

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**ESCOLA DE MEDICINA VETERINÁRIA**  
**COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**CAROLINE SILVA VIEIRA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS ENTRE  
FÊMEAS DE FALCÃO-GERIFALTE (*FALCO RUSTICOLUS*) E HÍBRIDAS (*FALCO  
RUSTICOLUS* E *FALCO CHERRUG*)**

**BELO HORIZONTE**

**2024**

CAROLINE SILVA VIEIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS ENTRE  
FÊMEAS DE FALCÃO-GERIFALTE (*FALCO RUSTICOLUS*) E HÍBRIDAS (*FALCO  
RUSTICOLUS* E *FALCO CHERRUG*)**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

**Orientadora:** Prof<sup>fa</sup>. Dra. Letícia Zoccolaro Oliveira

**Coorientadora:** Dr<sup>a</sup>. Janaína Torres Carreira

**BELO HORIZONTE**

**2024**

V658a Vieira, Caroline Silva, 1992-  
Análise comparativa de características reprodutivas entre fêmeas de Falcão-gerifalte (*Falco rusticolus*) e híbridas (*Falco rusticolus* e *Falco cherrug*) / Caroline Silva Vieira. – 2024.  
90 f. il.

Orientadora: Letícia Zoccolaro Oliveira  
Coorientadora: Janaina Torres Carreira

Dissertação (Mestrado) apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária da UFMG, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Bibliografia F. 73 – 88  
Apêndice F.89.

1. Aves – Reprodução - Teses – 2. Ciência Animal - Teses - I. Oliveira, Letícia Zoccolaro - II. Carreira, Janaina Torres – III. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária – IV. Título.

CDD – 636.089

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes CRB 2569  
Biblioteca da Escola de Veterinária, UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**CAROLINE SILVA VIEIRA**

Dissertação submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA ANIMAL, como requisito para obtenção do grau de MESTRE em CIÊNCIA ANIMAL, área de concentração **Reprodução Animal**.

Aprovado(a) em 31 de maio de 2024, pela banca constituída pelos membros:

Dr.(a). Leticia Zoccolaro Oliveira - Orientador(a)

Dr.(a). Janaina Torres Carreira

Dr.(a). Jose Antonio Silva Ribas

Dr.(a). Terezinha Inês de Assumpção



Documento assinado eletronicamente por **Leticia Zoccolaro Oliveira, Professora do Magistério Superior**, em 04/06/2024, às 08:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Janaina Torres Carreira, Usuário Externo**, em 04/06/2024, às 09:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Antonio Silva Ribas, Usuário Externo**, em 05/06/2024, às 10:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Teresinha Inês de Assumpção, Usuário Externo**, em 05/06/2024, às 16:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3280502** e o código CRC **237DED33**.

Referência: Processo nº 23072.229887/2024-53

SEI nº 3280502

## RESUMO

A falcoaria é uma prática antiga que envolve a criação e treinamento de aves de rapina para atividades como a caça, sendo parte integral da cultura de várias regiões, incluindo o Oriente Médio, Europa e Américas. A falcoaria também é valorizada por sua aplicação na educação, controle de pragas e prevenção de colisões com aeronaves em aeroportos, e as espécies mais utilizadas nesta prática são *Falco rusticolus*, *Falco cherrug* e seus descendentes híbridos. Esforços modernos de conservação, como a criopreservação de germoplasma e técnicas de reprodução artificial, têm desempenhado um papel crucial na preservação dessas espécies. A hibridação, oferece vantagens na seleção de características desejadas, embora seu impacto na biologia reprodutiva ainda necessite de maior investigação. Buscando preencher algumas lacunas no conhecimento sobre a biologia reprodutiva de falcões, este estudo teve como objetivo avaliar os ovários de fêmeas puras de falcão-gerifalte (*Falco rusticolus*) e de fêmeas híbridas (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*) com diferentes graus de hibridação, focando na quantidade e diâmetro dos folículos, além de comparar o histórico reprodutivo entre os grupos. Foram coletados os ovários de 28 fêmeas, sendo 8 fêmeas híbridas 7/8 Gerifalte (*Falco rusticolus* (7/8) x *Falco cherrug* (1/8)); 10 fêmeas híbridas 6/8 Gerifalte (*Falco rusticolus* (6/8) x *Falco cherrug* (2/8)) e 9 fêmeas Gerifalte puras (*Falco rusticolus*), com idades variando de 7 a 16 anos. As coletas foram realizadas no Marrocos, entre o final de abril e o início de maio de 2023, período que corresponde ao final da temporada reprodutiva dessas aves na região. Os folículos foram contabilizados e classificados como primordiais, primários, pré-hierárquicos, pré-ovulatórios, pós-ovulatórios e atrésicos. A análise mostrou que a idade impacta significativamente a morfologia folicular e a capacidade reprodutiva. Com o envelhecimento, observou-se uma diminuição na quantidade de folículos primordiais, primários, pré-ovulatórios e atrésicos, sugerindo uma redução na reserva ovariana e na produção de ovos. As fêmeas puras apresentaram maior sucesso reprodutivo em termos de ovos postos e descendentes eclodidos vivos. A hibridação influenciou a contagem de folículos, com híbridas 7/8 apresentando mais folículos pré-hierárquicos e pré-ovulatórios. O diâmetro dos folículos aumentou com a idade até certo ponto, mas diminuiu após os 14 anos. Estes resultados indicam que a idade e a hibridação têm efeitos complexos na reprodução dos falcões, destacando a necessidade de mais pesquisas sobre o desenvolvimento folicular e a eficiência reprodutiva em diferentes graus de hibridação.

**Palavras-chave:** aves, rapinantes, reprodução, foliculogênese, fertilidade, hibridação.

## ABSTRACT

Falconry is an ancient practice that involves the breeding and training of birds of prey for activities such as hunting, being an integral part of the culture in various regions, including the Middle East, Europe, and the Americas. Falconry is also valued for its applications in education, pest control, and preventing collisions with aircraft at airports. The most used species in this practice are the Gyrfalcon (*Falco rusticolus*), the Saker Falcon (*Falco cherrug*), and their hybrid descendants. Modern conservation efforts, such as the cryopreservation of germplasm and artificial breeding techniques, have played a crucial role in preserving these species. Hybridization offers advantages in selecting desired traits, although its impact on reproductive biology still requires further investigation. Seeking to fill some gaps in the knowledge about the reproductive biology of falcons, this study aimed to evaluate the ovaries of pure Gyrfalcon females (*Falco rusticolus*) and hybrid females (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*) with different degrees of hybridization, focusing on the quantity and diameter of follicles, as well as comparing the reproductive history between the groups. Ovaries were collected from 28 females, including 8 hybrid females 7/8 Gyrfalcon (*Falco rusticolus* (7/8) x *Falco cherrug* (1/8)); 10 hybrid females 6/8 Gyrfalcon (*Falco rusticolus* (6/8) x *Falco cherrug* (2/8)), and 9 pure Gyrfalcon females (*Falco rusticolus*), with ages ranging from 7 to 16 years. The collections were conducted in Morocco between late April and early May 2023, corresponding to the end of the breeding season for these birds in the region. Follicles were counted and classified as primordial, primary, pre-hierarchical, pre-ovulatory, post-ovulatory, and atretic. The analysis showed that age significantly impacts follicular morphology and reproductive capacity. With aging, there was a decrease in the number of primordial, primary, pre-ovulatory, and atretic follicles, suggesting a reduction in ovarian reserve and egg production. Pure females exhibited greater reproductive success in terms of eggs laid and viable offspring. Hybridization influenced follicle count, with 7/8 hybrids showing more pre-hierarchical and pre-ovulatory follicles. The diameter of follicles increased with age up to a certain point but decreased after 14 years. These results indicate that age and hybridization have complex effects on falcon reproduction, highlighting the need for further research on follicular development and reproductive efficiency in different degrees of hybridization.

**Keywords:** birds, raptors, reproduction, folliculogenesis, fertility, hybridization, senescence.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** (A) Falcão como emblema nacional dos Emirados Árabes Unidos (EAU). (B) Falcão estampado na cédula de cem Dirhans, moeda nacional dos EAU, demonstrando a importância dessa ave para o país. **17**
- Figura 2:** Falcão-gerifalte (*Falco rusticolus*) empoleirado (A) e durante voo (B). **23**
- Figura 3:** Mapa de distribuição do Falcão-gerifalte. Sua distribuição abrange regiões da América do Norte, norte da Europa e Ásia. *Reprodução: Birds of the World (2024).* **24**
- Figura 4:** Falcão-sacre (*Falco cherrug*) empoleirado (A) e durante voo (B). *Imagens capturadas por Manohara Kamath e Jan Svetlik, disponíveis em Birds of the World.* **25**
- Figura 5:** Mapa de distribuição do Falcão-sacre. Sua distribuição abrange a Europa oriental até o nordeste da China, África e parte do Oriente Médio. *Reprodução: Birds of the World (2024).* **26**
- Figura 6:** Esquema gráfico do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal em aves fêmeas. *Reprodução: Tratado de Animais Selvagens, Capítulo 120, Reprodução nas Aves. Esquema produzido por: Dr. Ricardo José Garcia Pereira (PEREIRA, 2014).* **43**
- Figura 7:** Fotomicrografia das estruturas foliculares para demonstração visual da classificação folicular utilizada. **56**
- Figura 8:** Fotomicrografia das estruturas foliculares para demonstração visual da classificação folicular utilizada. **57**
- Figura 9:** Demonstração visual da mensuração do diâmetro folicular. (A) Uso das grades e réguas do software para localizar o ponto central do folículo. (B) Medição dos diâmetros dos eixos maior e menor, com intersecção no ponto central do folículo. *Escala: 800µm.* **58**
- Figura 10:** Fotos da cavidade celomática de duas fêmeas mostrando a presença de ovários bilaterais. (A) Fêmea híbrida 7/8 (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*). (B) Fêmea pura (*Falco rusticolus*). **60**

- Figura 11:** Gráficos das médias marginais preditas e seus respectivos intervalos de confiança de 95% dos efeitos da idade sobre as médias de quantidade dos diferentes tipos de folículos. **67**
- Figura 12:** Gráficos das médias marginais preditas e seus respectivos intervalos de confiança de 95% dos efeitos da idade sobre as médias de diâmetro dos diferentes tipos de folículos. **69**
- Figura 13:** Médias marginais preditas dos grupos de hibridação e seus respectivos intervalos de confiança de 95% nas contagens de (A) folículos primordiais, (B) pré-hierárquicos e (C) pré-ovulatórios. **70**



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Relação: Total de Fêmeas x Grupo x Idade. H1: híbridas 7/8 Gerifalte, H2: híbridas 6/8 Gerifalte e P: Gerifalte puras.	<b>52</b>
<b>Tabela 2:</b> Protocolo de coloração de HE adaptado de Feldman e Wolfe (2014). Passo a passo demonstrando os reagentes utilizados e o tempo de imersão da amostra para cada reagente.	<b>54</b>
<b>Tabela 3:</b> Médias e desvios padrão da contagem dos diferentes tipos de folículos, quantidade média de ovos postos e descendentes eclodidos vivos nos três grupos de fêmeas das espécies Gerifalte e híbridos Gerifalte-sacre.	<b>62</b>
<b>Tabela 4:</b> Médias e desvios padrão da idade e do diâmetro médio dos diferentes tipos de folículos nos três grupos de fêmeas.	<b>63</b>
<b>Tabela 5:</b> Efeito da idade e dos grupos de hibridação na contagem dos diferentes tipos de folículos e nos resultados reprodutivos das espécies Gerifalte e híbridos Gerifalte-sacre.	<b>65</b>
<b>Tabela 6:</b> Análise do efeito da idade no diâmetro médio dos diferentes tipos de folículos.	<b>66</b>

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	11
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	14
2.1.	Falcoaria .....	14
2.1.1.	Falcoaria no contexto brasileiro .....	16
2.2.	Ameaças à sobrevivência dos falcões .....	17
2.2.1.	Ameaças à nidificação .....	17
2.2.2.	Tráfico de ovos e aves jovens .....	18
2.2.3.	Abate ilegal de falcões .....	19
2.2.4.	Uso de agrotóxicos e pesticidas .....	19
2.2.5.	Eletrocussão e colisão com turbinas eólicas .....	20
2.3.	Família Falconidae .....	21
2.3.1.	Falcão Gerifalte ( <i>Falco rusticolus</i> ) .....	22
2.3.2.	Falcão Sacre ( <i>Falco cherrug</i> ) .....	24
2.4.	Falcões híbridos .....	26
2.5.	Biologia reprodutiva de aves fêmeas .....	29
2.5.1.	Determinação sexual em aves .....	29
2.5.2.	Diferenciação gonadal .....	30
2.5.3.	O oviduto das aves .....	31
2.5.4.	O ovário nas aves .....	32
2.5.4.1.	Estrutura dos folículos ovarianos .....	34
2.5.4.2.	Recrutamento folicular .....	35
2.5.4.3.	Atresia folicular .....	36
2.5.4.4.	Ovulação .....	37
2.5.5.	Trânsito do ovo e ovoposição .....	38
2.5.6.	Esteroidogênese ovariana .....	39
2.5.7.	Hormônios envolvidos na reprodução das aves .....	40

2.5.7.1.	Gonadotrofinas .....	41
2.5.7.2.	Esteróides ovarianos.....	43
2.5.7.3.	Hormônio do crescimento e prolactina.....	44
2.5.7.4.	Hormônios tireoidianos.....	45
2.5.7.5.	Grelin e adipocinas .....	45
2.5.8.	Sazonalidade reprodutiva nas aves.....	46
3.	OBJETIVOS .....	49
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	50
4.1.	Local.....	50
4.2.	Animais.....	50
4.3.	Coleta e preparação das amostras .....	51
4.4.	Avaliação histológica .....	54
4.5.	Avaliação do histórico reprodutivo.....	57
4.6.	Análise estatística.....	58
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	59
6.	CONCLUSÃO.....	72
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
	APÊNDICE A: RESULTADOS REPRODUTIVOS DAS FÊMEAS DURANTE O PERÍODO DE 2012 A 2022 .....	89

## 1. INTRODUÇÃO

A falcoaria é uma prática antiga que envolve a criação e treinamento de aves de rapina, como falcões, gaviões e águias, para atividades como a caça. Essa prática faz parte da cultura de diversos povos do Oriente Médio, Europa e países das Américas, como os Estados Unidos, e, apesar de ter surgido por volta do século 1 a.C., só em 2010 foi reconhecida pela UNESCO como patrimônio cultural da humanidade e anos mais tarde foi reconhecida como patrimônio esportivo nos Emirados Árabes Unidos (WYATT, 2009; WAKEFIELD, 2012; KOCH, 2015). Além disso, a falcoaria é utilizada como ferramenta na educação, no controle de pragas e, ainda, por meio das práticas de falcoaria, é possível utilizar falcões no entorno de aeroportos e aeródromos para auxiliar no controle de aves invasoras e evitar colisões com as aeronaves (ERICKSON et al., 1990; KITOWSKI, 2011; ZANATTA, 2012).

Embora a falcoaria seja valorizada por sua significância cultural e histórica, durante alguns anos essa prática impactou negativamente as populações de aves de rapina, especialmente de falcões. Esse declínio foi atribuído, em grande parte, à prática da captura e ao tráfico ilegal de aves destinadas aos praticantes de falcoaria (ÁVALOS, 2013; FLEMING et al., 2011). Além disso, a fragmentação de seus habitats naturais, as mudanças climáticas e a poluição também são ameaças à recuperação e manutenção dessas aves (DUKE, 2008; BENSCOTER et al., 2013). Conforme relatórios da IUCN (2021), 29 das 66 espécies pertencentes à família Falconidae estão em risco de extinção, e outras duas espécies já foram declaradas extintas.

Como parte dos esforços para combater o declínio populacional, os bancos de recursos genéticos são ferramentas cada vez mais úteis na conservação de espécies onde não é viável manter grandes populações autossustentáveis em cativeiro (FLATHER et al., 2011; HOLT et al., 1996; PRIETO et al., 2014). Além disso, o uso dessas ferramentas permite a seleção de reprodutores geneticamente superiores, direciona acasalamentos e preserva material genético de animais mortos. Essas estratégias têm desempenhado um papel crucial na conservação das aves de rapina, contribuindo para a preservação da diversidade genética e o aumento das chances de sobrevivência das espécies ameaçadas (ROLDAN et al., 2006; BEHR et al., 2009; HOLT e LLOYD, 2009).

Além dos bancos de germoplasma, técnicas de reprodução artificial, antes amplamente utilizadas em humanos e animais domésticos, têm sido aplicadas com sucesso em várias espécies selvagens (SILBER et al., 2013). Um exemplo, é a técnica de inseminação artificial

que no contexto da falcoaria permite o uso de fêmeas com alto valor reprodutivo que não aceitam machos para a cópula, além de possibilitar a criação de espécies híbridas. Isso oferece vantagens como a seleção de características desejadas para os falcoeiros, incluindo resistência a doenças, adaptabilidade e habilidades de voo e caça aprimoradas, porém pouco se sabe a respeito do impacto da hibridação na reprodução de falcões e pouco se sabe a respeito da biologia reprodutiva dessas aves (DIXON, 2012; POMICHAL et al., 2014).

Os falcões, de forma geral, são aves de rapina com comportamento monogâmico, muitas vezes passando toda a vida com um único parceiro, e, geralmente os pares mantêm contato próximo durante todo o ano e a maioria possui territórios bem demarcados. Além disso, eles exibem reprodução do tipo sazonal (CADE, 1960), onde o início do comportamento sexual, da cópula e da postura dos ovos está ligado ao aumento do comprimento do dia e aumento da disponibilidade de luz (GEE et al., 2014). A duração exata do período reprodutivo em falcões ainda não é clara, mas acredita-se que esteja dentro da faixa de 30 a 120 dias (BLANCO et al., 2002).

Em relação à anatomia reprodutiva das fêmeas, algumas espécies de aves, como perus e codornas (BAKST et al., 1994) e espécies selvagens como as abetardas (MEUNIER et al., 2024), possuem estruturas para armazenar espermatozoides na região da junção útero-vaginal. O espermatozoide é depositado na vagina através da inseminação artificial ou cópula natural e é direcionado para essas estruturas, onde pode permanecer por semanas e ser liberado gradualmente para fertilizar o óvulo sem necessidade de uma nova cópula ou inseminação (BAKST et al., 1994). A duração do armazenamento corresponde ao tempo durante o qual a fêmea pode pôr ovos férteis após uma única inseminação ou cópula (BRILLARD, 1993). Em falcões, essas estruturas e a possibilidade de armazenamento de espermatozoides ainda não foram documentadas, e o ciclo folicular ainda não foi descrito.

Nas últimas décadas do século XX, houve um notável aumento no interesse pela conservação das aves de rapina. Isso resultou em avanços significativos na regulamentação do comércio dessas aves e no estabelecimento de programas de criação em cativeiro de falcões em diversos países (FLEMING et al., 2011; PLATT et al., 2007). No entanto, para implementar esses programas de reprodução de maneira eficaz, é crucial possuir um conhecimento básico sobre os aspectos reprodutivos das espécies-alvo (SILBER et al., 2013). Porém, até o momento, as informações publicadas são escassas sobre a biologia reprodutiva de falcões, especialmente da espécie Gerifalte (*Falco rusticolus*), uma das espécies mais utilizadas na falcoaria. Essa falta de informação dificulta a implementação e melhoria dos programas de reprodução. Portanto,

este estudo tem como objetivo investigar os aspectos reprodutivos dessa espécie, e fornecer informações relevantes a respeito do ciclo folicular em fêmeas puras e híbridas, servindo como modelo para outras espécies.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Falcoaria

Também chamada de cetraria, a falcoaria é uma técnica de caça que envolve a cooperação entre aves de rapina e humanos para capturar presas, como aves e mamíferos de porte médio a pequeno. É uma prática antiga, na qual os falcoeiros investem tempo no cuidado e treinamento de aves como águias, corujas, falcões e gaviões, sendo estes últimos os mais populares para essa atividade (ERICKSON et al., 1990; SEDDON e LAUNAY, 2007). Embora as origens da falcoaria não sejam precisamente conhecidas, é provável que tenha surgido no Oriente Médio. As primeiras evidências datam do 3º milênio a.C., com representações encontradas em sítios na Síria. A arte da falcoaria foi introduzida na Europa por volta do século III d.C., com a migração de povos da Ásia Central e China (PRUMMEL, 1997; CANBY, 2002; SEDDON e LAUNAY, 2007).

Essa arte é amplamente celebrada e reconhecida como um importante aspecto da cultura em vários países árabes e europeus. O falcão é um emblema oficial em muitos lugares e é frequentemente usado em selos postais, dinheiro e outros símbolos nacionais, como visto nos Emirados Árabes Unidos (EAU) (Figura 1). A prática da falcoaria está profundamente enraizada na arte, literatura e simbolismo político, e é valorizada como um símbolo de identidade nacional em muitas comunidades. Além disso, a falcoaria tem suas próprias tradições e éticas, como a cooperação em grupo durante a caça, que fortalecem os valores culturais de partilha, interdependência e apoio mútuo (KHALAF, 2009; WAKEFIELD, 2012).



**Figura 1:** (A) Falcão como emblema nacional dos Emirados Árabes Unidos (EAU). (B) Falcão estampado na cédula de cem Dirhans, moeda nacional dos EAU, demonstrando a importância dessa ave para o país. *Reprodução: Google Imagens (2024).*

A falcoaria é uma atividade esportiva amplamente apreciada nos EAU, e estima-se que haja cerca de 5.000 falcoeiros emiratenses, representando uma proporção significativa em relação à população do país. O governo dos EAU promove ativamente a falcoaria por meio de eventos e conferências, visando tanto os aspectos esportivos quanto os culturais dessa prática (WAKEFIELD, 2012). Embora a falcoaria tenha sido uma necessidade para a sobrevivência no de populações no passado, atualmente é vista como uma atividade de lazer popular, com um foco crescente na sua dimensão esportiva (HOBSBAWM e RANGER, 1983; KHALAF, 2009).

Originalmente, os beduínos capturavam falcões durante suas migrações sobre a Península Arábica, treinando-os para a caça de animais para alimentação. No entanto, devido ao alto custo de mantê-los durante o verão, os falcões geralmente eram soltos após a temporada de caça, tornando sua posse um símbolo de status entre os povos beduínos. Com a urbanização e mudanças no estilo de vida nos Emirados Árabes Unidos, a vida beduína praticamente desapareceu, e a falcoaria evoluiu para se tornar um esporte ou atividade social, mantendo as tradições e a conexão com o deserto (WAKEFIELD, 2012). Desde os anos 1950, tornou-se comum a compra e venda de falcões, muitos dos quais são criados em cativeiro e mantidos por longos períodos (HOBSBAWM e RANGER, 1983; KHALAF, 2009).

A prática da falcoaria nos Emirados Árabes Unidos é predominantemente masculina e abrange todas as classes sociais. Devido à proibição da caça local, os falcoeiros precisam viajar para o exterior para caçar, tornando-a um esporte elitista associado à riqueza (WAKEFIELD, 2012). Os emiratenses têm uma forte ligação emocional com seus falcões, tratando-os como membros da família, ou seja, a falcoaria não é apenas um símbolo de nacionalismo esportivo, mas também reflete as relações pessoais entre humanos e animais, preservando assim parte da herança beduína (ASHWORTH e TUNBRIDGE, 2004; GAMMON, 2010).

Nos últimos 50 anos, a prática da falcoaria passou por várias mudanças significativas. Falcoeiros com maior poder aquisitivo aumentaram sua posse de falcões, enquanto o mercado passou a valorizar mais as aves treinadas. Instalações climatizadas foram construídas para abrigar as aves, e a criação em cativeiro tornou-se mais comum, visando preservar as espécies utilizadas no esporte e minimizar o impacto da sobreexploração nas populações selvagens. (SEDDON e LAUNAY, 2008). Algumas das espécies mais procuradas para a falcoaria no Oriente Médio, e que são criadas em cativeiro, incluem o Falcão-gerifalte, o Falcão-sacre e seus híbridos (DIXON, 2012; POMICHAL et al., 2014). Essas espécies são valorizadas por suas características de plumagem, tamanho e capacidade de caça (PADULA et al., 2023).



### 2.1.1. Falcoaria no contexto brasileiro

A falcoaria, antes voltada para a caça e o lazer, tem evoluído ao longo dos séculos, assumindo novas funções e adquirindo uma relevância crescente em termos de conservação e educação ambiental. Além de sua utilização tradicional, a falcoaria hoje desempenha um papel fundamental no controle biológico, oferecendo uma alternativa ecológica segura para o manejo de pragas (BAXTER e ALLAN, 2006).

No geral, o treinamento das aves utilizadas para controle biológico envolve três aspectos principais: primeiro, as aves aprendem a ser transportadas na mão, lançadas em direção à presa ou a pairar e perseguir a presa, retornando ao falcoeiro após tentativas fracassadas. Em segundo lugar, o falcão é treinado para não consumir a presa, mas esperar pelo falcoeiro para receber uma recompensa pelo sucesso da captura. Por fim, o treinamento inclui a caça de presas maiores e presas diferentes das que o falcão caçaria na natureza (WOODFORD, 1972; GLASIER, 1978).

O Brasil possui cerca de 21 espécies de falcões pertencentes à família Falconidae, entre as quais destaca-se o Falcão-de-coleira (*Falco femoralis*) (CADE, 1960). Além desse, outras aves de rapina, como o Gavião-asa-de-telha (*Parabuteo unicinctus*) e a Águia-chilena (*Geranoaetus melanoleucus*), são amplamente utilizadas para a falcoaria no país. Cada uma dessas espécies é adaptada para controlar diferentes tipos de aves indesejadas (BRANDÃO, 2019).

No Brasil, embora o estudo e prática da falcoaria ainda sejam recentes, algumas empresas e instituições já a utilizam amplamente para o controle e afugentamento de aves nos aeródromos, indústrias alimentícias ou farmacêuticas e áreas hospitalares com profissionais treinados direcionando as aves de rapina. Além disso, no país, existe a Associação Brasileira de Falcoeiros e Preservação de Aves de Rapina (ABFPAR), ativa há mais de vinte anos. A ABFPAR foi criada com o objetivo de reunir falcoeiros e interessados no tema, promovendo encontros sobre falcoaria e conservação das aves de rapina, além de desenvolver projetos de educação ambiental (ABFPAR, 2022).

Além da falcoaria, outras técnicas, como o uso de artificios sonoros e visuais, são empregadas em alguns aeroportos. No Brasil, essa prática teve início em Belo Horizonte e se expandiu para diversos outros aeroportos, como Galeão, Salgado Filho, entre outros (ZANATTA, 2012; CARVALHO et al, 2016). De acordo com Carvalho e colaboradores (2018), o emprego de aves de rapina nos aeroportos está fundamentado no conceito da "ecologia

do medo". Este conceito postula que a presença persistente de predadores pode influenciar a adaptação das espécies, levando a reduções significativas na densidade populacional e alterações na composição das comunidades nos entornos dos aeroportos. Esta dinâmica foi discutida por Cresswell (2008) e sugere que a simples presença de predadores, como as aves de rapina utilizadas na falcoaria, pode criar um ambiente onde as presas se comportam de forma mais cautelosa e evitam essas áreas. Portanto, a falcoaria em aeroportos busca explorar essa dinâmica para mitigar os riscos de colisões entre aves e aeronaves durante operações de decolagem e pouso.

Além disso, algumas empresas brasileiras especializadas em consultoria para controle biológico de aves e roedores têm implementado programas de educação ambiental (BRANDÃO, 2019). Através de palestras em instituições de ensino e saúde, essas iniciativas visam conscientizar o público sobre a importância da conservação das espécies, destacando especialmente o papel fundamental das aves de rapina. Essas ações complementam o uso da falcoaria como uma poderosa ferramenta de sensibilização ambiental, aproveitando o fascínio natural que essas aves exercem sobre as pessoas para promover a conservação da vida selvagem e dos habitats naturais (KENWARD, 2008).

## **2.2. Ameaças à sobrevivência dos falcões**

Atualmente, o tráfico e a sobreexploração de aves selvagens, juntamente com a degradação dos habitats naturais e ações antrópicas, têm sido identificados como as maiores ameaças à sobrevivência das espécies. Esses fatores representam desafios significativos para a conservação da vida selvagem, pois afetam diretamente a saúde das populações de aves e a integridade dos ecossistemas em que habitam. O tráfico de aves para o comércio ilegal de animais de estimação, bem como a exploração excessiva de recursos naturais, contribuem para a diminuição das populações de aves e podem levar à extinção de espécies inteiras. Além disso, a degradação contínua dos habitats naturais, devido à urbanização, desmatamento e poluição, representa uma ameaça adicional à biodiversidade animal (KIRBY et al., 2008, BROCHET et al., 2016).

### **2.2.1. Ameaças à nidificação**

A perturbação dos locais de nidificação representa uma grande ameaça para o Falcão-gerifalte (*Falco rusticolus*). Esta espécie é sensível à presença humana próxima aos seus ninhos,

e tanto a perturbação intencional quanto a não intencional podem afetar negativamente suas tentativas de reprodução. A proximidade humana e atividades ao ar livre, como caminhadas e escaladas, têm levado ao abandono de alguns ninhos e à fragmentação de áreas selvagens. Observadores de pássaros, fotógrafos da natureza e outros trabalhadores de campo também podem inadvertidamente perturbar as aves, especialmente em locais de nidificação conhecidos (CADE et al., 1998; KOSKIMIES, 2005). Além disso, perturbações causadas por sobrevoos de helicóptero podem afetar o comportamento reprodutivo também, levando as aves a evitar o mesmo local de nidificação no ano seguinte (BOOMS et al., 2020).

