

## **História, evolução e perspectivas futuras da inseminação artificial em aves domésticas: Revisão de literatura**

**History, evolution and future perspectives of artificial insemination in domestic birds: Literature review**

**Historia, evolución y perspectivas de futuro de la inseminación artificial en aves: Revisión de la literatura**

Recebido: 09/05/2023 | Revisado: 19/05/2023 | Aceitado: 20/05/2023 | Publicado: 25/05/2023

**Jaci de Almeida<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8110-9504>

Universidade de São Paulo, Brasil

E-mail: [jaciveterinarioj@gmail.com](mailto:jaciveterinarioj@gmail.com)

**Oswaldo Almeida Resende**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8308-3782>

Embrapa Agrobiologia, Brasil

E-mail: [oaresende@gmail.com](mailto:oaresende@gmail.com)

### **Resumo**

A inseminação artificial (IA) é a biotecnologia da reprodução mais utilizada nas espécies de animais domésticos. O uso dessa técnica na reprodução avícola tem possibilitado a rápida disseminação do material genético de machos superiores para um elevado número de fêmeas. Os primeiros estudos com IA em aves iniciaram a mais de um século com Ivanoff, na Rússia, sendo considerado pioneiro, após obter ovos férteis de galinhas usando sêmen coletado do canal deferente de galos. Posteriormente, Burrows e Quinn desenvolveram a técnica de massagem lombo-sacral para a coleta de sêmen, a qual é utilizada até os dias atuais. No entanto, a IA só deslanchou a partir do momento em que as aves passaram dos sistemas de criação extensivo para o intensivo, quando saíram do chão para gaiolas suspensas, principalmente em aves de postura, permitindo maior controle e otimização das inseminações. Mas foi a partir da década de 50 que a IA passou a ser utilizada na avicultura comercial, inicialmente em Israel e na Austrália, seguido por Estados Unidos e por outros países como o Brasil. A viabilidade técnico-econômica da utilização da IA, como método reprodutivo em aves, já está comprovada por diversos trabalhos publicados na literatura nacional e internacional, em diversas espécies. No Brasil, apesar da tecnologia da IA em aves ser pouco difundida, algumas atividades, vem sendo desenvolvidas no campo experimental e na rotina da reprodução avícola de empresas privadas, criadores particulares “*hobby*” e algumas Universidades, mas com uma aplicação bem aquém daquela realizada para outras espécies.

**Palavras-chave:** Coleta de sêmen, Inseminação artificial, Fertilidade.

### **Abstract**

Artificial insemination (AI) is the most used reproduction biotechnology in domestic animal species. The use of this technique in poultry reproduction has enabled the rapid dissemination of genetic material from superior males to a large number of females. The first studies with AI in birds began more than a century ago with Ivanoff, in Russia, being considered a pioneer, after obtaining fertile eggs from chickens using semen collected from the vas deferens of roosters. Later, Burrows and Quinn developed the lumbosacral massage technique for semen collection, which is still used today. However, AI only took off from the moment the birds moved from extensive to intensive rearing systems, when they left the ground for suspended cages, mainly in laying hens, allowing greater control and optimization of inseminations. But it was from the 1950s that AI began to be used in commercial poultry, initially in Israel and Australia, followed by the United States and other countries such as Brazil. The technical-economic viability of using AI as a reproductive method in birds has already been proven by several works published in the national and international literature, in several species. In Brazil, despite AI technology in birds being little widespread, some activities have been developed in the experimental field and in the routine of poultry reproduction by private companies, private breeders “*hobby*” and some universities, but with an application well below that carried out for other species.

**Keywords:** Semen collection, Artificial insemination, Fertility.

---

<sup>1</sup> Pós-doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

## Resumen

La inseminación artificial (IA) es la biotécnica de reproducción más utilizada en especies animales domésticas. El uso de esta técnica en la reproducción avícola ha permitido la rápida diseminación de material genético desde machos superiores a un gran número de hembras. Los primeros estudios con IA en aves comenzaron hace más de un siglo con Ivanoff, en Rusia, siendo considerado un pionero, luego de obtener huevos fértiles de gallinas utilizando semen recolectado de los conductos deferentes de gallos. Más tarde, Burrows y Quinn desarrollaron la técnica de masaje lumbosacro para la recolección de semen, que todavía se usa en la actualidad. Sin embargo, la IA solo despegó a partir del momento en que las aves pasaron de sistemas de crianza extensivos a intensivos, cuando dejaron el suelo por jaulas suspendidas, principalmente en gallinas ponedoras, lo que permitió un mayor control y optimización de las inseminaciones. Pero fue a partir de la década de 1950 que la IA comenzó a utilizarse en la avicultura comercial, inicialmente en Israel y Australia, seguida de Estados Unidos y otros países como Brasil. La viabilidad técnico-económica del uso de la IA como método reproductivo en aves ya ha sido comprobada por varios trabajos publicados en la literatura nacional e internacional, en varias especies. En Brasil, a pesar de que la tecnología de IA en aves está poco difundida, se han desarrollado algunas actividades en el campo experimental y en la rutina de la reproducción avícola por parte de empresas privadas, criadores privados “*hobby*” y algunas universidades, pero con una aplicación muy inferior a la realizada, para otras especies.

**Palabras clave:** Recolección de semen, Inseminación artificial, Fertilidad.

## 1. Introdução

A técnica de inseminação artificial (IA) foi utilizada com sucesso pela primeira vez em aves há mais de um século, quando Ivanoff produziu ovos férteis de galinha usando sêmen recuperado do canal deferente de um galo (Ivanov, 1907).

As pesquisas experimentais de coleta de sêmen de galos, realizados por Ivanov (1913), Payne (1914), e continuados por Amantea (1922), Craft et al. (1926), Dunn (1927), Ishsilcawa (1930) e Adamstone e Card (1934), só passaram a ter interesse prático a partir de 1935, com a descoberta e aperfeiçoamento do método de coleta de sêmen por massagem lombo-sacral por Burrows e Quinn (1935, 1937), simplificando enormemente o processo de inseminação em galinhas e peruas, a qual é empregada em diversas espécies avícolas de médio e grande porte até os dias atuais. Portanto, estes pesquisadores foram considerados os pais da IA (Mohan et al., 2018). No entanto, foi na criação de perus que a passagem da IA do campo experimental para o prático, ocorreu com maior intensidade, em razão da diferença de porte entre sexos, dificultando a cópula e ocasionando redução de fertilidade (Resende et al., 1974).

A IA ganhou importância no pós-Segunda Guerra Mundial, pois com a Europa devastada, e a necessidade de produzir alimento em grande quantidade para uma população faminta, os pesquisadores observaram que a IA poderia ser a solução e enxergaram aí uma oportunidade a ser explorada. Isto porque, havia uma indústria avícola de corte em crescimento, com uma grande demanda de pintos de um dia no mercado, mas em contrapartida existiam baixas taxas de fertilidade nos plantéis, resultantes principalmente, das diferenças físicas existentes entre os reprodutores selecionados, que não permitiam uma conjugação perfeita no acasalamento natural (Resende et al., 1982). Para que isso ocorresse, foi necessário que as aves passassem dos sistemas de criação extensivo para o intensivo, e particularmente, que saíssem do chão para gaiolas suspensas, principalmente em aves de postura, permitindo maior controle e otimização das inseminações. No entanto, foi a partir da década de 50 que a IA foi amplamente utilizada, com a introdução de gaiolas de postura em Israel (Thumin, 1951) e Austrália (Skaller, 1951). Nos EUA, a IA foi usada para melhorar a fertilidade de frangos de corte no mesmo período (Moultrie, 1956), e outros países como o Brasil (Vieira, 1939; Raimo, 1943; Reis, 1945; Resende et al., 1974, 1982), também começaram a aplicar esta biotecnica da reprodução em aves comerciais de produção.

Em galinhas, Driggers (1954), Cooper (1955, 1959), Moultrie (1956), Gabriel (1957) e Woodard et al. (1960), e Resende et al. (1974; 1982; 1983), demonstraram a viabilidade da IA na rotina da reprodução, mas fatores como custo de mão-de-obra com galinheiros já construídos para monta natural concorreram em alguns países, para dificultar a utilização do método em larga escala.

No Brasil, estes fatores foram agravados pelo preconceito, generalizado nos meios avícolas, de que o manejo da IA provocaria "stress" com redução de postura e maior incidência de cloacite, elevando a taxa de mortalidade (Resende et al., 1974).

