



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

THALES AFONSO DUARTE SILVA

**INFLUÊNCIA DA REPRODUÇÃO, MUDA DE PENAS E DISPONIBILIDADE DE
ALIMENTO NO ESTRESSE FISIOLÓGICO DE *Coryphospingus Pileatus* (Aves:
Passeriformes) EM UM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

MOSSORÓ

2018

THALES AFONSO DUARTE SILVA

**INFLUÊNCIA DA REPRODUÇÃO, MUDA DE PENAS E DISPONIBILIDADE DE
ALIMENTO NO ESTRESSE FISIOLÓGICO DE *Coryphospingus pileatus* (Aves:
Passeriformes) EM UM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ecologia e Conservação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Fernandes França.

MOSSORÓ

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S586i Silva, Thales Afonso Duarte.

Influência da reprodução, muda de penas e disponibilidade de alimento no estresse fisiológico de *Coryphospingus pileatus* (Aves: Passeriformes) em um ambiente semiárido / Thales Afonso Duarte Silva. - 2018.
32 f. : il.

Orientador: Leonardo Fernandes França.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, 2018.

1. Ritmo anual. 2. Sistema imunológico. 3. H/L. 4. Caatinga. 5. Sazonalidade. I. França, Leonardo Fernandes, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

THALES AFONSO DUARTE SILVA

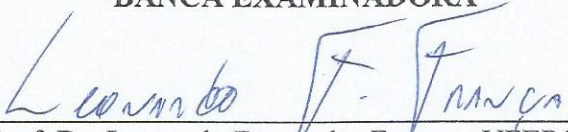
**INFLUÊNCIA DA REPRODUÇÃO, MUDA DE PENAS E DISPONIBILIDADE DE
ALIMENTO NO ESTRESSE FISIOLÓGICO DE *Coryphospingus pileatus* (Aves:
Passeriformes) EM UM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ecologia e Conservação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

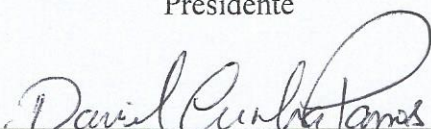
Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres.

Defendida em: 24 / 08 / 2018.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Leonardo Fernandes França - UFERSA

Presidente


Prof. Dr. Daniel Cunha Passos - UFERSA

Membro Examinador


Prof. Dr. Marco Jacinto Katzenberger Baptista Novo (UFERSA)

Membro Examinador

A Deus, pelo Seu infinito amor e por Sua misericórdia. Aos meus pais, Josias Francisco e Zíbia Duarte. Não conquistaria nada se não estivessem ao meu lado. Obrigado, por estarem sempre presentes em todos os momentos, me dando carinho, apoio, incentivo, determinação, fé e principalmente pelo Amor de vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como graduando e mestrando, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

A todos da minha grande família que, de alguma forma, incentivaram-me na constante busca pelo conhecimento.

Agradeço aos meus pais, Josias Silva e Zíbia Duarte, meus maiores exemplos. Obrigado pelo incentivo e orientação, pelas orações em meu favor, pela preocupação para que eu estivesse sempre andando pelo caminho correto. Obrigado por estarem ao meu lado sempre! Porque vocês sempre me apoiaram para que eu não desistisse de caminhar nunca, ainda que em passos lentos, é preciso caminhar para chegar a algum lugar. O meu eterno agradecimento. AMO VOCÊS.

À minha mana Thayane Duarte, na nossa convivência diária, sempre ao meu lado, lutando junto comigo por tudo o que fosse preciso.

A minha namorada Lara Jordanna (Mozão), pela sua paciência em minhas ausências e agonias. Obrigado meu amor por tudo o que você transformou na minha vida.

Aos meus amigos, que viram meu crescimento enquanto pessoa, enquanto amigo, enquanto estudante preocupado com minha formação acadêmica, em busca de novas conquistas e novos sonhos. Vocês construíram comigo um sonho que hoje se torna realidade.

A todos os meus professores que são os maiores responsáveis por eu estar concluindo esta etapa da minha vida, compartilhando a cada dia os seus conhecimentos conosco. Destacando Luciana Vieira, Daniel Passos, Vitor Lunardi e Michelly Fernandes pelo suporte ao meu estudo e pelas considerações relativas à qualificação, que foram de suma importância para a melhoria do trabalho.

Ao Profº Dr. Leonardo F. França, orientador extraordinário, estando sempre presente, esclarecendo as minhas dúvidas, tendo muita paciência, competência, confiança, conhecimentos e principalmente a amizade.

Agradeço aos meus Amigos e Colegas do Laboratório de Ecologia de Populações Animais – EcoPAn, que estiveram presentes na longa jornada de coleta dos dados deste estudo.

