RESSALVA

Atendendo solicitação do
autor, o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 11/03/2027.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – RIO CLARO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E BIODIVERSIDADE

O CICLO DE MUDA DE PENAS DAS AVES DE MATA ATLÂNTICA

ANDRÉ LUIZ BITENCOURT MORAES

Rio Claro – SP
2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – RIO CLARO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E BIODIVERSIDADE

O CICLO DE MUDA DE PENAS DAS AVES DE MATA ATLÂNTICA

ANDRÉ LUIZ BITENCOURT MORAES

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em Ecologia, Evolução e Biodiversidade.
Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Pizo Ferreira.

Rio Claro – SP

2025

M827c

Moraes, André Luiz Bitencourt
O ciclo de muda de penas das aves de Mata Atlântica / André Luiz Bitencourt Moraes. -- Rio Claro, 2025
130 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Marco Aurélio Pizo Ferreira

1. Ecologia de aves. 2. Ciclo de muda de penas. 3. Aves Anilhamento. 4. Aves reprodução. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Rio Claro

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: O ciclo de muda das aves de Mata Atlântica

AUTOR: ANDRÉ LUIZ BITENCOURT MORAES
ORIENTADOR: MARCO AURELIO PIZO FERREIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ecologia, Evolução e Biodiversidade, área: Biodiversidade pela Comissão Examinadora:

Marco Aurelio Pizo Ferreira:12081690845
Assinado de forma digital por Marco Aurelio Pizo Ferreira:12081690845
Dados: 2025.03.11 12:10:40 -03'00'

Prof. Dr. MARCO AURELIO PIZO FERREIRA (Participaçao Virtual)
Departamento de Biodiversidade / Unesp IB Rio Claro

gov.br Documento assinado digitalmente
ALEXANDRE GABRIEL FRANCHIN
Data: 12/03/2025 08:54:08-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. ALEXANDRE GABRIEL FRANCHIN (Participaçao Virtual)
Departamento de Ciências Ambientais / UFSCar

gov.br Documento assinado digitalmente
AUGUSTO FLORISVALDO BATISTELI
Data: 13/03/2025 11:06:35-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. AUGUSTO FLORISVALDO BATISTELI (Participaçao Virtual)
Setor Administrativo / UFSCar

Rio Claro, 11 de março de 2025

Título alterado para: "O CICLO DE MUDA DE PENAS DAS AVES DE MATA ATLÂNTICA"

AGRADECIMENTOS

Ao Marco A. Pizo em primeiro lugar, que desde 2013 aceitou o desafio de ser meu orientador no mestrado e aos poucos foi se tornando além de excelente mentor acadêmico um grande amigo, uma pessoa com um caráter espetacular, com quem tive o privilégio de aprender muita coisa ao longo destes bons anos de parceria.

Agradeço imensamente a minha esposa Beatriz Gabelini, por estar sempre ao meu lado em todos os momentos, por sempre me incentivar e me suportar, em todos os sentidos desta palavra, nas horas boas e principalmente nas difíceis. Agradeço também a minha cachorra Kyara pela parceria na minha vida, quem conhece sabe o quanto ela é especial.

Agradeço aos professores das disciplinas da pós-graduação, que contribuíram demais para essa minha etapa de formação como pesquisador e docente e agradeço também a todos os professores que passaram na minha vida e me ensinaram algo. Não poderia deixar de agradecer à Ivana e Felipe da seção de pós-graduação do IB que sempre foram muito solícitos e eficientes para tudo relacionado a parte burocrática ao longo do meu mestrado e doutorado.

Agradeço ao Rodrigo Carvalho, que há 15 anos atrás me ensinou as primeiras identificações de sons, espécies e curiosidades que me fizeram despertar (literalmente, por muitas vezes antes das 5h da manhã) o gosto pela ornitologia e decidir que iria trabalhar com este grupo de animais a partir dali.

