

A INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM BOVINOS DE CORTE NO BRASIL

Murilo Silva Borges¹, Vinicio Araujo Nascimento², Marcia Dias², Fernando José dos Santos Dias²

¹ Discente do curso de Zootecnia, Universidade Federal de Jataí – UFJ, Jataí – GO.

² Docente do curso de Zootecnia, Universidade Federal de Jataí – UFJ, Jataí – GO.
e-mail: vinicio_nascimento@ufj.edu.br

Recebido em: 15/11/2022 – Aprovado em: 15/12/2022 – Publicado em: 30/12/2022
DOI: 10.18677/EnciBio_2022D2

RESUMO

A Inseminação Artificial (IA) é uma biotecnologia reprodutiva usada como ferramenta para o melhoramento genético dos bovinos, destacando-se a seleção e a replicação de touros de alto valor genético, possibilitando a obtenção de bezerros mais qualificados, com incremento de produtividade e de receita. Objetivou-se conhecer a história, compreender a evolução e entender a influência da biotecnologia Inseminação Artificial em bovinos de corte no Brasil. Houve um crescimento populacional rápido, gerando demanda por alimentos de baixo custo, o que forçou o setor agropecuário a aperfeiçoar os meios de produção e buscar uma pecuária mais eficiente. Desde modo as biotecnologias reprodutivas surgem para proporcionar incremento nos resultados e propiciar o melhoramento genético, com investimentos acessíveis e de fácil aprendizado e disseminação. Descobriu-se variedades de fármacos que contribuiu para a adaptação dos protocolos com objetivo de atender a reprodução bovina. O uso da IA apresentou evolução crescente e constante com busca de estratégias para otimizar resultados, seja por combinações de protocolos, novos equipamentos ou por ações de manejo.

PALAVRAS-CHAVE: Biotecnologia, Eficiência Reprodutiva, Inseminação Artificial em Tempo Fixo

ARTIFICIAL INSEMINATION IN BEEF CATTLE IN BRAZIL

ABSTRACT

Artificial Insemination (AI) is a reproductive biotechnology used as a tool for the genetic improvement of cattle, highlighting the selection and replication of high genetic value bulls, enabling the obtaining of more qualified calves. The objective was to know the history, understand the evolution and understand the influence of Artificial Insemination biotechnology in beef cattle in Brazil. There was rapid population growth, generating demand for low-cost food, which forced the agricultural sector to improve the means of production and seek more efficient livestock. In this way, reproductive biotechnologies arise to provide an increase in results and provide genetic improvement, with accessible investments and easy learning and dissemination. Varieties of drugs were discovered that contributed to the adaptation of protocols in order to meet bovine reproduction. The use of AI showed increasing and constant evolution with the search for strategies to optimize results, whether by combinations of protocols, new equipment or management actions.

KEYWORDS: Biotechnology, Reproductive Efficiency, Timed Artificial Insemination

INTRODUÇÃO

Em 2020, o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil foi de R\$ 7,4 trilhões, uma redução de 4,1% em relação ao ano anterior. Mesmo com essa diminuição, o PIB da Pecuária, no mesmo período, registrou leve crescimento, passando de 8,4% para 10% do total do PIB. Evidencia-se, assim, a força do setor na economia brasileira (ABIEC, 2021).

Impulsionada pelo grande avanço no setor de exportação, a pecuária de corte foi obrigada a se aperfeiçoar ao longo dos anos, com objetivo de produzir de forma eficiente em menor tempo, porém mantendo a alta qualidade para atender a grande demanda do mercado internacional (ALVES *et al.*, 2008).

Em análise de dados econômicos com indicadores de produção, comparando as médias do País, percebe-se o quanto as propriedades precisam ser eficientes para se adequarem às variações do mercado e obter lucro. As biotecnologias reprodutivas Inseminação Artificial (IA), Transferência de Embrião (TE), Produção *In Vitro* de Embriões (PIVE) e Clonagem, surgem neste meio, demonstrando que são ferramentas que podem ser utilizadas para melhorar a eficiência da produção (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

A Inseminação Artificial (IA) foi a primeira biotecnologia reprodutiva como ferramenta para o melhoramento genético dos bovinos, destacando-se a seleção de touros de alto valor genético e replicação destes em rebanhos comuns, agregando os genes selecionados em menos tempo (BARBOSA; MACHADO, 2008). Esta biotécnica proporciona maior quantidade de bezerros de alto valor genético, vantagens de produtividade e resultado econômico direto, gerados na venda de sêmen e fármacos com participação de 66%, e mão de obra (médico veterinário e/ou inseminador) participando com 33% (BARUSELLI, 2019).

Tendo surgido como método prático e eficaz, a IA possibilitou a difusão do melhoramento genético, sendo aperfeiçoada ao longo do tempo, e agora, com os avanços genéticos e benefícios econômicos, reduzindo tempo e custo de produção. Houve incremento do uso da IA com a estratégia Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF), em que procurou-se facilitar o manejo reprodutivo das fêmeas pela mimetização da endocrinologia reprodutiva, utilizando fármacos exógenos para a determinação da sincronização do estro e/ou da ovulação, otimizando o processo. Em bovinos de corte, com cerca de 60 milhões de matrizes, 26% são inseminadas anualmente (ASBIA, 2021). Assim, objetivou-se conhecer a história, compreender a evolução e entender a influência da biotecnologia Inseminação Artificial em bovinos de corte no Brasil.

HISTÓRIA DA INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL

Os primeiros registros semelhantes ao procedimento da Inseminação Artificial (IA) aconteceram no Oriente Médio, meados dos anos de 1332 (séc. XIV), em que a prática foi realizada por árabes, depositando o sêmen de animais de tribos rivais em suas éguas. Mas, os primeiros registros reconhecidos para explicar as primeiras realizações da IA são de 1779, na Itália, quando o monge Lazzaro Spalanzani demonstrou que o sêmen continha espermatozoides, com a função de realizar a fertilização, em experimento com cães. Foi depositado o sêmen no trato reprodutivo de cadelas em estro e obteve o nascimento de filhotes, demonstrando ser possível realizar a fecundação sem a cópula direta (OMBELET; VAN ROBAYS, 2015).

Walter Heape (1897) foi excelente biólogo reprodutivo, contribuiu com trabalhos relacionando sazonalidade e a reprodução. Sua pesquisa teve tanta

importância, que a Universidade de Cambridge, onde atuava, foi reconhecida como centro mundial de estudos reprodutivos da época (FOOTE, 2002).

Em 1899, o russo Elias Ivanov iniciou estudos sobre a biotécnica, sendo que em 1922 já tinha publicado diversos artigos sobre o uso da técnica em diferentes animais, como cães, raposas, coelhos e aves domésticas. Neste mesmo ano, conseguiu um grande feito, publicando no *Journal of Agricultural Science* pesquisas sobre o uso da técnica em cavalos. Ivanov direcionou suas pesquisas em encontrar um meio para que o sêmen obtivesse maior duração, proporcionando que o material genético conseguisse alcançar diferentes lugares. Por estes esforços, tem-se os extensores de sêmen, denominação dada aos meios de conservação no qual o sêmen era mantido, seja para transporte ou armazenamento e posteriormente resfriamento (SEVERO, 2013).

Em 1936, na Dinamarca, pesquisadores organizaram o 1º Programa de IA da cooperativa leiteira do País. Foram inscritas 1070 vacas e obtiveram 59% de concepção no primeiro ano, resultado melhor que a monta natural do rebanho da época. Evento, seguido por outros, que foram essenciais para o estímulo da prática da Inseminação em todo o mundo, passando de uma técnica comum para uma técnica comercial (SORENSEN, 1946). Também, na Dinamarca, veterinários que trabalhavam na área desenvolveram um meio de fixação reto-vaginal do colo uterino, o qual possibilitava que a aplicação do sêmen ocorresse diretamente no corpo uterino, imediatamente após a cérvix. Descoberta importante, visto que se fazia necessário menor quantidade de espermatozoides para cada inseminação (FOOTE, 2002).

Em 1938, o pesquisador Viktor Konstantinovich Milovanov contribuiu projetando e construindo vaginas artificiais para bovinos e ovinos, com impacto nos métodos de coleta de sêmen da época, os quais eram realizados de maneiras antiquadas (FOOTE, 2002). Houve a criação da palheta, pequeno tubo plástico para armazenamento do sêmen, na época denominada como “palha”, graças às pesquisas do dinamarquês Eduard Sorensen. As primeiras palhetas eram feitas de aveia, material de fácil manuseio e baixo custo da época, mas com o passar dos anos o processo evoluiu e a aveia deu lugar ao celofane, material de melhor resistência e melhor manuseio. A invenção da palheta se deu na Dinamarca, porém foram os franceses que levaram o título. Robert Cassou, grande pesquisador da época aperfeiçoou o modelo e produziu comercialmente, as quais são utilizadas até hoje (FOOTE 2002).