Obrigado a todos que, mesmo não estando citados aqui, tanto contribuíram para a conclusão desta etapa e para o Thales Afonso que sou hoje.

Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os
seus planos serão bem-sucedidos.

Provérbios 16:3

RESUMO

O período de alta disponibilidade de alimento determina a época de realização de atividades de alta-demanda energética em Aves, como a reprodução e muda de penas. Podem ocorrer balanços de compensação (*trade-off*) no investimento energético-nutricional entre estas atividades e outras funções essenciais a sobrevivência, como investimento no sistema imunológico. Sob estas condições, alguma atividade pode ser prejudicada gerando estresse fisiológico para o organismo. Uma forma de mensurar esse estresse é determinar a razão entre dois tipos de células sanguíneas: heterófilos (H) e linfócitos (L), razão esta que tende a aumentar em resposta a estressores. Nas Aves, a relação entre reprodução, muda e disponibilidade de alimento são potenciais alteradores da razão H/L. No presente estudo quantificamos a ocorrência de mudas de penas primárias e placas de incubação em uma população de *Coryphospingus pileatus* entre 2012 e 2017 e obtivemos amostras de esfregaço de sangue entre 2016 e 2017, com o objetivo de testar as seguintes hipóteses: (1) A realização da reprodução e muda provocariam aumento nos valores de H/L; (2) Nos períodos de maior disponibilidade de alimento (biomassa de artrópodes) os valores de H/L seriam menores. Registramos 1094 indivíduos, sendo 985 adultos, com 63 registros de placa de incubação e 169 de muda de penas. Obtivemos 92 lâminas com esfregaço de sangue de indivíduos adultos de *C. pileatus*. A razão H/L foi significativamente negativamente dependente da proporção de indivíduos com placa-muda e da abundância de artrópodes, sendo a relação positiva em ambas regressões. Esta relação foi mais intensa quando restringimos os dados ao período de ocorrência de placa-muda. A relação positiva entre H/L e abundância de alimento não era esperada, pois a maior disponibilidade de alimento significa mais energia disponível para os organismos realizarem suas atividades. Por outro lado, a relação negativa observada entre placa-muda e H/L pode ser explicada pela temporalidade do processo. O curto período e alta sazonalidade do período chuvoso e de maior disponibilidade de alimento nos ambientes semiáridos condicionam a realização das atividades de reprodução e muda em um curto período afetando negativamente o sistema imune. A potencial recuperação do sistema imune no fim do período chuvoso, quando é baixa a abundância de alimentos, indica que o período seco e a falta de alimento não devem gerar restrições energéticas suficientes para impedir a recuperação do sistema imune. Portanto, concluímos que as atividades intrínsecas placa de incubação imuda de penas parecem ser as maiores responsáveis pelo estresse fisiológico em *C. pileatus* em ambientes semiáridos.

Palavras-chave: Ritmo anual, Sistema imunológico, H/L, Caatinga, Sazonalidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Mata de caatinga na área de estudo durante os períodos seco (A) e chuvoso (B). Fotos: Rayanison Dagner da Costa Moraes14
Figura 2	–	Indivíduos (A) macho, (B) fêmea e (C) jovem de <i>Coryphospingus pileatus</i> , registrados na área de Caatinga do corrente estudo. Fotos: Thales Afonso Duarte Silva e Pedro Teófilo Moura15
Figura 3	–	Exemplos de indivíduos de outras espécies observados na área de estudo com a presença de placa de incubação ativa (A) ou inativa (B), assim como presença de canhões de penas (C) que evidenciam a muda de penas de voo de asa primária (rêmiges). Fotos: Liana Monique Paiva Cavalcante e Rayanison Dagner da Costa Moraes..... 16
Figura 4	–	Armadilhas do tipo janela (A) e aparelho de sucção (B) usados na amostragem de artrópodes, entre dezembro de 2016 a novembro de 2017, na área natural da Estação Experimental da UFERSA (EEU). Fotos: Kamila Barbosa dos Santos.....18
Figura 5	–	Fotos de lâminas com esfregaço de sangue da espécie em estudo <i>C. pileatus</i> . (A) Heterófilo, (B) Eosinófilo, núcleo mais escuro e grânulos citoplasmáticos com coloração mais intensa. Fotos: Thales Afonso19
Figura 6	–	Fotos de lâminas com esfregaço de sangue da espécie em estudo <i>C. pileatus</i> . (A) Monócito com citoplasma mais abundante e núcleo mais claro, (B) Aglomerado de Trombócitos e (C) Linfócito, célula maior que o trombócito, núcleo maior e citoplasma quase escasso. Fotos: Thales Afonso20
Figura 7	–	Precipitação médio anual nos anos de realização do protocolo de CMR (a) e precipitação acumulada de 28 dias para o período de amostragem de esfregaço sanguíneo, entre dezembro de 2016 e novembro de 2017 (b). Média pluviométrica obtida com base em oito estações meteorológicas localizadas dentro de um raio de 25 km da área de estudo.....22
Figura 8	–	Razão entre a quantidade das células Heterofilos e Linfócitos (H/L) em indivíduos de <i>C. pileatus</i> da população estudada. Valores obtidos a partir da contagem por varredura em lâminas com esfregaço sanguíneo. Cada círculo corresponde a uma amostra de esfregaço sanguíneo. Amostras coletadas entre dezembro de 2016 e novembro de 2017, na área de estudo.....23