Vários outros fatores contribuíram para que a técnica de IA emergisse como componente mais crítico na reprodução aviária a partir da década de 60, entre eles, pode-se citar: a facilidade de coleta e uso do sêmen fresco nas fêmeas de galinhas das granjas comerciais; a dificuldade e insucessos de monta e cópula encontrada nas espécies de perus, devido às diferenças de tamanho de machos (33 - 38 kg) e fêmeas ( $\pm 9$  kg), somado ao peito largo, ocasionando baixa taxas de fertilização forçaram a adoção da IA (Lake, 1983; Donoghue & Wishart, 2000; Murakami & Garcia, 2005).

Gee (1983) reportou ainda como fatores que possibilitaram o uso da IA, lesão ou deformidade e, em algumas aves, a cópula natural inibida por dificuldades comportamentais. O autor cita também outras situações como, a de fêmeas mantidas em baias separadas por incompatibilidade ou falta de parceiro; fêmeas produtivas que podem estar em local distante, separadas do macho, onde a transferência de sêmen é a única alternativa à infertilidade. Além disso, a baixa fertilidade em um par acasalado pode ser melhorada por meio de inseminação com sêmen de outro macho. Ainda em aves domésticas a IA foi indicada para o manejo de matrizes de frangos de corte (Reddy, 1995); em codornas devido à presença de espuma da glândula cloacal e baixo volume de sêmen (Mohan et al., 2002; Shit et al., 2010); e para a Galinha-d'angola (Mohan et al., 2013). E por fim, Amann (1999) reportou que o uso da IA proporciona um melhor aproveitamento desse sêmen, podendo aumentar em até 10 vezes o número de pintos produzidos em relação à monta natural.

Atualmente, a técnica de IA na maioria das espécies de aves é bem conhecida, entretanto, há a necessidade de um programa de desenvolvimento bem-sucedido desta técnica em aves não-domesticadas para auxiliar na criação de aves viáveis e populações autossustentáveis de espécies criticamente ameaçadas de extinção. Adicionalmente, verifica-se que a reprodução em aves (IA) possui pouca importância nas disciplinas de produção e reprodução nos cursos de zootecnia e medicina veterinária, o que também contribui para que a técnica seja pouco conhecida e conseqüentemente praticada, pelos profissionais em atividade. Isto faz com que pequenos e médios criadores e entusiastas das espécies avícolas, tenham que aprender e realizar a IA na reprodução sem a orientação e acompanhamento de um profissional qualificado e experiente.

No Brasil, existem de acordo com o IBGE (2018) cerca de 1,5 bilhão de aves, englobando frangos, frangas, galos, galinhas e pintinhos. Ainda de acordo com a pesquisa, o país possui cerca de 246,9 milhões de galinhas, e produziu mais de 4,4 bilhões de dúzias de ovos, gerando um faturamento total de aproximadamente 14 bilhões de reais. Na atualidade, o país produz mais de 14 milhões de toneladas de carne de frango por ano, sendo o maior exportador de carne de frango do mundo (Agrocere, 2022). Segundo perspectivas da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2023), deve haver um crescimento de 5% na produção durante o ano de 2023, podendo chegar em 15 milhões de toneladas.

Do ponto de vista da produção avícola e alimentação humana, a biotécnica da IA possibilita aumentar a fertilidade, reduzir custos e a rastreabilidade de todo o sistema produtivo, desde o produtor até o consumidor final, o que proporciona maior segurança alimentar, e onde esta técnica reprodutiva possa se tornar um diferencial no mercado e proporcionar vantagem competitiva. Diante da relevância do tema e das informações apresentadas, o presente trabalho de revisão integrativa de literatura tem como objetivo abordar e evidenciar a importância e possibilidade de uso da IA na produção avícola, possibilitando manter o país na vanguarda da produção mundial de carne e ovos com eficiência e competitividade.

## 2. Metodologia

O presente trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica que tem por objetivo fazer o levantamento de informações e de dados disponíveis sobre o uso e aplicação da IA na reprodução e produção de aves domésticas, onde os trabalhos apresentados estão datados entre 1907 e 2023. Este trata-se de uma revisão narrativa, na qual foram apresentados os resultados

obtidos com base em leituras e observações de informações técnico-científicas disponíveis, trazendo uma revisão dos dados mais relevantes e atuais do tema abordado.

A pesquisa foi realizada durante os meses de janeiro e abril de 2023, pautando-se na rescisão de literatura de artigos científicos e publicações acadêmicas de universidades e instituições de pesquisa nacionais e internacionais. A busca e compilado dos dados ocorreu através das ferramentas de pesquisa do Google, Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, manuais, trabalhos impressos da primeira metade do século passado e Coletânea de Artigos Brasileiros sobre Reprodução de Aves (Bibliografia e Resumos - Resende et al., 2016). As palavras chaves e indexadores utilizados durante a busca foram inseminação artificial, fertilidade em aves, produção de aves, reprodução de aves, *Gallus gallus domesticus* e inovações aplicadas a avicultura.

Após a leitura dos materiais encontrados, arquivos nos idiomas português, espanhol, francês, russo e inglês com relevância no tema a ser discutido foram pré-selecionados e posteriormente utilizados como base de dados na escrita da revisão, além do baseamento técnico-científico advindo de obras literárias conceituadas pela história. Os critérios para seleção dos arquivos foram a data de publicação dentro do período estipulado, preferencialmente os mais relevantes, de acesso livre para a comunidade e a coerência com o tema estudado.

Por conta dessas descrições, foram encontrados centenas de artigos, sendo analisados os títulos, resumos e resultados. Logo, foram empregados filtros a partir de: conter assuntos principais (inseminação artificial, manejo, fertilidade, produção, reprodução, *Gallus Gallus domesticus*, aves e o inovações), disponibilidade da versão ampla e completa, conter as palavras-chaves, português, espanhol, francês, russo e inglês de 1907 a 2023.

Os artigos excluídos foram determinados pela duplicação das bases de dados, por serem financiados por indústrias farmacêuticas e filantrópicas ou pelas naturezas de metodologia, como: estudos qualitativos e estudos apenas com relatórios transversais, além da relevância da revista publicada. Após este crivo, foram selecionados 111 textos entre artigos, manuais e palestras publicadas em eventos renomados da área.

### **3. Revisão de Literatura**

#### **3.1 Anatomia e fisiologia do aparelho reprodutor de machos e fêmeas**

Segundo Johnson et al. (2006) as aves domésticas e silvestres compartilham características anatômicas e histológicas similares do sistema reprodutor, embora haja diversas adaptações comportamentais e morfológicas que as aves desenvolvem para facilitar sua reprodução em habitats distintos.

Para utilizar e realizar a IA é necessário saber algumas particularidades anatômicas das aves. Deve-se lembrar que as aves, são a única classe que consiste exclusivamente em forma ovípara (Marshall, 1961), pondo ovos, geralmente dentro de um ou dois dias após a ovulação (Gee, 1983). Embora algumas espécies tenham ovários e ovidutos em ambos os lados, geralmente apenas o lado esquerdo é funcional (Sturkie, 1965). Isto porque, a produção de substâncias inibidoras do ducto de Müller (origem do oviduto) pelo ovário resulta em regressão do ducto direito e do ovário direito, mas não do esquerdo (Rutz et al., 2007). O ducto esquerdo é aparentemente protegido por apresentar maior número de receptores para estrogênio, sendo assim, mais sensível ao estrogênio que o ducto direito. Aparentemente o estrogênio impede a ação de substâncias inibidoras do ducto de Müller (Bahr & Johnson, 1991).

O oviduto consiste em uma região infundibular, magno, istmo, útero (glândula da casca) e vagina. A região infundibular recebe o óvulo do ovário e é o local da fertilização (Olsen, 1942). A vagina é responsável pela passagem do óvulo do útero para a cloaca e do sêmen para o oviduto (Sturkie, 1965).

Os locais de armazenamento de esperma (glândulas hospedeiras de esperma) estão presentes no infundíbulo e na junção útero-vaginal (Bohr et al., 1964) e as glândulas hospedeiras de esperma útero-vaginal permitem que as aves coloquem vários ovos férteis após uma única cópula (Smyth, 1968). As glândulas hospedeiras de esperma foram identificadas em patos (Pal, 1977), codornas (Renden et al., 1981) e grous (Wentworth et al., 1975), bem como perus (Lorenz, 1969) e galinhas, e podem ser comuns a todos pássaros.

Em relação aos machos, não há um órgão penetrador (pênis), porém um falo que faz contato com a vagina em eversão durante a cópula. A ereção do falo resulta em ingurgitamento com um fluído semelhante a linfa derivado do corpo vascular paracloacal, uma extensão do falo localizado na parede da cloaca (Etches, 1996).