Nos Estados Unidos, ocorreu grande evolução quanto ao armazenamento e transporte do sêmen, em que extensores de sêmen a base de fosfato de gema de ovo com resultados promissores foram desenvolvidos (PHILLIPS; LARDY, 1940). Salisbury e VanDemark (1961), conseguiram aprimorar o extensor, adicionando citrato de sódio. Desta maneira o sêmen conseguiu se manter viável em temperatura de 5°C e durar por até três dias. O citrato distanciava os glóbulos de gordura na gema de ovo, com isso foi possível examinar microscopicamente o ejaculado.

A criopreservação se tornou o ponto central da pesquisa, novos trabalhos foram realizados e novos obstáculos surgiam, um deles foi a necessidade de utilizar uma substância crioprotetora, a qual proporciona em determinado tempo, redução de danos advindos da elevada diminuição da temperatura e, também, fornece energia e proteção à célula que está sendo armazenada (PURDY, 2006). O glicerol foi a escolha que proporcionou os melhores resultados e proporciona até os dias de hoje.

Foote e Bratton (1950) adicionaram antibióticos, como; penicilina, estreptomicina e etc. ao extensor, na época denominado como extensor Cornell e obtiveram melhora de 15% na fertilidade do esperma submetido a criopreservação. A simples mudança contribuiu muito, porque não se tinha conhecimento sobre doenças advindas dos touros e com a adição de antibióticos muitas doenças transmitidas via sêmen foram erradicadas.

Na década de 50, houve grande mudança, e se deixou de usar o gelo seco (dióxido de carbono solidificado), na temperatura de -79°C , e começou-se a utilizar o nitrogênio líquido, que atinge temperatura de -196°C . Com isso, houve maior tempo de vida para o sêmen e menos danos às células espermáticas. O nitrogênio líquido era a melhor escolha, mas os recipientes para mantê-lo não tinham boa qualidade, não conseguindo manter a temperatura estável. A solução surgiu nos Estados Unidos, quando J. Rockefeller Prentice, proprietário da ABS (*American Breeders Service*), reconheceu o crescimento da IA no mundo e realizou investimentos na área, fazendo parcerias com empresas do ramo de gases e fabricação de tanques, dando início a produção de recipientes para o armazenamento do nitrogênio líquido e do sêmen (FOOTE, 2002).

No mesmo período, por volta dos anos 50, também, o protocolo para a realização da técnica estava em constante estudo, pois era complexo entender e controlar o tempo de estro e o momento exato da ovulação. Trimberger (1948), observando o comportamento dos animais, conseguiu desenvolver o primeiro protocolo de inseminação, chamado de sistema manhã – tarde. O sistema estabelecia que o momento de inseminar o animal era determinado por sua primeira manifestação de estro, sendo que se o primeiro sinal de estro do animal fosse manifestado de manhã, a inseminação deveria ser feita a tarde; e se o primeiro sinal de estro fosse manifestado a tarde, o animal deveria ser inseminado na manhã do dia seguinte.

Com a prática da IA expandindo rapidamente, houveram relatos de que era possível diminuir a quantidade de sêmen utilizado em cada inseminação, sem perdas nos resultados, assim otimizando o processo, reduzindo de 100×10^6 para 4×10^6 espermatozoides por palheta (SALISBURY; VANDEMARK, 1961).

O desenvolvimento da IA fez com que os métodos para verificação da qualidade do sêmen se aperfeiçoassem. Novos microscópios, como: microscópio de campo brilhante, microscópio de contraste diferencial, citometria de fluxo e análise assistida por computador, foram desenvolvidos para melhor avaliação (SALISBURY *et al.*, 1978).

Em 1983, Garner *et al.* (1983), com estudo em sêmen de coelhos, causaram grande impacto na inseminação, demonstrando que com o uso da citometria de fluxo era possível determinar com precisão as diferenças entre os cromossomos X e Y. Verificou-se que o cromossomo X possui cromatina maior, assim maior peso e densidade que o cromossomo Y. Tal descoberta revolucionou o mundo da reprodução e, nos anos 90, foram produzidas as primeiras doses de sêmen sexado em escala comercial (LIMA; NOCITI, 2019).

O protocolo de Trimberger foi bastante utilizado e com bons resultados em vacas leiteiras e lotes pequenos. Mas em gado de corte, o processo dificultava, visto que animais criados em sistema extensivo havia dificuldades na detecção de estro. Diante disso, Wolfenson *et al.* (1994) e Pursley *et al.* (1995), americanos das Universidades da Flórida e Wisconsin, desenvolveram o protocolo Ovsynch para a sincronização da ovulação e a Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF), primeiramente denominada de Inseminação Artificial com Tempo Predeterminado.

Com este protocolo, iniciou-se a sincronização do desenvolvimento folicular das fêmeas pela aplicação de hormônios, não sendo necessário a detecção do estro, já que apresentavam a ovulação em período pré-estabelecido após as aplicações hormonais.

Os protocolos reprodutivos de IATF se tornaram modernos e precisos para auxiliar nos manejos e ter resultado eficiente. Já existem diferentes modelos para cada raça e tipo de animal, assim atendendo a todos que desejam aperfeiçoar seus sistemas de produção (BARUSELLI, 2019).

A INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL NO BRASIL

No Brasil, as primeiras informações sobre a IA foram publicadas em 1912 pelo médico veterinário Epaminondas de Souza. Em 1914, novos registros foram publicados pelo Tenente Coronel João Moniz Barreto de Aragão e pelo prof. Guilherme Hermsdorff, dois defensores e incentivadores do uso de novas tecnologias, como a IA (MIES FILHO; BARRETO, 1949).

Em 1930, houve apoio do Ministério da Agricultura, pelo Departamento de Produção Animal, com o fornecimento de condições para a prática da biotécnica IA. Em 1941, iniciou-se os primeiros grupos de estudo da área, promovendo experimentos e pesquisas sobre a prática e distribuição de sêmen para várias regiões do País. Houve aumento de dezenas de postos ou núcleos de inseminação, contribuindo com a difusão, visto que as doses de sêmen coletadas nos institutos de pesquisa eram enviadas para os postos e destes partiam para as propriedades. Nos núcleos também era feito o treinamento de médicos veterinários que desejavam executar a técnica. De 1942 a 1949 mais de 318 alunos foram capacitados e executaram-se 24 diferentes cursos sobre a prática. Após alguns anos já se começa a abertura de órgãos federais e estaduais para a supervisão prática, um deles foi o Serviço de Inseminação Artificial do Departamento de Produção Animal da Secretaria de Agricultura no Rio Grande do Sul, onde se utilizava bastante a inseminação, sobretudo em ovinos (SEVERO, 2015).

Em 1945, foi criado o primeiro regulamento para a execução da técnica no País, chamado de Regulamento para Aplicação da Inseminação Artificial como processo de melhoramento dos animais domésticos. Em 1948, o Instituto de Zootecnia do Rio de Janeiro, foi prestigiado com o recebimento de quatro touros holandeses, importados da Holanda, sendo mantidos em áreas resfriadas, com nutrição exclusiva e cuidados ininterruptos. Por vários anos produziram centenas de doses de sêmen, que foram enviadas para vários postos de inseminação do País. Além da produção de sêmen, estes animais se tornaram grandes instrumentos de pesquisa do local (MIES FILHO; BARRETO, 1949, citados por SEVERO, 2015). No mesmo ano, batalhões do exército já exerciam a prática, com a inseminação em mais de mil éguas no período (RODRIGUES; RODRIGUES, 2009).

Em 1949, iniciou-se os primeiros trabalhos com o sêmen criopreservado e demonstrando bons resultados, vários equipamentos foram desenvolvidos, tornando o procedimento mais preciso e fácil. A IA difundiu-se mais, principalmente com o congelamento do sêmen, possibilitando que fossem enviadas doses para diferentes locais, disseminando a genética superior (SEVERO, 2013).

A década de 1950 foi marcada pelo intercâmbio internacional. Nestes anos aconteceu a vinda de diversos pesquisadores renomados da área para o Brasil, como o professor Telesforo Bondonna, da Itália; Dr. Allan Parkes, da Inglaterra; Dr. Douglas Lee, dos Estados Unidos; Raymond Jondet, da França; e, Christofer Polge, da Inglaterra. Todos contribuíram de forma imensurável para a inseminação artificial,

seja com pesquisas, desenvolvimento de meios, instrumentos e até na prática, demonstrando formas de melhor eficiência da biotécnica. Nesse período, também, acontece a importação das primeiras doses de sêmen congelado, vindos da Inglaterra e a exportação de doses zebuínas coletadas em Uberaba para o Paraguai (MIES FILHO, 1987).