Figura 9 – Proporção de fêmeas com placa de incubação (a), de indivíduos com muda de penas da asa (b) na população de *C. pileatus* e (c) biomassa de artrópodes do substrato superior e proporção de indivíduos com placa-muda. As linhas representam séries temporais de um ano, com intervalos amostrais de 28 dias, totalizando cinco anos de estudo (dezembro de 2012 a novembro de 2017).....24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1. Área de Estudo	15
2.2. Coleta de Dados.....	16
2.3. Análise de Dados	22
3. RESULTADOS	23
4. DISCUSSÃO	27
5. REFERÊNCIAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

As atividades fisiológicas do ciclo anual das Aves, como a reprodução e muda de penas, demandam grande quantidade de energia e nutrientes (Ricklefs 1974; Snow 1976; Drent & Daan 1980; Norris & Evans 2000), tornando seu ritmo dependente da abundância de recursos alimentares (Poulin *et al.* 1993). Por este motivo é comum estas atividades serem realizadas quando está disponível no ambiente uma maior abundância-diversidade de recursos alimentares (Poulin *et al.* 1992). Nos ambientes tropicais semiáridos, a produção primária, desencadeada pela precipitação, ativa a reprodução de artrópodes que, por sua vez, é o alimento e fator determinante das atividades do ciclo anual em Aves insetívoras (Poulin *et al.* 1993; Martin 1996). Outros fatores, não necessariamente excludentes, como o fotoperíodo (King 1986), a temperatura (Poulin *et al.* 1992), a competição pelos recursos, bem como a predação e parasitismo (Hemborg & Merilä 1999; Wikelski *et al.* 2003) também podem afetar as atividades do ciclo anual. No entanto, são as chuvas e disponibilidade de alimento os fatores mais comumente apontados como determinantes dos ciclos anuais de reprodução e muda de penas em Aves de ambientes semiáridos (Poulin *et al.* 1993).

No período reprodutivo, as espécies apresentam maior demanda por alimentos para a produção dos ovos, cuidado parental ou dispersão da ninhada (Lack 1954; Ewald & Rohwer 1982), sendo esta uma das atividades de maior gasto energético do ritmo anual das aves (Silva 2016). O processo de muda nas aves envolve a troca de penas velhas que são capazes de comprometer o desempenho do voo, a impermeabilidade ou a termorregulação (Murphy & King 1992; Swaddle & Witter 1997; Cardoso 2008). A renovação da plumagem das asas exige alto gasto energético para o crescimento de penas novas, mas principalmente devido ao aumento do metabolismo visando compensar a redução do impulso e sustentação do voo quando as penas de voo estão incompletas (Barta *et al.* 2006). Por esses motivos, os períodos de muda e reprodução tendem não coincidirem entre si ou com períodos de baixa disponibilidade de alimentos e outras atividades fisiológicas custosas (Poulin *et al.* 1992; Langston & Rohwer 1996). Nos ambientes Neotropicais semiáridos, o curto período de maior disponibilidade de alimento determina a época de realização da reprodução e da muda podendo haver alta sobreposição entre estas atividades intrínsecas do indivíduo (Poulin *et al.* 1992; Silva 2016; Santos 2017). Consequentemente, as atividades fisiológicas de alta demanda energética, podem sofrer redução de investimento, resultando em estresse fisiológico para o organismo (Norris & Evans 2000).

Estresse fisiológico é uma resposta do organismo a condições desfavoráveis a sua sobrevivência (Cīrule 2011). Aumento da pressão arterial, da frequência respiratória, tônus muscular e glicocorticoides circulantes são algumas alterações que evidenciam estresses fisiológicos (Sapolsky 1992). Essas alterações também podem causar mudanças nos componentes leucocitários, interferindo no funcionamento do sistema imunológico dos indivíduos (Davis *et al.* 2008). A função imune é uma resposta direta do estado geral de saúde do animal, compete pela energia orgânica que também é utilizada para outras atividades fisiológicas (Ruiz *et al.* 2002) e deficiências no seu funcionamento levam o indivíduo a um maior risco de infecções parasitárias (Davis *et al.* 2005; Siikamaki *et al.* 1994). Portanto, estudos que aliem a caracterização temporal do perfil imunológico, ritmo anual e disponibilidade de alimento para aves, podem esclarecer processos de demandas conflitantes (*trade-off*) por energia entre atividades intrínsecas do organismo e elucidar o papel da disponibilidade de recurso no gerenciamento desta energia para atividades vitais específicas.

