport: Perfil da Pecuária no Brasil**. Brasília: ABIEC, 2020. p. 51.

AHMAD, E.; AHMAD, N.; NASEER, Z.; ALEEM, M.; KHAN, M. S.; ASHIQ, M.; YOUNIS, M. Relationship of age to body weight, scrotal circumference, testicular ultrasonograms, and semen quality in Sahiwal bulls. **Tropical Animal Health and Production**, vol. 43, p. 159–164, 2011.

AHMADI, B.; MIRSHAHI, A.; GIFFIN, J.; OLIVEIRA, M. E. F.; GAOA, L.; HAHNEL, A.; BARTLEWSKI, P. M. Preliminary assessment of the quantitative relationships between testicular tissue composition and ultrasonographic image attributes in the RAM. **The Veterinary Journal**, vol. 198, p. 282–285, 2013.

AITKEN, R. J.; GORDON, E.; HARKISS, D.; TWIGG, J. P.; MILNE, P.; JENNINGS, Z.; IRVINE, D. Stewart. Relative Impact of Oxidative Stress on the Functional Competence and Genomic Integrity of Human Spermatozoa. **Biology of Reproduction**, vol. 59, no. 5, p. 1037–1046, 1 Nov. 1998.

ALMEIDA, A. B.; BERTAN, C. M.; ROSSA, L. A.; GASPAR, O. S.; BINELLI, M.; MADUREIRA, E. H. Avaliação da reutilização de implantes auriculares contendo norgestomet associados ao valerato ou ao benzoato de estradiol em vacas nelore inseminadas em tempo fixo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, vol. 43, no. 4, p. 456–465, 2006.

ALMEIDA, O. M. de; PINHO, R. O.; LIMA, D. M. A.; MARTINS, L. F. Endocrinologia da puberdade em fêmeas bovinas. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, vol. 11, no. 20, p. 33, 2013.

Alta Genetics - Alta. ConceptPlus. 2016. Disponível em: <<https://altagenetics.com.br/noticias/artigos-tecnicos/conceptplus>>. Acesso em: 28 Dez. 2020.

ALVES CIRNE, LUIS GABRIEL ET AL. Efeito da tosquia estratégica no comportamento ingestivo de ovelhas Ile de France em pastagem de capim vaquero (*Cynodon dactylon* cv Vaquero) durante a estação de monta. **Semináncias Agrárias**, p. 1607-1615, 2014.

AMANN, R. P.; KATZ, D. F. Reflections on CASA after 25 years. **Journal of Andrology**, vol. 25, no. 3, p. 317–325, 2004.

AMANN, R. P.; SAACKE, R. G.; BARBATO, G. F.; WABERSKI, D. Measuring male-to-male differences in fertility or effects of semen treatments. **Annual Review of Animal Biosciences**, vol. 6, p. 255–286, 2018.

AMANN, R. P.; SCHAMBACHER, B. D. Physiology of male reproduction. **Journal of Animal Science**, vol. 57, p. 380–403, 1983.

ANDRADE, B. H. A.; FERRAZ, P. A.; RODRIGUES, A. S.; LOIOLA, M. G. V.; CHALHOUB, M.; RIBEIRO FILHO, A. L. de. Eficiência do cipionato de estradiol

e do benzoato de estradiol em protocolos de indução da ovulação sobre a dinâmica ovariana e a taxa de concepção de fêmeas nelore inseminadas em diferentes momentos. **Archives Of Veterinary Science**, vol. 17, no. 4, p. 70–82, 2012.

ANDRADE, J. de S.; MOREIRA, E. M.; SILVA, G. M. da; DE SOUZA, V. L.; NUNES, V. R. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. S. de; POTIENS, J. R.; PFEIFER, L. F. M. Aspectos uterinos, foliculares e seminais que afetam a IATF em vacas de corte no período pós-parto. In CONGRESSO NORTE E NORDESTE DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 9., 2018, Belem, PA. **Anais... CONERA**, 2018. p. 1–13.

ARRUDA, R. P. **Avaliação dos efeitos dos diluidores e crioprotetores para o espermatozoide equino pelo uso de microscopia de epifluorescência, Citometria de fluxo, análises computadorizadas da motilidade (CASA) e da morfometria (ASMA)**. 2000. Tese (Livre Docência) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

AYRES, H. et al. 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, n. 4, p. 529-536, 2014.

AYRES, H., FERREIRA, R. M., DE SOUZA TORRES-JÚNIOR, J. R., DEMÉTRIO, C. G. B., DE LIMA, C. G., & BARUSELLI, P. S. (2009). **Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (Bos indicus) cows**. *Livestock Science*, 123(2-3), 175-179.

BARBOSA, R. T.; MACHADO, R.; BERGAMASHI, M. A. C. M.; BERGAMASCHI, M. A. C. M. **A importância do exame andrológico em bovinos**. 41° Ed. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. p. 13.

BARROS, T. B.; GUIMARÃES, D. B.; ARAÚJO, L. R. S.; CANTANHÊDE, L. F.; DIAS, A. V.; QUEVEDO FILHO, I. B.; MOURA, A. A. A.; TONIOLLI, R. O estudo proteômico e o seu potencial de avaliação da fertilidade em machos de diferentes espécies domésticas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, vol. 37, no. 3, p. 266–271, 2013.

BARTH, A. D.; OKO, R. J. **Abnormal morphology of bovine spermatozoa**. Ames: Iowa State University Press, 1989. p. 294.

BARUSELLI, P. S. Estimativa do mercado de IATF no Brasil. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2018. p. 1-7.

BARUSELLI, P. S.; CATUSSI, B. L. C.; ABREU, L. A. de; ELLIFF, F. M.; SILVA, L. G.; BATISTA, E. M.; CREPALDI, G. A. Evolução e perspectivas da inseminação artificial em bovinos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 23., 2019, Gramado, RS. **Anais... CBRA**, 2019. p. 308–314.

BARUSELLI, P. S.; FERREIRA, R. M.; COLLI, M. H. A.; ELLIFF, F. M.; SÁ FILHO, M. F.; VIERA, L.; FREITAS, B. G. Timed artificial insemination: current challenges and recent advances in reproductive efficiency in beef and dairy herds in Brazil. **Animal Reproduction Science**, vol. 14, no. 3, p. 558–571, 2017.

BARUSELLI, P. S.; GIMENES, L. U.; SALES, J. N. de S. Fisiologia reprodutiva de fêmeas taurinas e zebuínas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, vol.

31, no. 2, p. 205–211, 2007.

BARUSELLI, P. S.; REIS, E. L.; MARQUES, M. O.; NASSER, L. F.; BÓ, G. A. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. **Animal Reproduction Science**, vol. 82–83, p. 479–486, 2004.

BARUSELLI, P. S.; SOUZA, A. H.; MARTINS, C. M.; GIMENES, L. U.; SALES, J. N. S.; AYRES, H.; ANDRADE, A. F. C.; RAPHAEL, F.; ARRUDA, R. P. Sêmen sexado: inseminação artificial e transferência de embriões. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, vol. 31, no. 3, p. 374–381, 2007.

BASTOS, Michele Ricieri. **Diferenças fisiológicas reprodutivas entre Bos taurus e Bos indicus**. 108 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2012.

BATISTA, E. O. S., VIEIRA, L. M., SÁ FILHO, M. F., CARVALHO, P. D., RIVERA, H., CABRERA, V., & SOUZA, A. H. Field fertility in Holstein bulls: Can type of breeding strategy (artificial insemination following estrus versus timed artificial insemination) alter service sire fertility?. **Journal of dairy science**, 99(3), 2016.

BATTISTELLI, J. V. F. **Alternativas de cruzamento utilizando raças taurinas adaptadas ou não sobre matrizes nelores para produção de novilhos precoces**. 2012. Dissertação (Ciência Animal). Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2012.

BAUMAN, D. E. Regulation of nutrient partitioning during lactation: homeostasis and homeoeresis. **Ruminant physiology. Digestion, metabolism, growth and reproduction**. Wallingford: CAB, 2000. p. 311–328.

BERLINGUER, F.; MADEDDU, M.; PASCUI, V.; SUCCU, S.; SPEZZIGU, A.; SATTÀ, V.; MEREU, P.; LEONI, G. G.; NAITANA, S. Semen molecular and cellular features: these parameters can reliably predict subsequent ART outcome in a goat model. **Reproductive Biology and Endocrinology**, vol. 7, no. 1, p. 125, 2009.

BETTENCOURT, E.; ROMÃO, R.; LALANDA, H.; VITOR, M.; CHARNECA, R.; PAIS, J.; HENRIQUES, N.; NUNES, N.; BETTENCOURT, C. Caracterização reprodutiva de touros jovens de raça mertolenga submetidos a exame andrológico de rotina. In: CONGRESSO IBÉRICO SOBRE RECURSOS GENÉTICOS ANIMALES, 2018, Múrcia, UM. **Anais...** Múrcia, 2018. p. 1–3.

BLEIL, J. D.; BEALL, C. F.; WASSARMAN, P. M. Mammalian sperm-egg interaction: fertilization of mouse eggs triggers modification of the major zona pellucida glycoprotein. **Developmental Biology**, vol. 86, p. 189–197, 1981.

BLOCKEY, M. A. B. Relationship between serving capacity of beef bulls as predicted by the yard test and their fertility during paddock mating. **Australian Veterinarian Journal**, vol. 66, p. 348–351, 1989.

BLOCKEY, M. de A. B. Serving Capacity - Measure of the Serving efficiency of bulls during pasture mating. **Theriogenology**, vol. 6, no. 4, p. 393–401, 1976.

BLOM, E. The ultrastructure of some characteristic sperm defects and a proposal for a new classification of the bull spermogram. **Nordisk veterinærmedicin**, vol. 25, p. 383–339, 1973.

BLOTTNER, S.; NEHRING, H.; TORNER, H. Individual differences in capacitation of bull spermatozoa by heparin in vitro: relationship to fertility. **Theriogenology**, vol. 34, no. 3, p. 619–628, 1990.

BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. **Animal**, v. 8, n. s1, p. 144-150, 2014.

BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S.; MARTINEZ, M. F. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. **Animal Reproduction Science**, vol. 78, p. 307–326, 2003.