Em 1958, ocorreu a visita do Dr. David Barlett, veterinário e pesquisador da empresa *American Breeders Service*, mais conhecida como ABS. Neste período, o Brasil já possuía 15 centros de coleta e já inseminava 30 mil vacas por ano, porém os métodos utilizados não possuíam tanta eficiência. Ao perceber isto, Barlett em seus quatro meses de visita contribuiu de forma imensa, ensinando e aplicando o que se tinha de mais moderno na técnica. Dentre os procedimentos, teve a fixação da cérvix via retal, procedimento moderno que excluía o uso do espécuro vaginal, equipamento que não possuía grande eficiência; e o uso correto do sêmen congelado em nitrogênio, difusão da criopreservação. Também, foi pela influência do Dr. Barlett, que ocorreu a importação dos primeiros botijões de nitrogênio para armazenamento do sêmen (BUSCHNER, 1991 citado por SEVERO, 2015).

Em 1968, foi aprovada a Lei 5.517, que fez com que a profissão de Médico Veterinário fosse reconhecida. Conjuntamente, é aprovado a criação do Conselho Federal e demais Conselhos Estaduais. Esta lei em seu Artigo 5º, Letra i, descrevia que somente o médico veterinário poderia ensinar, direcionar, controlar e orientar as práticas ligadas a IA e demais assuntos que envolvia a reprodução animal (SEVERO, 2015). Lei que, após alguns anos, passou por diversas modificações, fazendo com que a IA pudesse ser praticada por outras pessoas, como os Zootecnistas e praticantes.

Na década de 1970, já havia centenas de postos e inseminava mais de 500.000 animais por estação. Próximo aos anos 2000, iniciou-se os protocolos para sincronização de estro e da ovulação, em que por hormônios foi possível realizar o controle do ciclo estral das fêmeas bovinas. Com isso, houve mudança drástica na prática da IA sendo possível abranger vários animais, que não eram incluídos devido à dificuldade em se observar o estro, por serem criados em sistemas extensivos. A sincronização da ovulação na Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) permitiu inseminar maior quantidade de animais por dia, visto pré-determinar o momento da ovulação, com pequena faixa de variação, pela administração de hormônios (NOGUEIRA *et al.*, 2013).

Da década de 1970 até os anos 2000, foi importante a implantação dos primeiros laboratórios de processamento e pesquisa de sêmen, a criação de diversas empresas de caráter comercial para a venda de sêmen, juntamente com a importação e exportação de doses. No mesmo período, aconteceram as primeiras reuniões, simpósios e congressos (SEVERO, 2013).

DIFUSÃO E ESTRATÉGIAS PARA A INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL

Em 2021, o Brasil conta com um rebanho bovino de 218 milhões de animais, com crescimento de 1,5% em comparação ao ano anterior. A região Centro Oeste, conta com o maior número de animais, somando 75,4 milhões de cabeças, seguido pela região norte com 52,4 milhões. O estado do Mato Grosso lidera com 32,7 milhões e crescimento de 2,3% ao ano (IBGE, 2021).

Nos anos de 2002, cerca de 5,9% das fêmeas bovinas no Brasil eram inseminadas. Segundo o Anuário da Pecuária Brasileira, em 2018 (ANUALPEC, 2018), no Brasil havia o rebanho de 212 milhões de cabeças, sendo cerca de 72 milhões de fêmeas bovinas (34%) em idade apta a reprodução (vacas e novilhas), e

desse total, aproximadamente, 9,3 milhões (13%) eram inseminadas, e dessas, 7,2 milhões (77,6%) eram fêmeas de aptidão para corte e 2,1 (22,4%) milhões para leite. Em 2019, o total de fêmeas inseminadas atingiu 15%, demonstrando o avanço. Apesar do aumento significativo, percebe-se que o nível produtivo do País ainda era baixo, mesmo sendo um dos maiores produtores de carne bovina e o maior exportador do mundo, considerando o aumento significativo da população mundial, juntamente com a demanda por alimentos.

De acordo com a Associação Brasileira de Inseminação Artificial (ASBIA, 2021), o uso da IA em 2021 esteve presente em 4.463 municípios. Foi observado que 80,1% dos municípios brasileiros utilizaram a tecnologia, crescimento de 4,1% em comparação ao ano anterior, que obteve 76,9%. Em 2021, foram coletadas 23.919.732 e importadas 11.978.662 doses de sêmen, totalizando no mercado brasileiro 35.898.394 doses. Esses dados representaram um aumento de 40,4% em relação ao ano anterior.

Em relação aos botijões para armazenamento do sêmen, em 2021 foram vendidas 7.023 unidades, sendo 6.082 unidades de 20 litros e 941 unidades com capacidade maior que 20 litros. Em comparação aos anos anteriores, houve o crescimento médio de 30% na quantidade de unidades vendidas (ASBIA, 2021).

Pelo estudo histórico da comercialização de doses para bovinos (corte e leite), entre os anos de 2012 a 2021, há a publicação quanto a porcentagem de fêmeas inseminadas (Tabela 1; ASBIA, 2021). Neste período, foi observado o crescimento de cerca de 16% na taxa de matrizes de corte inseminadas, dado pelos avanços no conhecimento da IA e das estratégias biotecnológicas na busca de resultados satisfatórios, como o uso da Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF).

TABELA 1. Matrizes aptas a reprodução, doses de sêmen vendidas, relação das matrizes de corte inseminadas e uso da IA no Brasil entre 2012 – 2021

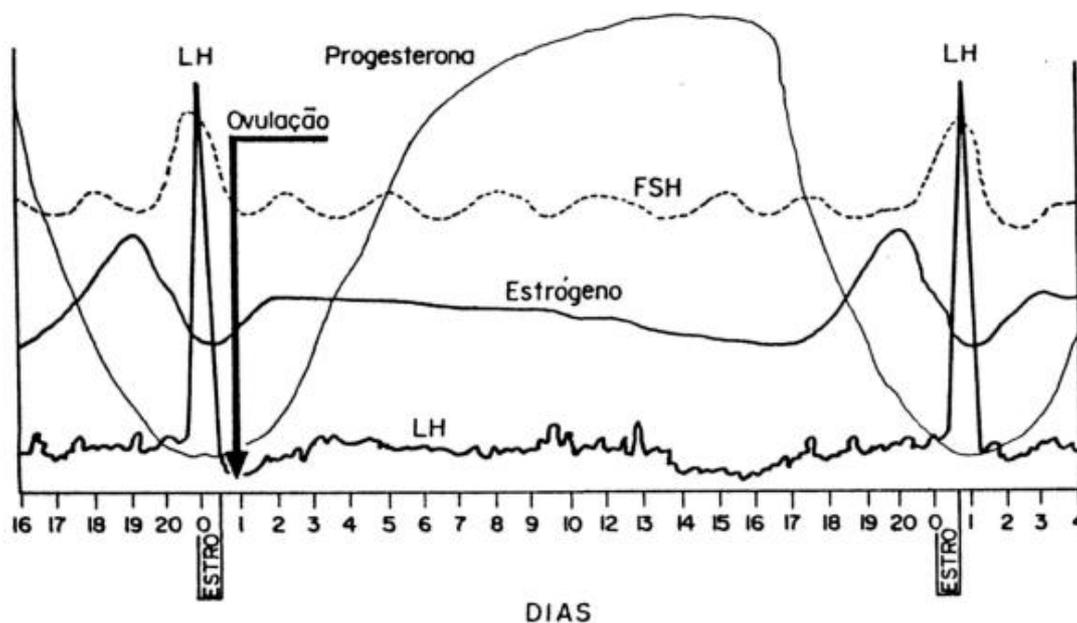
Variável	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Total Matrizes	84.635.039	83.133.033	82.578.733	81.502.573	81.075.920	80.327.743	81.002.543	80.036.868	81.528.692	82.481.999
Matrizes Leite	25.244.854	25.508.709	25.581.058	23.930.838	22.620.188	20.097.388	19.320.971	18.481.827	18.357.161	18.722.569
Matrizes Corte	59.390.185	57.624.324	56.997.675	57.571.735	58.455.733	60.230.355	61.681.572	61.555.041	63.171.532	63.759.431
Doses Total	12.344.630	13.024.748	12.037.346	12.602.773	11.721.722	12.134.438	13.831.149	16.436.741	21.575.551	25.449.957
Doses Leite	4.897.734	5.367.527	4.921.341	4.328.689	3.699.057	4.063.151	4.208.867	4.627.717	5.248.067	5.558.098
Doses Corte	7.446.896	7.657.221	7.116.005	8.274.084	8.022.665	8.071.287	9.622.282	11.809.024	16.327.494	19.891.859
Matrizes Leite inseminadas (%)	7,8	8,4	7,7	7,2	6,5	8,1	8,7	10,0	11,4	11,9
Matrizes Corte inseminadas (%)	10,4	11,1	10,4	12,0	11,4	11,2	13,0	16,0	21,5	26,0
Uso da IA no Brasil (%)	9,65	10,26	9,56	10,58	10,07%	10,40	11,98	14,61	19,26	22,79

Fonte: Associação Brasileira de Inseminação Artificial; Cepea – Esalq/USP, elaboração: Cepea – Esalq/USP, citado por ASBIA (2021).