Nesta mesma época tive a oportunidade de participar de uma viagem ao Pantanal com um monitor extremamente competente na ornitologia, Flávio Ubaid, que passou a ser uma referência para mim na área e depois de um tempo me convidou para meus primeiros campos de consultoria ambiental em que aprendi muita coisa sobre anilhamento de aves e ecologia em geral e essa parceria segue até hoje com sugestões que foram uma virada de chave para o aprimoramento desta tese. Gratidão irmão.

Agradeço muito ao Augusto Batisteli, outra pessoa de caráter incrível, com um conhecimento gigante em ornitologia e uma disposição incomum em ajudar as pessoas. Gratidão pelas parcerias nos anilhamentos da UNESP e principalmente pela colaboração na realização das análises e todas suas contribuições para este trabalho. Aproveitando agradeço a todos que participaram nos campos de anilhamento da UNESP, em especial Antônio Fontanella, e fico feliz de poder ter contribuído com esse projeto de longo prazo e ver que atualmente ele se mantém e serve, como foi para mim, de um local de muito aprendizado e formação.

Agradeço aos amigos Luiza Figueira e Pedro Martins, atualmente gestores do OAMa (Observatório de Aves da Mantiqueira), que me ensinaram muito sobre muda e são referências para mim nesta área. Um agradecimento especial também a Erik Johnson, Jared Wolfe e a todos os outros professores e monitores do BBMA (Bird Banding and Molt Analysis), Gonçalo Ferraz, Diego, Camila, Chespi e Rob Bierregaard no curso

sobre anilhamento e análises de muda que tive oportunidade de participar na Amazônia em 2015 e que iniciaram o meu interesse por essa área de estudo.

Agradeço a minha família, em especial a minha mãe que nunca deixou de me incentivar e mesmo não entendendo nada de estatística circular, normas ABNT, sempre tinha uma palavra de afeto em todos os momentos ao longo deste doutorado. E por fim, dedico esta tese em memória dos meus avôs Newton e Raul.

Agradeço os autores do artigo "*Atlantic bird traits: a data set of bird morphological traits from the Atlantic forests of South America*. Ecological Society of America, 2022." por tornarem os dados públicos e permitirem a utilização para as análises.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro (processo 140635/2023-8) que possibilitou a execução desta tese.

“*What if there's more to this and one day,*
we become what we do, not what we say…
…Maybe we need to look at this world,
less like a square and more like a circle.”
(S.O.J.A. – Everything changes)

“Pra quem tem fé, a vida nunca tem fim!
A fé na vitória tem que ser inabalável.”
(O Rappa – Anjos)

“Happiness is only real when shared”
(Christopher McCandless - Into the wild)

‘

RESUMO GERAL

O ciclo de muda de penas é um processo fisiológico essencial na vida das aves, diretamente relacionado à manutenção da capacidade de voo, à regulação térmica e à seleção sexual, especialmente durante o período reprodutivo. A separação ou sobreposição entre os ciclos de muda e reprodução pode refletir adaptações ecológicas, comportamentais e fisiológicas, influenciadas por fatores como sexo, região geográfica e estratégias reprodutivas. Esta tese teve como objetivo central investigar os padrões fenológicos de muda em aves da Mata Atlântica, com três enfoques principais: (1) a relação entre muda e reprodução em diferentes espécies e regiões do bioma; (2) as diferenças entre machos e fêmeas na fenologia da muda; e (3) a análise detalhada da dinâmica anual desses eventos em uma população periurbana da espécie *Turdus leucomelas*. A pesquisa baseou-se em dados de anilhamento coletados ao longo de mais de uma década, aplicando análises de estatística circular para avaliar a sincronia, a dispersão e a sobreposição entre os eventos sazonais. Os resultados indicaram que a maioria das espécies tende a evitar a sobreposição entre muda e reprodução, priorizando a alocação energética em momentos distintos do ciclo anual. Variações regionais foram observadas, com padrões de muda mais tardios no Nordeste em comparação às regiões Sul e Sudeste. Diferenças entre os sexos também foram identificadas em diversas espécies, com fêmeas geralmente apresentando maior sincronia e iniciando a muda após o período reprodutivo. Esta tese contribui para o conhecimento sobre a ecologia da muda em aves tropicais, evidenciando a importância de abordagens integradas e de longo prazo na compreensão da fenologia desses eventos indispensáveis ao ciclo de vida das aves. Este estudo traz informações relevantes sobre a história natural, ecologia comportamental e estratégias de conservação voltadas às aves da Mata Atlântica.