BODMER, M.; JANNET, F.; HA“SSIG, M.; DEN DAAS, N.; REICHERT, P.; THUN, R. Fertility in heifers and cows after low dose insemination with sex-sorted and non-sorted sperm under field condition. **Theriogenology**, vol. 64, p. 1647–1655, 2005.

BONILLA, E.; XU, E. Y. Identification and characterization of novel mammalian spermatogenic genes conserved from fly to human. **Molecular Human Reproduction**, vol. 14, no. 3, p. 137–142, 2008.

BORGES, L. F. K.; FERREIRA, R.; SIQUEIRA, L. C.; BOHRER, R. C.; BORSTMANN, J. W.; OLIVEIRA, J. F. C. de; GONÇALVES, P. B. D. Artificial insemination system without estrous observation in suckled beef cows. **Ciência Rural**, vol. 39, no. 2, p. 496–501, 2008.

BRANDÃO, K. M. A. **Taxa de prenhez em bovinos submetidos à IATF utilizando diferentes protocolos de sincronização de estro**. 2012. Monografia (Medicina Veterinária). Brasília: Universidade de Brasília, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Portaria n° 109, de 25 de maio de 2009**. Institui Grupo de Trabalho no âmbito do Departamento de Fiscalização de Insumos Pecuários - DFIP/SDA, com a finalidade de atualizar o Manual de Procedimentos para Exame Andrológico e Avaliação de Sêmen Animal. Brasília, DF, 26 maio 2009. Seq. 1, p.5.

BRAUNDMEIER, A. G.; MILLER, D. J. The Search is on: Finding Accurate Molecular Markers of Male Fertility. **Journal of Dairy Science**, vol. 84, p. 1915–1925, 2001.

BRUMATTI, R. C.; FERRAZ, J. B. S.; ELER, J. P.; FORMIGONNI, E. I B; FORMIGONNI, I. B. Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. **Archivos de Zootecnia**, vol. 60, no. 230, p. 205–213, 2011.

CACCIA, M.; BÓ, G. A. Follicle wave emergence following treatment of CIDR-implanted beef cows with benzoate and progesterone. **Theriogenology**, vol. 49, p. 34, 2008.

CAMPOS, J. T. et al. Resynchronization of estrous cycle with eCG and temporary calf removal in lactating *Bos indicus* cows. **Theriogenology**, v. 80, 2013, p. 619-623.

CAMPOS, J. T.; MOROTTI, F.; COSTA, C. B.; BERGAMO, L. Z.; SENEDA, M. M. Evaluation of pregnancy rates of *Bos indicus* cows subjected to different synchronization ovulation protocols using injectable progesterone or an intravaginal device. **Semina Ciências Agrárias**, vol. 37, no. 6, p. 4149–4156,

2016.

CANUTO, G.; COSTA, J. L.; CRUZ, P.; SOUZA, A.; FACCIO, A.; KLASSEN, A.; RODRIGUES, K.; TAVARES, M. Metabolômica: Definições, estado-da-arte e aplicações representativas. **Química Nova**, vol. 41, no. 1, p. 75–91, 2018.

CAPRA, E.; TURRI, F.; LAZZARI, B.; CREMONESI, P.; GLIOZZI, T. M.; FOJADELLI, I.; STELLA, A.; PIZZI, F. Small RNA sequencing of cryopreserved semen from single bull revealed altered miRNAs and piRNAs expression between High- and Low-motile sperm populations. **BMC Genomics**, vol. 18, no. 1, p. 14, 2017.

CARVALHO, J. B. P.; CARVALHO, N. A. T.; REIS, E. L.; NICHI, M.; SOUZA, A. H.; BARUSELLI, P. S. Effect of early luteolysis in progesterone-based timed AI protocols in *Bos indicus*, *Bos indicus*×*Bos taurus*, and *Bos taurus* heifers. **Theriogenology**, vol. 69, no. 2, p. 167–175, 2008.

CARVALHO, J. S.; CAVALCANTI, M. O.; CHAVES, M. S.; RIZZO, H. Eficiência da inseminação artificial em tempo fixo em fêmeas zebuínas na mesorregião Sudeste do Pará, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, vol. 62, p. 1–7, 2019.

CASTILHO, E. F. **Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) em Bovinos Leiteiros**. Maringá: IEPEC, 2015.

CBRA - Colegio Brasileiro de Reprodução Animal. **Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal**. 3° Ed. Belo Horizonte: CBRA, 2013. p. 91.

CELEGHINI, E. C. C. **Efeitos da criopreservação do sêmen bovino sobre as membranas plasmática, acrossomal e mitocondrial e estrutura de cromatina dos espermatozoides utilizando sonda fluorescentes**. 2005. Tese (Medicina Veterinária). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005.

CELEGHINI, E. C. C.; DE ARRUDA, R. P.; FLOREZ-RODRIGUEZ, S. A.; SANTOS, F. B. dos; ALVES, M. B. R.; OLIVEIRA, B. M. M. de. Impacto da qualidade do sêmen sobre a fertilidade a campo em bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, vol. 41, no. 1, p. 40–45, 2017.

CENTOLA, G. M. Comparison of manual microscopic and computer-assisted methods for analysis of sperm count and motility. **Archives of Andrology**, vol. 36, p. 1–7, 1996.

CEREZETTI, M. B.; BERGAMO, L. Z.; COSTA, B. C.; SILVA, C. B. da; SENEDA, M. M. Alternativas para substituição do uso de implantes vaginais de progesterona na inseminação artificial em tempo fixo em bovinos. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, vol. 6, no. 2, p. 416–433, 2019.

CHENOWETH, P. J. Aspects of reproduction in female *Bos indicus* cattle: a review. **Australian Veterinary Journal**, vol. 71, no. 12, p. 422–426, 1994.

COLENBRANDER, B.; BROUWERS, J. F. H. M.; NEILD, D. M.; STOUT, T. A. E.; DA SILVA, P.; GADELLA, B. M. Capacitation dependent lipid rearrangements in the plasma membrane of equine sperm. **Theriogenology**, vol. 58, p. 341–345, 2002.

CONNER, S. J.; BARRATT, C. L. R. Genomic and proteomic approaches to defining sperm production and function. *In*: DE JONGE, C. J.; BARRATT, C.

(Eds.). **The Sperm Cell**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. p. 49–71.

COOKE, R. F., CARDOSO, R. C., CERRI, R. L., LAMB, G. C., POHLER, K. G., RILEY, D. G., & VASCONCELOS, J. L. Cattle adapted to tropical and subtropical environments: genetic and reproductive considerations. **Journal of animal science**, 98(2), skaa015. 2020.

COOPER, T. G.; YEUNG, C. H. A flow cytometric technique using peanut for evaluating acrosomal loss from human spermatozoa. **Journal of Andrology**, vol. 19, no. 5, p. 542–550, 1998.

CORREA, J. R.; PACE, M. M.; ZAVOS, P. M. Relationships among frozen-thawed sperm characteristics assessed via the routine semen analysis, sperm functional tests and fertility of bulls in an artificial insemination program. **Theriogenology**, vol. 48, no. 5, p. 721–731, 1997.

COSTA-SILVA, E. V.; FERREIRA, B. X.; QUEIROZ, V. L. D.; COSTA FILHO, L. C. C.; ZÚCCARI, C. E. S. N. Precocidade sexual de touros a campo em condições tropicais. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, vol. 37, no. 2, p. 97–104, 2013.

COUTINHO, L. L.; ROSÁRIO, M. F. do; JORGE, E. C. Biotecnologia animal. **Estudos Avançados**, vol. 24, no. 70, p. 123–147, 2010.

CUNHA, F., CUSHMAN, R. A., SANTA CRUZ, R., DE NAVA, G., & VIÑOLES, C. Antral follicular count has limited impact in the selection of more fertile beef heifers. **Livestock Science**, 241, 104230. 2020.

CUNHA, R. R.; FERNANDES, C. A. C.; GARCIA, J. A. D.; GIOSO, M. M. Inseminação artificial em tempo fixo em primíparas Nelore lactantes acíclicas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol. 65, no. 4, p. 1041–1048, 2013.

CUTAIA, L.; VENERANDA, G.; TRÍBULO, R.; BARUSELLI, P. S.; BÓ, G. A. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. In: **Simposio Internacional De Reproducción Animal**, 5., 2003, Córdoba, Argentina. Anales.. Córdoba, Argentina: [s.n], p. 119-132,

D'AMOURS, O.; FRENETTE, G.; FORTIER, M.; LECLERC, P.; SULLIVAN, R. Proteomic comparison of detergent-extracted sperm proteins. **Reproduction**, vol. 139, no. 3, p. 545–556, 2010.

DADARWAL, D.; MAPLETOFT, R. J.; ADAMS, G. P.; PFEIFER, L. F. M.; CREELMAN, C.; SINGH, J. Effect of progesterone concentration and duration of proestrus on fertility in beef cattle after fixed-time artificial insemination. **Theriogenology**, vol. 29, p. 859–866, 2013.

DALTON, J. C.; NADIR, S.; BAME, J. H.; NOFTSINGER, M.; NEBEL, R. L.; SAACKE, R. G. Effect of time of insemination on number of accessory sperm, fertilization rate, and embryo quality in nonlactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, vol. 91, no. 2, p. 847–856, 2001.

DANCE, A.; THUNDATHIL, J.; WILDE, R.; BLONDIN, P.; KASTELIC, J. Enhanced early-life nutrition promotes hormone production and reproductive

development in Holstein bulls. **Journal of Dairy Science**, vol. 98, no. 2, p. 987–998, 2015.

DE ALMEIDA, I. C.; SOBREIRA, R. R.; OLIVEIRA, F. A.; YAN, L. G.; MADUREIRA, A. P.; SIQUEIRA, G. B.; BROCH, J. Protocolo de pré-sincronização hormonal em vacas mestiças no período pós-parto. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, vol. 38, no. 4, p. 353–357, 2016.

DE CAMARGO, LEANDRO MOCELIN ET AL. Influência dos escores de condição corporal e da heterose sobre os resultados da inseminação artificial em tempo fixo. **Revista eletrônica biociências, biotecnologia e saúde**, v. 10, n. 19, p. 7-16, 2017.