A utilização de fármacos para controle do ciclo estral dos animais surgiu como meio de potencializar a inseminação artificial, que, anteriormente possuía algumas limitações, tais como; falha na detecção de estro, anestro pós-parto e puberdade tardia (BARUSELLI *et al.*, 2004). Como resultado, a ovulação ocorre no momento mais adequado, propiciando o melhor horário para a inseminação. Isto veio a proporcionar o aumento na taxa da IA.

A fase estral do ciclo reprodutivo dos bovinos ocorre a cada 21 dias, possuindo de 6 a 21 horas de manifestação de estro, período caracterizado pela aceitação da monta (GONZÁLEZ, 2002). O ciclo estral se inicia no estro (dia 0), fase em que os hormônios relacionados ao ciclo estral desempenham as principais funções (Figura 1). Primeiramente, altas concentrações de hormônio folículo estimulante (FSH) promovem crescimento e maturação folicular, seguido de altos picos do hormônio luteinizante (LH) com teores basais de progesterona (P_4) (WATHES *et al.*, 2003). Posteriormente, após o crescimento, diferenciação e maturação do folículo, ocorre a ovulação, e inicia-se a formação do CL pelas células da granulosa ou foliculares, advindas da ruptura do folículo de *Graaf*, fase metaestro (dias 1 a 4). O corpo lúteo, sendo uma glândula temporária, se desenvolve e começa a produção de P_4 , a partir desta e com o aumento dos teores de sua concentração, ocorre redução das concentrações de estrógeno E_2 (SENGER, 2003).

FIGURA 1. Esquema das variações, na concentração dos principais hormônios que regulam o ciclo estral em bovinos.



Fonte: VALLE (1991).

No diestro (dias 5 a 17), fase caracterizada pela presença do CL ativo, com alta produção de P_4 , e a duração é de cerca de 12 dias. A P_4 é o hormônio base para a manutenção da gestação (GONZÁLEZ, 2002). Não ocorrendo a fertilização, ocorre a lise do CL e interrupção da produção de P_4 , conseqüentemente, aumenta os teores de estrógeno e, assim, há a continuação do desenvolvimento folicular para a ovulação do folículo de *Graaf*, fase chamada de proestro, dias 17 a 20 (FERREIRA, 2010). As ondas foliculares são um processo contínuo, em que ocorre crescimento e regressão, com objetivo de se ter o folículo ovulatório ao final (BORGES *et al.*,

2004). Durante o ciclo, mais comumente se tem 3 ondas foliculares, porém este número pode variar de 2 a 4 ondas (ADAMS *et al.*, 2008).

O sistema reprodutivo da fêmea é administrado por comunicações entre hipotálamo, hipófise, útero e ovários. Tudo se inicia no hipotálamo, órgão responsável pela síntese do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), o qual estimula a hipófise a liberar os hormônios folículo estimulante (FSH) e luteinizante (LH), que atuam no crescimento e ovulação folicular. A P_4 , produzida em altos níveis pelo CL, mantém o útero em condições adequadas para a gestação e com função inibitória por *feedback* negativo à liberação de GnRH. De maneira oposta, o estrógeno (E_2), hormônio sintetizado no ovário, possui diversas funções, com ações diretas no sistema nervoso central: indução do estro, indução de pico de LH é pré-ovulatório e atresia folicular (Figura 1; FERREIRA, 2010).

Os hormônios exógenos que são utilizados no controle do ciclo estral bovino são a prostaglandina ($PGF_{2\alpha}$), o hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), o estradiol (benzoato de estradiol e cipionato de estradiol), a progesterona (P_4) e a gonadotrofina coriônica equina (eCG; D'AVILA *et al.*, 2019).

As prostaglandinas agem desde a ovulação, função lútea, reconhecimento materno da gestação, implantação, manutenção da gestação e até no parto. Possuem ação nos ovários, útero, placenta e no controle das funções da glândula pituitária (WEEMS *et al.*, 2006). A $PGF_{2\alpha}$ sintetizada pelo útero, possui função de lise e contração uterina (FERREIRA, 2010). De acordo com Narumiya *et al.* (1999), a $PGF_{2\alpha}$ e seus equivalentes possuem efeito luteolítico, esse feito é advindo da ligação de receptores que estão em contato à proteína G, assim possibilitando maiores e melhores taxas de expressão de estro.

Grachev e Goodman (2016) descreveram que a liberação de GnRH propicia, controlando de forma perfeita a produção e liberação de suas gonadotrofinas e, através destas, também mantendo o controle sobre os hormônios esteróides. Com todo esse processo, o GnRH é o principal responsável pelo controle do eixo hipotálamo-hipófise-gonadal. Possui função fundamental no controle estral, visto que na fase luteal, a secreção de GnRH apresenta pulsos de alta amplitude e baixa frequência. Isso faz com que os hormônios gonadotróficos se comportem de maneira correta de acordo com o período, assim ocorrendo ou não ovulação nessas condições (CLARKE; POMPOLO, 2005).

Com a administração do GnRH exógeno ocorre a liberação de LH, induzindo o pico pré-ovulatório, e, assim, a luteinização do folículo dominante presente no momento da aplicação. Além disso, após a ovulação, é iniciado o recrutamento sincronizado de uma nova onda folicular para um novo ciclo estral (D'AVILA *et al.*, 2019).

Antonangelo (2010) relatou que após a administração do GnRH, em torno de 2 horas, ocorre o pico de LH, e 24 a 32 horas depois é induzida a ovulação do folículo dominante, iniciando nova onda em cerca de 2 dias, por esse motivo que é realizada a inseminação 48 horas depois, visto que neste período o oócito já foi ovulado e está disponível para a fecundação.

A utilização do E_2 associado a P_4 possibilita a sincronização da emergência da onda folicular, e o E_2 atua na supressão do FSH, possibilitando o crescimento dos folículos, evitando a divergência e dominância folicular (SÁ FILHO *et al.*, 2011). Quando não se tem P_4 , os E_2 estimulam a liberação de GnRH e LH, induzindo crescimento e ovulação do folículo dominante (MOENTER *et al.*, 1990). Há três tipos de E_2 : Cipionato de Estradiol (CE), que possui meia vida longa de 10-12 dias; o Valerato de Estradiol (VE), que é pouco utilizado, com meia vida intermediária de 7

dias, e o Benzoato de Estradiol (BE), que possui meia vida curta de 3 dias. Há relatos de que o uso do BE se mostrou mais eficiente para a ovulação 24 horas após a remoção da fonte de P₄, contudo também tem-se o CE que possui boa eficiência e permite a administração simultânea à retirada da fonte de P₄ (D'AVILA *et al.*, 2019). Esses períodos de meia vida são importantes para a escolha do dia de aplicação e qual fármaco a ser utilizado no protocolo.

A progesterona (P₄) é o hormônio responsável pela manutenção da gestação e sua função no ciclo estral está ligada à regulação das secreções de LH e FSH, inibindo ou não, o crescimento e ovulação dos folículos. Os progestágenos, são hormônios que potencializam a ação do CL, resultando na supressão da secreção de LH e a inibição da ovulação. Processo esse que, para que tenha efeito é necessário que seja liberado de forma lenta e contínua. Com isso, utiliza-se os dispositivos intra-vaginais ou intra-uterinos ou os implantes subcutâneos (MACHADO *et al.*, 2007).

O eCG é um fármaco bastante utilizado no controle do ciclo estral por contribuir de forma positiva para o crescimento folicular. É produzido pela placenta da égua no período gestacional (COMBARNOUS, 1992). Nos equinos, o eCG propicia a formação das glândulas luteais, com função na manutenção da gestação (GINTHER *et al.*, 1996). Em outros animais, possui a função de se ligar aos receptores de FSH e LH, simultaneamente, favorecendo o desenvolvimento folicular (MURPHY; MARTINUK, 1991).

Os protocolos de IATF, baseados na administração de hormônios, propiciam a indução de nova onda folicular, controlando-a até o estágio pré-ovulatório com a regulação das quantidades de progesterona exógena e endógena, com o processo de luteólise e com a ação sobre a ovulação, para que ocorra de forma sincronizada em tempo determinado nas fêmeas submetidas ao protocolo (NOGUEIRA *et al.*, 2013).

Até os anos 2000, a utilização da técnica com o uso de protocolos hormonais para a IATF no Brasil era pouco realizada, pois ainda não se tinha muitos trabalhos e prática sobre o assunto. Com o passar dos anos e a IA aumentando de forma constante, a IATF começou a ser introduzida em várias fazendas. Em 2002, de acordo com relatórios do Departamento de Reprodução Animal da FMVZ/USP, foram comercializados 100 mil protocolos hormonais e este número nos mostra que 1% das inseminações no Brasil naquele ano foram realizadas por IATF. Para analisar o quanto houve crescimento daquele período para frente, tem-se em 2018, registrados 13,3 milhões de procedimentos, número esse que indica que 86% das inseminações já ocorriam pelo método de IATF (BARUSELLI *et al.*, 2019). No Brasil, em bovinos de corte, vários protocolos de IATF foram desenvolvidos e ajustados para facilidade de manejo e melhores taxas de prenhez.