Segundo Morais et al. (2012) algumas espécies de aves, tais como gansos e patos, possuem um órgão copulador espiralado bem desenvolvido denominado pseudopênis, o qual conduz o sêmen através de um sulco espiral. Os autores reportaram ainda que os galos e perus possuem um pequeno pênis na região ventral da cloaca, o qual fica erético no momento da cópula.

Sturkie e Opel (1976) relataram que os testículos de galos, são em número de dois, correspondendo a 1% do peso vivo das aves e apresentam algumas particularidades que os diferem dos mamíferos. Ainda de acordo com os autores, eles estão localizados dentro da cavidade abdominal. Apresentam uma temperatura de 41-43 °C e mesmo assim permitem a ocorrência da espermatogênese. A formação da espermatogênese nestas condições ocorreria devido a um resfriamento dos testículos por meio dos sacos aéreos abdominais (Rutz et al., 2007).

Marshall (1961) e Rutz et al. (2007) reportaram que não existem órgãos acessórios tais como vesícula seminal, próstata e glândula bulbouretral associados ao duto deferente em aves de produção (*Gallus gallus domesticus*).

### 3.2 Endocrinologia

Nas aves em reprodução há uma série de interações complexas entre os seus sistemas nervoso, endócrino e reprodutivo, e fatores ambientais que desencadeiam respostas neuroendócrinas e comportamentais primárias e secundárias a um fator desencadeante específico, geralmente um fator ambiental ou social (Galef & White, 2000; Balthazart et al., 2003; Johnson, 2006; Ball & Balthazart, 2010; Morais et al., 2012).

Diversos fatores ambientais atuam sobre a fisiologia reprodutiva das aves, tais como temperatura, clima, disponibilidade de alimento e interações sociais (Leska & Dusza, 2007), porém, o principal destes, implicado no controle da reprodução das aves, é o fotoperíodo (Sharp et al., 1998; Johnson, 2006), principalmente em regiões temperadas, onde as estações do ano são bem definidas.

Segundo Goodson et al. (2005) e Baraldi-Artoni et al. (2007) o fotoperíodo é responsável por sincronizar e determinar uma dinâmica reprodutiva para as aves durante o ano, estabelecendo um ciclo sexual anual.

Quanto as funções dos ovários, uma das principais é a produção de hormônios esteróides, essenciais para o crescimento e função do trato reprodutivo. A progesterona atua na secreção de albúmen e indução do pico de LH. Os androgênios atuam em características sexuais secundárias (crista e barbela). Os estrogênios atuam na síntese da gema pelo fígado, mobilização de cálcio dos ossos medulares para a glândula da casca (Rutz et al., 2007). Ao contrário de mamíferos, as células da granulosa são a principal fonte de progesterona e de pequenas quantidades de androgênios, enquanto as células da teca produzem androgênios e estradiol. É importante salientar que as células da granulosa não luteinizam, porque não existe a necessidade de formação de corpo lúteo, uma estrutura associada a prenhez em mamíferos (Bahr & Johnson, 1991).

Em síntese, Leite e Viveiros (2013) relataram os compartimentos do aparelho reprodutor das galinhas da seguinte forma: o oviduto é separado anatomicamente em cinco partes. A primeira parte é o infundíbulo, que capta o óvulo logo após a sua liberação pelo ovário e, caso ocorra a presença de espermatozoide, haverá a fertilização. Este é um processo eficiente, onde

a fertilidade é uma característica atribuída ao galo, enquanto o desenvolvimento embrionário é de responsabilidade da fêmea. O magno é a região responsável pela secreção de albúmen, sendo esta a parte mais longa do oviduto. O istmo é a região mais curta, onde se formam as membranas da casca. O útero, ou glândula da casca, é um órgão muscular e secretório, onde o fluido é adicionado ao ovo e ocorre a formação da casca do ovo e deposição da cutícula. A vagina serve de passagem do ovo do útero até a cloaca. Na região útero-vaginal estão localizadas as glândulas hospedeiras de espermatozoides. Os espermatozoides ali se armazenam após a IA ou monta natural, quando então se deslocam em via ascendente em direção ao infundíbulo.

As espécies avícolas apresentam sítios especializados no trato feminino, no qual os espermatozoides residem durante períodos prolongados após uma cópula. Existem dois sítios distintos nas espécies avícolas, um localizado na junção útero-vaginal e o outro na porção inferior do infundíbulo. Em ambos os sítios, os espermatozoides são armazenados nas glândulas hospedeiras, que se caracterizam por ser invaginações do epitélio do lúmen do túbulo (Bakst et al., 1994). As glândulas localizadas na junção útero-vaginal são consideradas o principal sítio de armazenamento de espermatozoide no oviduto. Já no infundíbulo vai ocorrer a fertilização. Estas glândulas armazenam espermatozoides durante um período de 3 a 4 semanas em galinhas e 8 a 15 semanas em peruas (Brillard, 1993), embora a percentagem de ovos férteis começa a cair dentro de 5-7 dias na galinha e de 14-21 dias na peruca.

Segundo Tingari e Lake (1973) normalmente 50-200 células espermáticas entram nas glândulas e se orientam paralelamente ao longo da glândula. Ainda de acordo com os autores, a aglutinação de cabeça com cabeça dos espermatozoides é a possível explicação para a manutenção prolongada *in vivo* dos espermatozoides nas glândulas hospedeiras.

### 3.3 Seleção de reprodutores

A seleção de reprodutores *Gallus gallus domesticus*, na grande maioria das vezes é realizada pelo fenótipo da ave, principalmente por pequenos e médios criadores. Segundo Celeghine et al. (2001) uma forma simples de selecionar os galos sem a realização do exame andrológico, seria escolher os reprodutores pelo desenvolvimento das características sexuais secundárias (presença ou não de crista). Outra forma de selecionar reprodutores fenotipicamente, seria pelo tamanho e coloração de crista e barbela, método simples e de fácil aplicabilidade prática também para granjas comerciais, não requerendo a manipulação individual dos animais. No entanto, para escolher os melhores reprodutores não deve ser observado apenas o fenótipo, pois a presença de patologias espermáticas e características físicas do sêmen que garantiriam que apenas os melhores reprodutores sejam selecionados, só podem ser conseguidas com o exame andrológico, conforme Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal (CBRA, 2013).

### 3.4 Comportamento

O comportamento sexual demonstrado pelos reprodutores da espécie *Gallus gallus domesticus*, durante o cortejo da fêmea são geralmente dois: “a valsa”, no qual o macho abaixa uma das asas e aproxima-se da fêmea com pequenos saltos laterais e a “aproximação por trás”, na qual o macho segura a crista ou pescoço da fêmea ou bate as asas ao redor da mesma Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal (CBRA, 2013). Ainda no Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal, Cap. 9 sobre aves, são citadas outras atividades de cortejo, como circular ao redor da fêmea com passos exageradamente altos, bicar e raspar o chão enquanto emite ruídos e *cornering*, no qual o macho corre para um canto, bate os pés e agacha-se ao mesmo tempo em que emite sons para as fêmeas.

### 3.5 Condicionamento dos reprodutores para coleta de sêmen e IA

A escolha dos animais para a participação em um programa de IA têm como critério mais importante a fertilidade (Resende et al., 1982; Leite & Viveiros, 2013). Ainda segundo Leite e Viveiros (2013), a escolha do macho não deve ser



baseada exclusivamente em critérios fenotípicos, visto que para eficiência reprodutiva do programa de IA é imprescindível que as aves sejam avaliadas também pela qualidade do sêmen produzido. Neste contexto, o sêmen pode ser obtido de galos separados por volta de 16 semanas de idade (Lorenz e Lerner, 1946) e perus com 28 semanas (Carson et al., 1955), mas sêmen com alta capacidade de fertilização pode ser obtido de frangos de 26-30 semanas (Resende et al., 1983; Mohan et al., 2018) e perus de 32-36 semanas (Mohan et al., 2018), antes de serem introduzidos no lote.

Resende et al. (1982) e Almeida et al. (2013) reportaram que a separação pode ser feita em gaiolas individuais de madeira, plástico ou arame. Os autores recomendaram ainda, que antes de se iniciar a coleta do sêmen o reprodutor deve passar por uma toaleta, que consiste na retirada das penas da região peri-cloacal (corte das penas da região da cauda e aparção das asas) com o propósito de facilitar a coleta e reduzir a contaminação do ejaculado. Adicionalmente, realizar o treinamento diário dos machos com a massagem lombo-sacral, se possível todos os dias, para facilitar e acelerar o manejo de coleta de sêmen. Desta forma, com 15 a 20 dias já é possível ter a maioria dos reprodutores condicionados e produzindo ejaculados com boa qualidade pela massagem lombo-sacral (Almeida - dados não publicados). No entanto, para ter esse resultado, é necessário o fornecimento de ração de alta qualidade e água *ad libitum* (Resende et al., 1983).