### 2.2.2. Tráfico de ovos e aves jovens

O roubo de ninhos para a coleta de ovos ou filhotes visando à falcoaria e programas de criação em cativeiro é uma ameaça significativa para os falcões, com casos confirmados de captura ilegal em várias regiões da Europa e Rússia (KOSKIMIES e KOHANOV, 1998). Estima-se que, durante os anos 90, entre 70% e 80% dos falcões mantidos em cativeiro na Europa foram obtidos ilegalmente na natureza (FORSLUND, 1993).

A demanda por aves selvagens varia desde o mercado do entretenimento, mercado da caça e do esporte e mercado de pets exóticos (BUTCHART, 2008). Um estudo de Panter e colaboradores (2019) analisou os dados abertos da *Convention on the International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna - CITES* sobre o comércio mundial de aves vivas e verificou que *Falco rusticolus*, *Falco cherrug* e as espécies híbridas são as espécies rapinantes mais exportadas e importadas mundialmente. Este mesmo estudo revelou que, nos últimos 40 anos, a quantidade de rapinantes produzidos em cativeiro superou significativamente a de indivíduos retirados da natureza. Essa mudança importante ocorreu gradualmente como resultado de políticas mais rígidas e de fiscalizações intensificadas para reduzir a captura ilegal de aves, incentivando a produção em cativeiro como alternativa.

Estudos como este ressaltam a importância da criação regulamentada de rapinantes em cativeiro, pois esse modelo de criação contribui para a preservação das espécies ao reduzir a retirada de aves da natureza. No entanto, também evidenciam a persistência da exploração de aves selvagens, apesar da disponibilidade de aves criadas em cativeiro, mostrando a necessidade de conscientizar os falcoeiros e outros envolvidos sobre a importância da preservação dos falcões para o equilíbrio ambiental.

### 2.2.3. Abate ilegal de falcões

Apesar das proteções legais em vigor, a frequência do abate ilegal de aves de rapina é motivo de preocupação nos dias atuais. Estudos como o realizado por Molina-López e colaboradores (2011), analisando os dados do Centro de Reabilitação da Vida Selvagem de Torreferrussa, na Espanha, entre 1995 e 2007, revelam uma alta proporção de aves de rapina feridas por arma de fogo, chegando a representar 10% dos atendimentos. Esses achados indicam que o abate ilegal dessas aves continua a ocorrer, mesmo com as medidas de proteção estabelecidas.

Em um estudo similar, Cianchetti-Benedetti e colaboradores (2016) examinaram os casos atendidos em um centro de reabilitação para animais selvagens em Roma, Itália, entre 2000 e 2011. Os resultados revelaram que 52% dos falconiformes atendidos apresentavam ferimentos causados por arma de fogo. Segundo os autores, as aves de rapina são frequentemente alvo durante o período de caça em várias regiões europeias, principalmente durante o inverno, quando essa prática é mais comum. Além disso, o abate dessas aves não se limita apenas a áreas rurais, mas também ocorre em grandes áreas urbanas, como Roma.

### 2.2.4. Uso de agrotóxicos e pesticidas

Os falcões e outras aves de rapina são extremamente sensíveis aos efeitos prejudiciais do DDT (diclorodifeniltricloroetano) e de outros pesticidas organoclorados, utilizados para o combate de mosquitos e outros vetores na agricultura. Estudos mostraram que o DDT causa afinamento da casca dos ovos e falhas reprodutivas, levando a declínios populacionais em várias partes do mundo (RATCLIFFE, 1967; HICKEY, 1969; RATCLIFFE, 1970). A proibição ou restrição do uso de DDT em muitas regiões resultou em recuperações impressionantes de populações de Falcões-peregrinos (*Falco peregrinus*), uma das espécies mais afetadas, e outras aves de rapina (PEAKALL e KIFF, 1988; CADE et al., 1988).

Além do DDT, os ciclodienos como o dieldrin também contribuíram para o declínio das populações, principalmente devido à mortalidade de adultos. Embora haja um consenso sobre o papel do DDT na redução da produtividade e nas extinções locais, a influência dos ciclodienos, especialmente do dieldrin, permanece controversa. Alguns pesquisadores argumentam que a depressão reprodutiva causada pelo DDT foi suficiente para explicar a maioria dos declínios populacionais, enquanto outros destacam o papel da mortalidade de

adultos (RATCLIFFE, 1980; NEWTON e HAAS, 1984; NEWTON, 1988; NISBET, 1988; RISEBROUGH e PEAKALL, 1988).

Outro episódio envolvendo pesticidas teve um impacto significativo na população de Falcão-sacre (*Falco cherrug*) e outras aves, e ocorreu entre 2002 e 2003 na Mongólia. O uso do rodenticida bromadiolona pelo Ministério da Agricultura local para controlar a população de ratos Brandt (*Lasiopodomys brandtii*) resultou na morte de várias espécies de mamíferos e aves. Inicialmente, o envenenamento de Sakers representou 2,69% da mortalidade total de adultos em 2002-2003, mas aumentou para 7% em 2003-2004 (GOMBOBAATAR et al., 2003). Além disso, o uso de pesticidas e inseticidas na China em 2002 também afetou o sucesso reprodutivo dos Falcões-sacre (XIAODI e FOX, 2003).

### **2.2.5. Eletrocussão e colisão com turbinas eólicas**

As linhas de energia elétrica são conhecidas por serem uma causa de mortalidade de aves, seja por eletrocussão ou por colisão com os fios. O risco de eletrocussão para aves é resultado de uma interação complexa de fatores ambientais que operam em diferentes níveis. Em uma perspectiva ampla, características do ambiente, como a vegetação, disponibilidade de presas e locais para pouso, podem atrair aves de rapina para áreas próximas às linhas de energia. Em uma escala mais localizada, características específicas dos postes, como sua altura e configuração, podem influenciar a probabilidade de eletrocussão. Já em uma escala ainda menor, detalhes como a disposição dos componentes elétricos e o comportamento das aves desempenham um papel crucial na ocorrência desse tipo de acidente (HUNTING, 2002; LEHMAN et al., 2007).

A eletrocussão de aves de rapina em linhas de energia tem sido tema de diversas discussões nos Estados Unidos desde a década de 1970 (BOEKER e NICKERSON, 1975). Apesar dos esforços para mitigar esse problema, milhares de mortes continuam ocorrendo anualmente, resultando em prejuízos significativos para os fornecedores de energia, incluindo interrupções no fornecimento, perda de receita e custos de reparo, e perdas para a biodiversidade animal (HARNESS e WILSON, 2001; DIXON et al., 2013).

Na Mongólia, há um considerável problema de eletrocussão, principalmente em linhas de distribuição situadas em áreas abertas de estepe, onde as aves de rapina encontram uma grande quantidade de presas roedoras. Esse problema é particularmente sério devido ao design perigoso dos postes de energia, feitos de concreto reforçado com aço e equipados com braços cruzados de aço e suportes para isoladores. Quando uma ave entra em contato simultaneamente

com um cabo condutor enquanto está pousada no topo do poste ou no braço cruzado, ela sofre eletrocussão. Para reduzir o impacto nas populações, diversas ações foram tomadas pelo governo, incluindo a instalação de coberturas plásticas nos postes e a colocação de ninhos artificiais para estimular a reprodução de falcões-sacre na região. (DIXON et al., 2013; DIXON et al., 2017).

Assim como gaivotas e aves migratórias, as aves de rapina foram identificadas como um dos grupos mais suscetíveis a colisões com turbinas eólicas (AIROLA, 1987). Enquanto conseguem evitar as turbinas durante o voo normal ou planado, as fatalidades ocorrem durante a perseguição de presas, resultando em eletrocussões, colisões com fios e impactos diretos com as turbinas. É interessante notar que os raptos parecem não ter dificuldade em evitar as turbinas quando estão simplesmente voando ou planando (SMALLWOOD e THELANDER, 2004; SMALLWOOD, 2007;). Os altos índices de colisão de aves de rapina com turbinas eólicas são influenciados por diversos fatores, como as características das próprias turbinas, incluindo altura e diâmetro, e também pelas velocidades lentas a intermediárias das lâminas, que podem causar um efeito de embaçamento do movimento na visão das aves. Além disso, a presença de pedras e substratos ao redor das turbinas atrai pequenos roedores e gafanhotos, que são presas das aves de rapina (HODOS, 2003; THELANDER e SMALLWOOD, 2007).

### 2.3. Família Falconidae

A família *Falconidae*, popularmente conhecida como falconídeos é uma família de aves de rapina diurnas de pequeno porte e faz parte da ordem dos Falconiformes. Essa família é composta por cerca de 66 espécies distribuídas em 10 gêneros, e 21 dessas espécies podem ser encontradas no Brasil. Eles se destacam das outras aves de rapina diurnas por sua técnica de caça, que envolve matar a presa predominantemente com o bico, em vez das garras. Esses pássaros apresentam uma característica distintiva: a ponta curvada da parte superior do bico (CADE et al., 1996; KEMP e NEWTON, 2003).

Atualmente são conhecidas quatro subfamílias: *Polyborinae*, *Herpotherinae*, *Micrasturinae* e *Falconinae*. O último grupo inclui o gênero *Falco* com 37 espécies, entre elas, o Falcão-gerifalte (*Falco rusticolus*) e o Falcão-sacre (*Falco cherrug*) (LACASSE, 2014).

### 2.3.1. Falcão Gerifalte (*Falco rusticolus*)

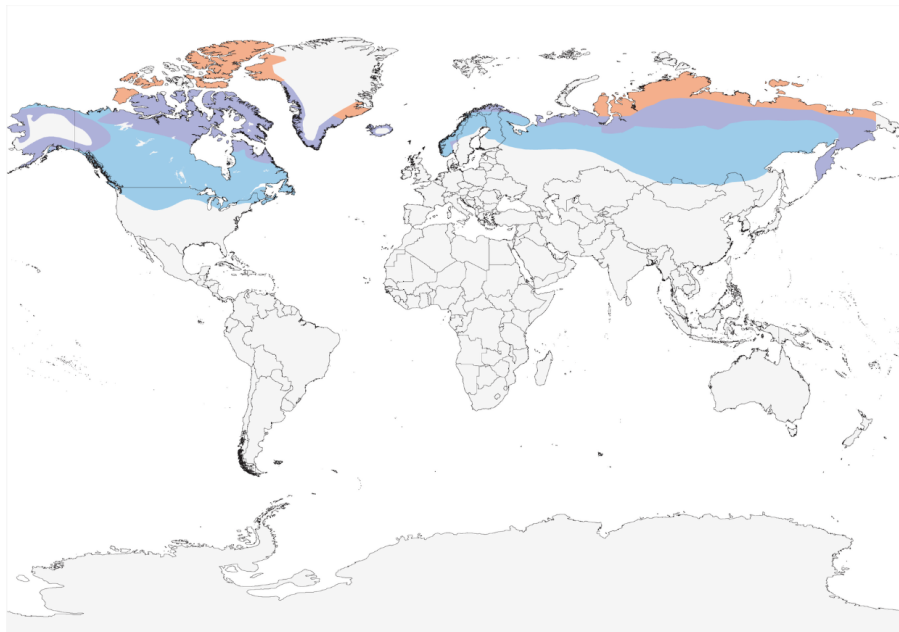
Falcão-gerifalte (*Falco rusticolus*) é um dos maiores falcões conhecidos, com comprimento variando entre 48 e 64 centímetros e peso entre 769 a 2150 gramas. Em relação a longevidade, a ave selvagem mais velha registrada alcançou 13 anos. O Falcão-gerifalte (Figura 2) pode ser distinguido por sua cabeça grande, peito profundo, asas largas e cauda longa em relação a outros falcões grandes (DUKE, 2008; BENSCOTER et al., 2013, IUCN, 2021). Essa espécie possui dimorfismo sexual, com os machos menores que as fêmeas, geralmente pesando cerca de 65% do peso corporal da fêmea (BOOMS et al., 2021).



**Figura 2:** Falcão-gerifalte (*Falco rusticolus*) empoleirado (A) e durante voo (B). *Imagens capturadas por Larry Bowdre e Bob Bowhay, disponíveis em Birds of the World.*

Essa é uma das espécies mais utilizadas na falcoaria, devido as suas características fenotípicas, como coloração das penas predominantemente branca ou cinza e também a excelente aptidão para a caça, com garras e bico robustos, permitindo a captura de outras aves de médio e grande porte (ELLIS et al., 1992; FERGUSON-LEES e CHRISTIE, 2001). Ecologicamente, Falcões-gerifaltes são predominantemente carnívoros, alimentando-se principalmente de pequenas aves, mas também aves de tamanho médio-grande, como patos e gaivotas, além de caçar mamíferos como lebres, coelhos e roedores. Normalmente as presas são selecionadas com base em sua vulnerabilidade (DUKE, 2008; HUSCHBERG, 2008).

Em relação a distribuição dessa espécie, Falcões-gerifaltes podem ser encontrados em regiões árticas e subárticas da América do Norte, Europa, Ásia e Groelândia, ocupando habitats diversos, como tundras, falésias e áreas montanhosas (Figura 3) (FERGUSON-LEES e CHRISTIE, 2001; HUSCHBERG, 2008). Geralmente essas aves usam o mesmo território para reprodução, preparando os ninhos na mesma região a cada temporada reprodutiva. Durante o inverno, a maioria das aves permanece em suas áreas de reprodução, mas algumas são avistadas mais ao sul, incluindo regiões dos Estados Unidos, Europa Central e Ásia (LIERZ, 2008).



**Figura 3:** Mapa de distribuição do Falcão-gerifalte. Sua distribuição abrange regiões da América do Norte, norte da Europa e Ásia. As áreas destacadas em laranja representam as zonas de reprodução dessa espécie. Em lilás estão marcadas as áreas ocupadas pelas aves fora da temporada de reprodução. Finalmente, as áreas em azul indicam onde essa espécie reside permanentemente, muitas vezes sem migrar para outras regiões. *Reprodução: Birds of the World (2024).*

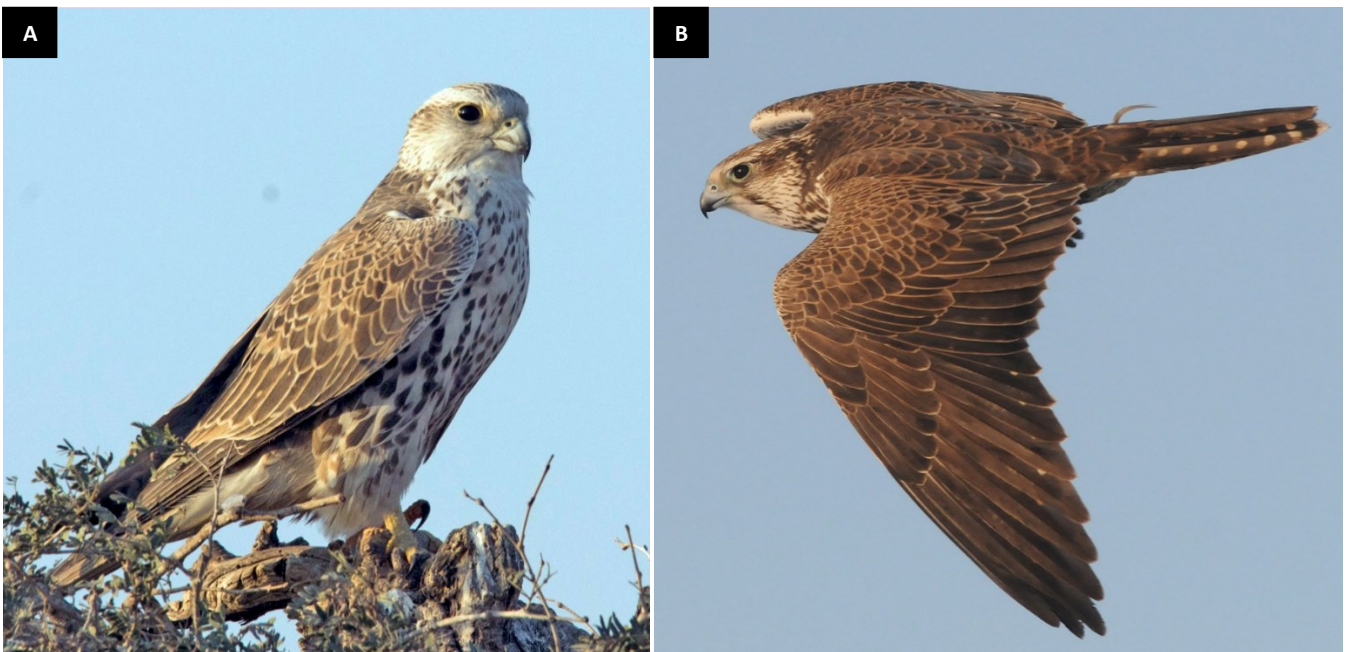
A idade de reprodução inicial varia entre 2 e 4 anos para fêmeas e machos, respectivamente, com poucos casos de reprodução no primeiro ano conhecidos. O comportamento reprodutivo dos gerifaltes é preferencialmente monogâmico, caracterizado por exibições de cortejo e proteção mútua entre os pares. Durante o período de reprodução, eles exibem comportamentos específicos, como rituais de acasalamento na área do ninho, exibições aéreas e troca de alimentos entre o macho e a fêmea. A cópula é precedida por esses rituais de acasalamento e pode ser iniciada por ambos os sexos (PLATT, 1989). Geralmente, os casais permanecem juntos durante a época de reprodução e ao longo do ano, a menos que ocorra a morte de um dos membros do par (PLATT, 1977; JENKINS, 1982; BOOMS et al., 2011).



Durante a época de reprodução, o Gerifalte prefere habitats árticos ao longo de rios e costas marítimas, incluindo áreas rochosas e ilhas. Na estação não reprodutiva, frequenta áreas abertas, como costas marítimas e zonas agrícolas (FERGUSON-LEES e CHRISTIE, 2001; BURNHAM e NEWTON, 2011). Geralmente as fêmeas não constroem ninhos, preferindo criar depressões rasas no solo ou ocupar ninhos de outras espécies. A nidificação ocorre em penhascos íngremes, com preferência por locais protegidos contra a neve. Costumam ter de um a três locais alternativos de nidificação dentro de uma curta distância, podendo mudar de local entre os anos (BOOMS e FULLER, 2003; BOOMS et al., 2011).

### 2.3.2. Falcão Sacre (*Falco cherrug*)

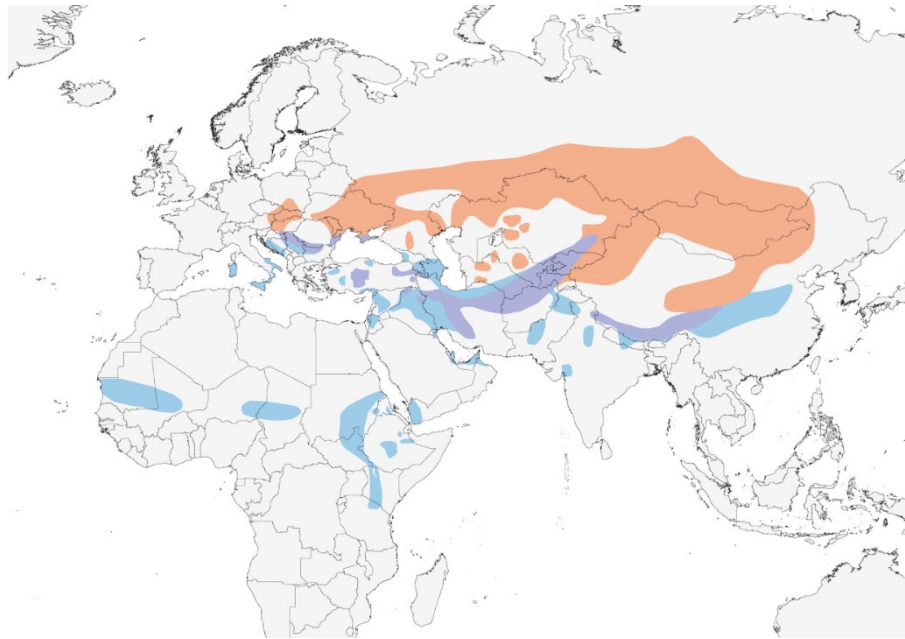
O Falcão-sacre (*Falco cherrug*) é uma espécie de grande porte, com comprimento variando entre 45 e 55 centímetros e peso entre 730 a 1300 gramas (Figura 4). Assim como o Falcão-gerifalte, essa espécie também possui dimorfismo sexual invertido, sendo o macho menor que a fêmea (DEL HOYO et al., 1994; BOOMS et al., 2021).



**Figura 4:** Falcão-sacre (*Falco cherrug*) empoleirado (A) e durante voo (B). *Imagens capturadas por Manohara Kamath e Jan Svetlik, disponíveis em Birds of the World.*

A respeito da distribuição, essa espécie é encontrada desde a Europa Central até a região da Manchúria, na Ásia. Algumas populações são parcialmente migratórias, atravessando o Oriente Médio, a península Arábica e o Paquistão durante suas migrações sazonais (Figura 5). Os Falcões-sacre habitam principalmente áreas abertas, preferencialmente com árvores ou

falésias próximas (MAHMOOD et al., 2012). A idade de reprodução para Falcões-sacre varia de 2 a 3 anos, sendo raros os casos de fêmeas sexualmente maduras com 1 ano de idade (ORTA et al., 2020). Geralmente, essas aves também não constroem seus próprios ninhos, mas colocam seus ovos em ninhos abandonados de outras aves ou em falésias (ELLIS et al., 1997). Sua dieta consiste principalmente de roedores e aves, como esquilos terrestres e pombos selvagens na Europa (WATSON e CLARKE, 2000).



**Figura 5:** Mapa de distribuição do Falcão-sacre. Sua distribuição abrange a Europa oriental até o nordeste da China, África e parte do Oriente Médio. As áreas destacadas em laranja representam as zonas de reprodução dessa espécie. Em lilás estão marcadas as áreas ocupadas pelas aves fora da temporada de reprodução. Finalmente, as áreas em azul indicam onde essa espécie reside permanentemente, muitas vezes sem migrar para outras regiões. *Reprodução: Birds of the World (2024).*

Conhecido por sua velocidade, é o segundo pássaro mais rápido em voo com altitude constante, podendo alcançar até 150 km/h, e é o terceiro animal mais rápido do mundo, atrás apenas do Falcão-peregrino (*Falco peregrinus*) e da Águia-real (*Aquila chrysaetos*), podendo atingir “mergulhos” a até 300 km/h (DEL HOYO et al., 1994; BOOMS et al., 2021).

Esta espécie enfrenta sérias ameaças que a colocam em risco de extinção, conforme classificado pela *BirdLife International* (2021). O declínio populacional, particularmente evidente na Ásia Central, é atribuído principalmente à captura ilegal para o comércio de aves de rapina. Além disso, a perda e degradação de habitat também contribuem para a diminuição das populações. No entanto, esforços de conservação estão sendo realizados em várias regiões,

incluindo projetos de reprodução em cativeiro, na tentativa de reverter essa tendência preocupante (MCGREGOR, 2001).

#### 2.4. Falcões híbridos

As aves híbridas resultantes do cruzamento entre Falcões-sacre e Falcões-gerifaltes estão entre as espécies de rapina mais comercializadas globalmente, representando uma parte significativa das aves utilizadas na prática da falcoaria (PANTER et al., 2019). Esses híbridos são valorizados pelos praticantes de falcoaria devido às suas características fenotípicas e comportamentais desejáveis, como agilidade, atributos estéticos específicos, como a coloração das penas, e robustez (DIXON, 2012; POMICHAL et al., 2014). Por exemplo, ao cruzar *F. cherrug* com *F. rusticolus*, o objetivo é combinar a força, habilidade de voo e resistência do Falcão-sacre com a estrutura robusta e habilidades de caça do Falcão-gerifalte, resultando em um espécime mais resistente ao calor e a doenças, além de possuir habilidades de caça superiores (PADULA et al., 2023).

Além do cruzamento mencionado anteriormente, outras espécies de falcões têm a capacidade de produzir híbridos. Quase todas as espécies do gênero *Falco* podem ser hibridadas por inseminação artificial. No entanto, em espécies menos relacionadas geneticamente, podem produzir híbridos com fertilidade reduzida (HEIDENREICH et al., 1993).

Existem subgêneros como o dos *Hierofalcões*, composto por Falcão-lanner (*F. biarmicus*), Falcão-laggar (*F. jugger*), Falcão-sacre (*F. cherrug*) e Falcão-gerifalte (*F. rusticolus*) onde os falcões são capazes de produzir híbridos férteis entre si. No entanto, apesar dessa fertilidade, a hibridação natural entre falcões enfrenta barreiras, primeiramente geográficas, mas também comportamentais naturais e obstáculos relacionados à fertilidade (DIXON, 2012). Por exemplo, uma hibridação comercial comum é realizada a partir do cruzamento entre falcões do subgênero *Hierofalcão* e Falcões-peregrinos, porém, os híbridos são predominantemente inférteis quando cruzados de volta com peregrinos ou outras espécies de *Hierofalcão*. Além disso, os machos híbridos frequentemente apresentam fertilidade reduzida devido a deformidades nos espermatozoides (KALTENPOTH e SCHULENBURG, 1989; EASTHAM e NICHOLLS, 2005), porém, como as fêmeas são o sexo heterogamético, elas tendem a ser menos férteis do que os machos, em conformidade com a Regra de Haldane (COYNE, 1985).

Em relação ao genoma, os falcões possuem características únicas quando comparados a outras aves e mamíferos. Uma das peculiaridades dos falcões é a contagem de cromossomos, que varia entre 40 e 52 dependendo da espécie (JOSEPH, 2017). Esse número é significativamente menor do que o encontrado em outras aves, que geralmente possuem entre 80 e 90 cromossomos (MASABANDA et al., 2004; ZHANG et al., 2014). Essa diferença se deve a uma série de rearranjos cromossômicos, especificamente à fusão de microcromossomos em macrocromossomos. Essas fusões ocorreram de 15 a 20 milhões de anos na história evolutiva dos falcões (BELTERMAN e DE BOER, 1990; TAGLIARINI et al., 2007; NISHIDA et al., 2008). A perda de microcromossomos, que são caracterizados por altas taxas de recombinação e densidade gênica, resultou em um genoma que não está em equilíbrio AT-GC, tendendo a um maior conteúdo de AT devido à hipermutabilidade dos sítios CpG (JOSEPH, 2017).

O genoma do Falcão-gerifalte (*Falco rusticolus*) contém extensos segmentos de DNA mitocondrial nuclear e uma baixa quantidade de elementos transponíveis e vários rearranjos genômicos, como várias fusões cromossômicas (ZUCCOLO et al., 2023). Essas características genômicas são também observadas no Falcão-sacre (*Falco cherrug*), que possui longos comprimentos gênicos e intragênicos em comparação com outras aves (ZHAN et al., 2013). Estudos mostraram que essas espécies têm um conteúdo genômico desequilibrado, com uma tendência a um maior conteúdo de AT, especialmente nas regiões translocadas de microcromossomos para macrocromossomos (JOSEPH et al., 2018).

Devido a essas características, a hibridação entre *Falco rusticolus* e *Falco cherrug* resulta em híbridos com um genoma ainda mais complexo. Os rearranjos cromossômicos e a presença de microcromossomos podem causar problemas durante a primeira divisão meiótica, levando à formação de gametas desequilibrados com diferentes números de cromossomos. Isso pode resultar em embriões completamente ou parcialmente inférteis. Além disso, a hibridação pode introduzir variabilidade genética que afeta a recombinação e a conversão gênica, contribuindo para a inserção tendenciosa de pequenas indels e grandes variantes estruturais (LUKHTANOV et al., 2020).

Esses fatores combinados destacam a necessidade de mais pesquisas sobre o impacto da hibridação no equilíbrio genômico e na estabilidade cromossômica dos falcões, uma vez que os falcões híbridos representam uma ameaça adicional para as populações selvagens de diversas maneiras. Eles podem ocupar territórios, dificultando que falcões selvagens se reproduzam em suas áreas de habitat natural, podem causar perturbações durante o período de nidificação,

agindo como intrusos territoriais e interferindo nas atividades reprodutivas de falcões selvagens. Outro impacto negativo é a possibilidade de acasalamento entre falcões híbridos que escapam do cativeiro com parceiros selvagens, o que pode resultar na exclusão de indivíduos puros da mesma espécie do processo reprodutivo. Uma vez que híbridos podem ser férteis, essas interferências na reprodução podem afetar seriamente a integridade das populações de falcões selvagens, resultando em introgressão genética (LINDBERG e NESJE, 2002).

A introgressão genética é um processo onde genes de uma espécie são incorporados ao pool genético de outra espécie através de hibridação repetida e retrocruzamentos. Isso acontece quando duas espécies que normalmente não se cruzam, ou se cruzam raramente, produzem híbridos que, em seguida, se retrocruzam com uma das espécies parentais. Esse processo pode transferir características específicas para a prole resultante (ANDERSON, 1949; BARTON, 2001), que pode inclusive ser benéfica para a espécie, por exemplo, no caso dos tentilhões, pequenos passeriformes, ocorreu uma introgressão genética relacionada ao formato do bico após a hibridação entre as espécies *Geospiza fortis* e *Geospiza scandens*. Essa introgressão resultou em maior variabilidade genética e fenotípica no formato do bico, melhorando a adaptação desses tentilhões às suas condições ambientais, especialmente na alimentação e sobrevivência (GRANT e GRANT, 2008).