Há publicações de experimentos realizados em bovinos de corte no Brasil, em que se foi testado diferentes protocolos hormonais na IATF (Tabela 2). Pelos trabalhos foi demonstrado que a escolha dos protocolos é dependente diretamente do objetivo que se quer alcançar no setor reprodutivo. Que cada protocolo possui um resultado diferente quando se aplica em situações diferentes. Assim, a escolha do protocolo sempre é guiada pelo objetivo que se tem e, principalmente, pelo tipo de animal que se trabalha, visto que muitas vezes pequenas mudanças podem gerar resultados mais satisfatórios na taxa de prenhez (BARUSELLI *et al.*, 2019).

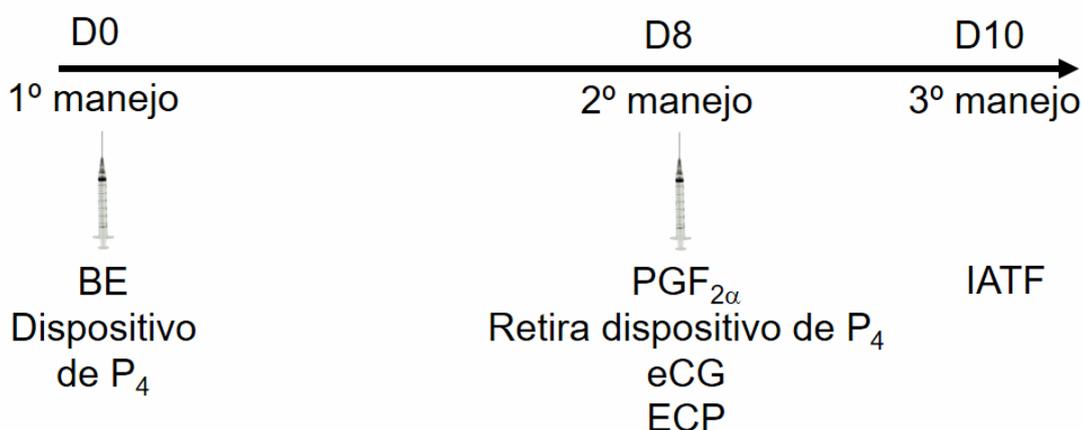
TABELA 2. Protocolos hormonais para a Inseminação Artificial em Tempo Fixo no Brasil

Autores	Protocolo	Taxa de prenhez (%)
Penteado <i>et al.</i> (2006)	D0 = BE + P ₄ ; D8 = PGF _{2α} + retirada P ₄ ; D9 = BE; D11 = IATF	41,4%
Brandão (2012)	D0 = BE + P ₄ ; D7 = PGF _{2α} ; D9 = CE + retirada P ₄ + ECG; D11 = IATF	59,0%
Breda <i>et al.</i> (2013)	D0 = BE + P ₄ ; D7 = PGF _{2α} + BE + ECG + retirada P ₄ ; D10= IATF	33,3%
Pfeiter <i>et al.</i> (2015)	D0 = BE + P ₄ ; D8 = PGF _{2α} + CE + ECG + retirada P ₄ ; D10 = IATF	65,0%
Gottschall <i>et al.</i> (2016)	D0 = GnRH + P ₄ ; D7 = PGF _{2α} + retirada P ₄ ; D9 = GnRH; D9 = IATF	51,5%
Sousa e Santos (2019)	D0 = BE + P ₄ + PGF _{2α} ; D7 = PGF _{2α} ; D9 = ECG + CE + retirada P ₄ ; D11 = IATF	53,0%
Rodrigues <i>et al.</i> (2020)	D0 = BE + P ₄ ; D8 = PGF _{2α} + CE + FSH + retirada P ₄ ; D10 = IATF	41,2%
Buss (2020)	D0 = BE +P ₄ ; D6 = ECG + PGF _{2α} ; D8 = CE + retirada P ₄ ; D10 = IATF	50,0%

A maior parte dos protocolos são a base de estradiol (E_2) e progesterona (P_4) (BARUSELLI *et al.*, 2004; SÁ FILHO *et al.*, 2009). Um protocolo com muita utilização em vacas multíparas é o de três manejos (Figura 2):

- 1) 1º manejo: dia 0 (D0), ocorre a aplicação de BE (Benzoato de Estradiol) e do dispositivo intravaginal de P_4 , estimulando o fim da onda folicular e o início de nova onda de folículos, sendo mantida alta a concentração de progesterona (SÁ FILHO; VASCONCELOS, 2010).
- 2) 2º manejo: dia 8 (D8), retirada do dispositivo intravaginal de P_4 ; aplicado 2 mL de $PGF_{2\alpha}$, hormônio responsável pela lise de corpo lúteo, permitindo a redução dos teores de P_4 ; administrado o eCG, hormônio com função de auxílio no desenvolvimento folicular, sendo mais indicado para animais com menor condição corporal; e, também, administrado o cipionato de estradiol (ECP), hormônio com a função de induzir o pico de LH.
- 3) 3º manejo: dia 10 (D10, 48h após a administração do ECP), realiza-se a inseminação artificial das fêmeas bovinas, que estão com a ovulação sincronizada para ocorrer em 60h depois da aplicação do ECP (BARUSELLI *et al.*, 2017).

FIGURA 2. Protocolo hormonal para sincronização da ovulação com 3 manejos



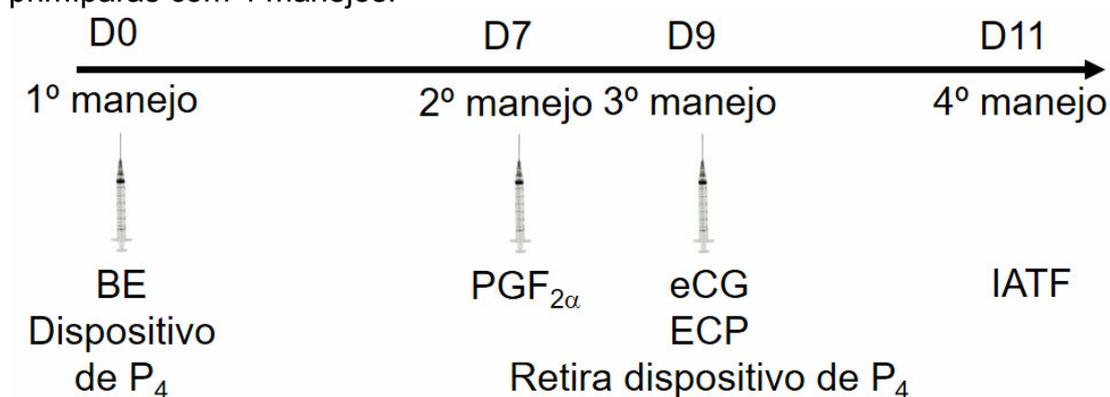
Fonte: Autores (2022)

Para os melhores resultados dos protocolos empregados, as fêmeas submetidas à IATF precisam apresentar boa condição corporal, livre de doenças reprodutivas e melhor taxa de ciclicidade no rebanho. Quando se trabalha com novilhas ou primíparas, tem-se variações no protocolo, por esses animais ainda estarem em estado de crescimento e desenvolvimento do sistema reprodutivo. Procura-se em fêmeas jovens lisar o CL antes que se retire o implante, fazendo com que a redução da P_4 aconteça antes, para que se tenha maior estímulo ao crescimento do folículo com redução da P_4 e aumento das secreções de LH. Também, o ECP e eCG administrados no D9 aumentam a pulsatilidade de LH, possibilitando melhor crescimento do folículo dominante, corpo lúteo maior e mais vascularizado (FURTADO *et al.*, 2011). Assim, para novilhas e primíparas, tem-se o protocolo com 01 (um) dia a mais de manejo (Figura 3):

- 1) 1º manejo: dia 0 (D0), ocorre a aplicação de BE (Benzoato de Estradiol) e do dispositivo intravaginal de P_4 , estimulando o fim da onda folicular e o início de nova onda de folículos, sendo mantida alta a concentração de progesterona (SÁ FILHO; VASCONCELOS, 2010).

- 2) 2º manejo: dia 7 (D7), aplicação de $PGF_{2\alpha}$.
- 3) 3º manejo: dia 9 (D9), retirada do dispositivo intravaginal de P_4 , aplicação do ECP e eCG.
- 4) 4º manejo: dia 11 (D11, 48h após a administração do ECP), realiza-se a inseminação artificial em tempo fixo (FURTADO *et al.*, 2011).

FIGURA 3. Protocolo hormonal para sincronização da ovulação de novilhas e primíparas com 4 manejos.



Fonte: Autores (2022)

Vários fatores interferem diretamente na eficiência da IATF, assim na busca de resultados mais satisfatórios, deve-se executar todos os procedimentos de maneira correta, que se iniciam com a manipulação e armazenamento do sêmen, dos fármacos, e das execuções de manejo. Não menos importante, os cuidados com os animais que serão submetidos ao procedimento, como; nutrição balanceada, boas condições de ambiente e cuidados sanitários (BARUSELLI *et al.*, 2019).