DE CANIO, M.; SOGGIU, A.; PIRAS, C.; BONIZZI, L.; GALLI, A.; URBANICD, A.; RONCADA, P. Differential protein profile in sexed bovine semen: shotgun proteomics investigation. **Molecular BioSystems**, vol. 10, p. 1264–1271, 2014.

DE OLIVEIRA, D. F. R., SUDANO, M., DE LIMA, M. C., & MACHADO, R. Desempenho reprodutivo de vacas Nelore: efeito de ordem da inseminação artificial. In Embrapa Pecuária Sudeste-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: **JORNADA CIENTÍFICA-EMBRAPA SÃO CARLOS**, 2009, São Carlos, SP. Anais... São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste: Embrapa Instrumentação Agropecuária. 2009.

DEJARNETTE, J. M.; MCCLEARY, C. R.; LEACH, M. A.; MORENO, J. F.; NEBEL, R. L.; MARSHALL, C. E. Effects of 2.1 and 3.5 × 10⁶ sex-sorted sperm dosages on conception rates of Holstein cows and heifers. **Journal of Dairy Science**, vol. 93, no. 9, p. 4079–4085, 2010.

DELL'AQUA JR, J. A.; PAPA, F. O.; ARAÚJO JR, J. P.; FREITAS, C. P.; PONCHIROLLI, C. B.; FIGUEIREDO, A. S.; MELO, C. M.; ALBERTI, K.; CRESPILO, A. M.; SIQUEIRA FILHO, E. R.; ORLANDI, C. Aplicação do sêmen sexado na produção de embriões. **Acta Scientiae Veterinariae**, vol. 34, p. 205–212, 2006.

DIAS, E. A. R.; ARRUDA, R. P. de; VIDESCHI, R. A.; GRAFF, H. B.; SOUZA, A. de M.; MONTEIRO, F. M.; RIBEIRO, E. G.; CARREIRA, J. T.; ATIQUÉ NETTO, H.; PERES, R. F. G.; OLIVEIRA, L. Z. O uso de ECG influencia a taxa de concepção em vacas Nelore de diferentes condições corporais submetidas ao mesmo protocolo de IATF? **Boletim de Indústria Animal**, vol. 70, no. 3, p. 215–220, 2013.

DIAS, J. C.; EMERICK, L. L.; ANDRADE, V. J. de; MARTINS, J. A. M.; VALE FILHO, V. R. do. Concentrações séricas de testosterona em touros jovens Guzerá e suas associações com características reprodutivas. **Archives of Veterinary Science**, vol. 19, no. 1, 2014.

DINIZ, E. G.; ANDRADE, V. J.; NORTE, A. L. Efeito do horário de inseminação sobre a taxa de concepção em vacas zebus (*Bos taurus indicus*) e seus mestiços. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol. 35, no. 6, p. 859–869, 1983.

DISKIN, M. G.; AUSTIN, E. J.; ROCHE, J. F. Exogenous hormonal manipulation of ovarian activity in cattle. **Domestic Animal Endocrinology**, vol. 23, no. 1–2, p. 211–228, 2002.

FARIAS, L. B.; DE FREITAS, J. R. P.; BRAUNER, C. C. Avaliação do efeito do touro e da condição corporal na taxa de prenhez de vacas submetidas ao protocolo de inseminação artificial em tempo fixo. **Revista Científica Rural**, vol. 20, no. 2, 2018.

FARREL, P. B.; PRESICCE, G. A.; BROCKETT, C. C.; FOOTE, R. H. Quantification of bull sperm characteristics measured by computer-assisted sperm analysis (CASA) and the relationship to fertility. **Theriogenology**, vol. 49, p. 871–879, 1998.

FERNANDES, J. A. S. **Protocolos de inseminação artificial em tempo fixo e eficiência reprodutiva de vacas e novilhas mestiças leiteiras**. 2010. Dissertação (Zootecnia). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2010.

FERREIRA, M. C. N., MIRANDA, R., FIGUEIREDO, M. A., COSTA, O. M., & PALHANO, H. B. Impact of body condition on pregnancy rate of cows nellore under pasture in fixed time artificial insemination (tai) program. **Semina: Ciências Agrárias**, 34(4), 1861-1868. 2013.

FEUGANG, J. M.; RODRIGUEZ-OSORIO, N.; KAYA, A.; WANG, H.; PAGE, G.; OSTERMEIER, G. C.; TOPPER, E. K.; MEMILI, E. Transcriptome analysis of bull spermatozoa: implications for male fertility. **Reproductive BioMedicine Online**, vol. 21, no. 3, p. 312–324, 2010.

FLOREZ-RODRIGUEZ, S. A. **Impacto da qualidade espermática sobre a fertilidade in vivo em bovinos: contribuição dos marcadores mitocondriais e subpopulações espermáticas**. 2017. Tese (Ciências). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2017.

FLOREZ-RODRIGUEZ, S. A.; ARRUDA, R. P.; ALVES, M. B. R.; AFFONSO, F. J.; CARVALHO, H. F.; LEMES, K. M.; LANÇONI, R.; ANDRADE, A. F. C.; CELEGHINI, E. C. C. Morphofunctional characterization of cooled sperm with different extenders to use in equine-assisted reproduction. **Journal of Equine Veterinary Science**, vol. 34, no. 7, p. 911–917, 2014.

FOGAÇA, F. Concept Plus: Touros de alta fertilidade. **Pecuária em Alta**, vol. 13, p. 6–10, 2017.

FORNI, S.; ALBUQUERQUE, L. G. Avaliação de características biométricas de testículos de bovinos Nelore. 2004. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirrasununga, SP. **Anais...** SBMA, 2004. p. 1–3.

FRANÇA, L. M.; RODRIGUES, A. S.; BRANDÃO, L. G. N.; LOIOLA, M. V. G.; CHALHOUB, M.; FERRAZ, P. A.; BITTENCOURT, R. F.; JESUS, E. O. de; RIBEIRO FILHO, A. de L. Comparação de dois ésteres de estradiol como indutores da ovulação sobre o diâmetro folicular e a taxa de gestação de bovinos leiteiros submetidos a programa de Inseminação Artificial em Tempo Fixo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, vol. 16, no. 4, p. 958–965, Dec. 2015.

FREITAS, D. S.; CHALHOUB, M.; ALMEIDA, A. K. C.; SILVA, A. A. B.; SANTANA, R. C. M.; RIBEIRO FILHO, A. L. Associação do diagnóstico precoce de prenhez a um protocolo de ressincronização do estro em vacas zebuínas.

Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, vol. 8, no. 3, p. 170–177, 2007.

FRENEAU, G. E. **Desenvolvimento reprodutivo de tourinhos holandeses-PB e mestiços F1 Holandês x Gir desde os deis até os 21 meses de idade (puberdade e pós-puberdade)**. 1991. Dissertação (Reprodução Animal). Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1991.

FURTADO, D. A.; TOZZETTI, D. S.; AVANZA, M. F. B.; DIAS, L. G. G. G. Inseminação artificial em tempo fixo em bovinos de corte. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, vol. 16, p. 1–25, 2011.

GÁBOR, G.; SASSER, R. G.; KASTELIC, J. P.; MÉZES, M.; FALKAY, G.; BOZÓ, S.; VÖLGYI C. S. I. K. J.; BÁRANY, I.; HIDAS, A.; SZÁSZ, F.; BOROS, G. Computer analysis of video and ultrasonographic images for evaluation of bull testes. **Theriogenology**, vol. 50, no. 2, p. 223–228, 1998.

GADELLA, B. M. Sperm membrane physiology and relevance for fertilization. **Animal Reproduction Science**, vol. 107, p. 229–236, 2008.

GADELLA, B. M.; RATHI, R.; BROUWERS, J. F. H. M.; STOUT, T. A.; COLENBRANDER, B. Capacitation and the acrosome reaction in equine sperm. **Animal Reproduction Science**, vol. 68, p. 249–265, 2001.

GALVÃO, A. **Avaliação da aptidão reprodutiva de touros da raça nelore, com infestação de dermatobia hominis (linnaeus jr., 1781) na bolsa escrotal**. 2009. Dissertação (Medicina Veterinária). Seropédia: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.

GARCIA, M. R., AMSTALDEN, M., WILLIAMS, S. W., STANKO, R. L., MORRISON, C. D., KEISLER, D. H., NIZIELSKI, S. E., WILLIAMS, G. L. Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development, the estrous cycle, and different seasons in cattle. **Journal Animal Science**, 60, 2158-2167. 2002.

GARCÍA-ÁLVAREZ, O.; MAROTO-MORALES, A.; RAMÓN, M.; DEL OLMO, E.; JIMÉNEZ-RABADÁN, P.; FERNÁNDEZ-SANTOS, M. R.; ANEL-LÓPEZ, L.; GARDE, J. J.; SOLER, A. J. Dynamics of sperm subpopulations based on motility and plasma membrane status in thawed ram spermatozoa incubated under conditions that support in vitro capacitation and fertilisation. **Reproduction, Fertility and Development**, vol. 26, p. 725–732, 2014.

GARNER, D. L.; SEIDEL JUNIOR, G. E. History of commercializing sexed semen for cattle. **Theriogenology**, vol. 69, no. 7, p. 886–895, 2008.

GAVIRAGHI, A.; DERIU, F.; SOGGIU, A.; GALLI, A.; BONACINA, C.; BONIZZI, L.; RONCADA, P. Proteomics to investigate fertility in bulls. **Veterinary Research Communications**, vol. 34, no. S1, p. 33–36, 2010.

GERHARDT, B. T.; SINEDINO, L. D. P.; DOURADO, A. P.; ALVES, P. A. M.; NOGUEIRA, L. A. G. Taxa de concepção com sêmen sexado ou convencional e viabilidade econômica em vacas Girolandas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, vol. 36, no. 2, p. 128–132, 2012.

GINDRI, P. C.; MION, B.; MAZZAROLLO, M.; PRADIEE, F.; JORGEA, P.; PEGORARO, L. M. C.; SCHNEIDER, A. Relação entre diâmetro folicular e

momento da ovulação com a utilização de diferentes agentes ovulatórios em protocolos de iatf em bovinos. 2017. In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 19., 2017, Pelotas, RS. **Anais...** UFPEL, 2017. p. 1–4.