É recomendado ainda que os treinamentos sejam sempre nos mesmos horários, manhã e à tarde, e que os reprodutores sejam alimentados apenas depois de realizados os procedimentos de treinamento e coleta de sêmen por massagem lombo-sacral, funcionando como uma gratificação à ave pelo trabalho executado.

### 3.6 Métodos de coleta de sêmen

Existem vários métodos de coleta de sêmen para galos citados na literatura. Todavia, o que oferece melhores resultados práticos é o de Burrows e Quinn (1935; 1937), com modificações citadas por Reis (1945).

Geralmente o material utilizado para a coleta é bastante simples, constando de um recipiente de vidro ou eppendorf, graduados, podendo ser utilizado também o copo coletor de vidro para sêmen de ovinos (Resende et al., 1983).

As coletas são realizadas com o reprodutor contido pelas pernas e com o peito apoiado sobre a gaiola (Resende et al., 1983; Almeida et al., 2013), e/ou sobre uma superfície macia, sobre a gaiola (Rosa et al., 1995). Para otimizar o procedimento, utilizam-se duas pessoas na coleta do sêmen, uma para conter o reprodutor e segurar o copo coletor e a outra para executar a massagem simultânea na região lombo-sacral com a mão direita e na região abdominal com a mão esquerda, culminando com a compressão moderada dos bulbos ejaculatórios (situados na parte inferior da cloaca) com o indicador e o polegar da mão direita (Resende et al., 1983).

Leite e Viveiros (2013) citam uma outra técnica, na qual a pessoa segura o reprodutor pelas pernas com uma das mãos apoiada sobre sua coxa e com a outra mão realiza a massagem. Porém, esta também precisará de uma outra pessoa para segurar o copo coletor de sêmen. Um outro método de contenção, é colocar o reprodutor com o pescoço e a cabeça embaixo do braço esquerdo e com a mão esquerda conter as pernas do macho. Neste caso, a mão direita ficaria livre para executar a massagem dorsal, mas também precisaria de uma outra pessoa para realizar a coleta do sêmen (Quinn & Burrows, 1936; Resende et al., 1983; Mohan et al., 2018).

Segundo Resende et al. (1983) a ejaculação geralmente é rápida e a operação deve constar de 3 a 6 compressões, procurando-se evitar a contaminação do ejaculado com fezes, o que é bastante comum nas primeiras coletas.

Na rotina das criações, o sêmen pode ser usado puro e fresco, devendo ser o recipiente mantido em garrafa térmica, banho-maria ou outro equipamento contendo água à temperatura de 37 °C ou 15 °C, por até 15 minutos sem diferenças nos resultados de fertilidade (Resende, 1977; Resende et al., 1973; 1978; Almeida et al., 2013). No entanto, estes autores reportaram que o armazenamento do sêmen fresco sem diluidor, nestas mesmas temperaturas por tempo superior a 15 minutos

pode reduzir a fertilidade. Nas granjas comerciais, isto é possível, devido aos galpões de machos serem localizados próximos dos galpões de fêmeas (Mohan et al., 2018).

Vários fatores podem influenciar na coleta, qualidade e fertilidade do sêmen de aves, entre eles a idade, estação do ano, cronograma de iluminação, peso corporal, nutrição, gestão e a espermatogênese (Maule, 1962; Sturkie, 1986; Mohan et al., 2016), manejo das aves e treinamento do operador (Cooper, 1965). Segundo Resende et al. (1977) outros fatores como a mudança no horário, ordem, de coletas dos reprodutores, troca de funcionário responsável pelas coletas, barulho e odores (perfumes), etc..., também podem interferir no sucesso das coletas.

### 3.7 Características do sêmen e frequência de coletas

O volume médio de sêmen por coleta varia de 0,5-1 mL em galos (CBRA, 2013). Em perus leves, o volume de sêmen é de aproximadamente 0,5 mL (Rotava e Milbradt, 2005). Em relação aos demais parâmetros desejáveis para um ejaculado, estes devem apresentar presença de turbilhão, motilidade  $\geq 80\%$ , vigor  $\geq 3$ , número total de espermatozoides de  $2-10 \times 10^9$  SPTZ/ejaculado, espermatozoides normais  $\geq 90\%$  e produção de 3 a 5 ejaculados/semana, conforme CBRA (2013).

Em relação as patologias espermáticas, geralmente as aves apresentam baixos percentuais, após o início da vida reprodutiva ( $\pm 20$  semanas), corroborando com Correa e Arceo (1995), que reportaram ser a percentagem de defeitos espermáticos maior no início da vida reprodutiva dos galos (16%) e diminuindo ao alcançar a maturidade sexual (11%). Pesquisas posteriores (Maciel et al., 2008) e (Pereira e Almeida, 2020), também encontraram baixos percentuais de patologias espermáticas, sendo observados 8,8 e 11,7% de patologias totais, respectivamente.

Blesbois et al. (2007) descreveu uma técnica de coloração com eosina-nigrosina para examinar a morfologia de sêmen de galos. Posteriormente, Pereira e Almeida (2020) utilizando a eosina-nigrosina, para a avaliação da morfologia espermática de galos caipiras, confirmaram ser um método simples, não invasivo e barato, permitindo avaliar além das patologias, o percentual de espermatozoides viáveis (integridade de membrana espermática “vivos e mortos”), possuindo desta forma uma vantagem em relação a coloração com panótipo que só permite a avaliação das patologias espermáticas.

Para a concentração espermática na prática, utiliza-se a contagem de células na câmara hematocitométrica de Neubauer numa diluição de 1:1000 em solução formol-salina-tamponada (Hancock, 1957), também sob microscopia óptica convencional em aumento de 400 vezes (CBRA, 2013).

### 3.8 Diluentes para o sêmen

O sêmen de aves é altamente concentrado, viscoso e frequentemente de baixo volume, desta forma degrada rapidamente se não for diluído (Lake e Stewart, 1978). Os diluentes de sêmen são soluções salinas tamponadas projetadas para “aumentar” o volume do ejaculado, fornecendo um ambiente ideal para garantir a viabilidade, aumentando o número de doses a serem utilizadas na inseminação em cada coleta (Vasicek et al., 2015) e garantindo distribuição uniforme dos espermatozoides nos diluentes.

A composição dos diluentes é baseada nos atributos bioquímicos do sêmen de aves (Lake, 1995) e fornece pressão osmótica (330-400 mOsm) e pH (7,0-7,4) similares ao plasma seminal (Thurston, 1995; Miškeje et al., 2013).

O desenvolvimento de diluentes inicialmente começou com o simples uso de soluções de NaCl seguidas de diluentes complexos contendo reguladores osmóticos, substratos energéticos e tampões (Bootwalla e Miles, 1992). Alguns diluentes usados para armazenamento do sêmen por 24 horas são o diluente Lake (Lake, 1960), Beltsvillie Poultry Semen Extender (BPSE) por Sexton (1977), EK extender (Łukaszewicz, 2002) e Extensor Tselutin (Tselutin et al., 1995). Apesar de seu sucesso para uso na avicultura industrial, esses diluentes foram relatados como causadores de uma ampla gama de variações na fertilidade (Mohan et al., 2018).



O diluente de sêmen para aves “CARI” (Mohan et al., 2017) tem apresentado boa fertilidade em várias espécies de aves (Mohan et al., 2018). Utilizando-se bons diluidores é possível triplicar o número de matrizes inseminadas, saindo do tradicional 1:10 observado para monta natural e chegando-se a 1:30 com a IA (Leite e Viveiros, 2013).

Mohan e Sharma (2017) defenderam que o sêmen fresco ( $5,34 \times 10^9$  espermatozoides/mL) obtidos de um galo (0,5 mL) podem ser usado para inseminar até 70 galinhas/dia após diluição com diluente CARI (1:6) dando  $38 \times 10^6$  espermatozoides/por dose para a IA com 0,05 mL de sêmen diluído. Posteriormente Mohan et al. (2018) reportaram que um macho pode servir até 100 fêmeas com o uso da IA. No entanto, em criações comerciais, é comum coletar vários reprodutores (10-15) em um mesmo recipiente “pool”, para posteriormente realizar as IAs. Isto porque há pouca variabilidade na qualidade do sêmen dos reprodutores pós-seleção.

Segundo Leite e Viveiros (2013) após a coleta e diluição, o sêmen deverá ser usado para inseminação o mais rápido possível, no máximo uma hora para sêmen fresco ou vinte e quatro horas para sêmen refrigerado.