Ball e Peters (2006) relataram que para se ter uma resposta produtiva e reprodutiva, é necessário que a condição nutricional do animal esteja positiva, visto que somente com essa característica haverá o início da puberdade. Os animais que se alimentam bem, ganham maior peso e com isso maior crescimento, resultando na antecipação da puberdade.

Com referência à sanidade, sabe-se que as infecções que acometem o sistema reprodutivo das fêmeas causam as maiores perdas na concepção. Quando o acometimento está presente no estágio gestacional e dependendo do agente infeccioso, há alta probabilidade de morte embrionária precoce. Também é relatado que de acordo com o agente infeccioso, o animal acometido mesmo após o tratamento pode apresentar sequelas, as quais podem interferir diretamente na vida reprodutiva do animal, resultando em repetições de estro, intervalos de partos extensos, abortos, mumificações, natimortalidades e ainda mortalidade neonatal. Dados estes aspectos, é necessário que se tenha bom manejo sanitário, destacando as vacinas de caráter reprodutivo (ALFIERI; ALFIERI, 2017).

PERSPECTIVAS PARA A INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL

De acordo com dados da FAO (2021), em 2030, a população mundial terá 2 bilhões de pessoas a mais, ou seja, haverá o aumento de sete bilhões atualmente para nove bilhões. Com isso, será necessário que a produção de alimentos seja 60% maior, e 85% dessa necessidade virá de países em desenvolvimento como o Brasil.

Segundo dados da Agrostat (2020), 8% dos grãos consumidos no mundo e 1% da carne consumida no mundo são produzidos pelo Brasil, ou seja, quase 10%

dos principais alimentos consumidos no mundo são de responsabilidade do Brasil. Mesmo com a agricultura estando bem mais desenvolvida que a pecuária em questões tecnológicas, recordes na produção de grãos e exportações, a pecuária não fica para trás e o cenário futuro do setor é promissor, apresentando constante crescimento chegando à casa de 3% a cada ano (NEVES; CAMBAÚVA, 2022).

De acordo com a Forbes Agro (2022), as exportações de carne bovina devem crescer significativamente, principalmente com a Ásia sendo o principal mercado, ainda que o Brasil tenha sofrido com a suspensão de alguns frigoríficos por parte da China. Informações históricas e projeção do setor pecuária de corte até 2031 no Brasil são importantes para conhecer e debater (Tabela 3; ABIEC, 2021). De acordo com os dados, observa-se um breve histórico em números da evolução do setor de bovinos de corte a partir de 2001 até os anos de 2021. Em sequência tem-se uma projeção até o ano de 2031. Com estes dados foi verificado o quanto o País cresce anualmente em produção, cuja a mesma é dependente direta do uso das tecnologias, sejam produtivas e/ou reprodutivas.

Os aumentos constantes nos insumos da agricultura, que resultam em altas nos preços de milho e soja, são o principal gargalho para a pecuária. Mas, com as exportações em ritmo acelerado, devido a alta demanda internacional pela carne, desencadeando a valorização da arroba, implica que os aumentos dos insumos não se tornam perigo para a atividade (NEVES; CAMBAÚVA, 2022).

De acordo com os dados da Asbia (2021), nos últimos três anos a inseminação artificial cresceu em média 4%, a venda de doses chegou a um patamar de 20% de aumento médio, também nos últimos anos. Com isso, já se tem uma expectativa futura de aumento de 6% no uso da IA, e crescimento de 25% na venda de doses.

As projeções futuras para o País são boas, as exportações de animais vivos crescem ano a ano, e estima-se que até 2040 o Brasil terá participação de 10% no mercado mundial de animais vivos. Também, vale ressaltar que a exportação do animal vivo pode chegar até a 35% mais rentável que a venda do mesmo no mercado interno (CICARNE, 2021). Importante lembrar que, para estar pronto para esses futuros mercados, é necessário investir em conhecimento na gestão da pecuária, tendo assim maior profissionalização do setor.

TABELA 3. Informações históricas e projeção do setor pecuária de corte até 2031 no Brasil

Variável	Unidade	2001	2006	2011	2016	2021	2026	2031
Produção	1.000 cabeças	7.179	8.005	8.932	10.208	9.714	11.751	12.742
Exportações	1.000 TEC	835	2.186	1.492	1.825	2.478	2.658	2.852
Importações	1.000 TEC	42	28	45	64	71	68	66
Consumo Domestico	1.000 TEC	6.386	5.848	7.485	8.446	7.307	9.162	9.956
Disponibilidade per capita	Kg carcaça/hab/ano	36	31	38	41	34	42	44
Consumo estimado carne bovina	Kg carne/hab/ano	29	25	31	33	28	34	35
Abate	1.000 cabeças	30.505	34.115	38.204	42.470	39.143	45.810	47.506
Área Pastagem	1.000 ha	182.932	180.478	177.228	167.113	163.152	155.874	151.582
Taxa de ocupação	cabeças/ha	0,92	0,98	1,02	1,13	1,2	1,29	1,34
Taxa de lotação	unidades animal/ha	0,75	0,78	0,81	0,90	0,93	1,00	1,03
Peso médio da carcaça	Kg cabeça abatida	235,33	234,66	233,81	240,35	248,17	256,53	268,22
Desfrute	Porcentagem	18%	19%	21%	22%	20%	23%	23%

Fonte: ABIEC (2021).

Em trabalho realizado pela Embrapa Gado de Corte em 2020 (CICARNE, 2021), foi analisada a evolução do setor produtivo da carne no Brasil, projetando as tendências de mercado futuro para o setor até o ano de 2040. Com isso, foram demonstradas características de mercado indispensáveis para a produção eficiente no futuro. Foram apresentadas as seguintes megatendências para a cadeia produtiva da carne bovina em 2040: biológicos à frente no manejo de baixos resíduos; biotecnologia transformando a pecuária e a carne; menos pasto, mais carne; lucro apenas com bem-estar animal; e pecuária consolidada com grandes *players*.

O grande aumento na prática da inseminação artificial, principalmente em animais de corte, se deu em razão, da crescente demanda por animais jovens para abate, ritmo acelerado das exportações e alto preço da arroba. Cenário esse totalmente dependente do processo de cria (LINK, 2018).

Outro aspecto importante que favoreceu o setor nos últimos anos, foi a implantação dos Programas de Carne Certificada. Programas estes realizados pelas parcerias firmadas entre produtores, confinamentos e frigoríficos para a produção de animais com genética superior de carcaças com objetivo de exportação. O produtor rural, que tem como função a criação e entrega dos bezerras/bezerras desmamados no peso adequado, com o processo iniciado pela inseminação artificial. Os animais desmamados seguem para o confinamento, por serem geneticamente precoces. As fases de recria e terminação destes animais são menores, com isso são abatidos mais cedo. Esse processo disseminado gera uma movimentação imensa na cadeia pecuária, pois essa carne além de ser consumida internamente, tem uma boa aceitação no mercado internacional e com isso aumento no mercado das exportações (CARNE ANGUS ANUÁRIO, 2017).

Os programas, além de otimizar a produção de animais para o corte, atuam como ferramenta de auxílio para pequenos produtores, em que é possível participar mesmo com um número pequeno de matrizes e baixo orçamento financeiro, pois os custos de inseminação já são incluídos no contrato. Com isso, o produtor tem a função apenas de manter suas matrizes aptas a reprodução. Como exemplo destes programas, tem-se o Carne Angus Certificada, que já existe na região sudoeste de Goiás, interligando o Grupo VPJ – Black Angus e Angus Beef; o Marfrig – Bassi Angus, o BJ – Swift Black e o Minerva Foods – Minerva Black (MINERVA FOODS, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde os primeiros registros, a difusão e o uso de estratégias para resultados cada vez mais satisfatórios, a biotécnica Inseminação Artificial progrediu no Brasil. Protocolos são elaborados e testados, associando a combinação de hormônios com a fisiologia das fêmeas bovinas aptas à reprodução, demonstrando as pesquisas que relacionam o manejo, a logística das propriedades e o bem-estar animal.

O incremento tecnológico na biotécnica advém para a melhor eficiência no sistema de produção, aumento das taxas de concepção, menor intervalo de partos, menor disseminação de doenças e maior ganho genético dos rebanhos a baixos custos.

Como desafio a ser superado tem-se a difusão de informações consistentes, que cheguem até a fazenda para a tomada de ações pelos produtores com o acompanhamento técnico adequado. A difusão de conhecimento correto garantirá bons resultados da biotécnica IA a custo menores aos produtores rurais e à sociedade pela eficiência na produtividade de carne bovina.

REFERÊNCIAS

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Beef Report. Perfil da Pecuária no Brasil. 2021.** Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2021/>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

ADAMS, G.P.; JAISWAL, R.S.; SINGH, J.; MALHI, P. Progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle. **Theriogenology**, v.69, n.1, p.72-80, 2008.