Palavras-chave: ecologia de aves; fenologia de muda; fenologia reprodutiva; dados de anilhamento; estatística circular; aves tropicais.

ABSTRACT

The molt cycle is a fundamental physiological process in the life of birds, directly related to the maintenance of flight capacity, thermal regulation, and sexual selection, especially during the reproductive period. The separation or overlap between molt and reproduction cycles may reflect ecological, behavioral, and physiological adaptations, influenced by factors such as sex, geographic region, and reproductive strategies. This thesis aimed to investigate the phenological patterns of molt in birds of the Atlantic Forest, with three main approaches: (1) the relationship between molt and reproduction in different species and regions of the biome; (2) the differences in molt phenology between males and females; and (3) a detailed analysis of the annual dynamics of these events in a peri-urban population of the species *Turdus leucomelas*. The research was based on long-term bird banding data collected over more than a decade, applying circular statistical analyses to evaluate the synchrony, dispersion, and overlap of seasonal events. The results indicated that most species tend to avoid overlapping between molt and reproduction, prioritizing energetic allocation at distinct times in the annual cycle. Regional variation was observed, with later molt patterns in northeastern populations compared to those in the South and Southeast. Sexual differences were also found in several species, with females generally showing greater synchrony and initiating molt after the reproductive period. This thesis contributes to the understanding of molt ecology in tropical birds, highlighting the importance of integrated and long-term approaches in the study of phenology. The findings provide valuable insights for research in natural history, behavioral ecology, and conservation strategies targeting Atlantic Forest birds.

Keywords: bird ecology; molt phenology; reproductive phenology; bird banding data; circular statistics; tropical birds.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL 10

CAPÍTULO 1 – RELAÇÃO ENTRE MUDA E REPRODUÇÃO EM AVES DE MATA ATLÂNTICA

1.1 Introdução 17

1.2 Material e Métodos 18

1.3 Resultados e discussão 20

1.4 Conclusão 72

1.5 Referências 73

CAPÍTULO 2 – COMPARAÇÕES ENTRE OS SEXOS NA FENOLOGIA DA MUDA EM AVES DE MATA ATLÂNTICA

2.1 Introdução 78

2.2 Material e Métodos 79

2.3 Resultados e discussão 80

2.4 Conclusão 103

2.5 Referências 104

CAPÍTULO 3 – DIFERENÇAS ENTRE OS SEXOS NOS PERÍODOS DE MUDA E REPRODUÇÃO EM UMA POPULAÇÃO PERIURBANA DE SABIÁS (*Turdus leucomelas*)

3.1 Introdução 109

3.2 Material e Métodos 110

3.3 Resultados 112

3.4 Discussão 119

3.5 Conclusão 124

3.6 Referências 124

CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE 128

‘

INTRODUÇÃO GERAL

A muda nas aves é um processo fisiológico essencial que envolve a substituição das penas, tanto de voo (asas e cauda), como do corpo. Este fenômeno varia entre as diferentes espécies e é regulado por uma combinação de fatores intrínsecos, como os hormonais (DAWSON & SHARP, 1998; FONTENELE NETO, 2012) e ambientais, incluindo a duração do fotoperíodo (DAWSON et al., 2001; GWINNER, 2003). Durante o período de muda, as aves investem uma quantidade significativa de energia na produção de novas penas, e este processo pode afetar temporariamente outras atividades, como a capacidade de voo, a visibilidade aos predadores e processos fundamentais como reprodução e migração (MURPHY & KING, 1992; HEMBORG et al., 2001). Devido a esse fato, espécies migratórias ajustam seus ciclos de muda para ocorrer antes ou depois das migrações, evitando comprometer a capacidade de voo durante longas jornadas (PYLE, 2009).