GONÇALVES, G. V. B.; VAZ, R. Z.; VAZ, F. N.; MENDONÇA, F. S.; FONTOURA JÚNIOR, J. A. S. da; CASTILHO, E. M. Análise de custos, receitas e ponto de equilíbrio dos sistemas de produção de bezerros no Rio Grande do Sul. **Ciência Animal Brasileira**, vol. 18, p. 1–9, 2017.

GOTTSCHALL, C. S. **Controle do ciclo estral e taxa de prenhez em matrizes de corte bovinas: efeitos hormonais, genéticos e ambientais**. 2011. Tese (Ciências Veterinárias). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

GOVINDARAJU, A.; UZUN, A.; ROBERTSON, L.; ATLI, M. O.; KAYA, A.; TOPPER, E.; CRATE, E. A.; PADBURY, J.; PERKINS, A.; MEMILI, E. Dynamics of microRNAs in bull spermatozoa. **Reproductive Biology and Endocrinology**, vol. 10, no. 1, p. 82, 2012.

GRAAFF, W.; GRIMARD, B. Progesterone-releasing devices for cattle estrus induction and synchronization: Device optimization to anticipate shorter treatment durations and new device developments. **Theriogenology**, vol. 112, p. 34–43, 2017.

GRILLO, G. F.; GUIMARÃES, A. L. L.; COUTO, S. R. B. do; ABIDU-FIGUEIREDO, M.; PALHANO, H. B. Comparação da taxa de prenhez entre novilhas, primíparas e múltíparas da raça Nelore submetidas à inseminação artificial em tempo fixo. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, vol. 37, no. 3, p. 193–197, 2015.

GUIMARÃES, J. D.; GUIMARÃES, S. E. F.; SIQUEIRA, J. B.; PINHO, R. O.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; SILVA, M. R.; BORGES, J. C. Seleção e manejo reprodutivo de touros zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 40, p. 379–388, 2011.

HAFEZ, E S E; HAFEZ, B. **Reprodução animal**. 7° Ed. Philadelphia: Lea & Febige, 2004. p. 513.

HALL, J. B., KASIMANICKAM, R. K., GLAZE JR, J. B., & ROBERTS-LEW, M. C. Impact of delayed insemination on pregnancy rates to gender selected semen in a fixed-time AI system. **Theriogenology**, 102, 154-161. 2017.

HALLAP, T.; NAGY, S.; JAAKMA, U.; JOHANNISSON, A.; RODRIGUEZ-MARTINEZ, H. Usefulness of a triple fluorochrome combination Merocyanine 540/Yo-Pro 1/Hoechst 33342 in assessing membrane stability of viable frozenthawed spermatozoa from Estonian Holstein AI bulls. **Theriogenology**, vol. 65, p. 1122–1136, 2006.

HAN, Y.; PENAGARICANO, F. Unravelling the genomic architecture of bull fertility in Holstein cattle. **BMC Genetics**, vol. 17, no. 143, p. 1–11, 2016.

HARSTINE, B. R.; UTT, M. D.; DEJARNETTE, J. M. R. Review: Integrating a semen quality control program and sire fertility at a large artificial insemination organization. **Animal**, p. 1–12, 2018.

HENRY, M.; NEVES, J. P. **Manual para exame andrológico e avaliação de**

sêmen animal. Belo Horizonte: CBRA, 1998. p. 49.

HERRMANN, J. A.; WALLACE, R. L. The effect of new and reused CIDRs on serum progesterone concentrations in lactating dairy cows. **The Bovine Practitioner**, vol. 41, no. 1, p. 41–47, 2007.

HOLLINSHEAD, F. K.; GILLIAN, L.; O'BRIEN, J. K.; EVANS, G.; MAXWELL, W. M. C. In vitro and in vivo assessment of functional capacity of flow cytometrically sorted ram spermatozoa after freezing and thawing. **Reproduction, Fertility and Development**, vol. 15, no. 6, p. 351–359, 2003.

HOUGHTON, P. L. et al. Effects of body composition, pre-and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning calf gain. **Journal of animal science**, v. 68, n. 5, p. 1438-1446, 1990.

HUNTER, R. H. F; WILMUT, I. The rate of functional sperm transport into the oviducts of mated cows. **Animal Reproduction Science**, vol. 5, p. 167–173, 1983.

JANUSKAUKAS, A.; JOHANNISON, A.; RODRIGUEZ-MARTINEZ, H. Assessment of sperm quality through fluorometry and sperm chromatin structure assay in relation to field fertility of frozen-thawed semen from Swedish AI bulls. **Theriogenology**, vol. 155, p. 947–981, 2001.

JENSEN, O. N. Modification-specific proteomics: characterization of post-translational modifications by mass spectrometry. **Current Opinion in Chemical Biology**, vol. 8, p. 33–41, 2004.

JOHNSON, L. A.; WELCH, G. R. Sex pre-selection: high-speed flow cytometric sorting of X and Y bearing sperm for maximum efficiency. **Theriogenology**, vol. 52, p. 1323–1342, 1999.

KICHINE, E.; DI FALCO, M.; HALES, B. F.; ROBAIRE, B.; CHAN, P. Analysis of the Sperm Head Protein Profiles in Fertile Men: Consistency across Time in the Levels of Expression of Heat Shock Proteins and Peroxiredoxins. **Plos one**, vol. 8, p. 1–10, 2013.

KILLIAN, G. Fertility-associated proteins in male and female reproductive fluids of cattle. **Animal Reproduction**, vol. 9, no. 4, p. 703–712, 2012.

KROPP, J.; CARRILLO, J. A.; NAMOUS, H.; DANIELS, A.; SALIH, S; M.; SONG, J.; KHATIB, H. Male fertility status is associated with DNA methylation signatures in sperm and transcriptomic profiles of bovine preimplantation embryos. **BMC Genomics**, vol. 18, no. 1, p. 280, 2017.

KUHN, M. T.; HUTCHISON, J. L. Prediction of dairy bull fertility from field data: Use of multiple services and identification and utilization of factors affecting bull fertility. **Journal of Dairy Science**, vol. 91, p. 2481–2492, 2008.

KUKURBA, K. R.; MONTGOMERY, S. B. RNA Sequencing and Analysis. **Cold Spring Harbor Protocols**, vol. 2015, no. 11, p. pdb.top084970, 2015.

KUMAR, A.; KROETSCH, T.; BLONDIN, P.; ANZAR, M. Fertility-associated metabolites in bull seminal plasma and blood serum: ¹H nuclear magnetic resonance analysis. **Molecular Reproduction and Development**, vol. 82, no. 2, p. 123–131, 2015.

LAGO, E. P.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; FARIA, V. P.; LAGO, L. A. Efeito da condição corporal ao parto sobre alguns parâmetros do metabolismo energético, produção de leite e incidência de doenças no pós-parto de vacas leiteiras. **Revista Brasileira De Zootecnia**, vol. 30, no. 5, p. 1–6, 2001.

LEME, PAULO ROBERTO; BOIN, CELSO; NARDON, ROMEU FERNANDES. Efeito da estação de monta e da taxa de lotação no desempenho reprodutivo de vacas de corte. **Boletim de Indústria Animal**, v. 46, n. 1, p. 133-141, 1989.

LI, G.; PEÑAGARICANO, F.; WEIGEL, K.A. A.; ZHANG, Y.; ROSA, G.; KHATIB, H. Comparative genomics between fly, mouse, and cattle identifies genes associated with sire conception rate. **Journal of Dairy Science**, vol. 95, no. 10, p. 6122–6129, 2012.

LOCKE, J. W. C., THOMAS, J. M., KNICKMEYER, E. R., ELLERSIECK, M. R., YELICH, J. V., POOCK, S. E., & PATTERSON, D. J. Comparison of long-term progestin-based protocols to synchronize estrus prior to natural service or fixed-time artificial insemination in *Bos indicus*-influenced beef heifers. **Animal Reproduction Science**, 218, 106475. 2020.

LUNSTRA, D. D.; FORD, J. J.; ECHTERNKAMP, S. E. Puberty in beef bulls hormone concentrations, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls of different breeds. **Journal of Animal Science**, vol. 46, p. 1054–1062, 1978.

MACHADO, R.; BARBOSA, R. T.; BERGAMASCHI, M. A. C. M.; FIGUEIREDO, R. A. A inseminação artificial em tempo fixo como biotécnica aplicada na reprodução dos bovinos de corte. 2020. **Embrapa Pecuária Sudeste**. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/45493707.pdf>. Accessed on: 27 Jan. 2021.

MACHADO, R.; CORRÊA, R. F.; BARBOSA, R. T.; BERGAMASCHI, M. A. C. M. **Escore da condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de ruminantes**. 57° Ed. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 16.

MADUREIRA, E. H. Controle farmacológico do ciclo estral com emprego de progesterona e progestágenos em bovinos. *In*: BARUSELLI, P. S.; MADUREIRA, E. H. (Eds.). **Controle Farmacológico do Ciclo Estral em Ruminantes**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000. p. 89–98.

MANSANO, C. F. M.; SIMON, H. M.; MUKAI, L.; PERES, A. R.; MACENTE, B.I. Efeito de dois protocolos para sincronização do estro em fêmeas bovinas sobre a taxa de prenhez ao primeiro serviço. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, vol. 37, no. 3, p. 278–284, 2013.

MARIANO, R. S. G.; TONETTO, H. C.; FRARI, M. G.; SAES, L. M; TOZZETTI, D. S.; TEIXEIRA, P. P. M.; VICENTE, W. R. R. Andrologic exam in cattle - literature review. **Nucleus Animalium**, vol. 7, no. 1, p. 131–135, 2015.

MARION, J. C. **Contabilidade Rural: Contabilidade Agrícola, Contabilidade da Pecuária, Imposto de Renda Pessoa Jurídica**. 14° Ed. Anapolis: Atlas, 2014. p. 296.