Outro exemplo em aves pode ser observado nas galinhas domésticas. A coloração amarela da pele em galinhas domésticas foi resultado da introgressão do gene responsável pela pele amarela do Galo-sonnerate (*Gallus sonneratii*) para as galinhas domésticas (*Gallus gallus*) (ERIKSSON et al., 2008). Estudos indicam que essa característica foi transferida após a hibridação e subseqüentes retrocruzamentos entre essas espécies (ERIKSSON et al., 2008), que, a princípio, não hibridavam na natureza (JOHNSGARD, 1999) e, quando cruzavam, produziam majoritariamente descendentes estéreis (MOREJOHN, 1968). Este fenômeno demonstra como a seleção humana favoreceu a manutenção e propagação dessa característica devido à preferência estética.

Outro ponto de atenção em relação aos falcões híbridos é falsa identificação ou identificação errônea dessas aves. Para falcões nascidos em cativeiro, a informação de pedigree é fornecida pelos criatórios comerciais no momento da aquisição, e essa informação deve ser segura e confiável. No entanto, até 1983, em locais como a Grã-Bretanha (um importante exportador de aves para falcoaria), o registro de falcões em cativeiro não era obrigatório. Isso implicava que o controle e a identificação das aves poderiam conter erros, e híbridos muitas vezes não eram identificados corretamente. Estudos mostraram que alguns falcões reprodutores

em cativeiro, identificados como descendentes de outros reprodutores, foram na verdade capturados ilegalmente na natureza, confirmando a falsa identificação de origem para essas aves (SHORROCK, 1998; WILLIAMS e EVANS, 2000).

Além dessa identificação errônea, aves comercializadas como puras poderiam ser híbridas, especialmente porque os híbridos resultantes de cruzamentos entre Hierofalcões, Falcão-gerifalte e Falcão-sacre são geneticamente muito próximos, o que dificulta a diferenciação fenotípica dessas aves (PADULA et al., 2023).

## **2.5. Biologia reprodutiva de aves fêmeas**

A falta de informações sobre a biologia reprodutiva das espécies selvagens, particularmente das aves, é uma lacuna significativa na pesquisa científica. Para superar, ao menos parcialmente, essa carência de dados, os conhecimentos acumulados ao longo de décadas de estudo em aves domésticas, como galinhas, perus, codornas, entre outras, são aproveitados e combinados com os dados disponíveis sobre as espécies selvagens de interesse (PEREIRA, 2006).

A união e aplicação conjunta de dados provenientes de estudos em aves domesticadas e informações existentes sobre táxons selvagens têm desempenhado um papel crucial no avanço das técnicas de pesquisa e na implementação de estratégias de gestão. Esse processo tem proporcionado uma base robusta para abordar desafios relacionados à reprodução em espécies que enfrentam dificuldades reprodutivas e em outras áreas de pesquisa, incluindo pesquisas com câncer ovariano (PEREIRA, 2006; JOHNSON e GILES, 2013; WARREN et al., 2017). Isso não apenas ajuda a preencher lacunas de informação, mas também é essencial para formular medidas eficazes de conservação e manejo, especialmente para populações de aves que apresentam problemas reprodutivos significativos.

### **2.5.1. Determinação sexual em aves**

Na avifauna, assim como nos mamíferos, o sexo é determinado geneticamente durante a fertilização. No entanto, ao contrário dos mamíferos, onde as fêmeas têm cromossomos sexuais homogaméticos (XX) e os machos heterogaméticos (XY), nas aves fêmeas, os cromossomos sexuais são heterogaméticos (ZW) e nos machos são homogaméticos (ZZ) (CLINTON, 1998).

O mecanismo exato de determinação sexual em aves ainda não é completamente compreendido, mas existem duas hipóteses principais. Uma delas é a teoria de "dosagem de Z", que sugere que a quantidade de um gene específico localizado no cromossomo Z é crucial para a determinação sexual, com duas cópias desse gene resultando no desenvolvimento masculino (ZZ). O gene DMRT1 é considerado o principal gene nessa hipótese. (CLINTON, 1998; SMITH et al., 2007). A outra teoria é de "W dominante", que propõe que o cromossomo W carrega um gene determinante ovariano ou inibidor da diferenciação testicular. Alguns genes ligados ao cromossomo W, como HINTW e FET1, foram propostos como candidatos para a determinação sexual em aves, especialmente em galinhas (HORI et al., 2000; O'NEILL et al., 2000; REED e SINCLAIR 2002).

Embora haja divergências entre os pesquisadores, estudos sugerem que a teoria da "dosagem de Z" é a explicação mais correta para o mecanismo de determinação sexual nas aves (NANDA et al., 2000; SMITH et al., 2009). Essa teoria tem ganhado credibilidade ao longo dos anos, especialmente após ser confirmada em um estudo com um amplo espectro taxonômico, que incluiu 14 espécies de aves pertencentes a onze famílias diferentes, como a família *Falconidae*, representada na pesquisa pelo Falcão-peneireiro-eurasiático (*Falco tinnunculus*) (NANDA et al., 2008).

Em um estudo recente, pesquisadores identificaram um componente crucial para a "dosagem de Z" em aves: o microRNA miR-2954. Durante a pesquisa, a degradação proposital do cromossomo W nas fêmeas resultou na superexpressão de genes no cromossomo Z em ambos os sexos. Nos machos, essa superexpressão foi equilibrada pelo miR-2954. A ausência deste microRNA levou à letalidade embrionária nos machos, destacando o papel fundamental do controle dos genes do cromossomo Z para garantir a viabilidade do embrião (FALLAHSHAHOUDI et al., 2024).

### **2.5.2. Diferenciação gonadal**

Nas aves domésticas, como as galinhas, o desenvolvimento das cristas gonadais começa após a determinação do sexo genético. Essas cristas surgem da superfície ventromedial dos mesonefros e se tornam visíveis por volta do terceiro dia e meio de incubação (ZACCANTI et al., 1990; SMITH, 2007). Enquanto isso, as células germinativas primordiais começam a surgir após dezoito horas de desenvolvimento, originando-se no epiblasto. Elas então migram pelos vasos sanguíneos em direção às cristas gonadais, onde completam o processo de colonização dos cordões sexuais. Nesse estágio inicial, as gônadas embrionárias são morfologicamente

indiferenciadas, sendo conhecidas como gônadas bipotenciais (FUJIMOTO et al., 1976; ZACCANTI et al., 1990; SMITH, 2007).

As gônadas bipotenciais começam a diferenciar-se em testículos ou ovários entre o quinto e o sexto dia de incubação para galinhas e aves passeriformes, como o Pardal-doméstico (*Passer domesticus*) (EBENSPERGER et al., 1988) e no décimo primeiro dia para aves de rapina (POLLOCK e OROSZ, 2002). Nos embriões machos (ZZ), os cordões medulares se organizam para formar os testículos, enquanto nas fêmeas (ZW), a diferenciação gonadal é assimétrica, ocorrendo uma regressão gradual do córtex gonadal no ovário direito a partir do sétimo dia, resultando na funcionalidade apenas do ovário esquerdo (HAMBURGER e HAMILTON, 1951; SMITH, 2007; GUIOLI, 2014). A extensão da regressão gonadal no lado direito varia entre as diferentes espécies de aves (ROMANOFF, 1960; SMITH, 2007).

As características sexuais secundárias nas aves são influenciadas pela liberação de hormônios sexuais gonadais. Nos machos, a produção de AMH e testosterona pelos testículos promove a regressão dos ductos de Muller, o desenvolvimento dos ductos de Wolff e o aparecimento de características masculinas secundárias, como o falo (em espécies que possuem o órgão copulatório), plumagem colorida e esporas. Já nas fêmeas ZW, a produção de estrógenos pela enzima aromatase P450 resulta no fenótipo feminino e desempenha um papel crucial na diferenciação do ovário (ETCHES, 1995; BELLAIRS e OSMOND, 2005; SMITH, 2007). O desenvolvimento completo do embrião de galinha ocorre ao longo de 21 dias (BELLAIRS e OSMOND, 2005) e para Falcão-gerifalte, esse período pode variar de 28 (CADE, 1960) a 35 dias (PLATT, 1977).

### **2.5.3. O oviduto das aves**

O oviduto é um órgão tubular com três funções principais: a formação dos ovos; a seleção, armazenamento e transporte de espermatozoides; e a fertilização e desenvolvimento embrionário inicial. Este órgão é dividido em cinco segmentos distintos: o infundíbulo, onde ocorre a fertilização e o óvulo permanece por cerca de quinze a trinta minutos para a formação da camada perivitelina externa e calaza; o magno e o istmo, onde o óvulo permanece por três horas e meia a cinco horas para formar a clara e a membrana da casca do ovo; o útero ou glândula da casca, onde o óvulo permanece por aproximadamente vinte horas, e são adicionados água e minerais à clara do ovo, seguido pela calcificação formando a casca do ovo; e o segmento final, a vagina, onde o ovo permanece por alguns minutos antes de ser liberado pela cloaca (JACOB e BAKST, 2007; YOSHIMURA e BARUA, 2017).



Uma área importante no oviduto das aves é a junção útero-vaginal (JUV), que é a interseção entre o útero e a vagina. Em certas espécies de aves, na JUV existem túbulos especializados capazes de armazenar espermatozoides por períodos prolongados após a cópula natural ou inseminação artificial (MATSUZAKI et al., 2014). Como a cópula nem sempre coincide com a ovulação, esse armazenamento se torna essencial para garantir a fertilização. Em alguns mamíferos como os morcegos, os espermatozoides podem ser armazenados por até 5 meses (HOLT, 2011), enquanto em répteis como tartarugas, cobras e lagartos, esse armazenamento pode durar até 7 anos, proporcionando uma reserva para a reprodução em condições desfavoráveis (HOLT e LLOYD, 2010). Em aves domésticas, como galinhas, perus, codornas e patos, o período de armazenamento pode variar de duas a quinze semanas (BAKST et al., 1994; BAKST, 2011). Em falcões essas estruturas ainda não foram descritas.

#### 2.5.4. O ovário nas aves

Nas galinhas domésticas, apenas o ovário e oviduto esquerdo se desenvolvem completamente, enquanto o ovário e oviduto direitos passam por regressão durante o desenvolvimento embrionário (HAMBURGER e HAMILTON, 1951; SMITH, 2007; GUIOLI, 2014). Esta peculiaridade pode ser atribuída à necessidade de redução de peso para o voo, bem como à fragilidade dos ovos durante o estágio final de desenvolvimento. A presença de apenas um ovário e oviduto pode contribuir para uma maior taxa de sobrevivência, evitando danos aos ovos dentro do abdômen (ZHENG et al., 2013).

Para aves de rapina, especialmente aquelas da ordem Falconiformes, é comum encontrar ovários bilaterais (THOMSON, 1964; JACOB e BAKST, 2007). Em Falcão-peregrino e Falcão-sacre, ambos os ovários podem estar presentes com diferentes graus de desenvolvimento, ou pode ocorrer a ausência do ovário direito (RODLER et al., 2015; DIXON et al., 2020). Essa característica também foi observada em outras aves, como o Kiwi-marrom (*Apteryx australis*) (KING e MCLELLAND, 1984). Enquanto o Kiwi-marrom possui consistentemente dois ovários funcionais e de tamanho igual, nas aves de rapina os ovários podem apresentar diferenças de tamanho. As maiores gônadas foram encontradas em gaviões verdadeiros ou harpias, seguidos por falcões, gaviões e abutres. Em algumas espécies, como o Gavião-de-cauda-curta (*Buteo brachyurus*) e o Quiriquiri (*Falco sparverius*), o ovário direito foi observado como maior que o esquerdo (GUNN, 1912).

Além disso, a mesma espécie pode apresentar variações entre os indivíduos. Um estudo realizado por Rodler e colaboradores (2014) examinou sete Águias-de-asa-redonda (*Buteo*

*buteo*), revelando que apenas duas delas possuíam ovários bilaterais. Nos dois casos observados, o ovário direito era consideravelmente menor e posicionado próximo à parte medial do ovário esquerdo. Além disso, foram avaliados quatro Gaviões-europeus (*Accipiter nisus*), dos quais três apresentavam ambos os ovários, com tamanhos similares entre o ovário direito e esquerdo. Outro trabalho que analisou 161 fêmeas de Falcão-sacre coletadas ao longo de linhas de energia, mortas por eletrocussão, encontrou ovários bilaterais em 147 fêmeas (91,3%), sendo que a maioria possuía o ovário direito pouco desenvolvido, enquanto 15 fêmeas apresentavam apenas o ovário esquerdo (DIXON et al., 2020).

Durante o desenvolvimento embrionário das fêmeas, o córtex gonadal se diferencia em tecido ovariano principal, onde os folículos e as células esteroidogênicas se formam, enquanto a medula se transforma em tecido conjuntivo, responsável pela inervação e pelos vasos sanguíneos (GILBERT, 1979). No nascimento, o ovário é pequeno e triangular, com um crescimento gradual durante as primeiras semanas de vida da fêmea. Durante as sete semanas que antecedem a maturidade sexual das galinhas, ocorre um aumento significativo no peso do ovário, chegando a atingir cem vezes o peso inicial. Conforme a ave amadurece, a distinção entre o córtex e a medula do ovário praticamente desaparece (GONZALEZ-MORAN, 2011; YOSHIMURA e BARUA, 2017).

A idade em que as aves fêmeas alcançam a maturidade sexual varia de acordo com a espécie. Por exemplo, as codornas podem começar a se reproduzir algumas semanas após o nascimento, enquanto as galinhas geralmente se tornam sexualmente maduras por volta das 20 semanas de idade (GONZALEZ-MORAN, 2011). Na maioria das espécies selvagens, a reprodução ocorre normalmente na primeira temporada de reprodução após o nascimento. Para aves maiores, como o Albatroz-real, pode levar vários anos para atingir a atividade sexual (GILBERT, 1979).

No caso dos falcões, as fêmeas gerifaltes geralmente alcançam a maturidade sexual entre 2 a 4 anos, embora haja relatos de casos em que as fêmeas atingiram a maturidade sexual após o primeiro ano de idade (PLATT, 1977; JENKINS, 1982; BOOMS et al., 2011). Para Falcão-sacre, essa idade varia de 2 a 3 anos, sendo raros os casos de fêmeas maduras sexualmente com 1 ano de idade (ORTA et al., 2020). Para os Falcões-peregrinos, dados de Linderberg e Sjoberg (2009) mostram que a fêmea mais jovem a iniciar a postura de ovos tinha 2 anos de idade, enquanto a idade média das fêmeas na maturidade sexual foi de 4 a 7 anos.

#### 2.5.4.1. Estrutura dos folículos ovarianos

Não é possível descrever a estrutura folicular de falconiformes com base na literatura disponível, pois até o momento em que esta revisão foi realizada, não foram encontrados dados específicos sobre essa classe de aves. Portanto, a revisão a partir desta seção foi realizada com base em informações a respeito de aves domésticas, usando-as como referência para inferir características possivelmente semelhantes nos falconiformes.

Na galinha doméstica madura, o ovário apresenta diversos folículos em diferentes estágios de desenvolvimento. Os folículos primordiais, localizados no córtex do ovário, têm tamanho de até 80µm. À medida que os folículos se desenvolvem, eles se projetam na superfície e se diferenciam em folículos pequenos brancos, com diâmetro de 0,08 a 1mm, e em folículos maiores amarelos, também conhecidos como pré-hierárquicos, com tamanho de 2 a 8mm. Estes últimos passam por uma fase de crescimento rápido e hierárquico durante 5 a 9 dias, culminando na formação de 5 a 8 folículos pré-ovulatórios, que variam de 10 a 40mm (GONZALEZ-MORAN, 2011; YOSHIMURA e BARUA, 2017). Ao contrário do que ocorre em mamíferos, após a ovulação do maior folículo, não ocorre a formação do corpo lúteo na galinha; em vez disso, apenas ocorre a regressão das estruturas remanescentes (HODGES, 1974; POLLOCK e OROSZ, 2002; GONZALEZ-MORAN, 2011). Os folículos que não são recrutados para o crescimento sofrem atresia. Os folículos primordiais e primários são os mais propensos à atresia, enquanto os folículos em fases mais avançadas de desenvolvimento, como os pré-hierárquicos e pré-ovulatórios, são menos suscetíveis (JOHNSON, 2000; JOHNSON e WOODS, 2007).

O tamanho dos folículos varia entre as espécies selvagens, impossibilitando a aplicação da classificação baseada no tamanho folicular utilizada em galinhas. Em um estudo com emas (*Rhea americana*), os pesquisadores adaptaram a escala de classificação folicular, categorizando os folículos em pequenos (1-20mm), médios (20-40mm) e grandes (40-90mm) (PARIZZI et al., 2007). Para os Kiwis-marrons (*Apteryx mantelli*), um estudo utilizando ultrassonografia encontrou tamanhos semelhantes aos observados em emas. O menor folículo detectável tinha 10mm de diâmetro 46 dias antes da ovulação, enquanto o maior tinha 76mm 10 dias antes da ovulação (JENSEN e DURRANT, 2006). Em estudos anteriores com a mesma espécie, o maior folículo descrito tinha 88mm, sugerindo que os folículos em kiwis ovulam com um diâmetro de 80mm ou mais (KINSKY, 1971).

A estrutura dos folículos varia de acordo com o estágio de desenvolvimento. O folículo primordial é composto por um oócito contendo uma grande vesícula germinativa (núcleo) que e uma membrana perivitelínica, cercado por uma camada de células da granulosa achatadas ou cuboidais. Nos folículos primários mais desenvolvidos, a membrana basal, uma fina camada de células da teca e células intersticiais são adicionadas. Esses folículos primários, também conhecidos como folículos brancos pequenos, acumulam vitelo branco rico em proteínas (TILLY et al., 1992; HRABIA, 2022). À medida que os folículos se desenvolvem, tornam-se folículos pré-hierárquicos, com uma camada de células da granulosa multilaminar e diferenciação das células da teca em teca interna, composta por células mais achatadas, e teca externa. Esses folículos pré-hierárquicos são envolvidos por tecido conjuntivo frouxo e epitélio, e são suspensos na superfície ovariana por um pedículo. O oócito presente nesses folículos contém uma grande quantidade de vitelo amarelo, rico em lipídios (HRABIA, 2022).

Na fase seguinte do desenvolvimento, os folículos passam por uma intensa diferenciação e reorganização da camada da granulosa, que se transforma de uma camada multilaminar para uma única camada de células com forma cuboidal. A proliferação dessas células é agora restrita à região do disco germinativo (YAO e BAHR, 2001; WOJTYSIAK et al., 2011). A lâmina basal, localizada entre as camadas da granulosa e teca interna, torna-se mais espessa. O tecido conjuntivo frouxo que envolve as camadas da teca projeta-se do córtex ovariano e do pedículo folicular, permitindo a entrada dos sistemas vascular e nervoso no folículo. Na região da estigma, o tecido conjuntivo frouxo torna-se mais fino, enquanto a teca externa aumenta em espessura, resultando na ausência de desenvolvimento de vasos sanguíneos nesta região. O epitélio superficial é composto por células cúbicas ou achatadas (YOSHIMURA e BARUA, 2017; HRABIA, 2022).

#### **2.5.4.2. Recrutamento folicular**

Em galinhas poedeiras, o processo de recrutamento cíclico de folículos para a hierarquia pré-ovulatória é um evento essencialmente diário (WOODS e JOHNSON, 2005), independente da ovulação (GHANEM e JOHNSON, 2019a). Esse processo é mediado principalmente pela sensibilização das células da granulosa ao FSH (hormônio folículo-estimulante) e ao VIP (peptídeo intestinal vasoativo), iniciando a produção de monofosfato de adenosina cíclico (cAMP). O aumento do cAMP leva à expressão de genes envolvidos na esteroidogênese, como StAR, CYP11A1 e CYP17A1, além de aumentar a sensibilidade ao hormônio luteinizante (LH) (JOHNSON e BRIDGHAM, 2001; JOHNSON, 2015; GHANEM e JOHNSON, 2018, 2019b).

Além do FSH, outros fatores como o hormônio anti-Mülleriano (AMH), fator de crescimento e diferenciação 9 (GDF9) e proteína 15 (BMP15) também desempenham papéis importantes na regulação do desenvolvimento folicular. O AMH é responsável por regular a sensibilidade ao FSH, enquanto o GDF9 e o BMP15 promovem a proliferação das células da granulosa e estimulam a expressão de receptores de FSH (JOHNSON et al., 2005; JOHNSON et al., 2008; JOHNSON, 2012). Além disso, o sistema Kit, composto pelo ligante Kit (KL) e seu receptor cKit, é crucial para o desenvolvimento de folículos pré-hierárquicos menores e seu eventual recrutamento. O KL é expresso em folículos primários menores, enquanto o cKit está presente na camada da teca e no estroma ovariano (KUNDU et al., 2012).

Conforme o folículo continua a se desenvolver e se aproxima da ovulação, ocorre uma mudança na expressão e atividade dos receptores hormonais. Os receptores para o hormônio LH tornam-se mais predominantes e ativos, substituindo gradualmente a ação dos receptores para o FSH. Além disso, ocorrem mudanças morfológicas e funcionais nas células da granulosa, incluindo aumento na expressão de proteínas antiapoptóticas e acumulação de vitelo no folículo (HRABIA, 2022).

O papel das células da granulosa é crucial no crescimento rápido dos folículos pré-ovulatórios, facilitando a absorção de precursores da gema. A vitelogenina (VTG) e as lipoproteínas de baixa densidade (VLDL), produzidas no fígado sob controle dos estrógenos (FRODMAN et al., 2000), são transportadas para o ovário pelo sangue e liberadas na camada de teca. Elas difundem-se pelas células da granulosa através da membrana basal (JOHNSON e WOODS, 2007; HRABIA, 2022). Dentro das células, esses precursores são clivados para formar componentes da gema, como fosvitina, lipovitelina, triglicerídeos, colesterol e fosfolípidios (ETCHES, 1995). Isso resulta na formação do folículo pré-ovulatório maduro, composto pelo oócito preenchido por gema, rodeado pela camada perivitelínica, células da granulosa e camadas da teca (HRABIA, 2022).

#### **2.5.4.3. Atresia folicular**

Nas aves, a atresia folicular ovariana é um processo natural que ocorre principalmente em folículos menores que não são selecionados para maturação completa. Geralmente, os folículos mais desenvolvidos são menos propensos à atresia (JOHNSON e WOODS, 2007). Distúrbios metabólicos ou ambientais, como a falta de alimentos, doenças ou desequilíbrios hormonais, podem desencadear a atresia em folículos hierárquicos (PROSZKOWIEC-WEGLARZ et al., 2005; SOCHA e HRABIA, 2019). No ovário das aves, a atresia é

desencadeada principalmente pela apoptose nas células da granulosa, que se espalha para as camadas da teca conforme o processo progrida (JOHNSON e WOODS, 2007).

Os folículos em processo de atresia apresentam diferenças morfológicas distintas em comparação com os folículos em desenvolvimento normal. Características como hipertrofia do tecido conjuntivo, afrouxamento das camadas da teca, desintegração da camada de células da granulosa e deslocamento dessas células para o interior do lúmen do folículo são observadas na parede do folículo atrésico. Além disso, esses folículos tendem a estar encolhidos e frequentemente exibem sinais de hemorragia (HODGES, 1974).

#### **2.5.4.4. Ovulação**

Antes da ovulação, o folículo pré-ovulatório F1, o maior dentro do ovário, passa por transformações notáveis em sua estrutura. Na região do estigma, onde ocorre a ruptura, não há presença de vasos sanguíneos significativos, apenas pequenos capilares. Nessa área, a camada externa da teca gradualmente se torna mais fina devido à degradação dos componentes da matriz extracelular, como as fibras colágenas, e à degradação dos glicosaminoglicanos. Conseqüentemente, tanto a camada da granulosa quanto a teca interna desaparecem completamente na porção central do estigma. Essas mudanças tornam essa região do estigma mais delicada e suscetível à ruptura pela contração dos músculos lisos presentes na parede folicular. (YOSHIMURA e KOGA, 1982; JACKSON et al., 1991; HRABIA, 2022).

As mudanças na matriz extracelular da região do estigma são coordenadas por uma série de processos proteolíticos, principalmente controlados pelas metaloproteinases da matriz (MMPs). Essas enzimas têm a capacidade de degradar seletivamente os componentes da matriz extracelular, como colágeno, gelatina, elastina, laminina e plasminogênio, além de ativar outras MMPs. Ainda na região do estigma do folículo F1, as atividades dessas MMPs, especialmente as gelatinases, são maiores, o que contribui para a ruptura do folículo durante a ovulação (ASEM et al., 2000). Além disso, os ativadores do plasminogênio desempenham um papel crucial na regulação da ruptura folicular durante a ovulação (POLITIS et al., 1990). A atividade desses ativadores aumenta ao longo do desenvolvimento folicular, atingindo seu ápice no maior folículo F1, imediatamente antes da ovulação (JACKSON et al., 1993).

Conforme o folículo se desenvolve, ele acumula grandes quantidades de gema e inicia a produção rápida de progesterona pelas células da granulosa. À medida que os níveis de progesterona aumentam, há uma diminuição na liberação de testosterona e estradiol, enquanto

as células da granulosa se tornam mais sensíveis ao LH, tornando-se mais dependentes desse hormônio (JOHNSON, 1990; RANGEL e GUTIERREZ, 2014). Isso aumenta a capacidade das células da granulosa de produzir progesterona. Quando os níveis de progesterona atingem um ponto crítico, estimulam a liberação de GnRH-I (hormônio liberador de gonadotrofinas) pelo hipotálamo, resultando em um aumento de duas a três vezes na secreção de LH pela hipófise anterior (RANGEL e GUTIERREZ, 2014).

Essa interação entre LH e progesterona estabelece um ciclo de retroalimentação positiva. No entanto, a capacidade da progesterona em desencadear o pico de LH depende da exposição prévia do hipotálamo a níveis específicos de estrógeno e progesterona. Quando ocorre o pico de LH, a ovulação é desencadeada, resultando na contração da parede folicular e na ruptura de uma área do folículo (RANGEL e GUTIERREZ, 2014). Além dos hormônios gonadotróficos, outros mediadores, como a histamina (PACZOSKA-ELIASIEWICZ e RZASA, 1999), as catecolaminas e as prostaglandinas, também participam da regulação dos eventos ovulatórios, influenciando a hemodinâmica dos vasos sanguíneos e a contração dos músculos lisos na parede folicular (PACZOSKA-ELIASIEWICZ e RZASA, 1995; RZASA et al., 2008).

Após a ovulação, ao contrário dos mamíferos, o folículo nas aves não forma um corpo lúteo, mas sim um folículo pós-ovulatório (POF). Este POF passa por um rápido processo de regressão metabólica (HODGES, 1974; HRABIA, 2022), durante o qual as células sofrem apoptose e autofagia, resultando em um espessamento da parede e uma redução na atividade esteroidogênica. Isso leva a uma diminuição nos níveis de hormônios, como progesterona e estrogênio (LIN et al., 2018). No entanto, os POFs continuam a produzir relaxina e desempenham um papel importante na síntese de prostaglandinas, como a  $PGF2\alpha$  (SAITO et al., 1987; HALES et al., 2008). Além disso, a atividade secretora dos POFs afeta o momento da postura do ovo, e sem a camada de granulosa do POF, esse processo pode sofrer atrasos (GILBERT et al., 1978).

### **2.5.5. Trânsito do ovo e ovoposição**

O trânsito do ovo pelo oviduto e sua subsequente oviposição são coordenados por uma variedade de fatores. Após chegar ao infundíbulo, o óvulo é impulsionado ao longo do oviduto por contrações musculares (HRABIA, 2000). Durante esse processo, ocorrem mudanças na atividade elétrica e na motilidade do oviduto, com a musculatura atrás do ovo exibindo uma atividade elétrica maior do que a frente, especialmente durante a sua passagem pelo útero. Além

das contrações musculares, o próprio óvulo contribui para seu transporte, estimulando essas contrações por meio de receptores de estiramento (SHIMADA e ASAI, 1978).

O sistema nervoso adrenérgico exerce uma função essencial no transporte do ovo ao longo do oviduto. A presença de receptores adrenérgicos alfa e beta no oviduto destaca a complexidade desse sistema. A ativação dos receptores alfa induz a contração dos músculos lisos, enquanto a estimulação dos receptores beta promove seu relaxamento. Tanto a noradrenalina quanto a adrenalina têm o efeito de contrair todos os segmentos do oviduto, exceto o útero, que relaxa em resposta a esses neurotransmissores. Além do sistema adrenérgico, substâncias como histamina, prostaglandinas e arginina vasotocina (AVT) desempenham papéis locais na regulação da contratilidade do oviduto (RZASA, 1977; VERMA et al., 1977; CROSSLEY et al., 1980).

Durante a oviposição, que é a expulsão do ovo do oviduto após sua formação completa, ocorre uma série de eventos coordenados. Isso inclui o relaxamento dos músculos abdominais e do esfíncter entre o útero e a vagina, juntamente com contrações dos músculos lisos do útero. Este processo é controlado por vários elementos, como a AVT, prostaglandinas, acetilcolina e galanina (HRABIA, 2022).

A AVT é um hormônio peptídico liberado pela neuro-hipófise e também presente no útero. Em galinhas poedeiras, a concentração plasmática de AVT aumenta durante a oviposição, enquanto a atividade da oxitocinase, uma enzima que degrada a AVT, diminui. A AVT exerce efeitos estimulantes na contratilidade do útero e na oviposição, atuando por meio de seu receptor VT3, que pertence à família de receptores acoplados à proteína G. Além disso, a AVT induz contrações no útero e promove a liberação de prostaglandinas nessa região (SRIVASTAVA et al., 2010).