A dose geralmente utilizada para inseminar aves domésticas, possui uma concentração de 50 a  $200 \times 10^6$  SPTZ/mL, com um volume variando de 0,020 a 0,050 mL (CBRA, 2013).

### **3.9 Técnica de inseminação artificial propriamente dita**

Para a execução da IA necessita-se de uma seringa injetora (de preferência sem o êmbolo preto de borracha, pois é tóxico para os espermatozoides) de vidro ou tipo similar a utilizada para dar papinha para bebês.

Para ser inseminada, a galinha é contida sobre a gaiola (Resende et al., 1983, Almeida et al., 2013) ou contida contra o corpo do inseminador com a cabeça voltada para baixo (Leite e Viveiros, 2013), para a eversão da cloaca. Com a outra mão posiciona-se o dedo polegar acima e o indicador abaixo da cloaca para que se faça a sua eversão, que é auxiliada por uma leve pressão do animal.

Segundo Resende et al. (1983) para galinhas pesadas, para melhor eficiência, a contenção poderá ser modificada, deixando as mesmas, com os pés livres, apoiados sobre as gaiolas. Ainda de acordo com os autores, deve-se ter o cuidado de não fazer pressão excessiva na região abdominal para evitar a quebra de ovos no oviduto.

A deposição do sêmen no oviduto prolapsado, ocorrerá com a introdução do tubo inseminador até que ocorra um sinal de resistência, então simultaneamente ao sêmen ser introduzido, libera-se a pressão e o oviduto retorna a sua posição normal (Resende et al., 1983; Leite e Viveiros, 2013). O sêmen deve ser depositado a uma profundidade de 2-4 cm (ou o mais próximo possível da glândula hospedeira de esperma), para uma ótima fertilidade de ovos postos diariamente.

Segundo Hafez e Hafez (2000), o esperma em galinhas e peruas, pode passar um longo período no oviduto antes de fertilizar a gema do ovo celular (até 32 dias em galinhas e 70 dias em peruas, respectivamente). Todavia, Leite e Viveiros (2013) reportaram que a porcentagem de ovos férteis começa a cair dentro de 5 a 7 dias na galinha e 14 a 21 dias na peruca.

Diversos pesquisadores (Parker, 1945; Bornstein et al., 1960; Yamane et al., 1966; Johnston e Parker, 1970; Parker e Ascott, 1971; Mohan et al., 2018), reportaram que as inseminações devem ser realizadas a partir das 14 horas, uma vez que após este horário mais de 70% das aves já realizaram a postura diária. Por isso, inseminações realizadas à tarde ou à noite produzem maior fertilidade do que aquelas realizadas pela manhã (Christensen e Johnston, 1977; Resende et al., 1983; Aisha e Zain, 2010).

Resende et al. (1983) relataram que nas galinhas, a ovulação ocorre após a postura, com intervalo aproximado de 25 horas após a IA, devendo-se aproveitar para incubação apenas ovos produzidos a partir do segundo dia pós primeira IA.

### **3.10 Vantagens da técnica de IA sobre a Monta natural**

Segundo Benoff et al. (1981) a IA sempre foi vista como uma ferramenta benéfica na indústria de frango. Dentre as diversas vantagens desta biotécnica da reprodução sobre o acasalamento natural, podem ser citadas: a maior taxa de fertilidade, a maior taxa de eclodibilidade dos ovos férteis, aves mais pesadas e ovos maiores e mais limpos, melhor controle ambiental e sanitário, maior densidade de aves alojadas, ganho genético (Resende et al., 1983), redução do nº de machos, economia de alimento (Benoff et al., 1981), eliminação de acasalamento preferencial, reprodução de linhagens comerciais de monta difícil ou impossível (Leite & Viveiros, 2013), menor custo que a monta natural (Taye & Esatu, 2022), uniformidade de plantel e manter um controle zootécnico mais fidedigno.

### **3.11 Fertilidade**

Nas criações de aves industriais, algumas formas de se avaliar o desempenho reprodutivo e a qualidade dos reprodutores são números de ovos e pintinhos produzidos, capacidade fecundante dos espermatozoides, sobrevivência dos embriões durante o período de incubação, entre outros (Ordas et al., 2015). Contudo, o envelhecimento exerce efeitos negativos na produção e aptidão das aves, sendo frequentemente correlacionadas com alterações nos padrões hormonais (Avital-Cohen et al., 2013), queda da qualidade do sêmen (Khan et al., 2012), redução de comportamentos sexuais (Mauldin, 1992), aumento do peso corporal e lesões musculoesqueléticas, assim como, queda na produção de ovos (Hocking & Duff, 1989).

No tocante a fertilidade de aves leves e pesadas obtidos com a utilização da IA em trabalhos experimentais e na rotina de reprodução têm sido divulgados desde de 1969, estando os resultados disponíveis na literatura de acordo com a categoria dos reprodutores, frequência de IA por semana, volume da dose de sêmen, diluição (Resende et al., 1983), e troca de 25-30% dos machos para aumentar a fertilidade (Casanovas, 2002) entre outras (Novais et al., 2018).

### **3.12 Perspectivas futuras da IA em aves domésticas**

A tecnologia de IA permitiu a rápida disseminação de material genético de um pequeno número de reprodutores excepcionais para um grande número de fêmeas na indústria avícola. No entanto, mais pesquisas são necessárias para averiguar questões afetadas por doenças, idade, nutrição, fotoperíodo e outros fatores de manejo. Vários fatores que reduzem a qualidade do sêmen devido ao manuseio, processamento e armazenamento inadequados precisam ser identificados e solucionados.

Para melhorar a qualidade do sêmen, novas pesquisas devem ser realizadas, em relação ao armazenamento, a remoção de células danificadas e concentrados a partir de espermatozoides viáveis, pois a solução desses problemas pode aumentar a capacidade de fertilização dos espermatozoides e eclodibilidade dos ovos.

Realizar pesquisa para desenvolver técnicas eficientes, em preservar o sêmen de galos por períodos longos (criopreservação), seria benéfico não somente para aumentar o potencial de uso da IA, mas também pela perspectiva de comercializar o sêmen de animais com alto potencial genético e valor econômico, permitindo desta forma a multiplicação de raças avícolas além das fronteiras estaduais e nacionais, de forma mais acessível, comparada ao transporte de aves vivas.

No futuro, os métodos tradicionais de avaliação de sêmen devem ser reforçados com técnicas moleculares. Novos estudos abordando genômica (Herrero-Medrano et al., 2013; Zhang et al., 2015), epigenômica (Bednarczyk et al., 2021) ligados a alta fertilidade e eclodibilidade precisam ser investigados em aves para selecionar os reprodutores logo após a eclosão, em vez de esperar pelo início da produção de sêmen.

#### 4. Considerações Finais

Com o levantamento das informações neste trabalho pode-se observar que a implementação da IA em aves no agronegócio está alavancando aos poucos a produtividade nos últimos anos, com um mercado que se mostra promissor. No entanto, a biotécnica da IA em aves ainda é pouco difundida, apenas algumas atividades, vem sendo desenvolvidas no campo experimental e na rotina da reprodução avícola de empresas privadas, criadores particulares “*hobby*” e algumas Universidades, mas com uma aplicação bem aquém daquela realizada para outras espécies.

Ao se observar a utilização da IA na avicultura, pode-se inferir que a implementação desta proporcionará a possibilidade de identificação e contagem de aves de forma remota, avaliar melhor o comportamento animal e a formação de um banco de dados, de forma mais precisa, de uma ave individual ou de uma granja comercial, permitindo ao produtor e técnico responsável traçar estratégias que maximizem a produção e reduzam os custos, além de desenvolver um negócio sustentável e competitivo.

Para maior eficiência e rendimento da IA, utilizam-se, na rotina, dois auxiliares revertedores de cloaca (preferencialmente um destro e outro canhoto) para cada inseminador no corredor entre as gaiolas, mantendo entre ambos a distância de dois a três metros. Ainda de acordo com os autores, este tipo de distribuição de auxiliares, permite inseminar até 720 aves leves ou 500 aves pesadas por hora. No entanto, na atualidade com pistolas específicas para IA em aves e com uma distribuição mais eficiente das aves nas gaiolas e nos corredores, certamente os números de aves inseminadas serão bem maiores.

Para trabalhos futuros com a aplicação da IA no segmento avícola pressupõem-se a divulgação desta biotecnica da reprodução de baixo custo e de alta eficiência nos resultados de fertilidade, bem como a sua popularização nos cursos de zootecnia e medicina veterinária e no campo, trazendo ainda mais benefícios reais já comprovados cientificamente.