MARQUES, M. de O. et al. 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, 2015, p. 367-371
MARQUES, M. O.; RIBEIRO JUNIOR, M.; SILVA, R. C. P.; SÁ FILHO, M. F.;

- VIEIRA, L. M.; BARUSELLI, P. S. Ressincronização em bovinos de corte. 2012. In: Simpósio Internacional de Reprodução Animal Aplicada, 5., 2012, Londrina, PR. **Anais...** UEL, 2012. p. 82–92.
- MARSON, E. P.; GUIMARÃES, J. D.; MIRANDA NETO, T. Puberdade e maturidade sexual em novilhas de corte. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, 28, 1-64. 2004.
- MARTINEZ, F.; KAABI, M.; MARTINEZ-PASTOR, F.; ALVAREZ, M.; ANEL, E.; BOIXO, J. C.; DE PAZ, P.; ANEL, L. Effect of the interval between estrus onset and artificial insemination on sex ratio and fertility in cattle: a field study. **Theriogenology**, vol. 62, no. 7, p. 1264–1270, 2004.
- MARTÍNEZ, M. F.; KASTELIC, J. P.; ADAMS, G. P.; JANZEN, E.; MCCARTNEY, D. H.; MAPLETOFT, R. J. Estrus synchronization and pregnancy rates in beef cattle given CIDR-B, prostaglandin and estradiol, or GnRH. **The Canadian Veterinary Journal**, vol. 41, no. 10, p. 786–790, 2000.
- MARTINEZ, M. L.; FERREIRA, A. DE M.; MACHADO, M. A. Biotecnologia na pecuária: tecnologias reprodutivas. **Informe Agropecuario**, vol. 21, no. 204, p. 79–88, 2000.
- MARTINI, A. P. **Avaliação in vitro e in vivo da fertilidade do sêmen bovino em programas de IATF**. 2019. Tese (Medicina Veterinária). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria., 2019.
- MARTINS, T. M.; BORGES, Á. M. Avaliação uterina em vacas durante o puerpério. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, vol. 35, p. 433–443, 2011.
- MATOS, D. L.; ARAUJO, A. A.; ROBERTO, I. G.; TONIOLLI, R. Análise computadorizada de espermatozoides: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, vol. 32, p. 225–232, 2008.
- MATTICK, J. S.; MAKUNIN, I. V. Non-coding RNA. **Human Molecular Genetics**, vol. 15, no. suppl_1, p. R17–R29, 2006.
- MELLO, R. P. **Avaliação nas taxas de prenhez de novilhas Nelores e mestiças de diferentes idades, submetidas à IATF, mediante visualização de cio e aplicação de GnRH**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Medicina Veterinária). Curitiba: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.
- MELLO, R. R. C. Perdas reprodutivas em fêmeas bovinas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, vol. 10, no. 4, p. 7–23, 2014.
- MELLO, R. R. C. Puberdade e maturidade sexual em touros bovinos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, vol. 10, no. 3, p. 11–28, 2013.
- MELLO, R. R. C.; FERREIRA, J. E.; MELLO, M. R. B.; PALHANO, H. B. Utilização da gonadotrofina coriônica equina (eCG) em protocolos de sincronização da ovulação para IATF em bovinos: revisão. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, vol. 38, no. 3, p. 129–134, 2014.
- MENEGASSI, S. R. O.; BARCELLOS, J. O. J.; BORGES, J. B. S.; PERIPOLLI, V.; MCMANUS, C. Causas de reprovação de touros britânicos no exame andrológico. **Acta Scientiae Veterinariae**, vol. 40, no. 2, 2012.

MENEGHETTI, M.; VASCONCELOS, J. L. M. Mês de parição, condição corporal e resposta ao protocolo de inseminação artificial em tempo fixo em vacas de corte primíparas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol. 60, no. 4, p. 786–793, 2008.

MICHAEL, J. D., BARUSELLI, P. S., & CAMPANILE, G. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. **Theriogenology**, 125, 277-284. 2019.

MIES FILHO, A. **Reprodução dos animais e inseminação artificial**. 3º Ed. Porto Alegre: Sulina, 1975. p. 423.

MION, B. **Relação entre o diâmetro folicular, momento da ovulação e taxa de prenhez de bovinos submetidos a protocolo de IATF convencional ou em blocos**. 2018. Dissertação (Ciências). Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2018.

MIRANDA, V. O., OLIVEIRA, F. C., DIAS, J. H., JUNIOR, S. F. V., GOULARTE, K. L., SÁ FILHO, M. F., & GASPERIN, B. G. Estrus resynchronization in ewes with unknown pregnancy status. **Theriogenology**, 106, 103-107. 2018.

MIZUTA, K. **Estudo comparativo dos aspectos comportamentais do estro e dos teores plasmáticos de LH, FSH, progesterona e estradiol que precedem a ovulação em fêmeas bovinas Nelore (*Bos taurus indicus*), Angus (*Bos taurus taurus*) e Nelore x Angus (*Bos taurus indicus* x *taurus taurus*)**. 2003. Tese (Reprodução Animal). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2003.

MORAES, G. P. **Puberdade e maturidade sexual de tourinhos Senepol, criados semi-extensivamente na região do Triângulo Mineiro – MG**. 2012. Dissertação (Ciência Animal). Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

MOROTTI, F., DA SILVA, C. B., JUNIOR, M. R., DA SILVA, R. C., BARUSELLI, P. S., & SENEDA, M. M. Influence of category--heifers, primiparous and multiparous lactating cows--in a large-scale resynchronization fixed-time artificial insemination program. **Journal of Veterinary Science**, 16(3), 367-371. 2015.

MOROTTI, F.; CAMPOS, J. T.; LUNARDELLI, P. A.; COSTA, C. B.; BERGAMO, L. Z.; BARREIROS, T. R. R.; SANTOS, G. M. G.; SENEDA, M. M. Injectable progesterone in timed artificial insemination programs in beef cows. **Animal Reproduction**, vol. 15, p. 17–22, 2018.

MURPHY, M. G.; BOLAND, M. P.; ROCHE, J. F. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef suckler cows. **Reproduction**, vol. 90, no. 2, p. 523–533, 1990.

NAGY, Á.; POLICHRONOPOULOS, T.; GÁSPÁRDY, A.; SOLTÍ, L.; CSEH, S. Correlation between bull fertility and sperm cell velocity parameters generated by computer-assisted semen analysis. **Acta Veterinaria Hungarica**, vol. 63, no. 3, p. 370–381, 2015.

NOGUEIRA, E.; OLIVEIRA, L. O. F. de; NICACIO, A. C.; GOMES, R. da C.; MEDEIROS, S. R. de. Nutrição aplicada à reprodução de bovinos de corte. In: MEDEIROS, R. S.; GOMES, R. C.; BUNGENSTAB, D. J. (eds.). **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2015. p. 141–156.

NORMAN, H. D.; HUTCHINSON, J. L.; WRIGHT, J. R. Sire conception rate: new national AI bull fertility evaluation. 2008. **AIPL Research Report SCRI No. 7-08**. Disponível em: <<http://aipl.arsusda.gov/reference/arr-scr1.htm>>. Acesso em: 24 Dez. 2020.

NORMAN, H. D.; HUTCHISON, J. L.; VANRADEN, P. M. Evaluations for service-sire conception rate for heifer and cow inseminations with conventional and sexed semen. **Journal of Dairy Science**, vol. 94, no. 12, p. 6135–6142, 2011.

NORMANDO, D.; TJÄDERHANE, L.; QUINTÃO, C. C. A. A escolha do teste estatístico. **Dental Press Journal of Orthodontics**, vol. 15, no. 1, p. 101–106, 2010.

OHGODA, O.; NIWA, K.; YUHARA, M.; TAKAHASHI, S.; KANOYA, K. Variations in penetration rates in vitro of bovine follicular oocytes do not reflect conception rates after artificial insemination using frozen semen from different bulls. **Theriogenology**, vol. 29, no. 6, p. 1375–1381, 1988.

OLIVEIRA JÚNIOR, G. A.; PEREZ, B. C.; FERRAZ, J. B. S. Genômica aplicada à puberdade de bovinos (*Bos indicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 41, no. 1, p. 264–269, 2017.

OLIVEIRA, B. M. M.; ARRUDA, R. P.; THOMÉ, H. E.; MATURANA FILHO, M.; OLIVEIRA, G. C.; GUIMARÃES, C. F.; NICHI, M.; SILVA, L. A.; CELEGHINI, E. C. C. Fertility and uterine hemodynamic in cows after artificial insemination with semen assessed by fluorescent probes. **Theriogenology**, vol. 82, no. 5, p. 767–772, 2014b.

OLIVEIRA, J. B. A.; PETERSEN, C. G.; MAURI, A. L.; VAGNINI, L. D.; BARUFFI, R. L. R.; FRANCO JR, J. G. The effects of age on sperm quality: an evaluation of 1,500 semen samples. **JBRA Assisted Reproduction**, vol. 18, no. 2, p. 34–41, 2014a.

OLIVEIRA, L. Z.; OLIVEIRA, C. S.; MONTEIRO, F. M.; LIMA, V. F. M. H. de; LIMA, F. M. de; COSTA, M. Z. Efeito da idade sobre as principais características andrológicas de touros Brangus Ibagé criados extensivamente no estado do Mato Grosso do Sul - Brasil Ibagé criados extensivamente no estado do Mato Grosso do Sul - Brasil. **Acta Scientiae Veterinariae**, vol. 39, no. 1, p. 946, 2011.

OLIVEIRA, V. S. A.; BONATO, G. L.; SANTOS, R. M. Eficiência reprodutiva de vacas primíparas da raça Nelore. **Acta Scientiae Veterinariae**, vol. 39, no. 2, 2011.

ONYANGO, J. Cow postpartum uterine infection: A review of risk factors, prevention and the overall impact. **Veterinary Research International**, vol. 2, p. 18–32, 2014.

ORTEGA, M. S.; MORAES, J. G. N.; PATTERSON, D. J.; SMITH, M. F.; BEHURA, S. K.; POOCK, S.; SPENCER, T. E. Influences of sire conception rate on pregnancy establishment in dairy cattle. **Biology of Reproduction**, vol. 99, no. 6, p. 1244–1254, 2018.

OSBORNE, H. G.; WILLEANS, L. G.; GALLOWAY, D. B. A test for libido and serving ability in beef bulls. **Australian Veterinary Journal**, vol. 41, no. 10, p. 467–477, 1971.

PAPAIIOANNOU, K. Z.; MURPHY, R. P.; MONKS, R. S.; HYNES, N.; RYAN, M. P.; BOLAND, M. P.; ROCHE, J. F. Assessment of viability and mitochondrial function of equine spermatozoa using double staining and flow cytometry. **Theriogenology**, vol. 49, p. 299–312, 1997.