#### **2.5.6. Esteroidogênese ovariana**

A produção de esteróides nos ovários das aves ocorre principalmente em três tipos de células: as células da granulosa, as células intersticiais da teca e as células da teca externa que contêm a enzima aromatase. O processo começa com o transporte de colesterol para dentro das mitocôndrias através da proteína StAR (SECHMAN et al., 2011, 2014; JOHNSON, 2015a, 2015b). Dentro das mitocôndrias, o colesterol é convertido em pregnenolona pela enzima P450<sub>scc</sub> (CYP11A1). A partir daí, a síntese de esteróides segue duas vias principais: a via D4 e a via D5 (JOHNSON, 2015b; SECHMAN, 2013).



Na via D4, a pregnenolona é transformada em progesterona e depois em androstenediona. Na via D5, a pregnenolona é convertida em DHEA (dehidroepiandrosterona), que por sua vez é transformada em androstenediona. A androstenediona pode então ser aromatizada em estradiol pelas células que contêm a enzima aromatase. Essas vias de síntese de esteróides estão ativas em diferentes camadas do folículo ovariano. As células da granulosa, por exemplo, preferencialmente utilizam a via D4, enquanto as células da teca tendem a utilizar a via D5. Essa distribuição de atividade metabólica contribui para a regulação precisa da produção de esteróides sexuais ao longo do ciclo reprodutivo das aves (JOHNSON, 2015b; SECHMAN, 2013).

Durante o desenvolvimento do folículo ovariano, ocorrem alterações na produção de esteróides, que são influenciadas pelo estágio de desenvolvimento do folículo e pela resposta aos hormônios gonadotrópicos (JOHNSON, 1990; SECHMAN et al., 2014). Nos folículos pré-hierárquicos, a atividade esteroidogênica está principalmente concentrada na teca, enquanto nos folículos hierárquicos, tanto a granulosa quanto a teca estão ativas. Estes folículos hierárquicos são a principal fonte de produção de testosterona, enquanto o maior folículo F1 é a principal fonte de progesterona circulatória (RANGEL e GUTIERREZ, 2014; JOHNSON, 2015b).

### **2.5.7. Hormônios envolvidos na reprodução das aves**

O desenvolvimento e as funções ovarianas são controlados pela ação coordenada de hormônios liberadores e inibidores gonadotrópicos hipotalâmicos (GnRH e GnIH), gonadotrofinas hipofisárias (LH e FSH) (BENTLEY et al., 2008), e outros fatores endócrinos e localmente produzidos, como esteróides ovarianos (RANGEL e GUTIERREZ, 2014), prolactina (PRL) (HU e ZADWORNÝ, 2017), hormônio do crescimento (GH) (SOCHA e HRABIA, 2019), hormônios tireoidianos (SECHMAN, 2013), grelina, adipocinas (ESTIENNE et al., 2019; HADLEY et al., 2020), PGs (JIN et al., 2006; JIA et al., 2010), entre outros (HRABIA, 2022).

De forma simplificada, em quantidades ideais, o estímulo luminoso desencadeia a liberação do hormônio liberador de gonadotropina (GnRH) pelo hipotálamo, que estimula a liberação de hormônios gonadotrópicos pela hipófise anterior, como o hormônio folículo-estimulante (FSH) e o hormônio luteinizante (LH). O FSH estimula o desenvolvimento dos folículos pré-hierárquicos e a produção de andrógenos e estrógenos pelas células da teca/granulosa (HRABIA, 2022). Os andrógenos são responsáveis pelas características sexuais secundárias e pelo comportamento reprodutivo, enquanto os estrógenos mediam a deposição de

cálcio na medula óssea, a dilatação dos ossos pubianos, o desenvolvimento do oviduto e a produção dos precursores da gema pelo fígado (VTG e VDL) (YOSHIMURA et al., 1993; FRODMAN et al., 2000; GONZÁLEZ-MORÁN et al., 2013). Já o LH, estimula a ovulação e a produção de progesterona pelas células da granulosa (HRABIA et al., 2004).

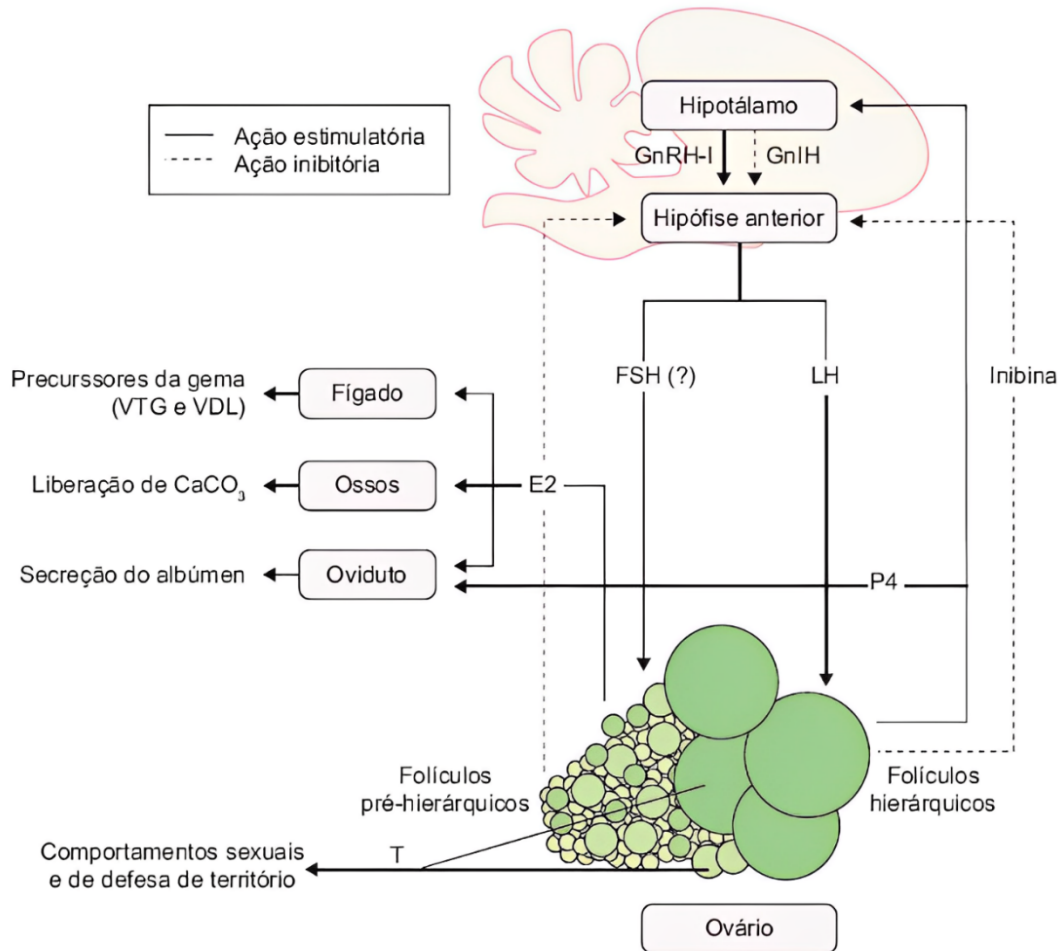
À medida que os folículos continuam seu desenvolvimento, alguns são selecionados para se tornarem folículos pré-ovulatórios, marcando o início do processo final de crescimento e diferenciação folicular. Nesta fase, os folículos acumulam grandes quantidades de gema, enquanto as células da granulosa começam a produzir progesterona em níveis crescentes (JOHNSON, 1990; RANGEL e GUTIERREZ, 2014). O aumento da progesterona reduz a produção de andrógenos e estrógenos, levando a uma maior dependência do folículo em relação ao hormônio LH. Quando os níveis de progesterona atingem um limiar específico, o hipotálamo responde liberando GnRH-I, resultando em um aumento na secreção de LH pela hipófise anterior. Este ciclo de retroalimentação positiva entre LH e progesterona desempenha um papel crucial na regulação do ciclo reprodutivo das aves (GONZÁLEZ-MORÁN et al., 2013; RANGEL et al., 2014).

A ovulação ocorre quando há um pico de LH, desencadeando a contração da parede folicular e a liberação do óócito (RANGEL e GUTIERREZ, 2014). Após a ovulação, o folículo pós-ovulatório regredirá sem formar um corpo lúteo, deixando uma estrutura chamada sítio de ovulação ou folículo pós-ovulatório (HODGES, 1974; HRABIA, 2022). Além disso, a inibina, um hormônio produzido pelas células da granulosa dos folículos ovarianos maduros, exerce um papel inibitório sobre a secreção de FSH pela hipófise anterior, contribuindo para a regulação final do ciclo reprodutivo das aves (SAITO et al., 1987; HALES et al., 2008). A Figura 6 contém um esquema representando o eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal em aves.

### **2.5.7.1. Gonadotrofinas**

As gonadotropinas, LH e FSH, são hormônios cruciais para o desenvolvimento e funcionamento dos folículos ovarianos. A liberação desses hormônios é regulada por hormônios produzidos e liberados pelo hipotálamo, o GnRH e o GNIH. O GnRH (hormônio liberador de gonadotropina) estimula a secreção de LH e FSH (SHARP et al., 1990), enquanto o GNIH inibe a liberação desses hormônios (TSUTSUI et al., 2000). LH e FSH atuam conjuntamente no crescimento e desenvolvimento dos folículos, mas o LH é o responsável pela indução da ovulação. O FSH estimula a secreção de progesterona pelas células da granulosa durante a maturação folicular no ovário e aumenta a produção de testosterona e estradiol durante

através da regulação da atividade das enzimas da P450aromatase e  $3\beta$ -hidroxiesteróide desidrogenase ( $3\beta$ -HSD) também nas células da granulosa (HRABIA, 2022).



**Figura 6:** Esquema gráfico do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal em aves fêmeas. **E2:** estrógeno; **FSH:** hormônio foliculoestimulante; **GnIH:** hormônio inibidor de gonadotrofinas; **GnRHI:** hormônio liberador de gonadotrofinas; **LH:** hormônio luteinizante; **P4:** progesterona; **T:** testosterona; **VLDL:** lipoproteínas de baixa densidade; **VTG** = vitelogenina. *Reprodução: Tratado de Animais Selvagens, Capítulo 120, Reprodução nas Aves. Esquema produzido por: Dr. Ricardo José Garcia Pereira (PEREIRA, 2014).*

Pesquisas anteriores descobriram duas variantes distintas de GnRH no hipotálamo da galinha doméstica, chamadas GnRH-I e GnRH-II. Essas variantes diferem do GnRH dos mamíferos por uma e três substituições de aminoácidos, respectivamente. Ambas as formas são altamente eficazes na liberação de LH em pardais, tanto machos quanto fêmeas. No entanto, na galinha doméstica, GnRH-I e GnRH-II apresentam potências diferentes na indução da liberação de LH (TSUTSUI et al., 2000; BÉDÉCARRATS et al., 2009, 2016).

O hormônio inibitório da gonadotropina (GnIH) é um neuropeptídeo que é produzido e liberado pelo hipotálamo. Seu efeito fisiológico ocorre através de um receptor específico conhecido como GnIHR, que pertence à família dos receptores acoplados à proteína G. Quando o GnIHR é ativado, ele se associa à proteína G(ai), resultando na inibição da adenilil ciclase e na consequente diminuição dos níveis intracelulares de cAMP (TSUTSUI et al., 2000; BÉDÉCARRATS et al., 2009, 2016). A principal função do GnIH é inibir a liberação do hormônio liberador de gonadotropina (GnRH-I e GnRH-II) e a síntese e secreção das gonadotropinas pela hipófise. No ovário das galinhas, o receptor GnIHR é encontrado tanto nas células da teca quanto nas células da granulosa, e sua expressão parece ser regulada por hormônios esteróides (MADDINENI et al., 2008).

#### **2.5.7.2. Esteróides ovarianos**

Os esteróides ovarianos regulam localmente o desenvolvimento e a função dos ovários através de mecanismos autócrinos e parácrinos. A progesterona, os andrógenos e os estrógenos exercem seus efeitos por meio de receptores intracelulares e de membrana. Os receptores intracelulares são parte de uma superfamília de fatores de transcrição ativados por ligantes, que controlam a expressão gênica interagindo com sequências específicas de DNA conhecidas como elementos responsivos a hormônios. Em contraste, os receptores de membrana são proteínas transmembrana acopladas a proteínas G, que desencadeiam mudanças em cascata de mensageiros secundários (HRABIA, 2022).

Os receptores de progesterona (PRs) estão presentes em todas as etapas do eixo hipotálamo-hipófise-ovário, tanto em embriões quanto em galinhas adultas. Em aves, duas isoformas nucleares de PR são expressas a partir de um único gene: PR-A e PR-B. Cada uma dessas isoformas regula diferentes genes e desempenha funções distintas. A responsividade à progesterona é determinada pela proporção de expressão entre PR-A e PR-B, a qual varia conforme o tecido e o estado reprodutivo, incluindo a maturidade sexual e o ciclo de ovulação e postura (CAMACHO-ARROYO et al., 2007).

A progesterona desempenha um papel crucial principalmente no processo de ovulação. O aumento pré-ovulatório dos níveis de LH e progesterona resulta em um feedback positivo. A progesterona estimula o pico pré-ovulatório de LH ao induzir a liberação de GnRH pelo hipotálamo (GONZÁLEZ-MORÁN et al., 2013; RANGEL et al., 2014). Além de sua função na ovulação, a progesterona regula comportamentos sexuais e de nidificação e é essencial para o desenvolvimento e a atividade secretora do oviduto. Dessa forma, a progesterona não apenas

facilita a ovulação, mas também prepara o sistema reprodutivo para a reprodução e cuidado dos ovos (HRABIA, 2022).

O tecido ovariano responde à influência dos androgênios, e a sinalização mediada pelo receptor de androgênio (AR) pode desempenhar um papel importante na formação dos ovários das galinhas (GONZÁLEZ-MORÁN et al., 2013). O AR está presente nas células da granulosa e da teca em todos os estágios do desenvolvimento folicular, exceto nos folículos primordiais e primários (YOSHIMURA et al., 1993). A testosterona é necessária no processo de ovulação, estimulando a produção de progesterona pelas células da granulosa dos folículos pré-ovulatórios, mesmo na ausência de LH. Adicionalmente, a testosterona pode aumentar a expressão de mRNA dos genes StAR e CYP11A1, que são fundamentais para a esteroidogênese ovariana (RANGEL et al., 2006).

Os estrógenos exercem diversas funções, principalmente por meio dos receptores de estrogênio alfa e beta. Em aves, os estrógenos, através do ER $\alpha$ , atuam na diferenciação sexual das gônadas e no desenvolvimento do córtex ovariano, enquanto o ER $\beta$  não está diretamente envolvido nesse processo. O ER $\alpha$  é mais abundante no córtex do ovário do que na medula (GONZÁLEZ-MORÁN, 2014; MATTSSON e BRUNSTROM, 2017; HIRST et al., 2018). Durante a maturação ovariana, os estrógenos estão envolvidos no controle da produção de esteróides, indução de receptores de progesterona, proliferação celular e proteção contra apoptose (HRABIA et al., 2004). Além disso, os estrógenos têm influência no desenvolvimento de características sexuais secundárias femininas, na diferenciação do sistema nervoso relacionado ao sexo, no comportamento sexual e na síntese de proteínas do ovo (HRABIA, 2022).

### **2.5.7.3. Hormônio do crescimento e prolactina**

O hormônio do crescimento (GH) apresenta concentrações elevadas na corrente sanguínea de galinhas durante o início da postura e a ovulação, e níveis reduzidos quando a ave encerra a postura (HARVEY et al., 1979; WILLIAMS et al., 1986). O ovário das aves é capaz de sintetizar GH nos folículos ovarianos, especialmente na camada de granulosa. Os receptores de GH também estão presentes tanto em ovários imaturos quanto maduros, e o GH desempenha um papel na regulação da produção de esteróides, proliferação e apoptose celular, além de modular a ação do LH e influenciar a formação de folículos ovarianos (AHUMADA-SOLÓRZANO et al., 2012; LUNA et al., 2014). O GH também afeta a secreção de estradiol e progesterona, e está associado ao aumento da produção de esteróides durante o amadurecimento

dos ovários e em períodos de pausa na postura (ONAGBESAN et al., 2009; AHUMADA-SOLÓRZANO et al., 2016).

A prolactina (PRL) é crucial na indução e manutenção do comportamento de incubação em aves, além de influenciar diversos processos nos ovários ao longo do eixo hipotálamo-hipófise-ovário (SCANES et al., 1977). Níveis elevados de PRL estão associados à diminuição da produção de hormônios esteróides pelos ovários e à regressão dos mesmos, enquanto concentrações mais baixas favorecem a função gonadal normal (HU et al., 2017a, 2017b). A PRL exerce efeitos diretos sobre o ovário, interferindo na síntese de estradiol e progesterona, bem como na expressão de enzimas envolvidas na produção desses hormônios esteróides (CAMPER e BURKE, 1977). Além disso, uma forma semelhante de prolactina, chamada PRL-L (*Prolactina-like protein*), é encontrada no ovário e aparentemente é regulada pelo hormônio folículo-estimulante (FSH). Entretanto, o papel fisiológico preciso da PRL-L é desconhecido (WANG et al., 2010).

#### **2.5.7.4. Hormônios tireoidianos**

Os hormônios tireoidianos, T4 (tiroxina) e T3 (triiodotironina) são importantes na regulação da reprodução das aves. Eles são essenciais para o início do ciclo reprodutivo sazonal, o desenvolvimento da fotorefratariedade e o subsequente início do período não reprodutivo, além de influenciarem a expressão do comportamento de incubação (SHARP, 2005; SIOPEs et al., 2010; YOSHIMURA, 2010). Além disso, estão envolvidos na fase final da maturação sexual, onde existe uma relação inversa entre os hormônios tireoidianos e as concentrações de esteróides ovarianos (PECZELY, 1985; SECHMAN et al., 2000). O tratamento com T3 em galinhas resulta na redução da taxa de postura de ovos, do peso ovariano e das concentrações plasmáticas de LH e esteróides sexuais, além de provocar alterações na morfologia ovariana, como atresia dos folículos hierárquicos. Nos folículos ovarianos, o T3 reduz a síntese de estradiol e progesterona, sugerindo uma ação direta nos ovários e impactando a esteroidogênese (SECHMAN et al., 2011; SECHMAN, 2013).

#### **2.5.7.5. Grelina e adipocinas**

A grelina, um hormônio produzido principalmente no proventrículo, é encontrado no ovário das galinhas, onde desempenha um papel na regulação da proliferação celular, apoptose e secreção hormonal (SIROTKIN et al., 2016). Sua presença no ovário sugere um possível papel

na modulação da função reprodutiva. A grelina influencia a produção de testosterona e estradiol pelos folículos pré-ovulatórios, indicando um envolvimento direto na regulação dos processos reprodutivos (SIROTKIN et al., 2017). Acredita-se que esses efeitos sejam mediados por mecanismos de sinalização intracelular, incluindo vias dependentes de MAPK (quinase ativada por mitógeno) e PKA (proteína quinase A) (SIROTKIN e GROSSMANN, 2007).

As adipocinas, como a adiponectina, estão relacionadas ao desenvolvimento e funcionamento dos folículos ovarianos. Em galinhas poedeiras, tanto a adiponectina quanto seus receptores estão presentes nas células da granulosa e da teca, influenciando processos como a proliferação celular, metabolismo e produção de esteróides no ovário (CHABROLLE et al., 2007; HADLEY et al., 2020). Além da adiponectina, outras adipocinas como a quemerina e a visfatina foram identificadas no ovário das aves e estão associadas à síntese de esteróides, influenciando a expressão de enzimas esteroidogênicas ou modulando os efeitos do fator de crescimento semelhante à insulina tipo I (IGF-I) (MELLOUK et al., 2018; ESTIENNE et al., 2019).

#### **2.5.8. Sazonalidade reprodutiva nas aves**

Grande parte das aves se reproduz de forma sazonal durante períodos de dias longos, com mudanças comportamentais e fisiológicas reguladas por seus mecanismos circadianos. Nos mamíferos, o principal regulador circadiano é o núcleo supraquiasmático do hipotálamo. Em aves, além desse núcleo, os olhos e a glândula pineal também atuam como reguladores circadianos, variando em importância conforme a espécie (MENAKER, 1968; STEELE et al., 2003; TAKAHASHI e MENAKER, 1982; YOSHIMURA et al., 2001). Nos pardais, a glândula pineal é essencial para a recepção dos estímulos luminosos e a regulação do ritmo circadiano (TAKAHASHI e MENAKER, 1982). Nas codornas, os olhos têm um papel predominante nessa função (STEELE et al., 2003). Nos pombos, tanto a glândula pineal quanto os olhos colaboram na regulação do ritmo circadiano (YOSHIMURA et al., 2001).

A glândula pineal é o órgão fotossensível mais conhecido e um dos tipos celulares encontrados nessa glândula são os pinealócitos. Os pinealócitos são semelhantes a fotorreceptores da retina, e contém fotopigmentos e moléculas de sinalização e fototransdução, que permite a detecção direta de luz (BAILEY et al., 2003; BAILEY e CASSONE, 2004). Em aves, um dos fotopigmentos conhecidos é a pinopsina, que é uma proteína fotossensível que desempenha um papel crucial na regulação dos ritmos circadianos e sazonais das aves (OKANO et al., 1994; MAX et al., 1995). Em perus, a pinopsina foi encontrada no órgão pineal desde a

eclosão até a maturidade, indicando sua possível importância no desenvolvimento gonadal (PETRUSEWICZ-KOSIŃSKA, 2019).

Além disso, as aves produzem melatonina na glândula pineal. Embora o papel exato da melatonina ainda esteja em discussão, acredita-se que este hormônio esteja relacionado à sincronização dos ciclos reprodutivos das aves. Esses ciclos são essencialmente divididos em três fases: sensibilidade, estimulação e refratariedade (CASSONE e KUMAR, 2022).

A fase de sensibilidade é a fase inicial, onde as aves são altamente sensíveis às mudanças na duração do dia (fotoperíodo). Durante essa fase, fotorreceptores detectam a mudança no fotoperíodo, e a exposição à luz durante um período específico do ciclo circadiano ativa o eixo hipotálamo-hipófise-gonadal. Isso resulta na liberação de GnRH, que estimula a produção de LH e FSH pela glândula adeno-hipófise, preparando o corpo para a fase de estimulação (FOLLETT et al., 1998; DAWSON et al., 2001; CASSONE e KUMAR, 2022).

Algumas espécies são altamente sensíveis às flutuações no fotoperíodo. Um exemplo é a Codorna-japonesa (*Coturnix japonica*), que consegue perceber diferenças de apenas 30 minutos na duração do dia. Nessas aves, dias com mais de 11,5 horas de luz estimulam o aumento do volume gonadal, enquanto dias com 11,5 horas ou menos de luz não têm o mesmo efeito (FOLLETT e MAUNG, 1978).

Após a fase de sensibilidade, as aves entram na fase de estimulação, durante a qual os sinais fotoperiódicos contínuos e apropriados promovem a plena ativação do sistema reprodutivo, o que leva ao máximo desenvolvimento e funcionamento das gônadas. Os estímulos luminosos nessa fase mantém a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-gonadal, resultando na contínua secreção de GnRH, LH e FSH. Para as fêmeas, isso significa o aumento do volume ovariano e a preparação para a ovulação (DAWSON et al. 2001; CASSONE e KUMAR, 2022).

A última fase é a fase de refratariedade onde o sistema reprodutivo das aves se torna insensível aos estímulos fotoperiódicos. Mesmo com a continuidade dos dias longos, as aves não ativam o eixo reprodutivo. Esta fase é essencial para interromper a atividade reprodutiva após a temporada de reprodução, permitindo que as aves descansem e recuperem energia (HAN e MACDOUGALL-SHACKLETON, 2008). Durante a refratariedade, a liberação GnRH pelo hipotálamo é interrompida, o que leva a uma diminuição na secreção de LH e FSH pela glândula adeno-hipófise e, conseqüentemente, há uma redução na atividade das gônadas. A diminuição das gonadotrofinas resulta em menores níveis de hormônios sexuais, como estrogênio e testosterona, levando à regressão dos ovários e testículos. A redução no tamanho dos órgãos



reprodutivos ajuda as aves a manterem uma melhor condição física para outras atividades, como migração ou busca de alimentos (NICHOLLS et al., 1988; HAHN e MACDOUGALL-SHACKLETON 2008).

Essa variação no tamanho das gônadas ao longo da temporada reprodutiva também foi observada em Falcões-sacre. Durante a temporada de reprodução, fêmeas apresentaram maiores dimensões dos ovários e maior espessura do oviduto. Em contraste, fêmeas coletadas fora do período reprodutivo exibiram uma regressão dessas estruturas, com ovários e ovidutos muito semelhantes aos encontrados em fêmeas imaturas (DIXON et al., 2020).

Além da regulação do início da atividade reprodutiva pelo fotoperíodo, a oferta de alimento também parece ser extremamente importante para o início da postura em rapinantes. Em uma conferência especial sobre comportamento reprodutivo e postura, Nelson (2024) destacou que aumentar a oferta de alimento e a forma como ele é oferecido pode desencadear a postura em aves de rapina mantidas em cativeiro, aumentando as chances de sucesso reprodutivo.

Essa revisão reforça a necessidade de estudos sobre a fisiologia reprodutiva de rapinantes, uma vez que pouca ou nenhuma informação foi publicada sobre esse grupo de aves, e o conhecimento atual se baseia principalmente em modelos domésticos. Portanto, há uma lacuna significativa na literatura científica que precisa ser preenchida para melhorar as práticas de manejo e conservação dessas espécies em cativeiro.

### 3. OBJETIVOS

Este estudo teve como objetivo principal avaliar a morfologia, diâmetro folicular e outras características foliculares em fêmeas puras de falcão Gerifalte (*Falco rusticolus*) e em fêmeas híbridas de Gerifalte-Sacre (*Falco rusticolus* e *Falco cherrug*).

Os objetivos específicos foram:

- a) Contabilizar, classificar e mensurar os folículos encontrados no ovário de cada fêmea.
- b) Avaliar se existe diferença entre fêmeas puras e híbridas em relação ao número de folículos contabilizados e ao tipo folicular.
- c) Investigar a relação entre a idade da fêmea e a quantidade de cada tipo folicular e suas medidas.
- d) Avaliar a quantidade de ovos postos e prole eclodida viva entre os grupos de fêmeas puras e híbridas.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Local

A coleta e preparação inicial das amostras foram conduzidas na Estação de Reprodução de Falcões pertencente ao *Emirates Center for Wildlife Propagation* (ECWP), localizada em Oumjniba, Marrocos (33.33N, -4.68E), região com classificação Csb (temperatura quente com verão quente e seco) segundo a classificação climática de KÖPPEN-GEIGER (KOTTEK et al, 2006). As coletas foram realizadas entre o final de abril e início de maio de 2023, correspondendo ao término da temporada reprodutiva dos falcões na região.

O processamento histológico das amostras foi realizado no *National Avian Research Center* (NARC) em Abu Dhabi, Emirados Árabes Unidos (24.38N, 55.39E), e o escaneamento e análise das lâminas histológicas foram realizados na Rede de Laboratórios Multiusuários (RELAM) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e na Escola de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), ambas em Minas Gerais, Brasil.

O programa de reprodução e as condições de cativeiro do ECWP seguem a legislação imposta pelas autoridades marroquinas: *Ministère de l'Agriculture, Développement Rural et des Pêches Maritimes, Direction Provinciale de l'Agriculture de Boulemane e Service Vétérinaire* (Nu DPA/48/285/SV) sob alvará número 01-16/VV; OAC/2007/E; Ac/Ou/Rn, e o planejamento e execução do experimento foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFMG sob o número 103/2023.

### 4.2. Animais

Foram utilizadas 27 aves fêmeas nascidas e criadas em cativeiro, incluindo puras (*Falco rusticolus*) e híbridas (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*) selecionadas para descarte. Conforme as diretrizes do centro de conservação, aves que não demonstram desempenho adequado em termos de sobrevivência e reprodução, como por exemplo ausência de cópula ou postura, são descartadas. Essas aves, incapazes de serem reintroduzidas na natureza, eram mantidas em uma voadeira de recreação de 30 metros de diâmetro e 7 metros de altura, onde podiam demonstrar comportamento natural, com acesso *ad libitum* à água e presas cruas oferecidas diariamente no mesmo horário.

As fêmeas avaliadas neste projeto foram divididas em três grupos: Grupo H1, com oito fêmeas híbridas 7/8 Gerifalte (*Falco rusticolus* (7/8) x *Falco cherrug* (1/8)); Grupo H2, com

dez fêmeas híbridas 6/8 Gerifalte (*Falco rusticolus* (6/8) x *Falco cherrug* (2/8)) e Grupo P, contendo nove fêmeas Gerifalte puras (*Falco rusticolus*). As fêmeas híbridas eram resultantes de cruzamentos aleatórios, onde tanto machos quanto fêmeas poderiam ser de qualquer uma das duas espécies, sem um padrão específico de uso exclusivo de machos Gerifalte ou machos Sacre. A idade variou de 7 a 16 anos, conforme demonstrado na Tabela 1.

**Tabela 1:** Relação: Total de Fêmeas x Grupo x Idade. H1: híbridas 7/8 Gerifalte, H2: híbridas 6/8 Gerifalte e P: Gerifalte puras.