#### Agradecimentos

Meu agradecimento ao Dr. Osvaldo Almeida Resende, Médico Veterinário e pesquisador da EMBRAPA, que por décadas foi um entusiasta da reprodução de aves domésticas e não-domésticas, e pelas horas de estágio e ensinamentos de IA em aves, que impulsionaram a realização desse trabalho de revisão.

#### Referências

- ABPA. (2023). Associação Brasileira de Proteína Animal. <https://abpabr.org/?s=produ%C3%A7%C3%A3o+brasileira+de+carne+de+frango>. Acesso em: 02 fev. 2023.
- Adamstone, F. B. & Card, L. E. (1934). A study of the spermatozoon of the fowl with particular reference to osmophilic bodies in the sperm head. *Journal of Morphology*, 56:325-338.
- Agrocerec multimix. (2022). Avicultura brasileira, passado, presente e futuro. Disponível em: <https://agrocerecmultimix.com.br/blog/avicultura-brasileira-passado-presente-e-futuro/>. Acesso em 04 de abr. de 2023.
- Aisha, K. & Zain, U. A. (2010). Artificial insemination in poultry. *Department of Pathology, University of Agriculture Faisalabad, Pakistan*.
- Almeida, J., Resende, O. A. & Dias, P. G. O. (2013). Effects of the components of artificial insemination technique on fertility of white Leghorn hens. Proceedings of the 27<sup>th</sup> Annual Meeting of the Brazilian Embryo Technology Society, Praia do Forte, BA, Brazil. Abstracts, *Animal Reproduction*, 10(3):454, Jul./Sept. ISSN 1984-3143.
- Amantea, C. (1922). Ricerche sulla secrezione spermatica XIV. La raccolta delio sperma e eliminazione degli spermatozoide nel gallo. *Rendic d. E. Acead. dei Lintei*. 31:207.
- Amann, R. P. (1999). Symposium: Managing poultry reproduction to satisfy market demands - Introduction and dedication. *Poultry Science*, 78:412-413.
- Avital-Cohen, N., Heiblum, R., Argov-Argaman, N., Rosenstrauch, A., Chaiseha, Y., Mobarkey, N. & Rozenboim, I. (2013). Age-related changes in gonadal and serotonergic axes of broiler breeder roosters. *Domestic Animal Endocrinology*, 44(3):145-150. 10.1016/j.domaniend.2013.01.002.
- Bahr, J. M. & Johnson, P. A. (1991). Reproduction in poultry. In: Cupps, P. T (Ed.). *Reproduction in domestic animals*. 3<sup>rd</sup> ed. New York: Academic Press, 555-575.

- Bakst, M. R., Wishart, G. J. & Brillard, J. P. (1994). Oviductal sperm selection transport and storage in poultry. *Poultry Science - Review*, 5:117-143. ISSN: 0964-6604.
- Ball, G. F. & Balthazart, J. (2010). Japanese quail as a model system for studying the neuroendocrine control of reproductive and social behaviors. *Institute of Laboratory Animal Resources of Journal*, 51(4):310-325. 10.1093/ilar.51.4.310.
- Balthazart, J., Baillien, M., Charlier, T. D., Cornil, C. A. & Ball, G. F. (2003). The neuroendocrinology of reproductive behavior in Japanese quail. *Domestic Animal Endocrinology*, 25:69-82. 10.1016/s0739-7240(03)00046-8.
- Baraldi-Artoni, S. M. B., Bottino, F., Oliveira, D., Sobue Franzo, V., Amoroso, L., Orsi, A. M. & Cruz, C. (2007). Morphometric study of *Rynchotus rufescens* testis throughout the year. *Brazilian Journal of Biology*, 67(2):363-367. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842007000200024>.
- Bednarczyk, M., Dunislawska, A., Stadnicka, K. & Grochowska, E. (2021). Chicken embryo as a model in epigenetic research. *Poultry Science*, 2-39. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101164>.
- Benoff, F. H., Rowe, K., Fuguay, J. I., Renden, J. A. & Scott, A. R. (1981). Effect of semen collector on semen volume and sperm concentration in broiler breeder males. *Poultry Science*, 60:1062-1065. <https://doi.org/10.3382/ps.0601062>.
- Blesbois, E., Seigneurin, F., Grasseau, I., Limouzain, C., Besnard, J. B., Gourichon, D., Coquerelle, G., Rault, P. & Tixier-Boichard, M. (2007). Semen cryopreservation for ex situ management of genetic diversity in chicken: creation of the french avian cryobanks. *Poultry Science*, 86:555-564. 10.1093/ps/86.3.555.
- Bohr, L. W., Ogasawara, F. X. & Lorenz, F. W. (1964). Distribution of spermatozoa in the oviduct and fertility in domestic birds. II. Transport of spermatozoa in the fowl oviduct. *Journal of reproduction and fertility*, Aug., 8:49-58. 10.1530/jrf.0.0080049.
- Bootwalla, S. M. & Miles, R. D. (1992). Development of diluents for domestic fowl semen. *World's Poultry Science Journal*, 48:121-128. <https://doi.org/10.1079/WPS19920012>.
- Bornstein, S., Schindler, H., Gabriel, I. & Moses, E. (1960). Fertilization rate of chickens inseminated in the morning or in the afternoon. *Journal Natural University Institute of Agriculture, Ktavim*, 10:183-191.
- Brillard, J. P. (1993). Sperm storage and transport following natural mating and artificial insemination. *Poultry Science*, 72(5):923-228. <https://doi.org/10.3382/ps.0720923>.
- Burrows, W. H. & Quina, J. P. (1937). The collection of spermatozoa from the domestic fowl and turkey. *Poultry of Science*, 16:19-24.
- Burrows, W. H. & Quinn, J. P. (1935). A method of obtaining spermatozoa from the domestic fowl. *Poultry of Science*, 14:251-254.
- Carson, J. D., Lorenz, F. W. & Asmundson, V. S. (1955). S Moses, E. Semen production in the turkey male. 2. Age at sexual maturity. *Poultry Science*, 34:344-347. <https://doi.org/10.3382/ps.0340344>.
- Casanovas, P. (2002). Management techniques to improve male mating activity and compensate for the age-related decline in broiler breeder fertility: Intra-spiking. *The Poultry Informed Professional*, 63:1-9.
- CBRA. (2013). *Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal*. 3ª ed. Colégio Brasileiro de Reprodução Animal. Aves, Cap. 9, 55-57. ISBN: 978-85-85584-05-4.
- Celeghini, E. C. C., Albuquerque, R., Arruda, R. P., Lima, C. G. (2001). Avaliação das características seminais de galos selecionados para a reprodução pelo desenvolvimento da crista. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, São Paulo, 38(4):177-183. <https://doi.org/10.1590/S1413-95962001000400006>.
- Cooper, D. M. (1965). Artificial insemination in poultry. *World's Poultry Science Journal*, Jan-Mar, 21(1):12-22. 10.1079/wps19650005.
- Cooper, D. M. (1959). A comparison of two techniques for inseminating chickens. *Veterinary of Economics*, 71:715-111.
- Cooper, D. M. (1955). A comparison of artificial insemination with natural mating in the domestic fowl. *Veterinary of Economics*, 67:461-461.
- Correa, J. C. S. & Arceo, A. M. A. (1995). Edad a la pubertad y características seminales de Gallos Rhode Island y Criollos Cuello desnudo bajo condiciones tropicales. *Veterinária México*, 26(4):375-379.
- Craft, W. A., Mc Elroy, C. H. & Penquite, E. (1926). The influence of certain feeds upon the production of spermatozoa from the domestic fowl. *Poultry Science*, 5:187-198.
- Christensen, V. L. & Johnston, N. P. (1977). Effect of time of day of insemination and the position of the egg in the oviduct on the fertility of turkeys. *Poultry Science*, 56:458-462. 10.3382/ps.0560458.
- Donoghue, A. M. & Wishart, G. J. (2000). Storage of poultry semen. *Animal Reproduction Science*, 62:213-232. 10.1016/s0378-4320(00)00160-3.
- Driggers, J. C. (1954). Producing hatching eggs in cages by means of artificial insemination. *Bull. Flo. Agricultural Experiment Station*, 551:16.
- Dunn, L. C. (1927). Selective fertilization in fowls. *Poultry of Science*, 6:201-214.
- Etches, R. J. (1996). *Reproduction in poultry*. Wallingford, UK: CAB International, 318.
- Gabriel, L. (1957). One-man technique for the collection of cook semen and the insemination of caged bens. *Poultry Science*, 36: 1035-1038.