A muda das penas, juntamente com a reprodução e a migração, para espécies que exibem esse comportamento (JAHN, 2006) desempenham um papel central na sobrevivência e no sucesso reprodutivo das aves (MEDOLAGO, 2013; CARRARA et al., 2015). As penas desempenham funções vitais, como a regulação térmica e o auxílio no voo (HOWELL, 2010), além de serem cruciais na adaptação às variações climáticas e na exibição de plumagens para acasalamento (GILL, 2007). No entanto, as penas não são estruturas permanentes e sofrem desgaste devido à exposição aos raios ultravioletas e ao atrito com a vegetação, o que determina a necessidade de reposição regular, pois as penas não se regeneram (JENNI & WINKLER, 1994). Além disso, dentro de um ciclo (“ano de vida”), alguns indivíduos de uma população podem não se reproduzir ou não migrar, porém a muda de penas, mesmo que de maneira parcial, ocorre anualmente em todos os indivíduos, fato que demonstra o valor adaptativo associado a esse processo (ROHWER et al., 2009; PYLE, 2013).

No contexto da Mata Atlântica, um dos biomas mais diversos e ameaçados do mundo, entender os padrões sazonais de muda e reprodução torna-se ainda mais relevante. A Mata Atlântica exerce um papel crucial como habitat para inúmeras espécies e como regulador do clima e recursos hídricos (PSISTAKI, 2024). O bioma abriga 891 espécies de aves, representando cerca de 45% das espécies do Brasil.

Dentre essas, 213 são endêmicas e aproximadamente 230 encontram-se em algum nível de ameaça (LIMA, 2013).

A área de abrangência é de aproximadamente 1,1 milhões de km², sendo dividido entre 17 estados (IBGE, 2021) e apesar de toda sua importância, dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2019) e da SOS Mata Atlântica (2022), relatam que, em decorrência do desmatamento e da expansão urbana e agropecuária, apenas 12,4% da sua área nativa permanece preservada. E mesmo em seus remanescentes, a fragmentação aumenta ainda mais a ameaça à biodiversidade e ao equilíbrio ecológico (LIU et al., 2018).

Essas características, além de destacarem sua relevância ecológica, também evidenciam a urgência de sua conservação e regeneração em um cenário atual de mudanças climáticas acentuadas, como o aquecimento global. Florestas tropicais como a Mata Atlântica são especialmente importantes no enfrentamento da crise climática, considerando que ecossistemas florestais possuem capacidades biológicas essenciais para auxiliar na proteção climática em escala mundial (ANDERSON, 2011).

Diversos estudos apontam que a sincronização da muda com épocas de menor atividade reprodutiva ou migratória reflete uma estratégia de otimização energética, permitindo alocar recursos de forma eficiente entre as demandas do ciclo anual (PAYNE, 1972; GINN & MELVILLE, 1983; BARTA et al., 2008). Isso é particularmente importante em espécies de zonas temperadas, onde as variações sazonais são mais acentuadas (ROHWER, 2009; WOLFE et al., 2009). Por outro lado, em regiões tropicais, como na Floresta Amazônica, a sobreposição entre os períodos de reprodução e muda é mais frequente (SNOW & SNOW, 1964; JOHNSON et al., 2012). Estudos indicam que essas espécies enfrentam pressões ecológicas distintas, como maior estabilidade climática anual para as aves tropicais, permitindo ajustes mais flexíveis nos ciclos de muda (FOSTER, 1975; MARINI & DURÃES, 2001).