Total de Fêmeas	Grupo	Idade (anos)
01	H1	7
03	H1	8
02	H1	9
01	H1	10
01	H1	11
01	H2	7
04	H2	9
02	H2	11
01	H2	12
01	H2	13
01	H2	15
02	P	7
01	P	8
01	P	12
02	P	14
01	P	15
02	P	16

### 4.3. Coleta e preparação das amostras

As aves foram capturadas usando um puçá (uma grande rede acolchoada), e uma espécie de capuz foi colocado em cada ave para evitar estímulos visuais que pudessem causar aumento do estresse durante o manejo. A contenção manual foi realizada por um técnico treinado segurando cada ave pela região medial do abdômen (enquanto imobilizava as patas da ave) para evitar movimentos perigosos com as garras.

A eutanásia foi realizada utilizando o composto injetável T-61® (iodeto de mebezonio + embutramida + cloridrato de tetracaína) (Merck & Co., Inc., Rahway, NJ, EUA), na dose de 0,6mL por indivíduo, intravenosamente, lentamente utilizando a veia braquial (BAKER-COOK et al., 2021). Os sinais vitais foram monitorados por um médico veterinário para determinar o momento da morte do animal. Após as eutanásias, para cada fêmea foi feita uma incisão na

linha média da cavidade celomática, logo abaixo da quilha do esterno e, por meio dessa incisão, os órgãos de interesse foram cuidadosamente removidos, seguindo as regras de biossegurança para procedimentos cirúrgicos. Foram coletados ovário, infundíbulo, magno, istmo, útero e vagina de cada fêmea, e para o presente estudo somente os ovários foram avaliados. Todas as carcaças e órgãos não coletados foram incineradas, e os resíduos resultantes descartados adequadamente.

Os ovários coletados foram lavados com solução salina tamponada com fosfato - PBS 1X (*Sigma-Aldrich*, Missouri, EUA), fotografados e colocados em tubos cônicos do tipo Falcon de 50mL (*Sigma-Aldrich*, Missouri, EUA) contendo solução fixadora de Bouin (3 partes de ácido acético para 5 partes de formol e 15 partes de ácido pícrico saturado a 2g/L em água) por 12 horas. Após esse período, a solução de Bouin foi substituída por álcool 70%, e, posteriormente substituída por nova solução de álcool 70% após 24 horas de descanso. Após o tempo de fixação, as amostras foram divididas em fragmentos menores, com aproximadamente 5 mm de espessura, e colocadas em cassetes histológicos pré-identificados. Os cassetes foram mantidos em álcool a 90% por cerca de 8 horas. Todo o preparo e técnica histológica seguiram os protocolos padrões (SUVARNA et al., 2019).

Os passos subsequentes foram desidratação, clarificação e impregnação. Para a desidratação, os cassetes foram transferidos para um recipiente contendo álcool absoluto e mantidos por 30 minutos, repetindo este passo em mais dois recipientes com álcool absoluto limpo. Para a clarificação, os cassetes foram transferidos para dois recipientes contendo xileno, um de cada vez, onde permaneceram por 5 minutos em cada recipiente. O passo de impregnação envolveu imergir os cassetes em dois recipientes com parafina líquida a 60°C, onde foram mantidos por uma hora em cada recipiente. Em seguida, os cassetes foram transferidos para uma estufa a 60°C e mantidos até o momento da inclusão em blocos de parafina.

O material de cada cassette foi incluído em um molde de metal preenchido com parafina líquida e, após o endurecimento da parafina, estes foram resfriados a aproximadamente 6°C abaixo de zero, onde permaneceram até a completa liberação do bloco de parafina do molde de metal. Os blocos foram então cortados usando o micrótomo *HistoCore AUTOCUT* (*Leica Biosystems*, Deer Park, EUA). Foram feitas secções de 3µm para cada tecido e as fitas de parafina obtidas através dos cortes foram colocadas em lâminas de vidro, e mantidas em estufa a 60°C por aproximadamente 1 hora para a fixação do tecido na lâmina. Ao final do tempo de fixação, as lâminas, foram encaminhadas para procedimentos de desparafinização em xilol,

hidratação em álcool e processo de coloração de HE (Hematoxilina-eosina) (*Merck*, Darmstadt, Alemanha) adaptado de Feldman e Wolfe (2014), conforme demonstrado na Tabela 2.

**Tabela 2:** Protocolo de coloração de HE adaptado de Feldman e Wolfe (2014). Passo a passo demonstrando os reagentes utilizados e o tempo de imersão da amostra para cada reagente.

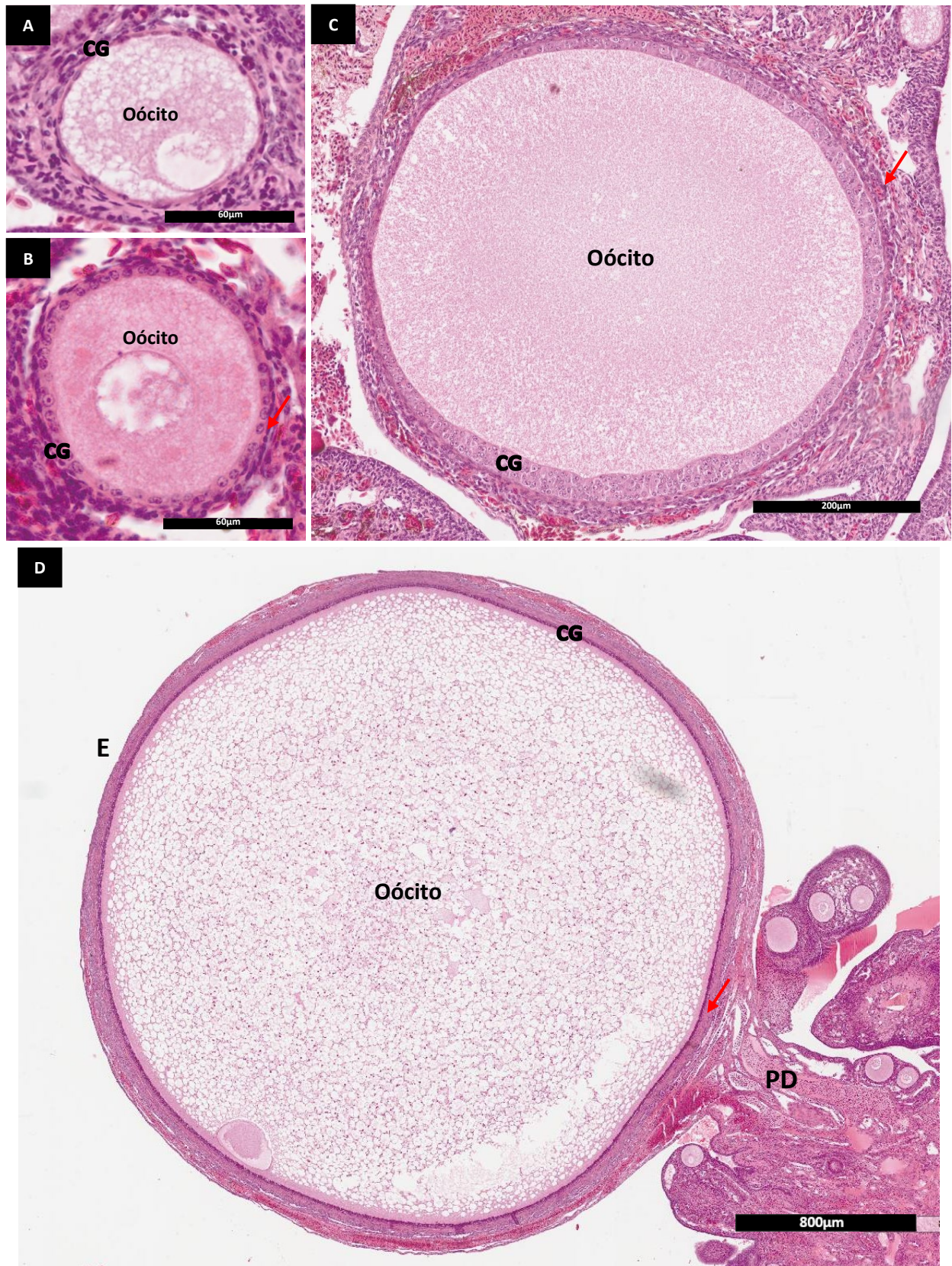
Xilol - Recipiente 1	5 minutos de imersão
Xilol - Recipiente 2	5 minutos de imersão
Xilol - Recipiente 3	5 minutos de imersão
Etanol 100% - Recipiente 1	2 minutos de imersão
Etanol 100% - Recipiente 2	2 minutos de imersão
Etanol 90% - Recipiente 1	2 minutos de imersão
Etanol 70%	2 minutos de imersão
Água	Enxágue por 2 minutos
Hematoxilina	30-40 segundos de imersão
Água	Enxágue por 2 minutos
Etanol 90% - Recipiente 2	2 minutos de imersão
Eosina	40-50 segundos de imersão
Etanol 100% - Recipiente 3	2 minutos de imersão
Etanol 100% - Recipiente 4	2 minutos de imersão
Etanol 100% - Recipiente 5	2 minutos de imersão
Xilol - Recipiente 4	5 minutos de imersão
Xilol - Recipiente 5	5 minutos de imersão
Xilol - Recipiente 6	5 minutos de imersão
Xilol - Recipiente 7	5 minutos de imersão
1 a 2 gotas de meio para montagem de lâminas e fechamento com lamínula	

As lâminas preparadas foram enviadas para a Rede de Laboratórios Multiusuários (RELAM) da UFU (Uberlândia, MG), onde foram escaneadas, digitalizando as imagens através do scanner *Aperio AT Turbo ScanScope* (*Leica Biosystems*, Deer Park, EUA). A captura de micrografias extras foi feita através de um microscópio de luz (*Zeiss Axioskop ID03*, *Carl Zeiss*, Thornwood, Nova York) com uma câmera digital acoplada, e a avaliação das imagens escaneadas foi feita utilizando o software *Aperio Image Scope* v. 12.4.6 (*Leica Biosystems*, 2024), ambas performadas na Escola de Veterinária da UFMG (Belo Horizonte, MG).

#### 4.4. Avaliação histológica

Para cada fêmea, foi realizada a contagem e a classificação de todos os folículos visualizados nos cortes histológicos, segundo os critérios de Yoshimura e Barua (2017) e Hodges (1974). Os folículos foram categorizados como primordial, primário, pré-hierárquico, pré-ovulatório, pós-ovulatório ou atrésico. A classificação seguiu os critérios descritos a seguir e ilustrados nas Figuras 7 e 8.

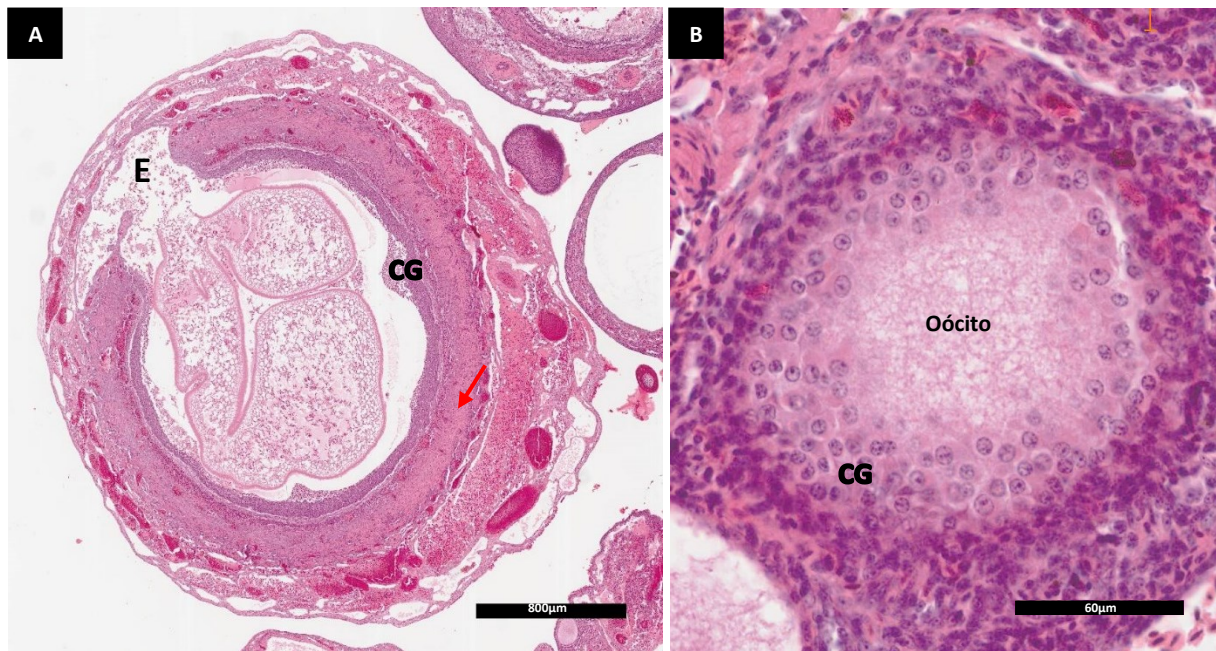
- a) Folículo primordial (PdF): Oócito circundado por uma única camada de células da granulosa, apresentando formato pavimentoso ou cubóide;
- b) Folículo primário (PrF): Oócito circundado por uma camada de células da granulosa com formato cubóide, lâmina basal e uma única camada de células da teca;
- c) Folículo pré-hierárquico (PH): Oócito circundado por uma camada multilaminar de células da granulosa, lâmina basal, teca interna, teca externa, e presença de tecido conjuntivo envolvendo o folículo e seu pedículo;
- d) Folículo pré-ovulatório (PO): Oócito circundado por uma camada unilaminar de células da granulosa com formato cuboide, uma lâmina basal mais espessa, teca interna, teca externa mais espessa, e uma camada de tecido conjuntivo fino na região do estigma, projetando-se a partir do córtex ovariano e do pedículo folicular;
- e) Folículo pós-ovulatório ou sítio de ovulação (SO): Observa-se espessamento das camadas de células da granulosa e tecas interna e externa, aumento de células da granulosa, desaparecimento da membrana basal, deslocamento das células da teca interna e da granulosa em direção ao lúmen do folículo. Dependendo da secção, pode se observar a ruptura da parede na região do estigma e o extravasamento do oócito;
- f) Folículo atrésico (AT): Parede folicular apresentando hipertrofia do tecido conjuntivo, desintegração da camada de células da granulosa, afrouxamento das camadas da teca, e deslocamento das camadas da célula da granulosa e da teca para o lúmen do folículo.



**Figura 7:** Fotomicrografia das estruturas foliculares para demonstração visual da classificação folicular utilizada. (A) Folículo primordial: camada única de células da granulosa em formato pavimentoso. *Escala: 60µm.* (B) Folículo primário: camada única de células da granulosa em formato cubóide, circundada por uma camada de células da teca com formato pavimentoso. *Escala: 60µm.* (C) Folículo pré-hierárquico: camada multilaminar de células da granulosa,



variando de cubóide a colunar, acompanhada pela presença de teca interna, teca externa, vasos sanguíneos e tecido conjuntivo. A lâmina basal não é discernível. *Escala: 200µm.* (D) Folículo pré-ovulatório: observa-se uma camada de células da granulosa (coloração basofílica), teca externa, teca interna, tecido conjuntivo e pedículo folicular. Destaca-se a região do estigma, caracterizada pelo afinamento das camadas e ausência de vascularização. *Escala: 800µm.* **CG:** células da granulosa; **Seta vermelha:** camadas da teca; **PD:** pedículo folicular; **E:** região do estigma.

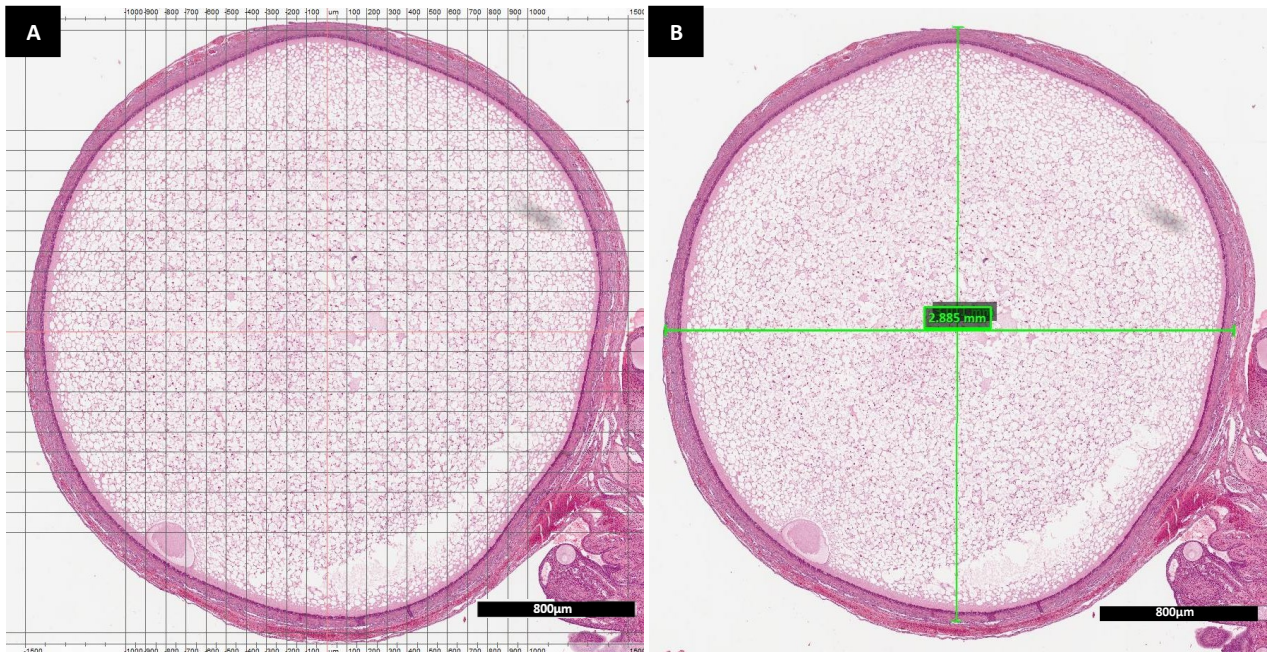


**Figura 8:** Fotomicrografia das estruturas foliculares para demonstração visual da classificação folicular utilizada. (A) Folículo pós-ovulatório ou Sítio de ovulação: observa-se espessamento da camada de células da granulosa e das camadas da teca e ruptura dessas camadas na região do estigma, onde é visualizado o extravasamento do conteúdo do folículo. *Escala: 800µm.* (B) Folículo Atrésico: nota-se a desintegração da camada de células da granulosa e das camadas da teca, tornando difícil diferenciar o início e o fim de cada camada. Ainda é possível visualizar as células da granulosa se deslocando em direção ao lúmen do folículo. *Escala: 60µm.* **CG:** células da granulosa; **Seta vermelha:** camadas da teca; **E:** região do estigma.

Durante a contagem e classificação, cada folículo recebeu uma numeração atribuída pelo software com base em sua posição na contagem total e foi agrupado de acordo com o tipo de folículo (PdF, PrF, PH, PO, SO ou AT). Sempre que possível, um total de dez folículos foram escolhidos aleatoriamente e mensurados para cada tipo folicular em cada fêmea.

Para a mensuração dos folículos, considerou-se a camada mais externa da teca como limite exterior. Os diâmetros do eixo maior e do eixo menor foram traçados a partir do ponto mais central do folículo. O diâmetro do eixo menor foi traçado em ângulo reto com o primeiro, conforme ilustrado na Figura 9 (GRIFFIN et al, 2006). O diâmetro folicular foi determinado

como a média dos diâmetros dos eixos. Todas as medições foram realizadas utilizando o software *Aperio AT Turbo ScanScope* (Leica Biosystems, Deer Park, EUA). Os sítios de ovulação não foram incluídos na mensuração dos diâmetros.



**Figura 9:** Demonstração visual da mensuração do diâmetro folicular. (A) Uso das grades e régua do software para localizar o ponto central do foliculo. (B) Medição dos diâmetros dos eixos maior e menor, com intersecção no ponto central do foliculo. *Escala: 800µm.*

Após a mensuração dos foliculos, os dados foram tabulados em uma planilha do Excel e organizados de maneira a serem utilizados para análise estatística.

#### 4.5. Avaliação do histórico reprodutivo

Para avaliar o histórico reprodutivo das fêmeas, uma busca retrospectiva foi conduzida no banco de dados da Estação de Reprodução de Falcões. O período analisado compreendeu os anos de 2012 a 2022, totalizando uma década de informações coletadas. A análise estatística considerou tanto a contagem total de ovos postos por cada fêmea quanto a quantidade total de filhotes que eclodiram vivos durante o período selecionado. Esse levantamento retrospectivo foi realizado para fornecer uma compreensão abrangente do desempenho reprodutivo das fêmeas ao longo do período de estudo.

#### 4.6. Análise estatística

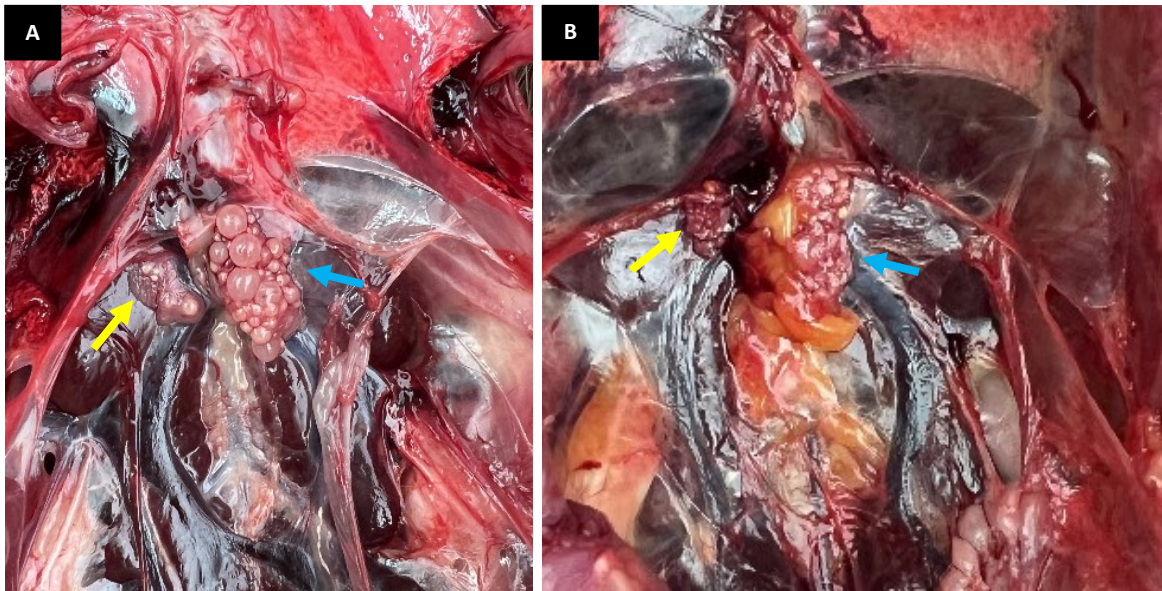
Neste estudo, investigou-se os efeitos da idade e do grau de hibridação das fêmeas sobre os diâmetros e contagens dos diferentes tipos foliculares (PdF, PrF, PH, PO, SO ou AT), além dos resultados reprodutivos, ovos postos e filhotes eclodidos vivos, utilizando modelos de regressão generalizada e modelos mistos.

Para cada folículo, foram mensurados dois diâmetros (eixo maior e eixo menor) e a média das duas medidas foi computada. Foram analisados por meio de um modelo de regressão mista, com o fator de identificação individual como um efeito aleatório para considerar as possíveis dependências entre as observações, levando em conta o número de medidas por indivíduo (até dez medidas de folículos, embora alguns indivíduos apresentassem contagens inferiores a esse número).

As medidas de diâmetro médio foram modeladas utilizando uma distribuição log-normal, enquanto os dados de contagem de folículos e resultados reprodutivos foram modelados usando uma distribuição de *Poisson* ou uma distribuição binomial negativa em casos de superdispersão. O procedimento de seleção do modelo baseou-se em uma abordagem passo a passo, utilizando o “Critério de Informação de Akaike” corrigido para tamanhos de amostra pequenos (AICc) para identificar os modelos finais ótimos. Termos polinomiais para idade foram incorporados para explorar potenciais relacionamentos não lineares com as variáveis dependentes. Além disso, as suposições de regressão, incluindo homogeneidade da variância dos resíduos e normalidade, foram avaliadas e validadas usando gráficos de diagnóstico de resíduos (BROOKS et al., 2017). Todas as análises de dados foram realizadas no *Rstudio* v. 4.3.2, utilizando os seguintes pacotes: "ggplot2" para visualização de dados, "glmmTMB" para desenvolvimento de modelos, "AICcmodavg" para seleção de modelos, "DHARMA" para diagnóstico de modelos e "ggeffects" para calcular as médias marginais previstas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a coleta dos ovários, 11 das 27 fêmeas foram avaliadas para a presença de ovários bilaterais. Em 3 dessas 11 fêmeas foi observada a presença do ovário esquerdo e um ovário direito (Figura 10), representando 27,3% da população avaliada. Destas três fêmeas, duas eram puras (*Falco rusticolus*) e uma era do grupo de híbridos 7/8 (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*). Em estudo recente, Dixon e colaboradores (2020), avaliaram 161 fêmeas de Falcão-sacre (*Falco cherrug*) e encontraram ovários bilaterais em 147 fêmeas, representando 91,3% da população avaliada. Os ovários direitos encontrados nessas fêmeas Sacre eram visualmente menores que os esquerdos, assim como observado no presente estudo com Gerifalte e híbridas. É importante destacar que em nenhum dos casos citados foram encontrados dois ovidutos.



**Figura 10:** Fotos da cavidade celomática de duas fêmeas mostrando a presença de ovários bilaterais. (A) Fêmea híbrida 7/8 (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*). (B) Fêmea pura (*Falco rusticolus*). As setas amarelas indicam os ovários direitos, que são visualmente menores e possuem pequenos folículos, enquanto as setas azuis indicam os ovários esquerdos, que são visualmente mais desenvolvidos e apresentam folículos maiores.

Existem outros relatos de rapinantes que apresentaram ovários bilaterais, demonstrando variação entre indivíduos de uma mesma espécie. Por exemplo, Rodler e colaboradores (2014) examinaram sete Águias-de-asa-redonda (*Buteo buteo*) e encontraram ovários bilaterais em apenas duas fêmeas. Nessas duas fêmeas, o ovário direito era consideravelmente menor do que o esquerdo. No mesmo estudo, quatro Gaviões-europeus (*Accipiter nisus*) foram avaliados, dos quais três apresentaram ovários bilaterais com tamanhos similares entre o ovário direito e o esquerdo. Além disso, um relato publicado sobre Falcões-peregrinos (*Falco peregrinus*),

identificou uma fêmea com um ovário direito funcional, apresentando folículos desenvolvidos, enquanto o ovário esquerdo era não funcional (WHITE, 1969). Estes exemplos ilustram que a presença de ovários bilaterais e a variação no desenvolvimento entre os ovários direito e esquerdo não são fenômenos isolados e podem ocorrer em diferentes espécies de rapinantes.

Devido às dificuldades de diferenciação entre híbridos e puros, pesquisadores propuseram um painel de marcadores genéticos capazes de identificar de forma precisa as diversas espécies de falcões puros e híbridos (PADULA et al., 2023). No entanto, esse procedimento não é realizado rotineiramente nos criatórios, e as informações sobre hibridação ou espécie geralmente se baseiam no pedigree dos animais. Isso pode resultar na identificação errônea das espécies, levando ao cruzamento entre híbridos e indivíduos puros, o que pode causar introgressão genética. Dessa forma, é impossível afirmar se a presença de dois ovários é uma característica também do Falcão-gerifalte ou resultado de introgressão ocorrida antes do controle rigoroso de pedigrees, uma vez que não há descrições de ovários de aves selvagens desta espécie, como foi feito recentemente para o Falcão-sacre (DIXON et al., 2020).

Para avaliar os folículos, apenas o ovário esquerdo foi considerado, devido à variabilidade na presença e forma do ovário direito, que também não possui conexão com o oviduto. Todos os tipos foliculares foram encontrados em todas as fêmeas, com exceção dos folículos pré-hierárquicos, pré-ovulatórios e os sítios de ovulação, que estavam ausentes em algumas fêmeas. Entre os tipos de folículos avaliados, os folículos primordiais (PdF), folículos primários (PrF) e folículos atrésicos (AT) foram os mais abundantes em quantidade, apresentando notável variabilidade entre os grupos (Tabela 3).

No grupo de fêmeas Puras, as contagens médias de folículos foram geralmente menores em comparação com o grupo de híbridas 7/8. No entanto, as contagens de folículos no grupo híbridas 6/8 foram menores do que no grupo Puro, exceto para folículos PH e PO. Por outro lado, os folículos pré-hierárquicos (PH) e folículos pré-ovulatórios (PO) apresentam médias mais altas em ambos os grupos de híbridas quando comparados ao grupo de puras (Tabela 3).

Referente ao sucesso reprodutivo, foram avaliadas as quantidades de ovos postos e de descendentes que eclodiram vivos para cada grupo: puras, híbridas 7/8 e híbridas 6/8. As fêmeas puras apresentaram os maiores resultados, com uma média de 20 ovos postos e 10 descendentes eclodidos vivos durante o período de 10 anos. Para as fêmeas híbridas, no mesmo período avaliado, o grupo de híbridas 6/8 teve médias superiores, com 15 ovos postos e 7 descendentes eclodidos vivos, enquanto o grupo de híbridas 7/8 apresentou uma média de 8 ovos postos e 3 descendentes eclodidos vivos (Tabela 3).