AGROSTAT. Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. **Indicadores Gerais Agrostat 2020.** Disponível em: www.indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm. Acesso em: 26 de Maio de 2022.

ALFIERI, A.A.; ALFIERI, A.F. Doenças infecciosas que impactam a reprodução de bovinos. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, v.41, n.1, p.133-139, 2017. Disponível em: [http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v41/n1/p133-139%20\(RB668\).pdf](http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v41/n1/p133-139%20(RB668).pdf). Acesso em: 20 de maio de 2022.

ALVES, E.R. de A.; CONTINI, E.; GASQUES, J.G. Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. da (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v.1, p.67. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/507674/agricultura-tropical--quatro-decadas-de-inovacoes-tecnologicas-institucionais-e-politicas>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

ANUALPEC, Anuário da Pecuária Brasileira. **Anualpec 2018.** São Paulo. 2018. Disponível em: www.anualpec.com.br. Acesso em: 20 de Maio de 2022.

ANTONANGELO, R.P. **Uso do acetato de deslorelina em protocolos de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) em vacas leiteiras (2010).** Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias), Curitiba, Universidade Federal do Paraná: Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, 71p., 2010. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/25881/Antonangelo,%20Renata%20OPrestes.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 de Junho de 2022.

ASBIA, Associação Brasileira de Inseminação Artificial. **Index Asbia 2021.** 2021. Disponível em: <http://www.asbia.org.br/wp-content/uploads/2022/02/Index-Asbia-2021-Midia-3.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

BALL, P.J.H.; PETERS, A.R. **Reprodução em bovinos.** 3. ed. São Paulo: Rocca, 2006.

BARBOSA, R.T.; MACHADO, R. **Panorama da inseminação artificial em bovinos.** Documentos Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/48734/1/Documentos84.pdf>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

BARUSELLI, P.S.; MADUREIRA, E.H.; MARQUES, M.O.; RODRIGUES, C.A.; NASSER, L.F.; SILVA, R.C.P.; REIS, E.L.; SÁ FILHO, M.F. Efeito do tratamento com eCG na taxa de concepção de vacas Nelore com diferentes escores de condição corporal inseminadas em tempo fixo. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.32, suppl., p.228, 2004.

BARUSELLI, P.S.; FERREIRA, R.M.; COLLI, M.H.A.; ELLIF, F.M.; SÁ FILHO, M.F.; VIEIRA, L.; FREITAS, B.G. Timed artificial insemination: current challenges and recent advances in reproductive efficiency in beef and dairy herds in Brazil. **Animal Reproduction**, v.14, n.3, p.558-571, 2017. Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Brazilian Embryo Technology Society (SBTE); Cabo de Santo Agostinho, PE, Brazil, August 17th to 19th, 2017.

BARUSELLI, P.S. IATF gera ganhos que superam R\$ 3,0 bilhões nas cadeias de carne e de leite. **Boletim Eletrônico do Departamento de Reprodução Animal/FMVZ/USP**, edição 2, 2019. Disponível em: <http://www.assessoriaagropecuaria.com.br/noticia/2019/03/28/iatf-gera-ganhos-que-superam-r-3-5-bilhoes-nas-cadeias-de-producao-de-carne-e-de-leite>. Acesso em: 09 de maio de 2022.

BARUSELLI, P.S.; CATUSSI, B.L.C.; ABREU, L.A.; ELLIFF, F.M.; SILVA, L.G.; BATISTA, E.S.; CREPALDI, G.A. Evolução e perspectivas da Inseminação Artificial em bovinos. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, v.43, n.2, p.308-314, 2019. Disponível em: https://repositorio.usp.br/directbitstream/832a669b-f050-4317-ab31-81279caaad20/BAP_955_2956240_R.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2022.

BORGES, A.M.; TORRES, C.A.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; RUAS, J.R.M.; GIOSO, M.M.; *et al.*; Dinâmica folicular e momento da ovulação em vacas não lactantes das raças Gir e Nelore durante duas estações do ano. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.3, p.346-354, 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34812/1/API-Dinamica-folicular-e-momento-da-ovulacao.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

BRANDÃO, K.M.A. **Taxa de prenhez em bovinos submetidos à IATF utilizando diferentes protocolos de sincronização de estro**. Monografia - Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 52p., 2012. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/4088/1/2012_KathleenMarilianeAbreuBrandao.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2022.

BREDA, J.C.S.; KOZICKI, L. E.; FRARE, J.; SILVA, D.B. ; WEISS, R.R.; *et al.*, Sincronização do estro (SE) visando à inseminação artificial em tempo fixo (IATF) com protocolos de três manejos em bovinos de corte. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v.11, n.1, p.51–57, 2013.

BUSS, V. **Efeito da dose e momento da administração de eCG em protocolos de IATF aplicados e vacas de corte em anestro**. Universidade Federal do Pampa, Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2020. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/vie>

wTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=9970964. Disponível em: 20 de maio de 2022.

CARNE ANGUS ANUÁRIO 2017. **Carne Angus qualidade do campo à mesa**. Disponível em: <https://carneanguscertificada.com.br/extranet/upload/Angus-2018.06.04-17.42.35.PDF>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

CICARNE. **Centro de Inteligência da Carne Bovina** – EMBRAPA Gado de Corte, 2021. Disponível em: www.cicarne.com.br. Acesso em: 20 de maio de 2022.

CLARKE, I.J.; POMPOLO, S. Synthesis and Secretion of GnRH. **Animal Reproduction Science**, v.88, n.1-2, p.29-55, 2005.

COMBARNOUS, Y. Molecular basis of the specificity of binding of glycoprotein hormones to their receptors. **Endocrine Reviews**, v.13, n.4, p. 670-691, 1992.

D'AVILA, C.A.; MORAES, F.P.; LUCIA JR., T.; GASPERIN, B.G. Hormônios utilizados na indução da ovulação em bovinos – Artigo de revisão. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.43, n.4, p.797-802, 2019. Disponível em: <http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v43/n4/P797-802%20-%20RB821%20-%20Camila%20Amaral%20D%20Avila.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2022.

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **O Estado da Insegurança Alimentar e Nutrição no Mundo (SOFI) 2021**. Disponível em: www.fao.org/brasil/publicacoes/pt/. Acesso em: 20 de maio de 2022

FERREIRA, A.M. **Reprodução da Fêmea Bovina: Fisiologia Aplicada e Problemas Mais Comuns**. Juiz de Fora, MG, 422p., 2010.

FOOTE, R.H.; BRATTON, R.W. The Fertility of Bovine Semen in Extenders Containing Sulfanilamide, Penicillin, Streptomycin and Polymyxin. **Journal of Dairy Science**, v.33, p.544-547, 1950. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(50\)91935-7/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(50)91935-7/pdf). Acesso em: 10 de maio de 2022.

FOOTE, R.H. The history of artificial insemination: Selected notes and notables. **Journal of Animal Science**, v.80, n.E-suppl.2, p.1–10, 2002. Disponível em: https://www.asas.org/docs/jas-files/2001_jam_symp.pdf?sfvrsn=0. Acesso em: 10 de maio de 2022.

FORBES AGRO. **Notícias do Agro**. Disponível em: www.forbes.com.br/forbesagro. Acesso em: 20 de maio de 2022.

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**, v.16, p.25, 2011. Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/MLgHPH4uQfkcKCg_2013-6-26-10-58-3.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2022.

GARNER, D.L.; GLEDHILL, B.L.; PINKEL D.; LAKE, S.; STEPHENSON, D.; VAN DILLA M.A.; JOHNSON, L.A. Quantification of the X- and Y-chromosome-bearing
ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v.19 n.42; p. 42 2022

spermatozoa of domestic animals by flow cytometry. **Biology of Reproduction**, v.28, n.2, p. 312-321, 1983. Disponível em: <https://doi.org/10.1095/biolreprod28.2.312>. Acesso em: 15 de maio de 2022.

GINTHER, O.J.; WILTBANK, M.C.; FRICKE, P.M.; GIBBONS, J.R.; KOT, K. Selection of the dominant follicle in cattle. **Biology of Reproduction**, v.55, n.6, p.1187-1194, 1996.

GONZÁLEZ, F.H.D. **Introdução a Endocrinologia Reprodutiva Veterinária**. Endocrinologia Reprodutiva da Fêmea, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p.47, 2002.

GOTTSCHALL, C.S.; SILVA, L.R.; ALMEIDA, M.R. Análise econômica de dois protocolos para inseminação artificial em tempo fixo (IATF) em novilhas de corte. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, v.40, n.3, p.99-104, 2016.

GRACHEV, P.; GOODMAN, R.L. The GnRH pulse generator. **AIMS Medical Science**, v.3, n.4, p.359–385, 2016.

HAFEZ, E.S.E.; HAFEZ, B. **Reprodução animal** (7ed). Manole: São Paulo. 2004. 514p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal 2021 (PPM 2021)**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 20 de maio de 2022.