Além das variações sazonais e ecológicas, diferenças na fenologia de muda entre machos e fêmeas também têm sido observadas em diversas espécies (DAWSON, 2001). Fenologia, nesse contexto, refere-se ao estudo dos eventos biológicos recorrentes e seu relacionamento com os fatores ambientais, como o início e a duração da muda de penas ou da reprodução ao longo do ano (LIETH, 1974). Em aves tropicais, embora essas diferenças sexuais na fenologia de muda ainda sejam

pouco exploradas, elas podem estar associadas a pressões seletivas distintas entre os sexos, como diferenças no papel parental, comportamento territorial e estratégias de acasalamento (GILL, 2007; CARRARA et al., 2015). Investigar essas distinções é fundamental para compreender os fatores que moldam os ciclos vitais das aves e para interpretar corretamente os dados obtidos em campo, especialmente em espécies que não apresentam dimorfismo sexual evidente.

A idade e o ciclo de vida das aves influenciam o padrão de muda, sendo comum observar mudas parciais em indivíduos jovens e mudas completas em adultos (GILL, 2007).Além disso, em trabalhos de campo, como no anilhamento das aves, a análise da plumagem associada a outros fatores possibilita a obtenção de informações sobre o estágio do ciclo de muda de determinada ave e a partir disto estimar a “idade” deste indivíduo utilizando a metodologia WRP (WOLFE et al., 2012; JOHNSON et al., 2011; PYLE et al., 2022).

O conhecimento sobre o ciclo de mudas das espécies norte americanas e europeias já é bastante amplo e bem documentado, porém o número de pesquisas e de material produzido relacionado ao ciclo de muda das aves Neotropicais ainda é baixo (RYDER & WOLFE, 2009; HERNANDEZ, 2012; GUALLAR et al., 2016), e em relação as aves de Mata Atlântica é menor ainda (MALLET-RODRIGUES, 2001; MEDOLAGO, 2013; CARRARA, 2015).

Dessa forma, o objetivo principal é analisar os ciclos de muda de algumas espécies de aves de Mata Atlântica e sua relação com a reprodução. A tese está estruturada em três capítulos, no primeiro capítulo foram realizadas análises quantitativas comparando os ciclos de muda e reprodução em dados de anilhamento provenientes de áreas da Mata Atlântica. No segundo capítulo, o foco foi analisar as diferenças entre os sexos na fenologia de muda em diferentes espécies da Mata Atlântica. Por fim, o terceiro capítulo apresenta os resultados sobre as diferenças no ciclo de muda e reprodução entre machos e fêmeas de uma população de sabiás (*Turdus leucomelas*), que não apresenta dimorfismo sexual aparente, em um ambiente periurbano no sudeste do Brasil.

REFERÊNCIAS – INTRODUÇÃO GERAL

ANDERSON, R. G.; CANADELL, J. G. Biophysical considerations in forestry for climate protection. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, v. 2, n. 5, p. 451–468, 2011.

BARTA, Z. et al. Annual routines of non-migratory birds: optimal moult strategies. *Oikos*, v. 112, n. 3, p. 580-593, 2008.

CARRARA, L. A. et al. Ciclo anual reprodutivo e de muda de penas da choca-de-sooretama (*Thamnophilus ambiguus*), espécie endêmica da Mata Atlântica do Brasil. *Ornithology*, v. 8, n. 2, p. 65–74, 2015.

DAWSON, A.; SHARP, P. J. Control of luteinizing hormone and prolactin secretion in birds. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, v. 119, n. 3, p. 365-373, 1998.

DAWSON, A. The effects of a single long photoperiod on induction and dissipation of reproductive photorefractoriness in European starlings. *General and Comparative Endocrinology*, v. 121, n. 3, p. 316-324, 2001.

FONTELE NETO, J. D. Morfofisiologia da reprodução das aves: controle endócrino do ciclo sexual das aves. *Acta Veterinaria Brasilica*, v. 6, n. 1, p. 37-44, 2012.