As fêmeas híbridas 7/8 apresentaram uma média maior para sítios de ovulação/folículos pós-ovulatórios, porém com um alto desvio padrão. Isso pode indicar que uma quantidade significativa de sítios de ovulação estava concentrada em uma ou poucas fêmeas do grupo. Porém, avaliar essa variável é crucial para análise, pois o número de ovos postos está diretamente relacionado ao número de sítios de ovulação ou folículos pós-ovulatórios, que são as estruturas residuais deixadas após a ovulação do oócito (HRABIA, 2022).

**Tabela 3:** Médias e desvios padrão da contagem dos diferentes tipos de folículos, quantidade média de ovos postos e descendentes eclodidos vivos nos três grupos de fêmeas das espécies Gerifalte e híbridos Gerifalte-sacre.

Variável	Puras (n=9)	Híbridas 7/8 (n=8)	Híbridas 6/8 (n=10)
Idade (anos)	12,11 ± 3,79	8,75 ± 1,28	10,50 ± 2,37
PdF	35 ± 44	37 ± 26	14 ± 14
PrF	60 ± 85	127 ± 84	63 ± 85
PH	4 ± 3,4	9,9 ± 3,7	10,3 ± 7,1
PO	2 ± 2,45	5 ± 2,62	5 ± 3,06
SO	3,7 ± 3,2	5,8 ± 5,8	2,5 ± 1,6
AT	77 ± 77	117 ± 84	68 ± 46
Ovos postos	20 ± 24	8 ± 8	15 ± 12
Prole eclodida viva	10 ± 16	3 ± 3	7 ± 8

**PdF:** Folículos primordiais; **PrF:** Folículos primários; **PH:** Folículos pré-hierárquicos; **PO:** Folículos pré-ovulatórios; **SO:** Sítio de Ovulação e **AT:** Folículos atrésicos.

Ao avaliar as variáveis utilizadas para mensurar o sucesso reprodutivo, acredita-se que as fêmeas puras (*Falco rusticolus*) foram superiores às fêmeas híbridas (*Falco rusticolus* + *Falco cherrug*), indicando uma maior eficiência reprodutiva associada a um maior número de ovos postos e descendentes eclodidos vivos. Embora a hibridação possa trazer vantagens, ela também pode resultar em descendentes com fertilidade reduzida (DIXON, 2012). As fêmeas híbridas, sendo o sexo heterogamético nas aves, são mais afetadas que os machos híbridos (COYNE, 1985). Isso é confirmado pelas menores médias de ovos postos e prole eclodida viva entre as fêmeas híbridas.

Os resultados obtidos pela contagem direta e pelas medições dos diâmetros são úteis para obter valores comparáveis para futuros estudos. Porém, eles não podem ser diretamente utilizados para comparar os grupos, uma vez que não levam em consideração fatores que podem afetar essa comparação, como a idade das fêmeas. Para comparar os grupos de forma adequada, é necessário utilizar modelos estatísticos capazes de considerar todos os fatores que contribuem para as diferenças entre os grupos, bem como as características dos dados.

A respeito do diâmetro folicular, a Tabela 4 mostra as distribuições e os diâmetros médios dos diferentes tipos de folículos, separadas por grupo de fêmeas: puras, híbridas 7/8 e híbridas 6/8.

**Tabela 4:** Médias e desvios padrão da idade e do diâmetro médio dos diferentes tipos de folículos nos três grupos de fêmeas.

<b>Variável</b>	<b>Puras, N=9</b>	<b>Híbridas 7/8, N=8</b>	<b>Híbridas 6/8, N=10</b>
Idade (anos)	12,11 ± 3,79	8,75 ± 1,28	10,50 ± 2,37
PdF (µm)	103 ± 29	81 ± 11	91 ± 20
PrF (µm)	107 ± 23	101 ± 14	107 ± 19
PH (µm)	679 ± 322	840 ± 181	780 ± 225
PO (mm)	2,7 ± 2,1	2,1 ± 0,4	2,4 ± 0,6
AT (µm)	290 ± 198	208 ± 157	351 ± 204

**PdF:** Folículos primordiais; **PrF:** Folículos primários; **PH:** Folículos pré-hierárquicos; **PO:** Folículos pré-ovulatórios e **AT:** Folículos atrésicos.

As médias obtidas entre os três grupos variaram conforme segue: para folículos primordiais, de 81 a 103 µm; para folículos primários, de 101 a 107 µm; para folículos pré-hierárquicos, de 679 a 840 µm; e para folículos atrésicos, de 208 a 351 µm. Quanto aos folículos pré-ovulatórios, o diâmetro médio variou de 2,1 a 2,7 mm, sendo essas dimensões consideravelmente menores do que as relatadas por Dixon e colaboradores (2020) para Falcões-sacre. Neste estudo, Dixon e colaboradores observaram valores similares aos das galinhas para os folículos pré-ovulatórios em Falcões-sacre. Para uma fêmea adulta, os diâmetros dos folículos pré-ovulatórios F1, F2, F3, F4 e F5 foram de 29, 25, 19, 14 e 8 mm, respectivamente. Em duas fêmeas jovens, foram identificados três folículos pré-ovulatórios com tamanhos

variando de 22, 17 e 10 mm para a primeira fêmea, e de 17, 12 e 11 mm para a segunda. Não foram mensurados outros tipos foliculares nestas análises.

É importante destacar que as fêmeas avaliadas no presente estudo apresentaram algum tipo de desordem reprodutiva, como a não aceitação do macho, ausência de postura, postura de ovos não férteis ou de baixa qualidade, resultando em morte embrionária ou morte pós-eclosão. Esses problemas podem estar relacionados ao tamanho e à quantidade dos folículos encontrados. No entanto, devido à falta de literatura específica sobre o desenvolvimento folicular em Falcão-gerifalte, é difícil determinar se esses seriam os padrões esperados para essa espécie ou se os resultados refletem as desordens reprodutivas observadas nas fêmeas estudadas. De qualquer forma, as diferenças na quantidade e no tamanho dos folículos observadas indicam que existem diferenças entre híbridos e puros, reforçando a necessidade de mais pesquisas sobre essa temática.

Além da análise das médias foliculares para cada grupo, conforme já citado, foram utilizados modelos estatísticos que proporcionaram uma compreensão abrangente dos fatores que podem influenciar o número de folículos e o diâmetro folicular médio. Os fatores de interesse escolhidos foram idade e hibridação e os resultados estão demonstrados nas Tabelas 5 e 6 e Figuras 11 e 12.

Os modelos finais de regressão generalizada revelaram um impacto significativo da idade no número da maioria dos tipos de folículos, com as contagens diminuindo à medida que a idade aumenta. No entanto, não foram detectados efeitos significativos da idade para os folículos pós-ovulatórios/sítios de ovulação (SO) e pré-hierárquicos (PH). Segundo Hodges (1974), apenas 4 a 5 folículos pós-ovulatórios/sítios de ovulação são encontrados em galinhas sexualmente ativas, o que pode explicar o baixo número de folículos pós-ovulatórios observados nas fêmeas deste experimento.



**Tabela 5:** Efeito da idade e dos grupos de hibridação na contagem dos diferentes tipos de folículos e nos resultados reprodutivos das espécies Gerifalte e híbridos Gerifalte-sacre.

Variável	Efeito	Estimativa	95% IC	Z-valor	p-valor
Folículo Primordial (PdF)	<b>Intercepto</b>	2,92	2,48 – 3,35	13,13	<0,001
	<b>Híbridas 6/8</b>	-4,58	-6,09 – (-3,07)	-1,51	0,131
	<b>Puras</b>	0,58	-1,04 – 0,13	2,32	0,020
	<b>Idade</b>	-0,45	0,09 – 1,07	-5,94	<0,001
Folículo Primário (PrF)	<b>Intercepto</b>	4,19	3,90 – 4,48	28,70	<0,001
	<b>Idade</b>	-3,86	-5,35 – (-2,37)	-5,07	<0,001
Folículo pré-hierárquico (PH)	<b>Intercepto</b>	2,29	1,88 – 2,70	10,86	<0,001
	<b>Híbridas 6/8</b>	0,04	-0,51 – 0,59	0,15	0,004
	<b>Puras</b>	-0,90	-1,52 – (-0,28)	-2,85	0,007
Folículo pré-ovulatório (PO)	<b>Intercepto</b>	2,99	2,16 – 0,38	7,09	<0,001
	<b>Híbridas 6/8</b>	0,24	-0,19 – 0,67	1,08	0,281
	<b>Puras</b>	-0,53	-1,10 – 0,04	-1,82	0,069
	<b>Idade</b>	-0,16	-0,25 – (-0,70)	-3,48	<0,001
Sítio de ovulação (SO)	<b>Intercepto</b>	1,35	0,99 – 1,70	7,45	<0,001
Folículo Atrésico (AT)	<b>Intercepto</b>	4,33	4,13 – 4,54	41,42	<0,001
	<b>Idade</b>	-2,69	-3,72 – (-1,66)	-5,11	<0,001
Número de ovos postos	<b>Intercepto</b>	2,29	1,81 – 2,76	9,43	<0,001
	<b>Idade</b>	4,37	2,30 – 6,45	4,13	<0,001
	<b>Idade<sup>2</sup></b>	-2,69	-4,57 – (-0,82)	-2,82	0,005
Número de descendentes eclodidos vivos	<b>Intercepto</b>	1,15	0,55 – 1,75	3,76	<0,001
	<b>Idade</b>	5,84	3,17 – 8,52	4,28	<0,001
	<b>Idade<sup>2</sup></b>	-4,01	-6,39 – (-1,63)	-3,30	<0,001

IC: Intervalo de confiança. Nível de confiança: p-Valor  $\leq 0.05$ . Foram utilizados modelos lineares generalizados simplificados. São apresentadas as estimativas dos parâmetros com intervalos de confiança de 95%, além dos valores Z e p.

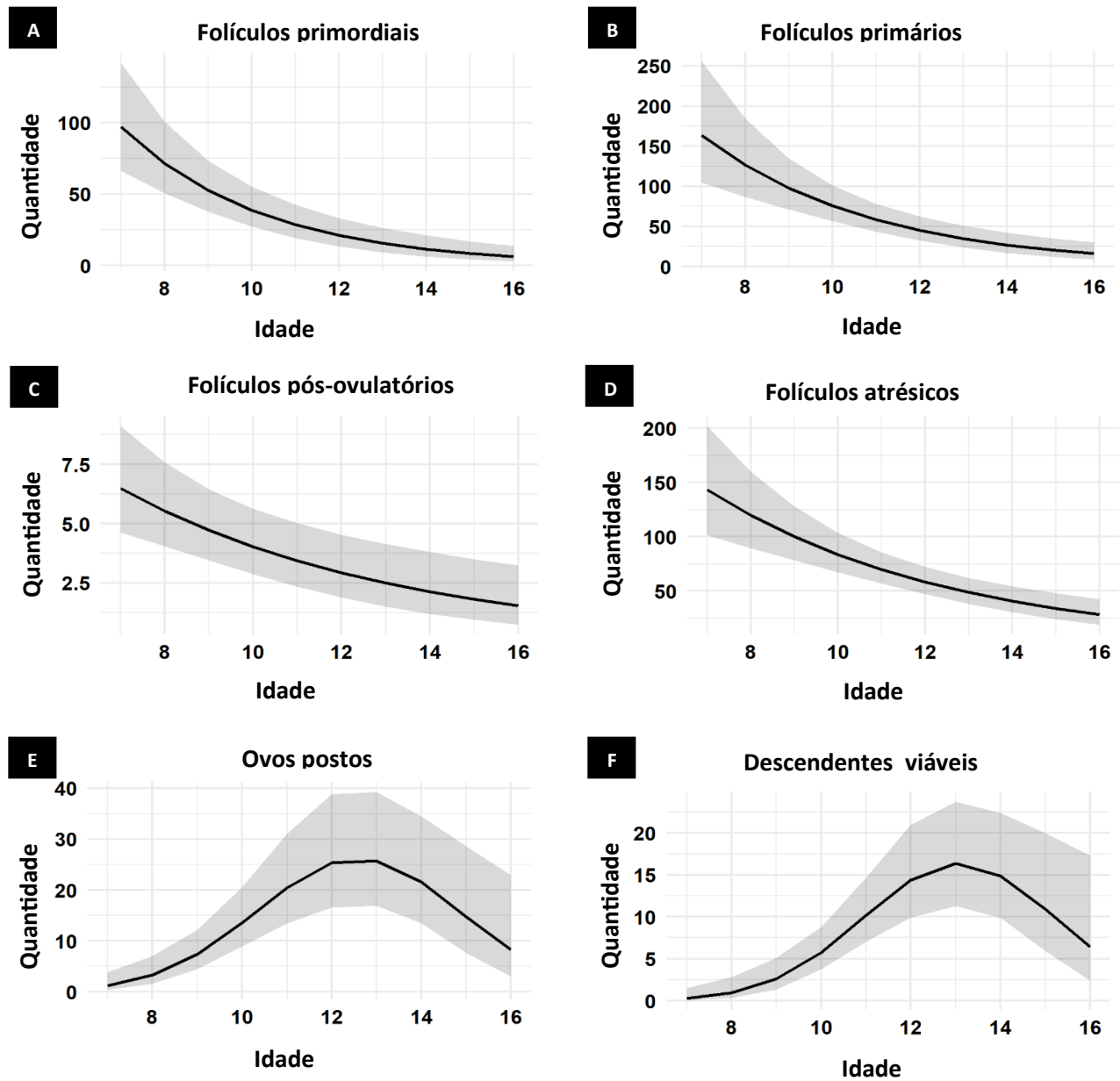
**Tabela 6:** Análise do efeito da idade no diâmetro médio dos diferentes tipos de folículos.

Variável	Efeito	Estimativa	95% IC	Z-valor	p-valor
Folículo Primordial (PdF)	<b>Intercepto</b>	4,48	4,43 – 4,54	160,82	<0,001
	<b>Idade</b>	1,39	0,64 – 2,14	3,62	<0,001
Folículo Primário (PrF)	<b>Intercepto</b>	4,65	4,61 – 4,69	225,30	<0,001
	<b>Idade</b>	1,31	0,70 – 1,91	4,22	<0,001
	<b>Idade<sup>2</sup></b>	-0,87	-1,49 – (-0,26)	-2,80	0,005
Folículo pré-hierárquico (PH)	<b>Intercepto</b>	6,64	6,53 – 6,74	123,09	<0,001
	<b>Idade</b>	-1,74	-2,93 – (-0,54)	-2,84	0,004
	<b>Idade<sup>2</sup></b>	-0,19	-1,34 – 0,96	-0,32	0,748
	<b>Idade<sup>3</sup></b>	1,52	0,41 – 2,63	2,69	0,007
Folículo pré-ovulatório (PO)	<b>Intercepto</b>	7,76	7,68 – 7,83	197,93	<0,001
	<b>Idade</b>	-0,06	-0,74 – 0,62	-0,18	0,853
	<b>Idade<sup>2</sup></b>	-1,48	-2,15 – (-0,82)	-4,37	<0,001
	<b>Idade<sup>3</sup></b>	-0,83	-1,47 – (-0,19)	-2,56	0,0106
Folículo Atrésico (AT)	<b>Intercepto</b>	5,51	5,36 – 5,65	75,01	<0,001
	<b>Idade</b>	2,24	1,18 – 3,30	4,15	<0,001
	<b>Idade<sup>2</sup></b>	-1,36	-2,48 – (-0,25)	-2,36	0,0168

IC: Intervalo de confiança. Nível de confiança: p-Valor  $\leq$  0.05. Foram utilizados modelos lineares generalizados simplificados, e a hibridação não apresentou efeito sobre o tamanho folicular, portanto apenas efeitos da idade são mostrados. São apresentadas as estimativas dos parâmetros com intervalos de confiança de 95%, além dos valores Z e p.

Observou-se um efeito significativo da hibridação nos folículos primordiais (PdF) e pré-hierárquicos (PH). Especificamente, o número de folículos PdF foi significativamente maior no grupo de fêmeas puras em comparação com os grupos de fêmeas híbridas; no entanto, não houve diferença significativa entre as híbridas 7/8 e 6/8. Por outro lado, os folículos PH foram encontrados em números significativamente menores no grupo de fêmeas puras do que em

ambos os grupos de híbridas, com os maiores números encontrados no grupo de híbridas 6/8. Para os folículos pré-ovulatórios (PO), houve uma tendência semelhante aos folículos PH, com contagens menores registradas no grupo de puras (Tabela 5 e Figura 13).

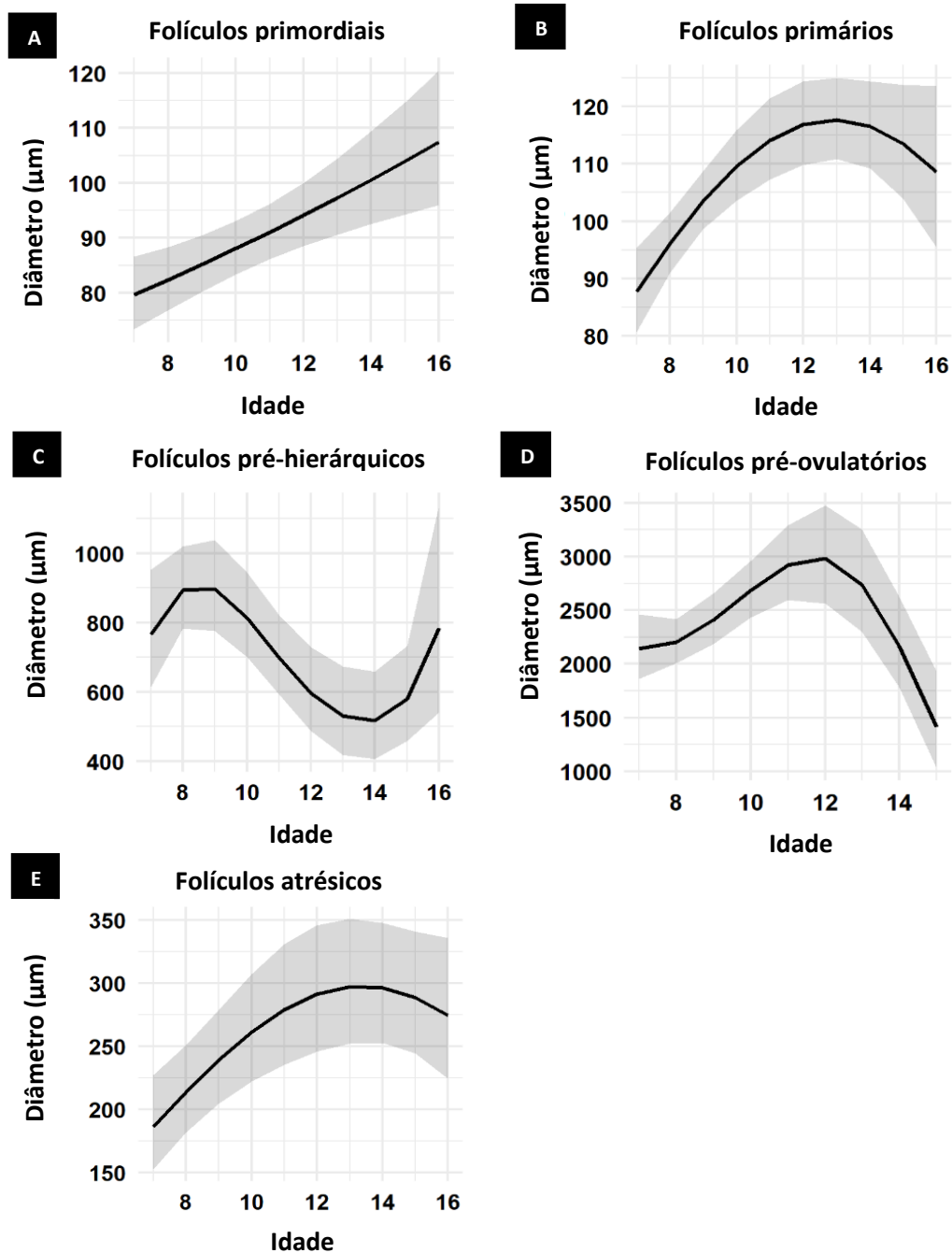


**Figura 11:** Gráficos das médias marginais preditas e seus respectivos intervalos de confiança de 95% dos efeitos da idade sobre as médias de quantidade dos diferentes tipos de folículos. Conforme demonstrado, as médias para quantidade dos folículos primordiais (PdF), primários (PrF), pré-ovulatórios (PO) e folículos atrésicos (AT) (A, B, C e D, respectivamente) diminuíram com a idade.

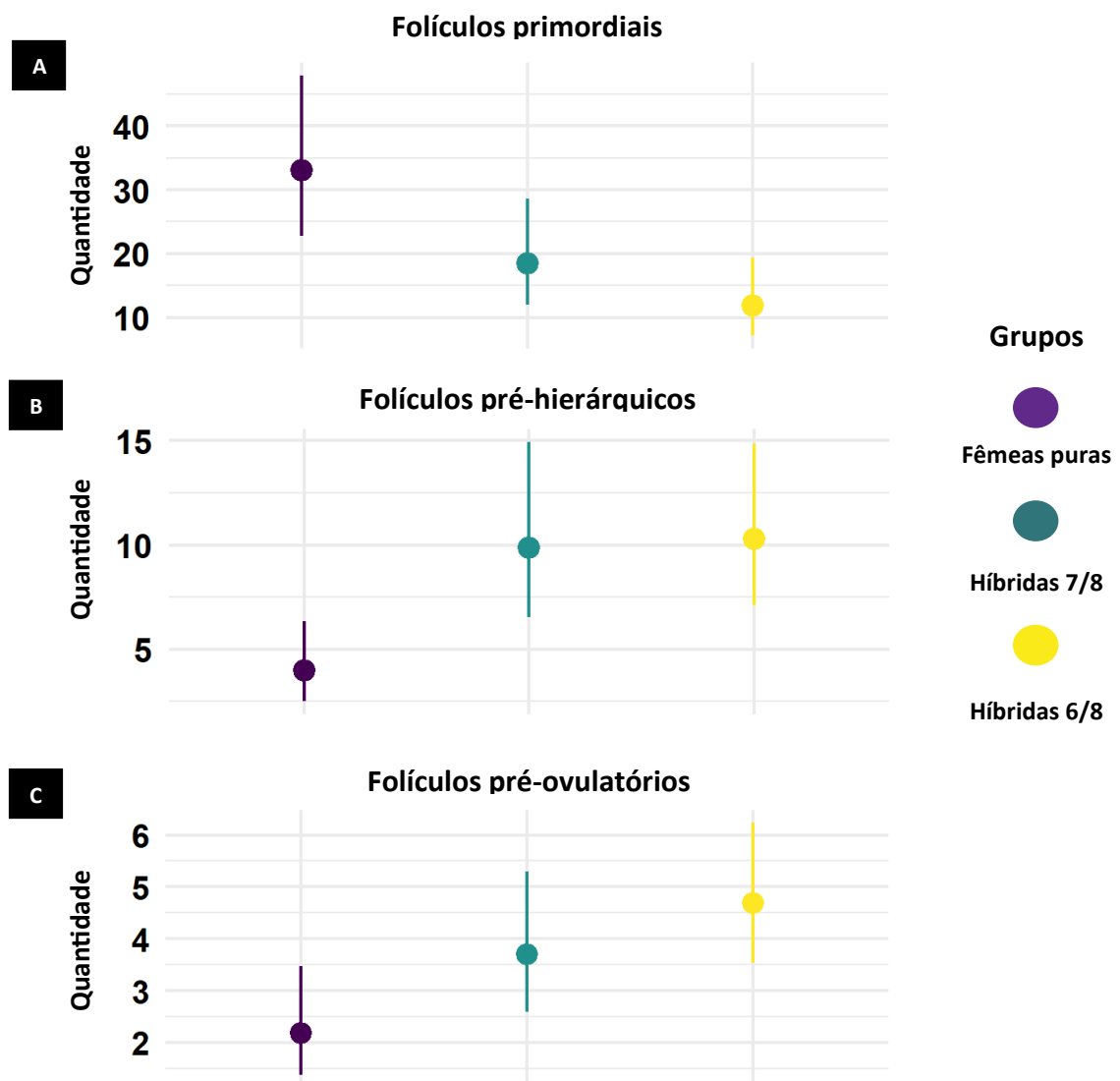
Na Figura 11, a análise inicia com fêmeas de 7 anos de idade, com a quantidade de folículos reduzindo linearmente até os 16 anos. A precisão dessa análise após 14 anos é

questionável devido ao número limitado de observações entre 13 e 16 anos (apenas 7 indivíduos). Em geral, para esses quatro tipos de folículos, o estudo mostra uma redução consistente com o envelhecimento da fêmea. No entanto, para a quantidade média de ovos postos e descendentes eclodidos vivos (E e F, respectivamente), observa-se um aumento na média de ambos a partir dos 7 até os 12 anos de idade, seguido de um platô (E) e um pequeno pico aos 13 anos para descendentes (F). Para ambos, ovos e descendentes, a quantidade média diminui após os 13 anos até os 16 anos. É importante destacar que muitas fêmeas são adquiridas em idade mais avançada, após se aposentarem das atividades de falcoaria ou são trocadas entre criatórios, sem histórico reprodutivo prévio. Por isso, a contagem de ovos e descendentes pode não representar o total real produzido por essas fêmeas. Uma tabela com o a produção detalhada de ovos e descendentes se encontra no APÊNDICE A.

Na Figura 12, a análise começa com fêmeas de 7 anos de idade, com os diâmetros foliculares aumentando linearmente até os 14 anos. Após os 14 anos, o padrão varia ligeiramente, com uma leve diminuição observada na média dos diâmetros dos folículos PF e AT. A precisão dessa análise após 14 anos é questionável devido ao número limitado de observações entre 13 e 16 anos (apenas 7 indivíduos). Em geral, para esses três tipos de folículos, o estudo mostra um crescimento consistente com a idade. No entanto, os diâmetros dos folículos pré-hierárquicos (PH) e pré-ovulatórios (PO) mostraram uma relação mais complexa com a idade (C e D, respectivamente). O diâmetro médio dos folículos PH diminui até os 12 anos e depois aumenta, enquanto para os folículos PO, o diâmetro aumenta até cerca de 12 anos, quando atinge o pico e depois começa a diminuir. Isso sugere um tamanho ou estágio de desenvolvimento ideal para esses dois tipos foliculares, com 12 anos sendo a idade ideal.



**Figura 12:** Gráficos das médias marginais previstas e seus respectivos intervalos de confiança de 95% dos efeitos da idade sobre as médias de diâmetro dos diferentes tipos de folículos. Conforme demonstrado, as médias dos diâmetros dos folículos primordiais (PdF), primários (PrF) e folículos atrésicos (AT) (A, B e E, respectivamente) aumentaram com a idade.



**Figura 13:** Médias marginais previstas dos grupos de hibridação e seus respectivos intervalos de confiança de 95% nas contagens de (A) folículos primordiais, (B) pré-hierárquicos e (C) pré-ovulatórios.

A hibridação não teve efeito sobre outros tipos foliculares não representados na Figura 13. O grupo de fêmeas puras apresentou a maior quantidade média de folículos primordiais, enquanto as fêmeas híbridas tiveram as maiores médias de folículos pré-hierárquicos e pré-ovulatórios. Entre as híbridas, o grupo 6/8 obteve resultados melhores que o grupo 7/8.

A análise dos efeitos da idade sobre a quantidade e o diâmetro dos folículos, assim como sobre o sucesso reprodutivo em fêmeas puras de Falcão-gerifalte e híbridas, revelou padrões interessantes e complexos. Os resultados indicam que o envelhecimento impacta significativamente na morfologia folicular e na capacidade reprodutiva dessas aves. Houve uma diminuição na quantidade de folículos primordiais, primários, pré-ovulatórios e atresicos com

o avanço da idade, sugerindo uma redução na reserva ovariana e na capacidade de produção de ovos ao longo do tempo. Esses achados estão em linha com pesquisas anteriores, como a de Clum em 1995, que mostrou efeitos semelhantes do envelhecimento na fertilidade e no tamanho das ninhadas de fêmeas de Falcão-peregrino em cativeiro.

Além disso, em aves domésticas, os efeitos do envelhecimento reprodutivo são semelhantes aos observados neste estudo, incluindo declínio na quantidade de folículos primordiais e primários, atrofia ovariana e redução nos níveis hormonais associados à reprodução, como FSH, LH e progesterona (VOM SAAL, 1994; SAINO, 2002).

O efeito da idade sobre o diâmetro folicular variou conforme o tipo de folículo, mas, em geral, houve um aumento no tamanho dos folículos com o envelhecimento. Para os folículos em crescimento, especialmente os pré-hierárquicos, observou-se um aumento no diâmetro até os 8 anos, seguido por uma diminuição e, após os 14 anos, um novo aumento no tamanho desses folículos. Em galinhas poedeiras, que começam a mostrar sinais de senescência após dois anos de idade, os efeitos da idade nos folículos em desenvolvimento são semelhantes. Em galinhas jovens, tanto o número de folículos em crescimento quanto o tamanho desses folículos aumentaram com a deposição diária de gema entre 7 e 11 meses, diminuíram de 11 a 19 meses e aumentaram novamente aos 23 meses (ZAKARIA et al., 1983). Essas descobertas ressaltam a importância de entender os efeitos do envelhecimento na reprodução das aves e têm implicações significativas para a gestão e conservação dessas espécies.