- Galef, B. G. & White, D. J. (2000). Evidence of social effects on mate choice in vertebrates. *Behavioural Processes*, 51:167-175. [https://doi.org/10.1016/S0376-6357\(00\)00126-1](https://doi.org/10.1016/S0376-6357(00)00126-1).
- Gee, G. F. (1983). Avian artificial insemination, and semen preservation. *Proceedings of the 1983 Jean Delacour/IFCB symposium on breeding birds in captivity*. CA: N. Hollywood, 375-378.
- Goodson, J. L., Saldanha, C. J., Hahn, T. P. & Soma, K. K. (2005). Recent advances in behavioral neuroendocrinology: Insights from studies on birds. *Hormones and Behavior*, 48:461-473. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2005.04.005>.
- Hafez, B. & Hafez, E. S. E. (2000). Reproduction in farm animals. 7<sup>th</sup> ed., New York, Lippincott Williams & Wilkins, USA. 10.1002/9781119265306.
- Hancock, J. L. (1957). The morphology of boar spermatozoa. *Journal of Reproductive Microscopy Society*, 76:84-97. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2818.1956.tb00443.x>.
- Herrero-Medrano, J. M., Megens, H., Groenen, M. A. M., Ramis, G.; Bosse, M., Pérez-Enciso, M. & Crooijmans, R. P. M. A. (2013). Conservation genomic analysis of domestic and wild pig populations from the Iberian Peninsula. *BMC Genetics*, 14(106):1-13. 10.1186/1471-2156-14-106.
- Hocking, P. M. & Duff, S. R. I. (1989). Musculo-skeletal lesions in adult male broiler breeder fowls and their relationships with body weight and fertility at 60 weeks of age. *British Poultry Science*, 30(4):777-784. 10.1080/00071668908417203.
- IBGE (2018). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. As cidades brasileiras com o maior número de aves. Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/as-cidades-brasileiras-com-o-maior-numero-de-aves/20190925-114955-n622>. Acesso em: 04 de abr., 2023.
- Ishikawa, H. (1930). The life duration of cock spermatozoa outside the body. *Proceedings World Poultry Congress*, 91.
- Ivanov, E. (1913). Expérience sur la fécondation artificielle des oiseaux. *Comptes Rendus de la Société de Biologie*, 75:371-314.
- Ivanov, E. I. (1907). De la fécondation artificielle chez les mammifères. *Archives of Biological Sciences*, 12:377-511.
- Johnson, P. A. (2006). Reprodução de Aves. In: Reece, W. O. Dukes, *Fisiologia dos Animais Domésticos*. 12<sup>a</sup> ed. Guanabara Koogan, RJ, 691-701.
- Johnston, N. P. & Parker, J. E. (1970). The effect of time of oviposition in relation to insemination on fertility of chicken hens. *Poultry Science*, 49(1):325-327. <https://doi.org/10.3382/ps.0490325>.
- Khan, R. U., Laudadio, V. & Tufarelli, V. (2012). Semen traits and seminal plasma biochemical parameters in white leghorn layer breeders. *Reproduction in Domestic Animals*, 47(2):190-195. 10.1111/j.1439-0531.2011.01821.x.
- Lake, P. E. (1983). Factors affecting the fertility level in poultry, with special reference to artificial insemination. *World's Poultry Science Journal*, 39 (2):106-117. <https://doi.org/10.1079/WPS19830011>.
- Lake, P. E. (1960). Studies on the dilution and storage of fowl semen. *Journal of Reproduction and Fertility*, 1:30-35. 10.1530/jrf.0.0010030.
- Leite, M. A. S. & Viveiros, A. T. M. (2013). Coleta de sêmen e inseminação artificial em galinhas. *Boletim técnico Universidade Federal de Lavras*, 71:1-19.
- Leska, A. & Dusza, L. (2007). Seasonal changes in the hypothalamo-pituitary-gonadal axis in birds. *Reproductive Biology*, 7(2):99-126.
- Lorenz, F. W. (1969). Reproduction in domestic fowl. In: Cole, H. H. & Cupps, P. T. (eds.). *Reproduction in Domestic Animals*, 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press, N.Y., London., 569-608. ISBN: 9781483263151.
- Lorenz, F. W. & Lerner, I. M. (1946). Inheritance of sexual maturity in male chickens and turkeys. *Poultry Science*, 25:188-189. <https://doi.org/10.3382/ps.0250188>.
- Lukaszewicz, E. (2002). An effective method for freezing white Italian gander semen. *Theriogenology*, 58:19-27. 10.1016/s0093-691x(01)00690-2
- Maciel, M. P., Cotta, J. T. B., Murgas, L. D. S. & Freitas, R. T. F. (2008). Desempenho e características do sêmen de galos leves submetidos a diferentes fotoperíodos. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 32(4):1287-1291, <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000400038>.
- Marshall, A. J. (1961). *Breeding seasons and migration*. In *Biology and Comparative Physiology of Birds*, II. ed. Marshall, A. J. Academic Press. NY, 307.
- Mauldin, J. M. (1992). Applications of behavior to poultry management. *Poultry Science*, 71(4):634-642. <https://doi.org/10.3382/ps.0710634>.
- Maule, J. P. (1962). The semen of animals and artificial insemination. *Imprint unknown*, 420p.
- Miškeje, M., Slanina, T., Petrovičová, I. & Massányi, P. (2013). The effect of different concentration of fallopian tubes (oviducts) secretion extract on turkey spermatozoa motility *in vitro*. *Journal of Microbiology Biotechnology Food Science*, 2:13.
- Mohan, J., Khanday, J. M., Singh, R. P. & Tyagi, J. S. (2013). Effect of storage on the physico-biochemical characteristics and fertility guinea fowl semen. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 1(2):65-68.
- Mohan, J., Moudgal, R. P., Sastry, K. V. H. & Singh, R. (2002). Effects of hemicastration and castration on foam production and its relationship with fertility in male Japanese quail. *Theriogenology*, 58:29-39. 10.1016/s0093-691x(02)00863-4.
- Mohan, J., Sastry, K. V. H. & Kataria, J. M. (2017). *A Process for the preparation of CARI poultry semen diluent' in patent office New Delhi*. Patent filed on 28/02/2017, Application number 201711007119.
- Mohan, J. & Sharma, S. K. (2017). Recent advances in poultry semen diluents. *Proceedings of 26<sup>th</sup> Annual Conference of Society of Animal Physiologists of India*, Bidar, India, 103-108.