FOSTER, M. S. The overlap of molting and breeding in some tropical birds. *The Condor*, v. 77, n. 3, p. 304-314, 1975.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2021-2022*. Itu, SP: Fundação SOS Mata Atlântica, 2022.

GILL, F. B. *Ornithology*. 3. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2007.

GINN, H. B.; MELVILLE, D. S. *Moult in birds*. Tring: British Trust for Ornithology, 1983.

GUALLAR, S. X. et al. Molt strategies of ten neotropical forest passerine species. *The Wilson Journal of Ornithology*, v. 128, n. 3, p. 543-555, 2016.

GWINNER, E.; HELM, B. *Avian Migration: With 32 Tables*. Springer, 2003.

HEMBORG, C.; SILLANPÄÄ, S.; PARTANEN, J. Parental care and molting in birds: How do they interact? *The Auk*, v. 118, n. 4, p. 914-918, 2001.

HERNÁNDEZ, A. Molt patterns and sex and age criteria for selected landbirds of southwest Colombia. *Ornitologia Neotropical*, v. 23, n. 1, p. 215-223, 2012.

HOWELL, S. N. G. *Molt in North American birds*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Indicadores de cobertura vegetal do Brasil*. 2021.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Monitoramento de áreas desmatadas da Mata Atlântica: Relatório anual*. 2021.

JAHN, A. E. et al. Towards a mechanistic interpretation of bird migration in South America. *Hornero*, v. 21, n. 2, p. 105-115, 2006.

JENNI, L.; WINKLER, R. *Moult and ageing of European passerines*. London: Academic Press, 1994.

JOHNSON, E. I.; WOLFE, J. D.; RYDER, T. B. Modifications to a molt-based ageing system proposed by Wolfe et al. (2010). Journal of Field Ornithology, v. 82, n. 3, p. 302-314, 2011.

JOHNSON, E. I. et al. The phenology of molting, breeding and their overlap in central Amazonian birds. *Journal of Avian Biology*, v. 43, n. 2, p. 141-154, 2012.

LIETH, H. Phenology and seasonality modeling. In: LIETH, H. (ed.). *Phenology and Seasonality Modeling*. Berlin: Springer, 1974.

LIMA, L. M. *Aves da Mata Atlântica: riqueza, composição, status, endemismos e conservação*. 2013. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

LIU, J. et al. How does habitat fragmentation affect the biodiversity and ecosystem functioning relationship? *Landscape Ecology*, 2018.

MALLET-RODRIGUES, F.; NORONHA, M. L. M. Molt pattern in *Pyriglena leucoptera* with considerations about the study of molt. *Ararajuba*, v. 9, n. 1, p. 51-55, 2001.

MARINI, M. Â.; DURÃES, R. Annual patterns of molt and reproductive activity of passerines in south-central Brazil. *The Condor*, v. 103, p. 767–775, 2001.

MEDOLAGO, C. A. B. et al. Padrões de muda de penas e reprodução em aves florestais no Parque Estadual Carlos Botelho, estado de São Paulo. 2013.

MURPHY, M. E.; KING, J. R. Energy and nutrient use during moult by White-crowned Sparrows *Zonotrichia leucophrys gambelii*. *Ornis Scandinavica*, v. 23, n. 3, p. 304–313, 1992.

PAYNE, R. B. Mechanisms and control of molt. Avian Biology, v. 2, p. 103-155, 1972.

PSISTAKI, K.; TSANTOPOULOS, G.; PASCHALIDOU, A. K. An overview of the role of forests in climate change mitigation. *Sustainability*, v. 16, n. 14, p. 6089, 2024.

PYLE, P. *Molt strategies in North American passerines*. *Marine Ornithology*, v. 37, n. 3, p. 219-226, 2009.

PYLE, P. Evolutionary implications of synapomorphic wing-molt sequences among falcons (Falconiformes) and parrots (Psittaciformes). *The Condor*, v. 115, n. 3, p. 593–602, 2013.