Embora a hibridação não tenha demonstrado impacto significativo no diâmetro dos folículos, foi observado um efeito significativo na contagem de alguns tipos de folículos, destacando diferentes abundâncias entre aves puras e híbridas. No entanto, são necessários mais estudos para entender os impactos da hibridação em outros parâmetros reprodutivos ou até mesmo no comportamento dos falcões. Em espécies híbridas de pardais, por exemplo, a hibridação afeta a nidificação, com híbridos construindo ninhos em alturas mais baixas do que as espécies puras, o que impacta negativamente o sucesso de eclosão e a sobrevivência, pois os ninhos ficam mais expostos a inundações e outros perigos (NEUBAUER et al., 2014). A longo prazo, a introgressão genética pode fazer com que híbridos cruzem com indivíduos puros, transmitindo essa característica e potencialmente afetando a sobrevivência das espécies puras.

Esses resultados indicam que a hibridação pode introduzir desafios significativos que limitam a vantagem reprodutiva e a sobrevivência a longo prazo dos híbridos em comparação com indivíduos puros. Portanto, são necessários mais estudos sobre os efeitos da hibridação em falcões para compreender as implicações das diferentes proporções genéticas parentais e as

possíveis incompatibilidades genéticas pós-zigóticas. É importante notar que o tamanho amostral neste estudo é relativamente pequeno se comparado a estudos com espécies domésticas, o que implica em limitações, como alta variabilidade dos dados e menor poder estatístico, refletido por intervalos de confiança amplos, indicando maior incerteza em torno dos efeitos estimados. Apesar dessas limitações, dadas as características das espécies estudadas, que são aves selvagens, e os desafios associados às manipulações experimentais, o tamanho da amostra alcançado neste estudo, oferece informações valiosas do ponto de vista biológico.



## 6. CONCLUSÃO

A análise dos efeitos da idade na quantidade e no diâmetro dos folículos, assim como no sucesso reprodutivo de fêmeas de Falcão-gerifalte e híbridas, revelou uma interação complexa entre o envelhecimento e a morfologia ovariana.

Com base nos resultados deste estudo, é possível concluir que existem diferenças reprodutivas entre fêmeas puras e híbridas, sendo que as puras geralmente apresentaram maior sucesso reprodutivo. A idade das fêmeas também desempenha um papel importante no desenvolvimento dos folículos e pode afetar os resultados reprodutivos, destacando a necessidade de considerar esses aspectos ao avaliar a saúde reprodutiva em aves de rapina, e a importância de evitar o uso de fêmeas com idade avançada como reprodutoras. Este estudo ressalta a importância de uma compreensão mais aprofundada das consequências da hibridação nessas espécies de falcões usadas para falcoaria, bem como dos riscos associados ao seu escape na natureza.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABFPAR. **Associação Brasileira de Falcoeiros e Preservação de Aves de Rapina**, Encontro nacional de Falcoaria. 2022. Disponível em: <https://www.instagram.com/abfpar/>. Acesso em: 20 de maio de 2024.
- AHUMADA-SOLÓRZANO, S. M. et al. Autocrine/paracrine proliferative effect of ovarian GH and IGF-I in chicken granulosa cell cultures. **General and comparative endocrinology**, v. 234, p. 47-56, 2016.
- AHUMADA-SOLÓRZANO, S. M. et al. Local expression and distribution of growth hormone and growth hormone receptor in the chicken ovary: Effects of GH on steroidogenesis in cultured follicular granulosa cells. **General and comparative endocrinology**, v. 175, n. 2, p. 297-310, 2012.
- AIROLA, D. Bird abundance and movements at the Potrero Hills wind turbine site, Solano County, California. **Prepared for the Solano County Department of Environmental Management, Fairfield, California**, 1987.
- ALTURKISTANI, H. A.; TASHKANDI, F. M.; MOHAMMEDSALEH, Z. M. Histological stains: a literature review and case study. **Global journal of health science**, v. 8, n. 3, p. 72, 2015.
- ANDERSON, E. Introgressive hybridization. **Biological Reviews**, v. 24, n. 4, p. 398-420, 1949.
- ASEM, E. K. et al. Identification of some components of basal lamina of avian ovarian follicle. **Poultry Science**, v. 79, n. 4, p. 589-601, 2000.
- ASHWORTH, G. J.; TUNBRIDGE, J. E. A geography of heritage: Power, culture, and economy. **Arnold**, 2000.
- ÁVALOS J. The peregrine falcon and human beings. *In: The book of raptors*. Barcelona: Lacasa M, p. 257-264, 2013.
- BAKST, M. R. Oviducal sperm storage in poultry: a review. **Reproduction, Fertility and development**, v. 5, n. 6, p. 595-599, 1993.
- BAILEY, M. J. et al. Transcriptional profiling of the chick pineal gland, a photoreceptive circadian oscillator and pacemaker. **Molecular Endocrinology**, v. 17, n. 10, p. 2084-2095, 2003.
- BAILEY, M. J.; CASSONE, V. M. Opsin photoisomerases in the chick retina and pineal gland: characterization, localization, and circadian regulation. **Investigative ophthalmology & visual science**, v. 45, n. 3, p. 769-775, 2004.
- BAKST, M. R. Physiology and endocrinology symposium: role of the oviduct in maintaining sustained fertility in hens. **Journal of animal science**, v. 89, n. 5, p. 1323-1329, 2011.
- BAKST, M. R.; WISHART, G.; BRILLARD, J. P. Oviducal sperm selection, transport, and storage in poultry. **Poultry Science Reviews**, v. 5, p. 117-143, 1994.
- BARTON, N. H. The role of hybridization in evolution. **Molecular ecology**, v. 10, n. 3, p. 551-568, 2001.
- BAXTER, A. T.; ALLAN, J. R. Use of raptors to reduce scavenging bird numbers at landfill sites. **Wildlife Society Bulletin**, v. 34, n. 4, p. 1162-1168, 2006.
- BÉDÉCARRATS, G. Y. et al. Gonadotropin-inhibitory hormone receptor signaling and its impact on reproduction in chickens. **General and comparative endocrinology**, v. 163, n. 1-2, p. 7-11, 2009.

- BÉDÉCARRATS, G. Y.; BAXTER, M.; SPARLING, B. An updated model to describe the neuroendocrine control of reproduction in chickens. **General and Comparative Endocrinology**, v. 227, p. 58-63, 2016.
- BEHR, B., et al. Feasibility of sex-sorting sperm from the white and the black rhinoceros (*Ceratotherium simum*, *Diceros bicornis*). **Theriogenology**, v. 72, n. 3, p. 353-364, 2009.
- BELLAIRS, R.; OSMOND, M. Atlas of chick development. **Elsevier**, 2005.
- BELTERMAN, R. H. R.; DE BOER, L. E. M. A miscellaneous collection of bird karyotypes. **Genetica**, v. 83, n. 1, p. 17-29, 1990.
- BENSCOTER, A. M., et al. Threatened and endangered subspecies with vulnerable ecological traits also have high susceptibility to sea level rise and habitat fragmentation. **PLoS One**, v. 8, n. 8, p. e70647, 2013.
- BENTLEY, G. E. et al. Gonadotropin-inhibitory hormone and its receptor in the avian reproductive system. **General and comparative endocrinology**, v. 156, n. 1, p. 34-43, 2008.
- BIRDLIFE INTERNACIONAL (a). **Falco rusticolus**. A Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN, 2021. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/species/22696500/206261845>. Acessado em: 25 de março de 2024.
- BIRDLIFE INTERNACIONAL (b). **Falco cherrug**. A Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN, 2021. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/species/22696495/204182473>. Acessado em: 18 de maio de 2024.
- BLANCO, J. M.; GEE, G. F.; WILDT, D. E.; DONOGHUE, A. M. Producing progeny from endangered birds of prey: treatment of urine-contaminated semen and anovel intramaginal insemination approach. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 33, n. 1, p. 1-7, 2002.
- BOEKER, E. L.; NICKERSON, P. R. Raptor electrocutions. **Wildlife Society Bulletin (1973-2006)**, v. 3, n. 2, p. 79-81, 1975.
- BOOMS, T. L. et al. Nest-site fidelity and dispersal of gyrfalcons estimated by noninvasive genetic sampling. **The Condor**, v. 113, n. 4, p. 768-778, 2011.
- BOOMS, T. L.; CADE, T. J.; CLUM, N. J. Gyrfalcon (*Falco rusticolus*). In: **Birds of the World**. S. M. Billerman. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, 2020.
- BOOMS, T. L.; FULLER, M. R. Gyrfalcon feeding behavior during the nestling period in central West Greenland. **Arctic**, p. 341-348, 2003b.
- BRANDÃO, A. P. M. O. **Uso e aplicações da falcoaria por empresas de consultoria ambiental no Brasil**. Trabalho de conclusão de curso – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Católica de Salvador, 30 f., 2019.
- BRILLARD, J. P. Sperm storage and transport following natural mating and artificial insemination. **Poultry science**, v. 72, n. 5, p. 923-928, 1993.
- BURNHAM, K. K.; NEWTON, I. A. N. Seasonal movements of Gyrfalcons (*Falco rusticolus*) include extensive periods at sea. **Ibis**, v. 153, n. 3, p. 468-484, 2011.
- CADE, T. J. Ecology of the Peregrine and Gyrfalcon populations in Alaska. **University of California publications in zoology**. v. 63, n. 3, p. 151–290, 1960.
- CADE, T. J. et al. The role of organochlorine pesticides in Peregrine population changes. **Peregrine Falcon populations: their management and recovery**. Boise: The Peregrine Fund, p. 463-471, 1988.

- CADE, T. J. The gyrfalcon. **The Auk**, v. 123, n. 3, p. 920-923, 2006.
- CADE, T. J.; KOSKIMIES, P.; NIELSEN, O. K. *Falco rusticolus* - Gyrfalcon. **BWP Update**, v. 2, n. 1, p. 1-25, 1998.
- CADE, T. J.; MARTELL, M.; REDIG, P. Peregrine Falcons in urban North America. **Raptors in human landscapes: adaptation to build and cultivated environments**, v. 1, 1996.
- CAMACHO-ARROYO, I.; GONZÁLEZ-ARENAS, A.; GONZÁLEZ-MORÁN, G. Ontogenic variations in the content and distribution of progesterone receptor isoforms in the reproductive tract and brain of chicks. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 146, n. 4, p. 644-652, 2007.
- CAMPER, P. M.; BURKE, W. H. The effects of prolactin on the gonadotropin induced rise in serum estradiol and progesterone of the laying turkey. **General and comparative endocrinology**, v. 32, n. 1, p. 72-77, 1977.
- CANBY, J. V. Falconry (hawking) in Hittite lands. **Journal of Near Eastern Studies**, v. 61, n. 3, p. 161-201, 2002.
- CARVALHO, C. E. A. et al. A Comunidade de aves do Aeroporto Carlos Drummond Andrade/MG e suas Implicações para a Segurança Aeroportuária. **Revista Conexão SIPAER**, v. 7, n. 1, p. 82-88, 2016.
- CASSONE, V. M.; KUMAR, V. Circadian rhythms. In: SCANES, C. G. e DRIDI, S. **Sturkie's Avian Physiology**. Academic Press, p. 1163-1181, 2022.
- CHABROLLE, C. et al. Expression of adiponectin and its receptors (AdipoR1 and AdipoR2) in chicken ovary: potential role in ovarian steroidogenesis. **Domestic animal endocrinology**, v. 33, n. 4, p. 480-487, 2007.
- CHOWDHURY, V. S. et al. Melatonin stimulates the release of gonadotropin-inhibitory hormone by the avian hypothalamus. **Endocrinology**, v. 151, n. 1, p. 271-280, 2010.
- CIANCHETTI-BENEDETTI, M. et al. Shooting is still a main threat for raptors inhabiting urban and suburban areas of Rome, Italy. **Italian Journal of Zoology**, v. 83, n. 3, p. 434-442, 2016.
- CLINTON, M. **Sex determination and gonadal development: a bird's eye view**. 1998.
- CLUM, N. J. Effects of aging and mate retention on reproductive success of captive female peregrine falcons. **American Zoologist**, v. 35, n. 4, p. 329-339, 1995.
- COYNE, J. A. The genetic basis of Haldane's rule. **Nature**, v. 314, n. 6013, p. 736-738, 1985.
- CROSSLEY, J.; FERRANDO, G.; EILER, H. Distribution of adrenergic receptors in the domestic fowl oviduct. **Poultry science**, v. 59, n. 10, p. 2331-2335, 1980.
- DAWSON, A. et al. Photoperiodic control of seasonality in birds. **Journal of biological rhythms**, v. 16, n. 4, p. 365-380, 2001.
- DIXON, A. Conservation of the Saker Falcon (*Falco cherrug*) and the use of hybrids for falconry. **Aquila**, v. 119, p. 9-19, 2012.
- DIXON, A. et al. Avian electrocution rates associated with density of active small mammal holes and power-pole mitigation: implications for the conservation of threatened raptors in Mongolia. **Journal for Nature Conservation**, v. 36, p. 14-19, 2017.
- DIXON, A. et al. Seasonal variation in gonad physiology indicates juvenile breeding in the Saker Falcon (*Falco cherrug*). **Avian Biology Research**, v. 14, n. 2, p. 39-47, 2021.

- DIXON, A. et al. The problem of raptor electrocution in Asia: case studies from Mongolia and China. **Bird Conservation International**, v. 23, n. 4, p. 520-529, 2013.
- DUKE, G. The EU environmental policy context for monitoring for and with raptors in Europe. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 37, n. 6, p. 397-400, 2008.
- EASTHAM, C. P.; NICHOLLS, M. K. Morphometric analysis of large Falco species and their hybrids with implications for conservation. **Journal of Raptor Research**, v. 39, n. 4, p. 386-393, 2005.
- EBENSPERGER, C. et al. Serological H-Y antigen in the female chicken occurs during gonadal differentiation. **Differentiation**, v. 37, n. 3, p. 186-191, 1988.
- ELLIS, D. H. et al. Distribution and color variation of Gyrfalcons in Russia. **Journal of Raptor Research**, v. 26, n. 2, p. 5, 1992.
- ELLIS, D. H.; ELLIS, M. H.; TSENDEG, P. Remarkable Saker falcon (*Falco cherrug*) breeding. **J. Raptor Res**, v. 31, p. 234-240, 1997.
- ERICKSON, W. A.; MARSH, R. E.; SALMON, T. P. A review of falconry as a bird-hazing technique. **Proceedings of the Vertebrate Pest Conference**. v. 14. n. 14. 1990.
- ERIKSSON, J. et al. Identification of the yellow skin gene reveals a hybrid origin of the domestic chicken. **PLoS genetics**, v. 4, n. 2, p. e1000010, 2008.
- ESTIENNE, A. et al. Involvement of novel adipokines, chemerin, visfatin, resistin and apelin in reproductive functions in normal and pathological conditions in humans and animal models. **International journal of molecular sciences**, v. 20, n. 18, p. 4431, 2019.
- ETCHES, R. J. The ovary. *In*: ETCHES, R. J. **Reproduction in poultry**. Wallingford: CABI Publishing, cap. 6, p. 125-166, 1995.
- FALLAHSHAHOUDI, A. et al. A male-essential microRNA is key for avian sex chromosome dosage compensation. **bioRxiv**, p. 2024.03.06.581755, 2024.
- FELDMAN, A. T.; WOLFE, D. Tissue processing and hematoxylin and eosin staining. *In*: DAY, C. E. **Histopathology: methods and protocols**, cap. 3, p. 31-43, 2014.
- FLATHER, C. H.; HAYWARD, G. D.; BEISSINGER, S. R.; STEPHENS, P. A. Minimum viable populations: is there a 'magic number' for conservation practitioners? **Trends in ecology & evolution**, v. 26, n. 6, p. 307-316, 2011.
- FLEMING, L. V.; DOUSE, A. F.; WILLIAMS, N. P. Captive breeding of peregrine and other falcons in Great Britain and implications for conservation of wild populations. **Endangered Species Research**, v. 14, n. 3, p. 243-257, 2011.
- FOLLETT, B. K.; MAUNG, S. L. Rate of testicular maturation, in relation to gonadotrophin and testosterone levels, in quail exposed to various artificial photoperiods and to natural daylengths. **Journal of Endocrinology**, v. 78, n. 2, p. 267-280, 1978.
- FOLLETT, B.; KING, V.; MEDDLE, S. Rhythms and Photoperiodism in Birds. *In*: Biological Rhythms and Photoperiodism in Plants. **BIOS Scientific Publishers Ltd.**, Oxford, p. 231, 1998.
- FOX, N. C. The Biology of the New Zealand Falcon: (*Falco novaeseelandiae*, Gmelin, 1788). **Journal of Raptor Research**, v. 13, n. 1, p. 7, 1977.
- FOX, N. C.; SHERROD, S. The use of exotic and hybrid raptors in falconry. **Information arising from the International Committee on Hybrids**. International Wildlife Consultants Ltd., Carmarthen, Wales, United Kingdom, 1999.

- FROMAN, D. P.; KIRBY, J. D.; PROUDMAN, J. A. Reproduction in poultry: male and female. **Reproduction in farm animals**, p. 237-257, 2000.
- FUJIMOTO, T.; UKESHIMA, A.; KIYOFUJI, Ranko. The origin, migration and morphology of the primordial germ cells in the chick embryo. **The Anatomical Record**, v. 185, n. 2, p. 139-153, 1976.
- GAMMON, S. Introduction: Sport, heritage and the English. An opportunity missed? *In: Heritage, sport and tourism*. Routledge, p. 1-8, 2013.
- GEE, G. F.; BERTSCHINGER, H.; DONOGHUE, A. M.; BLANCO, J.; SOLEY, J. Reproduction in nondomestic birds: physiology, semen collection, artificial insemination and cryopreservation. **Avian and Poultry Biology Reviews**, v. 15, n. 2, p. 47-101, 2004.
- GHANEM, K.; JOHNSON, A. L. Response of hen pre-recruitment ovarian follicles to follicle stimulating hormone, in vivo. **General and Comparative Endocrinology**, v. 270, p. 41-47, 2019b.
- GHANEM, K; JOHNSON, A L. Relationship between cyclic follicle recruitment and ovulation in the hen ovary. **Poultry science**, v. 98, n. 7, p. 3014-3021, 2019a.
- GHANEM, K; JOHNSON, A. L. Follicle dynamics and granulosa cell differentiation in the turkey hen ovary. **Poultry science**, v. 97, n. 10, p. 3755-3761, 2018.
- GILBERT, A. B. Female genital organs. *In: King, A. S., McLelland, J. Form and Function in Birds, vol. I*. Academic Press, London and New York, pp. 258e360, 1979.
- GILBERT, A. B.; DAVIDSON, M. F.; WELLS, J. W. Role of the granulosa cells of the postovulatory follicle of the domestic fowl in oviposition. **Reproduction**, v. 52, n. 2, p. 227-229, 1978.
- GILLOTT, C.; GILLOTT, C. Embryonic development. **Entomology**, p. 569-594, 1995.
- GLASIER, P. Falconry and hawking. **London**: B. T. Batsford Ltd., 1978.
- GÓMEZ, Y. et al. Follicle-stimulating hormone regulates steroidogenic enzymes in cultured cells of the chick embryo ovary. **General and Comparative Endocrinology**, v. 121, n. 3, p. 305-315, 2001.
- GONZÁLEZ-MORÁN, M. G. et al. Changes in the content of sex steroid hormone receptors in the growing and regressing ovaries of *Gallus domesticus* during development. **General and Comparative Endocrinology**, v. 189, p. 51-58, 2013.
- GONZÁLEZ-MORÁN, M. G. Histological and stereological changes in growing and regressing chicken ovaries during development. **The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology**, v. 294, n. 5, p. 893-904, 2011.
- GRANT, P. R.; GRANT, B. S. How and why species multiply: the radiation of Darwin's finches. **Princeton University Press**, 2007.
- GUIOLI, S. et al. Gonadal asymmetry and sex determination in birds. **Sexual development**, v. 8, n. 5, p. 227-242, 2014.
- GUNN, T. E. On the presence of two ovaries in certain British birds, more especially the *Falconidae*. *In: Proceedings of the Zoological Society of London*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, p. 63-79, 1912.
- HADLEY, J. A.; OCÓN-GROVE, O.; RAMACHANDRAN, R. Adiponectin is secreted by theca layer cells isolated from chicken ovarian follicles. **Reproduction**, v. 159, n. 3, p. 275-288, 2020.

- HAHN, T. P.; MACDOUGALL-SHACKLETON, S. A. Adaptive specialization, conditional plasticity and phylogenetic history in the reproductive cue response systems of birds. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1490, p. 267-286, 2008.
- HALES, D. B et al. Cyclooxygenases expression and distribution in the normal ovary and their role in ovarian cancer in the domestic hen (*Gallus domesticus*). **Endocrine**, v. 33, p. 235-244, 2008.
- HAMBURGER, V.; HAMILTON, H. L. A series of normal stages in the development of the chick embryo. **Journal of morphology**, v. 88, n. 1, p. 49-92, 1951.
- HARNESS, R. E.; WILSON, K. R. Electric-utility structures associated with raptor electrocutions in rural areas. **Wildlife Society Bulletin**, p. 612-623, 2001.
- HARVEY, S.; SCANES, C. G.; SHARP, P. J. Variations in plasma growth hormone concentrations in laying hens. **British Poultry Science**, v. 20, n. 2, p. 163-166, 1979.
- HEIDENREICH, M. Birds of prey: medicine and management. **Oxford, UK**. p. 304, 1997.
- HICKEY, J. J.; ANDERSON, D. W. Chlorinated hydrocarbons and eggshell changes in raptorial and fish-eating birds. **Science**, v. 162, n. 3850, p. 271-273, 1968.
- HIRST, C. E.; MAJOR, A. T.; SMITH, C. A. Sex determination and gonadal sex differentiation in the chicken model. **International Journal of Developmental Biology**, v. 62, n. 1-2-3, p. 153-166, 2018.
- HOBBSAWM, E. The invention of tradition. **Terence Ranger**, eds., 1983.
- HODGES, R. D. et al. The histology of the fowl. **Academic Press**, 1974.
- HODOS, W. **Minimization of Motion Smear: Reducing Avian Collision with Wind Turbines; Period of Performance: July 12, 1999 - August 31, 2002**. National Renewable Energy Lab (NREL), Golden, CO (United States), 2003.
- HOLMES, D. J.; THOMSON, S. L.; Wu, J.; Ottinger, M. A. Reproductive aging in female birds. **Experimental gerontology**, v. 38, n. 7, p. 751-756, 2003.
- HOLT, W. V. Does apoptosis hold the key to long-term sperm storage mechanisms in vivo? **Molecular reproduction and development**, v. 78, n. 7, p. 464-465, 2011.
- HOLT, W. V.; BENNETT, P. M.; VOLOBOUEV, V.; WATSON, P. F. Genetic resource banks in wildlife conservation. **Journal of Zoology**, v. 238, p. 531-544, 1996.
- HOLT, W. V.; LLOYD, R. E. Artificial insemination for the propagation of CANDES: the reality! **Theriogenology**, v. 71, no 1, p. 228-235, 2009.
- HOLT, W. V.; LLOYD, R. E. Sperm storage in the vertebrate female reproductive tract: how does it work so well? **Theriogenology**, v. 73, n. 6, p. 713-722, 2010.
- HORI, T. et al. Wpkci, encoding an altered form of PKCI, is conserved widely on the avian W chromosome and expressed in early female embryos: implication of its role in female sex determination. **Molecular Biology of the Cell**, v. 11, n. 10, p. 3645-3660, 2000.
- HOYO, J. del; ELLIOTT, A.; BIERREGAARD, R. Vol. 2: **New World vultures to Guinea fowl**. Barcelona: Lynx, 1994.
- HRABIA, A. Reproduction in the female. *In*: SCANES, C. G. e DRIDI, S. **Sturkie's avian physiology**. Academic Press, 2022. p. 941-986.

- HRABIA, A.; HA, Y.; SHIMADA, K. Expression of estrogen receptor  $\alpha$  mRNA in theca and granulosa layers of the ovary in relation to follicular growth in quail. **Folia Biologica (Krakow)**, v. 52, n. 3-4, p. 191-195, 2004a.
- HRABIA, A.; PACZOSKA-ELIASIEWICZ, H.; RZĄSA, J. Effect of prolactin on estradiol and progesterone secretion by isolated chicken ovarian follicles. **Folia biologica (Kraków)**, v. 52, n. 3-4, p. 197-203, 2004b.
- HU, S. Q.; ZADWORNÝ, D. Effects of nonglycosylated and glycosylated prolactin on basal and gonadotropin-stimulated steroidogenesis in chicken ovarian follicles. **Domestic animal endocrinology**, v. 61, p. 27-38, 2017.
- HU, S.; DUGGAVATHI, R.; ZADWORNÝ, D. Expression and regulation of prolactin-like protein messenger RNA in undifferentiated chicken granulosa cells. **General and Comparative Endocrinology**, v. 240, p. 191-197, 2017b.
- HU, S.; DUGGAVATHI, R.; ZADWORNÝ, D. Regulatory mechanisms underlying the expression of prolactin receptor in chicken granulosa cells. **PloS one**, v. 12, n. 1, p. e0170409, 2017a.
- HUNTING, K. A roadmap for PIER research on Avian Power line Electrocutation in California: Commission Staff report. **California Energy Commission**, 2002.
- JACKSON, J. A.; CECILIA F., A.; BAHR, J. M. Preovulatory changes in glycosaminoglycans and collagen content in the stigma region of the follicle of the domestic hen. **Biology of reproduction**, v. 45, n. 2, p. 301-307, 1991.
- JACKSON, J. A.; ZHANG, P.; BAHR, J. M. Plasminogen activator activity in preovulatory follicles during the ovulatory cycle of the chicken. **Biology of reproduction**, v. 49, n. 5, p. 1141-1146, 1993.
- JACOB, M.; BAKST, M. R. Developmental anatomy of the female reproductive tract. **Reproductive biology and phylogeny of birds**, v. 6, p. 149-180, 2007.
- JENSEN, T.; DURRANT, B. Assessment of reproductive status and ovulation in female brown kiwi (*Apteryx mantelli*) using fecal steroids and ovarian follicle size. **Zoo Biology: Published in affiliation with the American Zoo and Aquarium Association**, v. 25, n. 1, p. 25-34, 2006.
- JIA, Y. et al. Effect of prostaglandin on luteinizing hormone-stimulated proliferation of theca externa cells from chicken prehierarchical follicles. **Prostaglandins & other lipid mediators**, v. 92, n. 1-4, p. 77-84, 2010.
- JIN, Y. et al. Prostaglandin involvement in follicle-stimulating hormone-induced proliferation of granulosa cells from chicken prehierarchical follicles. **Prostaglandins & Other Lipid Mediators**, v. 81, n. 1-2, p. 45-54, 2006.
- JOHNSGARD, P. A. The pheasants of the world: biology and natural history. Washington, DC: Smithsonian Institution Press. **(No Title)**, 1999.
- JOHNSON, A. L. et al. Steroidogenesis and actions of steroids in the hen ovary. **Critical reviews in poultry biology**, v. 2, n. 4, p. 319-346, 1990.
- JOHNSON, A. L. Ovarian follicle selection and granulosa cell differentiation. **Poultry science**, v. 94, n. 4, p. 781-785, 2015.



- JOHNSON, A. L.; BRIDGHAM, J. T. Regulation of steroidogenic acute regulatory protein and luteinizing hormone receptor messenger ribonucleic acid in hen granulosa cells. **Endocrinology**, v. 142, n. 7, p. 3116-3124, 2001.
- JOHNSON, A. L.; WOODS, D. C. Ovarian dynamics and follicle development. **Reproductive biology and phylogeny of birds**, v. 6, p. 243-277, 2007.
- JOHNSON, P. A. et al. Expression and function of growth differentiation factor-9 in an oviparous species, *Gallus domesticus*. **Biology of reproduction**, v. 72, n. 5, p. 1095-1100, 2005.
- JOHNSON, P. A. et al. Expression and regulation of anti-mullerian hormone in an oviparous species, the hen. **Biology of reproduction**, v. 78, n. 1, p. 13-19, 2008.
- JOHNSON, P. A. Follicle selection in the avian ovary. **Reproduction in domestic animals**, v. 47, p. 283-287, 2012.
- JOHNSON, P. A.; GILES, J. R. The hen as a model of ovarian cancer. **Nature Reviews Cancer**, v. 13, n. 6, p. 432-436, 2013.
- JOSEPH, S. **Chromosome evolution and genome reconstruction in falcon species**. Tese de Doutorado. University of Kent (United Kingdom), 2017.
- JOSEPH, S. et al. Chromosome level genome assembly and comparative genomics between three falcon species reveals an unusual pattern of genome organisation. **Diversity**, v. 10, n. 4, p. 113, 2018.
- KEMP, A.; NEWTON, I. Falcons. **The new encyclopedia of birds**, p. 154-161, 2003.
- KENWARD, Robert E. Conservation values from falconry. **Recreational hunting, conservation and rural livelihoods: science and practice**, p. 179-196, 2009.
- KHALAF, S. Perspective on falconry as a world intangible heritage and UAE's efforts to enhance international cooperation for promoting falconry. **Beyond Borders: Plurality and Universality of Common Intangible Cultural Heritage in East Asia**, p. 308-318, 2009.
- KINSKY, F. C. The consistent presence of paired ovaries in the Kiwi (*Apteryx*) with some discussion of this condition in other birds. **Journal für Ornithologie**, v. 112, p. 334-357, 1971.
- KITOWSKI, I.; GRZYWACZEWSKI, G.; ĆWIKLAK, J.; GRZEGORZEWSKI, M.; KROP, S. Birdstrike risk management at a military airfield using falconer activity. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 20, n. 3, p. 683-690, 2011.
- KOCH, N. Gulf Nationalism and the Geopolitics of Constructing Falconry as a 'Heritage Sport'. **Studies in Ethnicity and Nationalism**, v. 15, n. 3, p. 522-539, 2015.
- KOSKIMIES, P.; KOHANOV, V. *Falco rusticolus*. **Red Data Book of East Fennoscandia**, p. 234-236, 1998.
- KOSKIMIES, PERTTI. Action plan for the Gyrffalcon (*Falco rusticolus*) in Europe. *In: Status of raptor populations in eastern Fennoscandia: Proceedings of the Workshop*, p. 8-10, 2005.
- KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.
- KUNDU, M. C.; WOJTUSIK, J.; JOHNSON, P. A. Expression and regulation of Kit ligand in the ovary of the hen. **General and Comparative Endocrinology**, v. 179, n. 1, p. 47-52, 2012.