LIMA, V.F.M.H.; NOCITI, R.P. Evolução da utilização de espermatozoides sexados. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.43, n.2, p. 289-294. 2019. Disponível em: [http://cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v43/n2/p289-294%20\(RB811\).pdf](http://cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v43/n2/p289-294%20(RB811).pdf). Acesso em: 11 de maio de 2022.

LINK, J.V. **Cadeia produtiva da bovinocultura**. Jade Varaschim Link – Indaial: UNIASSELVI, 190p., 2018. 2019. Disponível em: <https://www.uniasselvi.com.br/extranet/layout/request/trilha/materiais/livro/livro.php?codigo=30543>. Acesso em: 11 de maio de 2022.

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**. 18ª ed., EMBRAPA, p.13, 2007.

MIES FILHO, A.; BARRETO, J.F. **Noções sobre reprodução dos animais e inseminação artificial**. Serviço de Informação Agrícola, Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, n. 9, 1949.

MIES FILHO, A. **Inseminação Artificial**. 6ed., v.2, Porto Alegre: Sulina, 750p., 1987. MINERVA FOODS. **Desafios nutricionais na produção de carnes de alto padrão**. Disponível em: https://www.minervafoods.com/wp-content/uploads/2022/11/211213_Ebook_Carnes_de_Alto_Padrao_jg.pdf. Acesso em: 10 de maio de 2022.

MOENTER, S.M.; CARATY, A.; KARSCH, F.J. The estradiol-induced surge of gonadotrophin releasing hormone in the ewe. **Endocrinology**, v.127, n.3, p.1375-1384, 1990.

MURPHY, B.D.; MARTINUK, S.D. Equine chorionic gonadotropin. **Endocrine Reviews**, v.12, n.1, p.27-44, 1991.

NARUMIYA, S.; SUGIMOTO, Y.; USHIKUBI, F. Prostanoid receptors: structures, properties, and functions. **Physiological Reviews**, v.79, n.4, p.1193-226, 1999.

NEVES, M.F.; CAMBAÚVA, V.O. Mercado da Carne Bovina: Caracterização, Comércio e Tendências. In: CAVECHINI, B. **Bovinos Inovação, Sustentabilidade e Mercado do Brasil**. Metalivros, São Paulo, 255p., 2022.

NOGUEIRA, E.; MINGOTI, G.Z.; NICACIO, A.C. Biotécnicas reprodutivas para aceleração do melhoramento genético. In: ROSA, A. do N.; MARTINS, E.N.; MENEZES, G.R. de O.; SILVA, L.O.C. da (Ed.). **Melhoramento genético aplicado em gado de corte: Programa Genepplus-Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa; Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, Capítulo 16. p.195-211, 2013.

OMBELET, W.; VAN ROBAYS, J. Artificial insemination history: hurdles and milestones. **Facts Views Vis Obgyn**, v.7, n.2, p.137-143, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4498171/>. Acesso em: 13 de maio de 2022.

PENTEADO, L.; AYRES, H.; TORRES JÚNIOR, J.R.S.; SOUZA, A.H.; BARUSELLI, P.S. Taxa de concepção de vacas nelore lactantes sincronizadas com dispositivo intravaginal de progesterona associado ao benzoato ou ao cipionato de estradiol. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.34, n.1, p.401, 2006.

PFEITER, L.F.M.; CASTRO, N.A.; NEVES, P.M.A.; CESTARO, J.P. IATF em blocos: Uma nova alternativa para aumentar a taxa de prenhez de vacas de corte submetidas a protocolos de IATF. **Circular Técnico**, Embrapa. Porto Velho, RO, p.2, 2015.

PHILIPS, P.H.; LARDY, H.A. A yolk-buffer pabulum for the preservation of bull sperm. **Journal of Dairy Science**, v.23, n.5, p.399-404. 1940. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0022030240955412?token=D98BE725AB069457AB28A9E73D06D2E97EED1DEDA640D750B2271C4C02CA0922E465905D24547BB47DDEB21922FE3BE9&originRegion=us-east-1&originCreation=20220625020518>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

PURDY, P.H. A review on goat sperm cryopreservation. **Small Ruminant Research**, v.63, n.3, p.215-225, 2006.

PURSLEY, J.R.; MEE, M.O.; WILTBANK, M.C. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF_{2α} and GnRH, **Theriogenology**, v. 44, n. 7, p.915-923, 1995.

RODRIGUES, J.L.; RODRIGUES, B.A. Evolução da biotecnologia da reprodução no Brasil e seu papel no melhoramento genético. **Revista Ceres**, v.56, n.4, p. 428-436, 2009.

RODRIGUES, A.S.; BRANDÃO, T.O.; DALCHIAVON, G.G.; ALCANTARA, M.R.; SANTOS, J.F.; RIBEIRO FILHO, A.L.; LANNA, L.L. Eficácia do uso distintos estimulantes do crescimento folicular em um protocolo para IATF em fêmeas Nelore. **Archives Veterinary Science**, v.25, n.1, p.45-55, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/veterinary/article/view/67598/40495>. Acesso em: 07 de julho de 2022.

SÁ FILHO, O.G.; MENEGHETTI, M.; PERES, R.F.; LAMB, G.C.; VASCONCELOS, J.L. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows II: Strategies and factors affecting fertility. **Theriogenology**. v.72, n.2, p.210-218, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X09001022>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

SÁ FILHO, O.G.; VASCONCELOS, J.L.M. Inseminação Artificial em Tempo Fixo. In: PIRES, Alexandre Vaz. **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: Fealq. Cap.27. p.529-546. 2010.

SÁ FILHO, M.F.; BALDRIGHI, J.M.; SALES, J.N.S.; CREPALDI, G.A.; CARVALHO, J.B.P.; BÓ, G.A.; BARUSELLI, P.S. Induction of ovarian follicular wave emergence and ovulation in progestin-based timed artificial insemination protocols for *Bos indicus* cattle. **Animal Reproduction Science**, v.129, n.3, p.132–139, 2011.

SALISBURY, G.W.; VANDEMARK, N.L. **Physiology of reproduction and artificial insemination of cattle**. Editora San Francisco (& London): W. H.Freeman & Company., 1ª.ed., 1961, pp.xii + 639p.

SALISBURY, G.W.; VANDEMARK, N.L.; LODGE, J.R. **Physiology of Reproduction and Artificial Insemination of Cattle**. 2nd ed. W. H. Freeman Co., San Francisco, 798p., 1978.

SENGER, P.L. **Pathways to pregnancy and parturition**. Current Conceptions Inc, Ed. 2, Pullman, 368p., 2003.

SEVERO, N.C. **História ilustrada da Inseminação Artificial**. São Paulo: Livre Expressão, 2013. 408p.

SEVERO, N.C. História da inseminação artificial no Brasil. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, v.39, n.1, p.17-21, 2015. Disponível em: [http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/v39n1/pag17-21%20\(RB542\).pdf](http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/v39n1/pag17-21%20(RB542).pdf). Acesso em: 20 de maio de 2022.

SORENSEN, E. Insemination with gelatinised sperm in paraffined cellophane tubes. **The Veterinary Journal**, v.102, n.8, p.235-237, 1946. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0372554517314037>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

SOUSA, E.S.; SANTOS, R.C.B. **Desempenho reprodutivo de novilhas nelore submetidas a protocolos de IATF de acordo com a avaliação ovariana e o protocolo utilizado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, 38p., 2019. Disponível em:

<http://bdta.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/823/1/DESEMPENHO%20REPRODUTIVO%20DE%20NOVILHAS%20NELORE%20SUBMETIDAS%20A%20PROTOS%20DE%20IATF%20DE%20ACORDO%20COM%20A%20AVALIA%C3%87%C3%83O%20OVARIANA%20E%20O%20PROTOCOLO%20UTILIZADO%2022-01.pdf>. Acesso em: 22 de maio de 2022.

TRIMBERGER, G.W. **Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation.** University of Nebraska, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, Research Bulletin, n.153, 29p., 1948. Disponível em: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1118&context=ardhistrb>. Acesso em: 05 de maio de 2022.

VALLE, E.R. **O ciclo estral de bovinos e métodos de controle.** Campo Grande, MS: EMBRAPA-CNPGC, 24p., 1991.

WATHES, D.C.; TAYLOR, V.J.; CHENG, Z. **Follicle growth, corpus luteum function and their effects on embryo development in postpartum dairy cows.** *Reproduction*, suppl.61, p.219-237, 2003. Disponível em: <https://www.bioscioproceedings.org/bp/0005/pdf/bp0005rdr17.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2022.

WEEMS, C.W.; WEEMS, Y.S.; RANDEL, R.D. Prostaglandins and reproduction in female farm animals. **The Veterinary Journal**, v.171, n.2, p.206-228, 2006.

WOLFENSON, D.; THATCHER, W.W.; SAVIO, J.D.; BADINGA, L.; LUCY, M.C. The effect of a GnRH analogue on the dynamics of follicular development and synchronization of estrus in lactating cyclic dairy cows. **Theriogenology**, v.42, n.4, p.633-644, 1994.