PARK, Y. J.; KWON, W. S.; OH, S. A.; PANG, M. G. Fertility-related proteomic profiling bull spermatozoa separated by percoll. **Proteome Research**, vol. 2, no. 11, p. 4162–4168, 2012.

PASCHAL, J. C.; SANDERS, J. O.; KERR, J. L. Calving and weaning characteristics of Angus-, Gray Brahman-, Gir-, InduBrazil-, Nellore-, and Red Brahman-sired F1 calves. **Journal of Animal Science**, vol. 69, p. 2395–2402, 1991.

PATTERSON, D. J.; THOMAS, J. M.; MARTIN, N. T.; NASH, J. M.; SMITH, M. F. Control of Estrus and Ovulation in Beef Heifers. **Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice**, vol. 29, no. 3, p. 591–617, 2013.

PECHMAN, R. D.; EILTS, B. E. B-mode ultrasonography of the bull testicle. **Theriogenology**, vol. 27, no. 2, p. 431–441, 1987.

PEDDINTI, D.; NANDURI, B.; KAYA, A.; FEUGANG, J. M.; BURGESS, S. C.; MEMILI, E. Comprehensive proteomic analysis of bovine spermatozoa of varying fertility rates and identification of biomarkers associated with fertility. **BMC Systems Biology**, vol. 2, no. 1, p. 19, 2008.

PELLEGRINO, C. A. G.; HENRY, M.; JACOMINI, J. O.; DINIZ, E. G. Aplicações da mensuração da resistência elétrica do muco vaginal no manejo reprodutivo de fêmeas bovinas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, vol. 27, no. 4, p. 660–668, 2003.

PENA ALFARO, C. E. Importância da avaliação andrológica na seleção de reprodutores a campo. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, vol. 35, no. 2, p. 152–153, 2011.

PENTEADO, L., REZENDE, R. G., MINGOTI, R. D., COLLI, M. H. A., SÁ FILHO, M. F., SANTOS, F. B., ... & BARUSELLI, P. S. Pregnancy rate of Nelore cows submitted to resynchronization starting 14 or 22 days after prior FTAI. **Anim Reprod**, 13(450), 2837-2846. 2016.

PERALTA-TORRES, J. A.; AKE-LOPEZ, J. R.; CENTURION-CASTRO, F. G.; MAGANA-MONFORTE, J. G. Comparación del Cipionato de Estradiol VS Benzoato de Estradiol sobre la Respuesta a Estro y Tasa de Gestación em Protocolos de Sincronización com CIDR em Novillas y Vacas Bos indicus. **Universidad y Ciencia**, vol. 26, no. 2, p. 163–169, 2010.

PEREIRA, M. H.; RODRIGUES, A. D.; MARTINS, T.; OLIVEIRA, W. V.; SILVEIRA, P. S.; WILTBANK, M. C.; VASCONCELOS, J. L. Timed artificial insemination programs during the summer in lactating dairy cows: comparison of the 5-d Cosynch protocol with an estrogen/progesterone-based protocol. **journal of dairy science**, vol. 96, p. 6904–6914, 2013.

PEREIRA, V. C. **Inseminação artificial e sincronização em cio de bovinos**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Medicina Veterinária). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

PERRY, G. A.; SMITH, M. F.; ROBERTS, A. J.; MACNEIL, M. D.; GEARY, T. W. Relationship between size of the ovulatory follicle and pregnancy success in beef heifers. **Journal Animal Science**, vol. 85, p. 684–689, 2007.

PFEIFER, L. F. M.; CASTRO, N. A.; MELO, V. T. O.; NEVES, J. P.; CESTARO, J. P.; SCHNEIDER, A. Timed artificial insemination in blocks. A new alternative to improve fertility in lactating beef cows. **Theriogenology**, vol. 163, p. 89–96, 2015.

PFEIFER, L. F. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. S.; POTIENS, J. R.; OLIVEIRA JUNIOR, J. S.; POTIENS, J. R. Effect of sperm kinematics and size of follicle at ovulation on pregnancy rate after timed IA of beef cows. **Animal Reproduction Science**, vol. 201, p. 55–62, 2019.

PILAU A; LOBATO. J.F.P. Desenvolvimento e desempenho reprodutivo de vacas primíparas aos 22/24 meses de idade. **Rev. Bras. Zootec.**, 38:728-736, 2009

PIMENTA, J. M. B. Uso de Benzoato ou Cipionato de Estradiol como Indutores de Ovulação em Protocolos de IATF. 2014. **Ourofino Agronegócio**. Disponível em: <<https://ruralpecuaria.com.br/tecnologia-e-manejo/reproducao-bovina/uso-de-benzoato-ou-cipionato-de-estradiol-como-indutores-de-ovulacao-em-protocolos-de-iatf.html#:~:text=14%2F10-,Uso de Benzoato ou Cipionato de Estradiol como Indutores de,distribuídos po>>. Disponível em: 27 Jan. 2021.

PINEDA, N. R.; LEMOS, P. F. Contribuição ao estudo da influência da libido e da capacidade de serviço sobre a taxa de concepção em Nelore. **Boletim de Indústria Animal**, vol. 51, no. 1, p. 61–68, 1994.

POSSA, M. G.; PINTO NETO, A.; BERNARDI, F.; FALCI, M. M.; MARTINEZ, A. C. Pós parto de vacas leiteiras oriundas de rebanhos da agricultura familiar do município de realza – paraná. **Enciclopédia Biosfera**, vol. 11, no. 22, p. 2392, 2015.

PTASZYNSKA, M. **Compêndio de Reprodução Animal**. 2007. Disponível em: <<https://www.bibliotecaagpte.org.br/zootecnia/sanidade/livros/COMPENDIO DE REPRODUCAO ANIMAL.pdf>>. Acesso em: 03 Fev. 2021.

PUGLIESI, G.; REZENDE, R. G.; SILVA, J. C. B. da; LOPES, E. T.; NISHIMURA, K.; BARUSELLI, P. S.; MADUREIRA, E. H.; BINELLI, M. Uso da ultrassonografia Doppler em programas de IATF e TETF em bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, vol. 41, no. 1, p. 140–150, 2017.

PUGLIESI, G.; SANTOS, F. B.; LOPES, E.; NOGUEIRA, E.; MAIO, J. R. G.; BINELLI, M. Improved fertility in suckled beef cows ovulating large follicles or supplemented with long-acting progesterone after timed-AI. **Theriogenology**, vol. 85, no. 7, p. 1239–1248, 2016.

QUEIROZ, R. F. L. **Influência da ressincronização da ovulação, após inseminação artificial em tempo fixo, sobre a taxa de prenhez em fêmeas Nelore**. 2019. Dissertação (Sanidade e Produção Animal). Uberaba: Universidade de Uberaba, 2019.

RAHMAN, S.; LEE, J.; KWON, W.; PANG, M. Sperm Proteomics: Road to Male Fertility and Contraception. **International Journal of Endocrinology**, vol. 2013, p. 1–11, 2013.

REBELLO, R. V. **Taxa de prenhez em fêmeas bovinas de corte submetidas à inseminação artificial em tempo fixo no norte de Minas Gerais**. 2015. Dissertação (Zootecnia). Janauba: Universidade Estadual de Montes Claros, 2015.

REGGIORI, M. R.; TORRES JÚNIOR, R. A. A. MENEZES, G. R. O.; BATTISTELLI, J. V. F.; SILVA, L. O. C.; ALENCAR, M. M.; OLIVEIRA, J. C. K.; FARIA, F. J. C.; TORRES JÚNIOR, R. A. A.; MENEZES, G. R. O. Precocidade sexual, eficiência reprodutiva e desempenho produtivo de matrizes jovens Nelore e cruzadas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol. 86, no. 6, p. 1563–1572, 2016.

REVELL, S. G.; MRODE, R. A. An osmotic resistance test for bovine sêmen. **Animal Reproduction Science**, vol. 36, p. 77–86, 1994.

RHODES, F. M.; FITZPATRICK, L. A.; ENTWISTLE, K. W.; DEATH, G. Sequential changes in ovarian follicular dynamics in *Bos indicus* heifers before and after nutritional anestrus. **Journal of Reproduction and Fertility**, vol. 104, p. 41–49, 1995.

RIBEIRO, B. M. P. **Exames andrológicos em bovinos**. 2018. Dissertação (Medicina Veterinária). Lisboa: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, 2018.

RIBEIRO, V. M. F. **Manipulação farmacológica do ciclo estral, caracterização da gestação e variabilidade genética de paca, cuniculus paca (linnaeus, 1766), em cativeiro**. 2011. Tese (Biotecnologia). Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2011.

RICHARD, M. W.; SPITZER, J. C.; WARNER, M. B. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. **Journal of Animal Science**, vol. 62, no. 2, p. 300–306, 1986.

RODRIGUES, A. D. P. Desempenho reprodutivo em novilhas *Bos indicus* e *Bos taurus* X *Bos indicus* submetidas a protocolos de sincronização da ovulação. Tese doutorado (Zootecnia). São Paulo: Universidade Estadual Paulista. 2016.

RODRIGUES, A. D. P.; PERES, R. F. G.; LEMES, A. P.; MARTINS, T.; PEREIRA, M. H. C.; CARVALHO, E. R.; DAY, M. L.; VASCONCELOS, J. L. M. Effect of interval from induction of puberty to initiation of a timed AI protocol on pregnancy rate in Nelore heifers. **Theriogenology**, vol. 82, no. 5, p. 760–766, 2014.

RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ, H. Can we increase the estimative value of semen assessment? **Reproduction in Domestic Animals**, vol. 41, no. 2, p. 2–10, 2006.

ROELOFS, J. B.; GRAAT, E. A. M.; MULLAART, E.; SOEDE, N. M.; VOSKAMPHARKEMA, W.; KEMP, B. Effects of insemination-ovulation interval on fertilization rates and embryo characteristics in dairy cattle. **Theriogenology**, vol. 66, p. 2173–2181, 2006.