- LACASSE, C. Falconiformes (falcons, hawks, eagles, kites, harriers, buzzards, ospreys, caracaras, secretary birds, Old World and New World vultures). **Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine**, p. 127-142, 2014.
- LEHMAN, R. N.; KENNEDY, P. L.; SAVIDGE, J. A. The state of the art in raptor electrocution research: a global review. **Biological conservation**, v. 136, n. 2, p. 159-174, 2007.
- LERNER, S. P. et al. Age-related alterations in follicular development and hormonal profiles in rats with 4-day estrous cycles. **Biology of reproduction**, v. 42, n. 4, p. 633-638, 1990.
- LIN, X. et al. Coherent apoptotic and autophagic activities involved in regression of chicken postovulatory follicles. **Ageing (Albany NY)**, v. 10, n. 4, p. 819, 2018.
- LINDBERG, P.; NESJE, M. Lost falconers birds and hybrid falcons—do they have an impact on European Peregrine Falcon (*Falco peregrinus*) populations? A case study of lost falconers birds breeding in Sweden. *In: Raptors in the new millenium. Proceedings of the world conference on birds of prey and owls 2000*, p. 107, 2002.
- LINDBERG, P.; SJOBERG, U. Captive breeding and restocking of the Peregrine Falcon in Sweden. **Peregrine Falcon populations: status and Perspectives in the 21st Century**. Eds. J. Sielicki & T. Mizera. Turul Publishing & Poznan University of Life Sciences Press, Warsaw-Poznan, 2009.
- LUKHTANOV, V. A. et al. Incomplete sterility of chromosomal hybrids: implications for karyotype evolution and homoploid hybrid speciation. **Frontiers in Genetics**, v. 11, p. 583827, 2020.
- LUNA, M. et al. Extrapituitary growth hormone in the chicken reproductive system. **General and Comparative Endocrinology**, v. 203, p. 60-68, 2014.
- MADDINENI, S. R. et al. Gonadotropin-inhibitory hormone (GnIH) receptor gene is expressed in the chicken ovary: potential role of GnIH in follicular maturation. **Reproduction**, v. 135, n. 2, p. 267, 2008.
- MAHMOOD, T. et al. Habitat analysis and population estimates of three falcon species, red-headed merlin (*Falco chicquera*), common kestrel (*Falco tinnunculus*) and saker falcon (*Falco cherrug*), inhabiting district Chakwal, Pakistan. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 44, n. 3, 2012.
- MASABANDA, J. S. et al. Molecular cytogenetic definition of the chicken genome: the first complete avian karyotype. **Genetics**, v. 166, n. 3, p. 1367-1373, 2004.
- MATSUZAKI, M. et al. Specific mechanism of sperm storage in avian oviducts. *In: Sexual Reproduction in Animals and Plants*. Springer Japan, p. 23-29, 2014.
- MATTSSON, A.; BRUNSTRÖM, B. Effects of selective and combined activation of estrogen receptor  $\alpha$  and  $\beta$  on reproductive organ development and sexual behaviour in Japanese quail (*Coturnix japonica*). **PLoS One**, v. 12, n. 7, p. e0180548, 2017.
- MAX, M. et al. Pineal opsin: a nonvisual opsin expressed in chick pineal. **Science**, v. 267, n. 5203, p. 1502-1506, 1995.
- MCGREGOR, R. Saker Falcons in northeast Kazakhstan: a nevvthreat. **Brit. Birds**, v. 94, p. 206-207, 2001.
- MELLOUK, N. et al. Chicken is a useful model to investigate the role of adipokines in metabolic and reproductive diseases. **International journal of endocrinology**, v. 2018, 2018.

- MENAKER, M. Extraretinal light perception in the sparrow. I. Entrainment of the biological clock. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 59, n. 2, p. 414-421, 1968.
- MEUNIER, L. et al. Sperm morphology, and macro and microscopic description of male and female reproductive tract in the North African houbara bustard (*Chlamydotis undulata*). **Theriogenology Wild**, v. 4, p. 100082, 2024.
- MOLINA-LÓPEZ, R. A.; CASAL, J.; DARWICH, L. Causes of morbidity in wild raptor populations admitted at a wildlife rehabilitation centre in Spain from 1995-2007: a long-term retrospective study. **PLoS One**, v. 6, n. 9, p. e24603, 2011.
- MOREJOHN, G. Victor. Breakdown of isolation mechanisms in two species of captive junglefowl (*Gallus gallus* and *Gallus sonneratii*). **Evolution**, p. 576-582, 1968.
- NANDA, I. et al. Conserved synteny between the chicken Z sex chromosome and human chromosome 9 includes the male regulatory gene DMRT1: a comparative (re) view on avian sex determination. **Cytogenetics and cell genetics**, v. 89, n. 1-2, p. 67-78, 2000.
- NANDA, I. et al. Synteny conservation of the Z chromosome in 14 avian species (11 families) supports a role for Z dosage in avian sex determination. **Cytogenetic and Genome Research**, v. 122, n. 2, p. 150-156, 2008.
- NELSON, R. W. Part C. Behavioral Considerations to Egg-laying (special Conference on Captivity Breeding of Raptors). **Journal of Raptor Research**, v. 6, n. 5, p. 3, 2024.
- NESJE, M. et al. Genetic relationships in the peregrine falcon (*Falco peregrinus*) analysed by microsatellite DNA markers. **Molecular Ecology**, v. 9, n. 1, p. 53-60, 2000.
- NEUBAUER, G.; NOWICKI, P.; ZAGALSKA-NEUBAUER, M. Haldane's rule revisited: do hybrid females have a shorter lifespan? Survival of hybrids in a recent contact zone between two large gull species. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 27, n. 6, p. 1248-1255, 2014.
- NEWTON, I. Changes in the status of the Peregrine Falcon in Europe: an overview. **Peregrine Falcon populations: their management and recovery**, v. 227, p. 1982-1986, 1988.
- NEWTON, I.; HAAS, M. B. The return of the sparrowhawk. **British Birds**, v. 72, n. 2, p. 47-70, 1984.
- NICHOLLS, T. J.; GOLDSMITH, A. R.; DAWSON, A. Photorefractoriness in birds and comparison with mammals. **Physiological reviews**, v. 68, n. 1, p. 133-176, 1988.
- NISBET, I. C. T. The relative importance of DDE and dieldrin in the decline of peregrine falcon populations. **Peregrine falcon populations: Their management and recovery**, v. 351, 1988.
- NISHIDA, C. et al. Characterization of chromosome structures of *Falconinae* (*Falconidae*, Falconiformes, Aves) by chromosome painting and delineation of chromosome rearrangements during their differentiation. **Chromosome research**, v. 16, p. 171-181, 2008.
- O'NEILL, M. et al. ASW: a gene with conserved avian W-linkage and female specific expression in chick embryonic gonad. **Development genes and evolution**, v. 210, p. 243-249, 2000.
- OHKUBO, T. Neuroendocrine control of broodiness. **Avian reproduction: from behavior to molecules**, p. 151-171, 2017.
- OKANO, T.; YOSHIKAWA, T.; FUKADA, Y. Pinopsin is a chicken pineal photoreceptive molecule. **Nature**, v. 372, n. 6501, p. 94-97, 1994.

- ONAGBESAN, O.; BRUGGEMAN, V.; DECUYPERE, E. Intra-ovarian growth factors regulating ovarian function in avian species: a review. **Animal reproduction science**, v. 111, n. 2-4, p. 121-140, 2009.]
- ORTA, J. et al. Saker Falcon (*Falco cherrug*), version 1.0. Birds of the world. Ithaca, NY: **Cornell Lab of Ornithology**, 2020.
- PACZOSKA-ELIASIEWICZ, H.; RZASA, J. Distribution of histamine in laying hen ovary. **Journal of Veterinary Medicine Series A**, v. 45, n. 1-10, p. 491-497, 1999.
- PADULA, A. et al. Cross-amplification in falcons and their hybrids: A new im-plemented multi-locus panel for conservation and forensic purposes. **Journal Of Forensics Research**, v. 14, n. 6, 2023.
- PADULA, A. et al. Cross-amplification in falcons and their hybrids: A new im-plemented multi-locus panel for conservation and forensic purposes. **Journal Of Forensics Research**, v. 14, n. 6, 2023.
- PARIZZI, R. C. et al. Anatomia macroscopica y microscopica do ovario da ema (*Rhea americana*). **International Journal of Morphology**, v. 25, n. 1, p. 156-157, 2007.
- PEAKALL, D. B.; KIFF, L. F. DDE contamination in peregrines and American kestrels and its effect on reproduction. **Peregrine Falcon populations: their management and recovery**, v. 337, 1988.
- PÈCZELY, P. The role of thyroid and adrenal cortical hormones in the modulation of the gonadal function in birds. **Acta Biologica Hungarica**, v. 36, n. 1, p. 45-70, 1985.
- PELUSO, J. J.; DOWNEY, C. Pattern of follicular development during the estrous cycle of aged rats. **Cell and Tissue Research**, v. 225, p. 229-234, 1982.
- PEREIRA, R. J. G. Reprodução nas aves. In: CUBAS, Z. S; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens. 1 ed.** São Paulo: Editora Roca Ltda, cap. 120, p. 2235 - 2269, 2014.
- PETRUSEWICZ-KOSIŃSKA, M et al. Pinopsin and photoreception in the pineal organ of the domestic turkey during post-hatching development. **Micron**, v. 126, p. 102749, 2019.
- PLATT, J. B. Gyrfalcon courtship and early breeding behavior on the Yukon North Slope. **Sociobiology**, v. 15, n. 1, p. 43-70, 1989.
- PLATT, J. B. The breeding behavior of wild and captive gyrfalcons in relation to their environment and human disturbance. Tese de Doutorado. Cornell University, 1977.
- PLATT, J. B.; BIRD, D. M.; BARDO, L. Captive breeding. In: BILDSTEIN, K. L.; BIRD, D. M. **Raptor research and management techniques**. Surrey: Hancock House Publishers Ltd, p. 383-400, 2007.
- POLITIS, I. et al. Changes in tissue-type plasminogen activator-like and plasminogen activator inhibitor activities in granulosa and theca layers during ovarian follicle development in the domestic hen. **Biology of reproduction**, v. 42, n. 5-6, p. 747-754, 1990.
- POLLOCK, C. G.; OROSZ, S. E. Avian reproductive anatomy, physiology and endocrinology. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, v. 5, n. 3, p. 441-474, 2002.
- POMICHAL, K.; VÁGI, B.; CSÖRGŐ, T. A case study on the phylogeny and conservation of Saker Falcon. **Ornis Hungarica**, v. 22, n. 1, p. 1-14, 2014.
- PRIETO, M. T. et al. Sperm cryopreservation in wild animals. **European journal of wildlife research**, v. 60, p. 851-864, 2014.

- PROSZKOWIEC-WĘGLARZ, M. et al. Steroidogenic activity of chicken ovary during pause in egg laying. **Reprod. Biol**, v. 5, p. 205-225, 2005.
- PRUMMEL, W. Evidence of hawking (falconry) from bird and mammal bones. **International Journal of Osteoarchaeology**, v. 7, n. 4, p. 333-338, 1997.
- RANGEL, P. L. et al. Subdominant hierarchical ovarian follicles are needed for steroidogenesis and ovulation in laying hens (*Gallus domesticus*). **Animal reproduction science**, v. 147, n. 3-4, p. 144-153, 2014.
- RANGEL, P. L.; GUTIERREZ, C. G. Reproduction in hens: is testosterone necessary for the ovulatory process? **General and Comparative Endocrinology**, v. 203, p. 250-261, 2014.
- RANGEL, P. L.; SHARP, P. J.; GUTIERREZ, C. G. Testosterone antagonist (flutamide) blocks ovulation and preovulatory surges of progesterone, luteinizing hormone and oestradiol in laying hens. **Reproduction**, v. 131, n. 6, p. 1109-1114, 2006.
- RATCLIFFE, D. A. Decrease in eggshell weight in certain birds of prey. **Nature**, v. 215, n. 5097, p. 208-210, 1967.
- RATCLIFFE, D. The Peregrine Falcon. **Vermilion**, South Dakota. 1980.
- RATCLIFFE, Derek A. Changes attributable to pesticides in egg breakage frequency and eggshell thickness in some British birds. **Journal of applied ecology**, p. 67-115, 1970.
- REED, K. J.; SINCLAIR, A. H. FET-1: A novel W-linked, female specific gene up-regulated in the embryonic chicken ovary. **Gene Expression Patterns**, vol. 2, Issues 1-2, p. 83-86, nov, 2002,
- RISEBROUGH, R. W.; PEAKALL, D. B. The relative importance of the several organochlorines in the decline of peregrine falcon populations. **Peregrine Falcon Populations: Their Management and Recovery**, p. 449-62, 1988.
- RODLER, D.; STEIN, K.; KORBEL, R. Observations on the right ovary of birds of prey: a histological and immunohistochemical study. **Anatomia, histologia, embryologia**, v. 44, n. 3, p. 168-177, 2015.
- ROLDAN, E. R. S., et al. Inbreeding and reproduction in endangered ungulates: preservation of genetic variation through the organization of genetic resource banks. **Reproduction in domestic animals**, v. 41, p. 82-92, 2006.
- RZASA, J. Effects of arginine vasotocin and prostaglandin E1 on the hen uterus. **Prostaglandins**, v. 16, n. 3, p. 357-372, 1977.
- RZASA, J. et al. Changes of blood flow through the chicken ovary and oviduct after serotonin treatment. **Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy**, v. 2, n. 52, 2008.
- RZASA, J.; PACZOSKA-ELIASIEWICZ, H. Serotonin content in the wall of preovulatory and postovulatory follicles of the domestic hen. **Folia Biologica**, v. 43, n. 1-2, p. 75, 1995.
- SAINO, N. et al. Mate fidelity, senescence in breeding performance and reproductive trade-offs in the barn swallow. **Journal of Animal Ecology**, p. 309-319, 2002.
- SAITO, N; SATO, K; SHIMADA, K. Prostaglandin levels in peripheral and follicular plasma, the isolated theca and granulosa layers of pre-and postovulatory follicles, and the myometrium and mucosa of the shell gland (uterus) during a midsequence-oviposition of the hen (*Gallus domesticus*). **Biology of reproduction**, v. 36, n. 1, p. 89-96, 1987.

- SCANES, C. G.; SHARP, P. J.; CHADWICK, A. Changes in plasma prolactin concentration during the ovulatory cycle of the chicken. **Journal of endocrinology**, v. 72, n. 3, p. 401-402, 1977.
- SECHMAN, A. et al. Effects of 2, 3, 7, 8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin on secretion of steroids and STAR, HSD3B and CYP19A1 mRNA expression in chicken ovarian follicles. **Toxicology letters**, v. 225, n. 2, p. 264-274, 2014.
- SECHMAN, A. et al. Simultaneous determination of plasma ovarian and thyroid hormones during sexual maturation of the hen (*Gallus domesticus*). **FOLIA BIOLOGICA-KRAKOW**, v. 48, n. 1/2, p. 7-12, 2000.
- SECHMAN, A. The role of thyroid hormones in regulation of chicken ovarian steroidogenesis. **General and Comparative Endocrinology**, v. 190, p. 68-75, 2013.
- SECHMAN, A.; PAWLOWSKA, K.; HRABIA, A. Effect of 3, 3', 5-triiodothyronine and 3, 5-diiiodothyronine on progesterone production, cAMP synthesis, and mRNA expression of STAR, CYP11A1, and HSD3B genes in granulosa layer of chicken preovulatory follicles. **Domestic animal endocrinology**, v. 41, n. 3, p. 137-149, 2011.
- SECHMAN, A.; PAWLOWSKA, K.; HRABIA, A. Effect of 3, 3', 5-triiodothyronine and 3, 5-diiiodothyronine on progesterone production, cAMP synthesis, and mRNA expression of STAR, CYP11A1, and HSD3B genes in granulosa layer of chicken preovulatory follicles. **Domestic animal endocrinology**, v. 41, n. 3, p. 137-149, 2011.
- SECHMAN, Andrzej. The role of thyroid hormones in regulation of chicken ovarian steroidogenesis. **General and Comparative Endocrinology**, v. 190, p. 68-75, 2013.
- SEDDON, P. J.; LAUNAY, F. Arab Falconry: changes, challenges and conservation opportunities of an ancient art. *In: Tourism and the Consumption of Wildlife*. **Routledge**, p. 218-232, 2007.
- SHARP, P. J. et al. Physiological roles of chicken LHRH-I and-II in the control of gonadotrophin release in the domestic chicken. **Journal of Endocrinology**, v. 124, n. 2, p. 291-299, 1990.
- SHARP, P. J. Photoperiodic regulation of seasonal breeding in birds. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1040, n. 1, p. 189-199, 2005.
- SHIMADA, K.; ASAI, I. Uterine contraction during the ovulatory cycle of the hen. **Biology of Reproduction**, v. 19, n. 5, p. 1057-1062, 1978.
- SHORROCK, G. The success of DNA profiling in wildlife law enforcement. **International Journal of Biosciences and the Law**, v. 1, p. 327-342, 1998.
- SILBER, S. J.; BARBEY, N.; LENAHAN, K.; SILBER, D. Z. Applying clinically proven human techniques for contraception and fertility to endangered species and zoo animals: a review. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 44, n. 4s, 2013.
- SIOPEs, T. D.; MILLAM, J. R.; STEINMAN, M. Q. Initiating egg production in turkey breeder hens: thyroid hormone involvement. **Poultry science**, v. 89, n. 10, p. 2265-2272, 2010.
- SIROTKIN, A. V.; GROSSMANN, R. The role of ghrelin and some intracellular mechanisms in controlling the secretory activity of chicken ovarian cells. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 147, n. 1, p. 239-246, 2007.
- SIROTKIN, A. V.; HARRATH, A. H.; GROSSMANN, R. Comparison of the effects of human and chicken ghrelin on chicken ovarian hormone release. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 201, p. 59-63, 2016.

- SIROTKIN, A. V.; HARRATH, A. H.; GROSSMANN, R. Metabolic status and ghrelin regulate plasma levels and release of ovarian hormones in layer chicks. **Physiological Research**, v. 66, n. 1, p. 85, 2017.
- SMALLWOOD, K. S. Estimating wind turbine-caused bird mortality. **The Journal of Wildlife Management**, v. 71, n. 8, p. 2781-2791, 2007.
- SMALLWOOD, K. S.; THELANDER, C.G. Developing methods to reduce mortality in the Altamont Pass Wind Resource Area. **Final Report by BioResource Consultants to the California Energy Commission, Public Interest Energy Research**, 500-04-052, 2004.
- SMITH, C. A. et al. Avian sex determination: what, when and where? **Cytogenetic and Genome Research**, v. 117, n. 1-4, p. 165-173, 2007.
- SMITH, C. A. et al. The avian Z-linked gene DMRT1 is required for male sex determination in the chicken. **Nature**, v. 461, n. 7261, p. 267-271, 2009.
- SMITH, C. A. Molecular genetics of avian sex determination and gonadal differentiation. **Reproductive Biology and Phylogeny of Birds, Part B: Sexual Selection, Behavior, Conservation, Embryology and Genetics**, p. 489-516, 2007.
- SNYDER, N. F. R.; WILEY, J. W. **Sexual size dimorphism in hawks and owls of North America**. 1976.
- SOCHA, J. K.; HRABIA, A. Response of the chicken ovary to GH treatment during a pause in laying induced by fasting. **Domestic animal endocrinology**, v. 69, p. 84-95, 2019.
- SRIVASTAVA, R.; CORNETT, L. E.; CHATURVEDI, C. M. Age-dependent expression of AVT and its oxytocic-like receptor VT3 in the shell gland of Japanese quail, *Coturnix coturnix japonica*. **General and comparative endocrinology**, v. 165, n. 1, p. 47-52, 2010.
- STEELE, C. T. et al. Ocular clocks are tightly coupled and act as pacemakers in the circadian system of Japanese quail. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 284, n. 1, p. R208-R218, 2003.
- SUVARNA, S. K.; LAYTON, C.; BANCROFT, J. D. Theory and practice of histological techniques eighth. **UK: Elsevier Health Sci**, 2019.
- TAGLIARINI, M. M. et al. Description of two new karyotypes and cytotaxonomic considerations on Falconiformes. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 15, p. 261-266, 2007.
- TAKAHASHI, J. S.; MENAKER, MICHAEL. Role of the suprachiasmatic nuclei in the circadian system of the house sparrow, *Passer domesticus*. **Journal of Neuroscience**, v. 2, n. 6, p. 815-828, 1982.
- THELANDER, C. G.; SMALLWOOD, K. S. The Altamont Pass Wind Resource Area's effects on birds: a case history. **Birds and wind farms**. Quercus, Madrid, 2007.
- THOMSON, A. L. A new Dictionary of Birds. **London: Ornithologists' Union**. Thomas Nelson. 928 pp, 1964.
- TILLY, J. L. et al. Plasminogen activator activity and thymidine incorporation in avian granulosa cells during follicular development and the periovulatory period. **Biology of reproduction**, v. 46, n. 2, p. 195-200, 1992.
- TSUTSUI, K. et al. A novel avian hypothalamic peptide inhibiting gonadotropin release. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 275, n. 2, p. 661-667, 2000.

- VERMA, O. P.; PRASAD, B. K.; YANCEY, A. Adrenergic activity of the oviduct of the domestic fowl. **Reproduction**, v. 49, n. 2, p. 195-200, 1977.
- VOM SAAL, F. S. Natural history and mechanism of reproductive aging in humans, laboratory rodents, and other selected vertebrates. **The physiology of reproduction**, p. 1213-1314, 1994.
- WAKEFIELD, S. Falconry as heritage in the United Arab Emirates. **World Archaeology**. v. 44, n. 2, p. 280-290, 2012.
- WANG, Y. et al. Epidermal growth factor (EGF) receptor ligands in the chicken ovary: I. Evidence for heparin-binding EGF-like growth factor (HB-EGF) as a potential oocyte-derived signal to control granulosa cell proliferation and HB-EGF and kit ligand expression. **Endocrinology**, v. 148, n. 7, p. 3426-3440, 2007.
- WARREN, W. C. et al. A new chicken genome assembly provides insight into avian genome structure. **G3: Genes, Genomes, Genetics**, v. 7, n. 1, p. 109-117, 2017.
- WATSON, M; CLARKE, R. Saker falcon diet: the implications of habitat change. **British birds**, v. 93, n. 3, p. 136-143, 2000.
- WHITE, C. M. Functional gonads in Peregrines. **The Wilson Bulletin**, v. 81, n. 3, p. 339-340, 1969.
- WHITE, C. M. **The Falcons of the World**. 1982.
- WILLIAMS, J.; HARVEY, S.; LECLERCQ, B. Plasma levels of luteinizing hormone, growth hormone, and estradiol from six weeks of age to sexual maturity in two lines of chickens selected for low or high abdominal fat content. **Poultry Science**, v. 65, n. 9, p. 1782-1786, 1986.
- WILLIAMS, N. P.; EVANS, J. The application of DNA technology to enforce raptor conservation legislation within Great Britain. **Raptors Risk**, p. 859-867, 2000.
- WOJTYSIAK, D.; OKÓLSKI, A.; SECHMAN, A. Structure and steroidogenic activity of the granulosa layer of F1 preovulatory ovarian follicles of the hen (*Gallus domesticus*). **Folia biologica (Kraków)**, v. 59, n. 1-2, p. 59-64, 2011.
- WOODFORD, M. A Manual of Falconry. London: A. and C. **Black**, 1972.
- WOODS, D. C.; JOHNSON, A. L. Regulation of follicle-stimulating hormone-receptor messenger RNA in hen granulosa cells relative to follicle selection. **Biology of reproduction**, v. 72, n. 3, p. 643-650, 2005.
- WYATT, T. Exploring the organization of Russia Far East's illegal wildlife trade: two case studies of the illegal fur and illegal falcon trades. **Global Crime**, v. 10, n. 1-2, p. 144-154, 2009.
- YAO, H. H. C; BAHR, J. M. Chicken granulosa cells show differential expression of epidermal growth factor (EGF) and luteinizing hormone (LH) receptor messenger RNA and differential responsiveness to EGF and LH dependent upon location of granulosa cells to the germinal disc. **Biology of reproduction**, v. 64, n. 6, p. 1790-1796, 2001.
- YOSHIMURA, T. et al. Identification of the suprachiasmatic nucleus in birds. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 280, n. 4, p. R1185-R1189, 2001.
- YOSHIMURA, T. Neuroendocrine mechanism of seasonal reproduction in birds and mammals. **Animal science journal**, v. 81, n. 4, p. 403-410, 2010.



YOSHIMURA, Y. et al. Immunolocalization of androgen receptor in the small, preovulatory, and postovulatory follicles of laying hens. **General and comparative endocrinology**, v. 91, n. 1, p. 81-89, 1993.

YOSHIMURA, Y.; KOGA, O. Ultrastructural changes of the stigma of the follicle during the process of ovulation in the hen. **Cell and tissue research**, v. 224, p. 349-359, 1982.

YOSHIMURA, Y; BARUA, A. Female reproductive system and immunology. **Avian Reproduction: From Behavior to Molecules**, p. 33-57, 2017.

ZAKARIA, A. H.; MIYAKI, T.; IMAI, K. The effect of aging on the ovarian follicular growth in laying hens. **Poultry science**, v. 62, n. 4, p. 670-674, 1983.

ZANATTA, B. Uso de falcões para combater aves no entorno de aeródromos: possíveis reflexos na responsabilidade civil do estado em caso de colisão com aeronave. **Revista Conexão SIPAER**, v. 4, n. 1, p. 165-174, 2012.

ZHANG, G. et al. Comparative genomic data of the Avian Phylogenomics Project. **GigaScience**, v. 3, n. 1, p. 2047-217X-3-26, 2014.

ZHAN, X. et al. Peregrine and saker falcon genome sequences provide insights into evolution of a predatory lifestyle. **Nature genetics**, v. 45, n. 5, p. 563-566, 2013.

ZUCCOLO, A. et al. The gyrfalcon (*Falco rusticolus*) genome. **G3: Genes, Genomes, Genetics**, v. 13, n. 3, p. jkad001, 2023.

**APÊNDICE A: RESULTADOS REPRODUTIVOS DAS FÊMEAS DURANTE O PERÍODO DE 2012 A 2022**

Fêmea	Chegada no Criatório	Idade em 2022	Grupo	NIC	NF	MEP	MEM	MET	MPI	Pintinho	Total de ovos
F16M00006	2016	7	H1	0	0	0	0	0	0	0	0
F15M00019	2015	8	H1	0	0	2	0	0	0	6	8
F15M00061	2015	8	H1	0	0	3	0	0	0	0	3
F15M00085	2016	8	H1	0	0	0	0	0	0	0	0
F14M00014	2014	9	H1	0	3	12	0	0	0	5	20
F14M00015	2014	9	H1	0	1	13	0	0	0	5	19
F13M00062	2013	10	H1	0	0	0	0	0	0	0	0
F12M00165	2013	11	H1	1	0	6	0	0	0	4	11
F16M00033	2016	7	H2	0	0	0	0	0	0	0	0
F14M00003	2014	9	H2	0	0	12	0	0	0	4	16
F14M00095	2016	9	H2	0	0	2	0	0	0	2	4
F14M00114	2017	9	H2	0	0	0	0	0	0	0	0
F14M00147	2017	9	H2	0	1	4	0	0	0	2	7
F12M00185	2014	11	H2	0	0	11	0	1	2	12	26
F12M00191	2015	11	H2	1	2	17	0	1	0	3	24
F11M00160	2011	12	H2	0	0	5	0	0	0	13	18
F10M00148	2013	13	H2	0	0	9	0	1	1	23	34
F08M00044	2017	15	H2	0	0	15	0	0	1	7	23
F16M00016	2016	7	P	0	0	0	0	0	0	0	0
F16M00049	2016	7	P	0	0	0	0	0	0	0	0
F15M00099	2016	8	P	1	1	8	0	0	0	2	12
F11M00174	2013	12	P	2	0	7	0	0	0	16	25
F09M00053	2009	14	P	0	0	32	2	0	1	25	60
F09M00089	2017	14	P	0	1	8	0	0	0	2	11
F08M00042	2017	15	P	1	0	3	0	0	0	2	6
F07M00018	2010	16	P	0	0	10	0	5	3	41	59
F07M00029	2017	16	P	0	0	6	0	0	0	0	6

**NIC:** Ovo não incubado. Ovo com algum dano que inviabilizava a incubação; **NF:** Ovo não fértil; **MEP:** Morte embrionária precoce, durante os períodos iniciais do desenvolvimento; **MEM:** Morte embrionária durante os estágios médios de desenvolvimento; **MET:** Morte embrionária tardia, durante os estágios finais de desenvolvimento; **MPI:** Morte prematura. Morte de pintinhos nos primeiros dias de vida; **Pintinho:** Quantidade de pintinhos que sobreviveu aos primeiros dias de vida; **Total de ovos:** Soma do total de ovos produzidos pela fêmea.