- Mohan, J., Sharma, S. K., Kolluri, G. & Dhama, K. (2018). History of artificial insemination in poultry, its components and significance. *World's Poultry Science Journal*, 74(3):475-488. <https://doi.org/10.1017/S0043933918000430>.
- Mohan, J., Sharma, S. K., Kolluri, G., Singh, R. P., Tyagi, J. S. & Kataria, J. M. (2016). Semen quality characteristics and seasonality in different varieties of male guinea fowl. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 4(6):320-326. [10.14737/journal.aavs/2016/4.6.320.326](https://doi.org/10.14737/journal.aavs/2016/4.6.320.326).
- Morais, M. R. P. T., Velho, A. L. M. C. S., Dantas, S. E. S. & Fontenele-Neto, J. D. (2012). Morfofisiologia da reprodução das aves: desenvolvimento embrionário, anatomia e histologia do sistema reprodutor. *Acta Veterinaria Brasílica*, 6(3):165-176. <https://doi.org/10.21708/avb.2012.6.3.2965>.
- Moultrie, F. (1956). A new technique for the artificial insemination of caged hens. *Poultry Science*, 35(6):1230-1234. <https://doi.org/10.3382/ps.0351230>
- Murakami, A. E. & Garcia, E.R.M. (2005). Importância da reprodução das aves no sistema produtivo brasileiro. *Congresso Brasileiro de Reprodução Animal*, 16, Goiânia, GO. Anais: Palestras.
- Novais, G. A., Blank, M. H. & Pereira, R. J. G. (2018). Avanços aplicados à reprodução de aves domésticas e silvestres. Anais do IX Congresso Norte e Nordeste de Reprodução Animal – CONERA, *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, Belo Horizonte, 42(3/4):180-187.
- Olsen, M. W. (1942). Maturation, fertilization and early cleavage in the hen's egg. *Journal of Morphology*, 70:513-533. <https://doi.org/10.1002/jmor.1050700307>.
- Ordas, B., Vahedi, S., Seidavi, A., Rahati, M., Laudadio, V. & Tufarelli, V. (2015). Effect of testosterone administration and spiking on reproductive success of broiler breeder flocks. *Reproduction in Domestic Animals*, 50(5):820-825. [10.1111/rda.12595](https://doi.org/10.1111/rda.12595).
- Pal, D. (1977). Histochemistry of the uterovaginal junction with special reference to the sperm host glands in the oviduct of the domestic duck. *Folic Histochemistry Cytochemistry*, 15(3): 235-242.
- Parker, J. E. (1945). Relation of Time of Day of Artificial insemination to fertility and hatchability of hens' eggs. *Poultry Science*, 24 (4):314-317. <https://doi.org/10.3382/ps.0240314>.
- Parker, J. E. & Arscott, G. H. (1971). Fertility from evening and daytime artificial insemination of chickens. *Poultry Science*, 50(1):304-306. <https://doi.org/10.3382/ps.0500304>.
- Payne, L. F. (1914). Vitality and activity of 'pena celis and artificial insemination of the ebicken. Okla. *Agricultural Experiment Station*, Circ. 30.
- Pereira, T. N. & Almeida, J. (2020). Avaliação de patologias espermáticas em sêmen de aves domésticas (*Gallus gallus domesticus* - galos caipiras) criados em fazendas. *Revista Científica do UBM*, XXV, 22(42):138-155. <https://doi.org/10.52397/rcubm.v22i42.908>.
- Raimo, H. F. (1943). Estudos sobre a fisiologia da reprodução das aves. II. Observações sobre a coleta e tecnologia do sêmen de *Gallus Gallus domesticus*. *Boletim indústria Animal*, São Paulo, 6(1/2):69-83.
- Reddy, R. P. (1995). Artificial insemination of broilers economics and management implication. Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Symposium on the Artificial Insemination of Poultry, III. (USA): *Poultry Science Association*, Savoy, I.L. 73-89. ISBN: 09-649-81106.
- Reis, J. L. M. 1945. Inseminação artificial em *Gallus domesticus*. *Boletim de Inseminação Artificial*, 2(3):85-105.
- Renden, J. A., May, E. B. & Benoff, F. H. (1981). Histochemistry of uterovaginal sperm host glands in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonesis*) with references to the period of oviposition. *Poultry Science*, 60:2529-2535. [10.3382/ps.0602529](https://doi.org/10.3382/ps.0602529).
- Resende, O. A. (1977). *Influência de alguns fatores da inseminação artificial sobre a fertilidade em galinhas*. Porto Alegre, Faculdade de Veterinária UFRGS, 1977, 96p. Dissertação de Mestrado.
- Resende, O. A., Almeida, J. & Jaenisch, F. R. F. (2016). Coletânea de artigos brasileiros sobre reprodução de aves. *Embrapa Suínos e Aves*, Doc. 182, 194p. ISSN: 01016245.
- Resende, O. A., Monteiro, J. M. L., Gomes, W. V., Dias, P. G. O. & Meneguelli, C. A. (1974). Influência do manejo da inseminação artificial sobre a postura, sanidade e fertilidade em galinhas Leghorn Branca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, Série Veterinária, 9:9-12. ISSN 1678-3921.
- Resende, O. A., Monteiro, J. M. L., Gomes, W. V., Dias, P. G. O. & Meneguelli, C. A. (1973). Influência do manejo da inseminação artificial na rotina da reprodução de galinhas Leghorn Branca. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Porto Alegre, Anais...187-188.
- Resende, O. A., Monteiro, J. M. L. & Mies Filho, A. (1978). Influência de alguns fatores da inseminação artificial sobre a fertilidade de galinhas. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Belém, 15, Anais...177-178.
- Resende, O. A., Monteiro, J. M. L., Santos, M. W. & Souza, A. O. (1983). Inseminação artificial em galinhas. *Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro - PESAGRO*, Boletim Técnico, 6:1-28.
- Resende, O. A., Santos, M. W. & Dias, P. G. O. (1982). Inseminação artificial de galinhas reprodutoras de corte, em gaiolas individuais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 17(9): 1399-1401, set. ISSN 1678-3921.
- Rosa, A. P., Pagamini, F. J., Vieira, N. S., & Paloschi, J. L. (1995). Influência de diferentes intervalos da inseminação artificial e do estresse do manejo da inseminação na produção e fertilidade de fêmeas avícolas. *Ciência Rural*, Santa Maria, 25(3):443-447. <https://doi.org/10.1590/S0103-84781995000300020>.
- Rotava, D & Milbradt, E. L. (2005). Inseminação artificial em perus – aspectos práticos. *Congresso Brasileiro de Reprodução Animal*, 16, Goiânia, GO. Anais: Palestras. 1-5.
- Rutz, F., Ancuti, M. A., Xavier, E. G., Roli, V. F. B. & Rossi, P. (2007). Avanços na fisiologia e desempenho reprodutivo de aves domésticas. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 31(3):307-317 [www.cbra.org.br](http://www.cbra.org.br).



- Sexton, T. J. (1977). A new poultry semen extender 1. Effect of extension on the fertility of chicken semen. *Poultry Science*, 56:1443-1446. <https://doi.org/10.3382/ps.0561443>.
- Sharp, P. J., Dawson, A. & Lea, R. W. (1998). Control of luteinizing hormone and prolactin secretion in birds. *Comparative biochemistry and physiology C*, 119:275-282. 10.1016/s0742-8413(98)00016-4
- Shit, N., SINGH, R. P., Sastry, K. V. H., Pandey, N. K., Mohan, J. & Moudgal, R. P. (2010). Development of artificial insemination technology in Japanese quail. *Indian Journal of Poultry Science*, 45:50-54.
- Skaller, F. (1951). *Proceedings of the 9<sup>th</sup> World's Poultry Congress*, Paris - France, 3:124-129.
- Sturkie, P. D. (1986). *Avian Physiology*, Springer Berlin, Heidelberg, 3<sup>rd</sup> Edition Springer-Verlag, New York, USA, 400p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-96274-5>.
- Sturkie, P. D. (1965). *Avian Physiology*. Comstock Publishing Associates, a division of Cornell University Press., (2a ed.), Ithaca, N.Y., 766.
- Sturkie, P. D. & Opel, H. (1976). Reproduction in the male, fertilization and early embryonic development. In: Sturkie, P. D. (Ed.). *Avian physiology*. 3<sup>rd</sup> ed. New York: Springer-Verlag, Chapter 17, 331-347.
- Thumin, A. (1951). *Proceedings of the 9<sup>th</sup> World's Poultry Congress*, Paris - France, 3:154.
- Thurston, R. (1995). Storage of poultry semen above freezing for twenty-four to forty-eight hours. *Proceeding of the First International Symposium on Artificial Insemination of Poultry*; 1994, June 17-19; Savoy (IL): Bakst and Wishart, 107-122. ISBN: 09-649-81106.
- Taye, S. & Esatu, W. (2022). Potential and Possibility of Artificial Insemination in Poultry: A Review article. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 9(2): 90-97. <http://dx.doi.org/10.22192/ijarbs.2022.09.02.010>
- Tingari, M. D. & Lake, P. E. (1973). Ultrastructural studies on the uterovaginal sperm host glands of the domestic hen, *Gallus domesticus*. *Journal of reproduction and fertility*, 34:423-431. 10.1530/jrf.0.0340423.
- Tselutin, K., Narubina, L., Mavrodina, T. & Tur, B. (1995). Comparison of cryoprotectants and method of cryopreservation of fowl spermatozoa. *British Poultry Science*, 36:805-811. 10.1080/00071669508417825
- Yamane, J., Tsukunaga, S. & Takahashi, T. (1966). Hirosima" Method of artificial insemination of the domestic fowl. *Journal Facultad Fishing Animal Husbandry, Fukuyama*, 6:395-429.
- Vieira, J. G. (1939). Inseminação artificial em galinhas. *Revista Indústria Animal*, 2:127-129.
- Vasicek, J., Kuzelova, L., Kulikova, B. & Chrenek, P. (2015). Effect of diluent and storage time on sperm characteristics of rooster insemination doses. *Avian Biology Research*, 8(1):41-26. <https://doi.org/10.3184/175815515X1423245383675>.
- Wentworth, B. C., Wineland, M. J. & Paton, G. D. (1975). Fertility of turkey hens correlated with depth of insemination. *Poultry Science*, 54(3):682-687. 10.3382/ps.0540682.
- Woodard, A. R., Abplanalp, H., Keliy, C. F. & Wilson, W. O. (1960). Techniques for artificial Insemination of turkeys and chickens in cages. *Poultry Science*, 39:687.690.
- Zhang, Q., Guldbrandsen, B., Bosse, M., Lund, M. S. & Sahana, G. (2015). Runs of homozygosity and distribution of functional variants in the cattle genome. *BMC Genomics*, 1(16):1-13. 10.1186/s12864-015-1715-x.