RONCOLETTA, M.; MORANI, E. S. C.; RODRIGUES, L. H.; SILVA, C. da; OLIVEIRA, M. A.; FRANCESCHINI, P. H.; RAMOS, P. R. R. Comparação do perfil proteico de membrana de espermatozoides do sêmen fresco, diluído e pós-congelação. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, vol. 23, p. 23–29,

1999.

SÁ FILHO, M. .F.; CRESPILO, A. M.; SANTOS, J. E. P.; PERRY, G. A.; BARUSELLI, P. S. 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**, vol. 120, p. 23–30, 2010b.

SA FILHO, M. F. ., GIMENES, L. U., SALES, J. N. S., CREPALDI, G. A., MEDALHA, A. G., & BARUSELLI, P. S. IATF em novilha. **3º Simpósio Internacional de Reprodução Aplicada**, 2008

SÁ FILHO, M. F. et al. Timed artificial insemination early in the breeding season improves the reproductive performance of suckled beef cows. **Theriogenology**, v. 79, 2013, p. 625-632

SÁ FILHO, M. F.; AYRES, H.; FERREIRA, R. M.; MARQUES, M. O.; REIS, E. L.; SILVA, R. C.; RODRIGUES, C. A.; MADUREIRA, E. H.; BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S. Equine chorionic gonadotropin and gonadotropin-releasing hormone enhance fertility in a norgestomet-based, timed artificial insemination protocol in suckled Nelore (*Bos indicus*) cows. **Theriogenology**, vol. 73, no. 651–658, 2010a.

SÁ FILHO, M. F.; MARQUES, M. O.; GIROTTO, R.; SANTOS, F. A.; SALA, R. V.; BARBUIO, J. P.; BARUSELLI, P. S. Resynchronization with unknown pregnancy status using progestin-based timed artificial insemination protocol in beef cattle. **Theriogenology**, vol. 81, no. 2, p. 284–290, 2014.

SÁ FILHO, M. F.; SANTOS, J. E. P.; FERREIRA, R.M .; SALES, J. N. S.; BARUSELLI, P. S. Importance of estrus on pregnancy per insemination in suckled *Bos indicus* cows submitted to estradiol/progesterone-based timed insemination protocols. **Theriogenology**, vol. 76, no. 3, p. 455–463, 2011.

SAACKE, R. G. Insemination factor related to time AI in cattle. **Theriogenology**, vol. 70, no. 3, p. 479–484, 2008.

SAKKAS, D.; ALVAREZ, J. G. Sperm DNA fragmentation: mechanisms of origin, impact on reproductive outcome, and analysis. **Fertility and Sterility**, vol. 93, no. 4, p. 1027–1036, 2010.

SALA, P. C.; ROSA, V.; OTUTUMI, L. K.; BOSCARATO, A. G.; LEAL, L. da S. Suplementação de progesterona para aumentar os índices de gestação em vacas de corte submetidas à inseminação artificial em tempo fixo. **Enciclopédia Biosfera**, vol. 10, no. 19, p. 1715–1727, 2014.

SALES, J. N. S., BOTTINO, M. P., SILVA, L. A. C. L., GIROTTO, R. W., MASSONETO, J. P. M., SOUZA, J. C., & BARUSELLI, P. S. Effects of eCG are more pronounced in primiparous than multiparous *Bos indicus* cows submitted to a timed artificial insemination protocol. **Theriogenology**, 86(9), 2290-2295. 2016.

SALES, J. N. S.; CARVALHO, J. B. P.; CREPALDI, G. A.; CIPRIANO, R. S.; JACOMINI, J. O.; MAIO, J. R. G.; SOUZA, J. C.; NOGUEIRA, G. P.; BARUSELLI, P. S. 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**, vol. 78, no. 3, p. 510–516, 2012.

SALES, J. N. S.; NEVES, K. A. L.; SOUZA, A. H.; CREPALDI, G. A.; SALA, R. V.; FOSADO, M.; CAMPOS FILHO, E. P.; DE FARIA, M.; SÁ FILHO, M. F.; BARUSELLI, P. S. Timing of insemination and fertility in dairy and beef cattle receiving timed artificial insemination using sex-sorted sperm. **Theriogenology**, vol. 76, p. 427–435, 2011.

SALVADOR, D. F. **Perfis cromatográfico e eletroforético de proteínas com afinidade à heparina do sêmen de touros jovens da raça Nelore e suas associações com a seleção andrológica, congelamento do sêmen e reação acrossômica induzida**. 2005. Tese. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

SALVADOR, D. F.; ANDRADE, V.J.; VALE FILHO, V.R.; SILVA, A.S.; COSTA E SILVA, E.V. Avaliação da libido de touros Nelore adultos em curral e sua associação com características andrológicas e desempenho reprodutivo a campo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol. 55, no. 5, p. 588–593, 2003.

SALVADOR, D. F.; SALVADOR, S. C. Biomarcadores reprodutivos no proteoma do sêmen de touros. **Pubvet**, vol. 13, no. 10, p. 176, 2019.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 3^o Ed. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2007. p. 265.

SANCHEZ, T.; WEHRMAN, M. E.; KOJIMA, F. M.; CUPP, A. S.; BERGFELD, E. G.; PETERS, K. E.; MARISCAL, V.; KITOK, R. J.; KINDER, J. E. Dosage of the synthetic progestin, norgestomet, influences luteinizing hormone pulse frequency and endogenous secretion of 17 β -estradiol in heifers. **Biology of Reproduction**, vol. 52, p. 464–469, 1995.

SANTANA, P. P. B.; RAMOS, P. C. de A.; BRITO, V. C. de; ALMEIDA, N. N. da C. de; SILVA, T. V. G.; CORDEIRO, M. S.; SANTOS, S. do S. D.; OHASHI, O. M.; MIRANDA, M. dos S. A importância dos estudos transcriptômicos de gametas e embriões para o avanço e consolidação da Produção In Vitro de Embriões (PIVE) em bubalinos na Amazônia. 2018. In: CONGRESSO NORTE E NORDESTE DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 9., 2018, Belém, PA. **Anais... CONERA**, 2018. p. 1–8.

SANTOS, E. C.; SANTOS, E. C.; MESQUISTA, M. F. S. Fundamento dos testes estatísticos e sua aplicabilidade em ensaios experimentais com animais. **Revista Agrogeoambiental**, vol. 2, no. 3, p. 145–172, 2010.

SANTOS, F. B. **Relação da qualidade do sêmen com a fertilidade após IATF em vacas de corte**. 2016. Dissertação (Reprodução Animal). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2016a.

SANTOS, F. C. P. dos. **Estratégias “ômicas” para o estudo de marcadores moleculares da fertilidade: mapeamento das proteínas seminais com afinidade à gelatina e heparina de espécies domésticas e metaboloma dos espermatozoides bovinos**. 2017. Tese (Zootecnia). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2017.

SANTOS, J. P. P. **Parâmetros fisiológicos e reprodutivos de machos bovinos criados no Brasil**. 2016. Monografia (Tecnologia em Agroecologia do

Centro de Desenvolvimento Sustentável). Sumé: Universidade Federal de Campina Grande, 2016b.

SANTOS, M. D. **Comportamento sexual, qualidade seminal e eficiência reprodutiva de touros da raça Nelore em regime de monta natural**. 2001. Tese (Zootecnia). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001.

SARTORI, R., GIMENES, L. U., MONTEIRO JR, P. L., MELO, L. F., BARUSELLI, P. S., & BASTOS, M. R. Metabolic and endocrine differences between *Bos taurus* and *Bos indicus* females that impact the interaction of nutrition with reproduction. **Theriogenology**, 86(1), 32-40. (2016).

SARTORI, R.; BASTOS, M. R.; BARUSELLI, P. S.; GIMENES, L. U.; ERENO, R. L.; BARROS, C. M. Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. **Society of Reproduction and Fertility supplement**, vol. 67, p. 357–375, 2010.

SCHNEIDER, C. S.; ELLINGTON, J. E.; WRIGHT, R. W. Relationship between bull field fertility and in vitro embryo production using sperm preparation methods with and without somatic cell co-culture. **Theriogenology**, vol. 51, no. 6, p. 1085–1098, 1999.

SEGERSON, E. C.; HANSEN, T. R.; LIBBY, D. W.; RANDEL, R. D.; GETZ, W. R. Ovarian and uterine morphology and function in Angus and Brahman cows. **Journal of Animal Science**, vol. 59, p. 1026–1046, 1984.

SEIDEL JUNIOR, G. E. Overview of sexing sperm. **Theriogenology**, vol. 68, no. 3, p. 443–446, 2007.

SELVARAJU, S.; PARTHIPAN, S.; SOMASHEKAR, L.; KOLTE, A. P.; KRISHNAN, B.; ARANGASAMY, A.; RAVINDRA, J. P. Occurrence and functional significance of the transcriptome in bovine (*Bos taurus*) spermatozoa. **Scientific Reports**, vol. 7, no. 1, p. 42392, 2017.

SENGER, P. L. **Pathways to Pregnancy and Parturition**. 2° Ed. Ephrata: Washington: Current Conceptions, 2003. p. 381.

SESSIM, A. G. **Análise econômica de sistemas de produção de bovinos de corte na região do pampa do rio grande do sul**. 2016. Dissertação (Zootecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

SEVERO, N. C. Influência da qualidade do sêmen bovino congelado sobre a fertilidade. **A Hora Veterinária**, vol. 28, no. 167, p. 36–39, 2009.

SHORT, R. E.; BELLOWS, R. H.; STAIGMILLER, R. B.; BERARDINELLI, J. G.; CUSTER, E. E. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 799-816, 1990.

SILVA, A. E. D. F.; DODE, M. A. N.; UNANIAN, M. M. **Capacidade reprodutiva do touro de corte: funções, anormalidades e outros fatores que a influenciam**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1993. p. 129.

SILVA, A. E. D. F.; UNANIAN, M. M.; CORDEIRO, C. M. T.; FREITAS, A. R. de. Relação da circunferência escrotal e parâmetros da qualidade do sêmen em touros da raça Nelore, PO. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 31, no. 3, p. 1157–1165, 2002.

SILVA, A. E. F.; DIAS, M. J.; DIAS, D. S. de O.; DUARTE, J. B.; ANDRADE, J. R. A. Influência do momento da inseminação artificial sobre a fertilidade e o sexo da cria de novilhas da raça Nelore. **Ciência Animal Brasileira**, vol. 9, no. 4, p. 997–1003, 2008.