PYLE, P. et al. Application of a global age-coding system (“WRP”), based on molts and plumages, for use in demographic and other studies of birds. *The Auk*, v. 139, n. 1, p. ukab063, 2022.

ROHWER, S. et al. Allometry of the duration of flight feather molt in birds. *PLoS Biology*, v. 7, n. 6, p. e1000132, 2009.

RYDER, T. B.; WOLFE, J. D. The current state of knowledge on molt and plumage sequences in selected tropical families: a review. *Ornitologia Neotropical*, v. 20, n. 1, p. 1-18, 2009.

SNOW, D. W.; SNOW, B. K. Breeding and moult in the Oilbird (*Steatornis caripensis*), with comparative information on the moult of other nocturnal birds. *Ibis*, v. 106, n. 3, p. 356–359, 1964.

WOLFE, J. D.; PYLE, P.; RALPH, C. J. Breeding seasons, molt patterns, and gender and age criteria for selected northeastern Costa Rican resident landbirds. *The Wilson Journal of Ornithology*, v. 121, n. 3, p. 556-567, 2009.

WOLFE, J. D.; RYDER, T. B.; PYLE, P. Using molt and plumage cycles to age tropical birds: Updates and recent advances. *Ornitología Neotropical*, 2012.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE

Esta tese teve como objetivo central compreender a dinâmica do ciclo de muda de penas em aves da Mata Atlântica, explorando diferentes escalas: entre espécies, entre os sexos e variação geográfica. Com base em um robusto banco de dados de anilhamento, foram aplicadas ferramentas de estatística circular para avaliar a relação entre muda e reprodução, analisando a sobreposição destes eventos.

Os resultados revelaram que, de modo geral, as aves da Mata Atlântica tendem a separar os eventos de muda e reprodução ao longo do ano, o que reforça a ideia de que esses processos, ambos altamente custosos do ponto de vista energético, raramente ocorrem simultaneamente. Esse padrão de não sobreposição foi observado na maioria das espécies analisadas, embora em algumas, especialmente no Nordeste, tenha sido registrada uma sobreposição parcial entre os eventos, sugerindo uma plasticidade fenológica para se adaptar aos fatores ambientais regionais.

A análise regional indicou que o período de muda varia entre as regiões Sul, Sudeste e Nordeste, refletindo a influência de fatores como a latitude sobre a fenologia das espécies. No geral, as aves das regiões Sul e Sudeste concentraram a muda entre o final do verão e o outono, enquanto no Nordeste a muda ocorreu de forma mais tardia, durante o outono.

As comparações entre os sexos, apresentadas no Capítulo 2, mostraram que em algumas espécies as fêmeas tendem a iniciar a muda após o término do período reprodutivo, enquanto os machos iniciam antes, ou apresentam padrões menos sincronizados. Esse resultado está de acordo com a ideia de que as fêmeas, por assumirem maior parte do investimento reprodutivo, postergam o início da muda para após esse período. Já os machos, especialmente em espécies com comportamentos de exibição, podem antecipar a muda para garantir uma plumagem adequada ao período de cortejo.

O estudo sobre a espécie *Turdus leucomelas* (Capítulo 3) permitiu identificar com maior detalhe a sincronia entre os ciclos, confirmando a tendência de separação temporal entre muda e reprodução, mas também revelando a ocorrência de sobreposição em nível individual, especialmente em fêmeas, devido as diferenças

entre os sexos no cuidado parental. Esse padrão pode refletir adaptações fisiológicas ou comportamentais específicas de populações que habitam ambientes periurbanos.

De forma geral, os resultados apontam para a predominância de estratégias fenológicas que evitam a sobreposição entre muda e reprodução nas aves da Mata Atlântica, com variações que dependem de fatores como região, sexo e características da espécie. Por fim, esta tese reforça a importância de análises de longo prazo e de abordagens como a estatística circular na investigação dos ciclos vitais das aves tropicais, e traz contribuições relevantes para pesquisas futuras e para estratégias de conservação que considerem os ciclos naturais das espécies.