SILVA, A. R. da; FERRAUDO, A. S.; PERECIN, D.; HOSSEPIAN DE LIMA, V. F. M.; LIMA, V. F. M. H. de. Efeito da idade do touro e do período de colheita de sêmen sobre as características físicas e morfológicas do sêmen de bovinos de raças européias e zebuínas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 38, no. 7, p. 1218–1822, 2009.

SILVA, E. G.; GONÇALVES, M. T. C.; PINTO, S. C. C.; SOARES, D. M.; OLIVEIRA, R. A.; ALVES, F. R.; ARAÚJO, A. V.C.; GUERRA, P. C. Análise quantitativa da ecogenicidade testicular pela técnica do histograma de ovinos da baixada ocidental Maranhense. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, vol. 35, no. 3, p. 297–303, 2015.

SILVA, F. M. B., LOPES, D. T., FERRAZ, H. T., DE OLIVEIRA VIU, M. A., DE SOUZA RAMOS, D. G., SATURNINO, K. C., & LESO, F. V. Estratégias para antecipação da puberdade em novilhas *Bos taurus indicus* pré-púberes. **PUBVET**, 12, 136. 2018.

SILVA, J. I. D. Taxa de prenhez em fêmeas bovinas de corte de diferentes categorias submetidas á inseminação artificial em tempo fixo. 2019

SILVA, R. O. de A. **Associação entre o exame clínico andrológico e testes de viabilidade espermática, integridade de acrossoma e fragmentação de cromatina para determinar a qualidade seminal de touros**. 2006. Dissertação (Ciência Animal). Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2006.

SILVA, R. T. **Proteoma nuclear e micro-RNAs de espermatozoides de bovinos ferteis e subferteis**. 2018. Tese (Ciências Veterinárias). Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

SILVEIRA, A. P. **Uso de Protocolos de IATF para Aumentar a Eficiência Reprodutiva de Gado de Corte**. 2010. Dissertação (Ciência Animal). Presidente Prudente: Universidade do Oeste Paulista (unoeste), 2010.

SIQUEIRA, J. B.; GUIMARÃES, J. D.; COSTA, E. P. da; HENRY, M.; TORRES, C. A. A.; SILVA, M. V. G. B. da; SILVEIRA, T. S. da S.; DA COSTA, E. P. Relação da taxa de gestação com sêmen bovino congelado e testes de avaliação espermática in vitro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 36, no. 2, p. 387–395, 2007.

SKERGET, S.; ROSENOW, M. A.; PETRITIS, K.; KARR, T. L. Sperm Proteome Maturation in the Mouse Epididymis. **PLoS ONE**, vol. 10, no. 11, p. e0140650, 2015.

SMITH, M. F.; MORRIS, D. L.; AMOSS, M. S.; PARISH, N. R.; WILLIAMS, J. D.; WILTBANK, J. N. Relationships among fertility, scrotal circumference, seminal quality, and libido in Santa Gertrudis bulls. **Theriogenology**, vol. 16, no. 3, p. 379–397, 1981.

SOARES, J. P. G.; SALMAN, A. K. D. **Sistema de produção de leite em rondônia: produção, reprodução, nutrição e alimentação**. Porto Velho: Recomendações técnicas Embrapa, 2005. p. 10.

SOUZA, A. H.; VIECHNIESKI, S.; LIMA, F. A.; SILVA, F. F.; ARAÚJO, R.; BÓ, G. A.; WILTBANK, M. C.; BARUSELLI, P. S. Effect of equine chorionic gonadotropin and type of ovulatory stimulus in timed-AI protocol on reproductive responses in dairy cows. **Theriogenology**, vol. 72, p. 10–21, 2009.

SOUZA, V. L. **Avaliação da fertilidade do rebanho bovino de Rondônia e o uso da detecção de cio e do GnRH para aumentar a eficiência de programas de IATF**. 2019. Dissertação (Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Porto Velho: Universidade Federal de Rondônia, 2019.

STEFANI, G.; SLACK, F. J. Small non-coding RNAs in animal development. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, vol. 9, no. 3, p. 219–230, 2008.

STEVENSON, J. S.; KNOPPEL, E. L.; MINTON, J. E.; SALFEN, B. E.; GARVERICK, H. A. Estrus, ovulation, luteinizing hormone, and suckling-induced hormones in mastectomized cows with and without unrestricted presence of the calf. **Journal of Animal Science**, vol. 72, no. 3, p. 690–699, 1994.

STRZEZEK, J.; WYSOCKI, P.; KORDAN, W.; KUKLINSKA, M.; MOGIELNICKA, M.; SOLIWODA, D.; FRASER, L. Proteomics of boar seminal plasma – current studies possibility of their application in biotechnology of animal reproduction. **Reproductive Biology**, vol. 5, p. 279–290, 2005.

TARTAGLIONE, C. M.; RITTA, M. N. P. Prognostic value of spermatological parameters as predictors of in vitro fertility of frozen-thawed bull semen. **Theriogenology**, vol. 62, p. 1245–1252, 2004.

TEIXEIRA, L. V. **Estudo da Coleta e Processamento de Sêmen Bovino**. 2009. Monografia (Medicina Veterinária). São Paulo: Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas, 2009.

THOMAS, J. M., LOCKE, J. W. C., BONACKER, R. C., KNICKMEYER, E. R., WILSON, D. J., VISHWANATH, R., ... & PATTERSON, D. J. Evaluation of SexedULTRA 4M™ sex-sorted semen in timed artificial insemination programs for mature beef cows. **Theriogenology**, 123, 100-107. 2019.

TORRES, H. A. L.; TINEO, J. S. A.; RAIDAN, F. S. S. Influência do escore de condição corporal na probabilidade de prenhez em bovinos de corte. **Archivos de Zootecnia**, vol. 64, no. 247, p. 255–260, 2015.

TORRES-JÚNIOR, J. R. S.; PENTEADO, L.; SALES, J. N. S.; SÁ FILHO, M. F.; AYRES, H.; BARUSELLI, P. S. A comparison of two different esters of estradiol for the induction of ovulation in an estradiol plus progestin-based timed artificial insemination protocol for suckled *Bos indicus* beef cows. **Animal Reproduction Science**, vol. 151, p. 9–14, 2014.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Livestock and Poultry: World Markets and Trade**. Washington: Foreign Agricultural Service/USDA, Office of Global Analysis, 2019. p. 16.

UTT, M. D. Prediction of bull fertility. **Animal Reproduction Science**, vol. 169, p. 37–44, 2016.

VALLEDOR, L.; JORRÍN, J. Back to the basics: Maximizing the information obtained by quantitative two dimensional gel electrophoresis analyses by an appropriate experimental design and statistical analyses. **Journal of**

Proteomics, vol. 74, no. 1, p. 1–18, 2011.

VASCONCELOS, J. L. M.; VILELA, E. R.; SÁ FILHO, O. G. Remoção temporária de bezerras em dois momentos do protocolo de sincronização da ovulação GnRH-PGF2 α -BE em vacas Nelore pós-parto. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol. 61, p. 95–103, 2009.

VERSTEGEN, J.; IGUER-OUADA, M.; ONCLIN, K. Computer assisted semen analyzers in andrology research and veterinary practice. **Theriogenology**, vol. 57, p. 149–179, 2002.

VIANA, W. de A. **Taxa de prenhez em fêmeas bovinas leiteiras submetidas à inseminação artificial em tempo fixo em condições semiáridas**. 2016. Dissertação (Zootecnia). Montes Claros: Universidade Estadual de Montes Claros, 2016.

VINCENT, P.; UNDERWOOD, S. L.; DOLBEC, C.; BOUCHARD, N.; KROETSCH, T.; BLONDIN, P. Bovine semen quality control in artificial insemination centers. **Animal Reproduction Science**, vol. 9, p. 153–165, 2012.

VIU, M. A. de O.; BRASIL, I. de G.; LOPES, D. T.; GAMBARINI, M. L.; FERRAZ, H. T.; OLIVEIRA FILHO, B. D. de; MAGNABOSCO, C. U.; VIU, A. F. M. Fertilidade real e intervalo de partos de vacas Nelore po sob manejo extensivo e sem estação de monta na região Centro-Oeste do Brasil. **Bioscience Journal**, vol. 24, no. 1, p. 104–111, 2008.

WANG, Z.; GERSTEIN, M.; SNYDER, M. RNA-Seq: a revolutionary tool for transcriptomics. **Nature Reviews Genetics**, vol. 10, no. 1, p. 57–63, Jan. 2009.

WATSON, P. F. The causes of reduced fertility with cryopreserved semen. **Reproduction, Fertility and Development**, vol. 60–61, p. 481–492, 2000.

WILLIAMS, G. L., AMSTALDEN, M., GARCIA, M. R., STANKO, R. L., NIZIELSKI, S. E., MORRISON, C. D., KEISLER, D. H. Leptin and its role in the central regulation of reproduction in cattle. **Domestic Animal Endocrinology**, 23, 339–349. 2002.

WILTBANK, M. C. C.; GÜMEN, A.; SARTORI, R.; GUMEN, A.; SARTORI, R. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. **Theriogenology**, vol. 57, no. 1, p. 21–52, 2002.

WOLF, F. R.; ALMQUIST, J. O.; HALE, E. B. Prepubertal behavior and puberal characteristics of beef bulls on high nutrient allowance. **Journal of Animal Science**, vol. 24, p. 761, 1965.

WRIGHT, I. A.; RHIND, S. M.; RUSSEL, A. J. F.; WHYTE, T. K.; MCBEAN, A. J.; MCMILLEN, S. R. Effects of body condition, food intake and temporary calf separation on the duration of the post-partum anoestrous period and associated LH, FSH and prolactin concentrations in beef cows. **Animal Science**, vol. 45, no. 3, p. 395–402, 1987.

ZANATTA, G. M. **Produção embrionária utilizando touros de alta e baixa fertilidade**. 2019. Dissertação (Reprodução Animal). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2019.

ZEMJANIS, R. **Diagnostic and therapeutic techniques in animal reproduction**. 2^o Ed. Baltimore: Williams Wilkins Co, 1970. p. 258.