Uma forma em potencial de mensurar o estresse fisiológico em Aves é determinar a razão entre a quantidade das células sanguíneas Heterófilos e Linfócitos (Siegel 1980). Heterófilos são células leucócitas, responsáveis por ataque a bactérias e o seu aumento pode estar relacionado à inflamação ou estresse, causando heterofilia nas aves (Cândido 2008). Os linfócitos também são células leucócitas, entretanto relacionadas à resposta imune específica e a sua diminuição sugere vulnerabilidade a infecções (Ots *et al.* 1998). A razão entre as quantidades destas células sanguíneas (H/L) não é susceptível a estresses imediatos (Davis 2005), respondendo melhor a influência de estressores crônicos (Gross & Siegel 1983; Vleck *et al.* 2000). A relação H/L aumenta em resposta a estressores como, migração, escassez de alimentos e doenças, além de depender da intensidade e persistência destes (Averbeck 1992). Nas Aves, essas relações entre reprodução, muda de penas e disponibilidade de alimento podem resultar em estresse fisiológico (Ruiz *et al.* 2002), sendo potenciais alteradores da razão H/L. No entanto distribuição da energia orgânica entre estas três atividades intrínsecas das aves, assim como a influência da disponibilidade de alimento no processo, ainda não foram investigadas em ambientes altamente sazonais/imprevisíveis, tal como os semiáridos Neotropicais.

Na Caatinga, uma floresta tropical sazonalmente seca que se desenvolve em clima semiárido, as chuvas são concentradas durante cerca de três meses, além de variar em quantidade e distribuição entre os anos (Nimer 1972). Sob este tipo de regime hídrico é esperada uma alta flutuação na disponibilidade de recursos alimentares, como artrópodes e frutos, padrão capaz de influenciar as atividades do ciclo anual das aves (Poulin *et al.* 1992; Cavalcante *et al.*

2016; Araújo 2017; Santos 2017). O aumento da abundância de recursos alimentares para as aves é desencadeado pela precipitação, ocorrendo imediatamente após as primeiras chuvas, sendo este período o de maior investimento em atividades fisiológicas de alto custo energético (Poulin *et al.* 1992; Martin 1996). Por outro lado, no período de seca ocorre um declínio da disponibilidade de alimento e a escassez desses recursos está relacionada à redução de investimento em atividades de alto custo, como a reprodução e muda de penas (Klasing 1988; Poulin *et al.* 1993; Vasconcellos *et al.* 2010). Nos ambientes tropicais secos, a escassez de chuvas e a escassez de alimento é capaz de provocar o adiamento ou até mesmo a suspensão destas atividades. (Rerência)

Neste estudo objetivamos avaliar a relação entre a razão H/L (índice indicador de condição fisiológica), as atividades do ciclo anual (placa de incubação e mudas de penas) e disponibilidade de alimento (biomassa de artrópodes) para uma população de *Coryphospingus pileatus*, (Passeriformes) de uma Floresta Neotropical Sazonalmente Seca. Nossa hipótese prediz que a realização das atividades de alta-demanda energética (reprodução e muda) provocariam aumento nos valores de H/L e que períodos de maior disponibilidade de alimento resultariam em menores valores de H/L.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1.Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido em uma região semiárida onde ocorrem Florestas Tropicais Sazonalmente Secas. A região da área de estudo, denominada Caatinga, caracteriza-se por apresentar um clima quente e semiárido, sazonal com precipitação média anual varia de 500 a 800 mm, podendo existir extremos mais baixos, os quais são chamados de períodos de estiagem (Velloso *et al.* 2002). Nos períodos de seca a maior parte das plantas perdem as folhas, resultando em baixa produtividade primária (Duque 1980; Figura 1). Neste tipo de ambiente semiárido a abundância de artrópodes normalmente é sazonal (Poulin *et al.* 1992; Poulin *et al.* 1993; Araújo 2017) e o padrão se repete na área de estudo (Santos 2017). A área de estudo está localizada em uma Ecoregião denominada Depressão Sertaneja Setentrional (Leal *et al.* 2003), ao nordeste da Caatinga, no Rio Grande do Norte, Brasil (5°3'17.57''S, 37°23'50.37''W). A área de estudo, denominada Estação Experimental da UFERSA (EEU), pertence a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e é composta de fragmentos de vegetação nativa com pelo menos 30 anos de recuperação e fragmentos de áreas de uso agrícola.

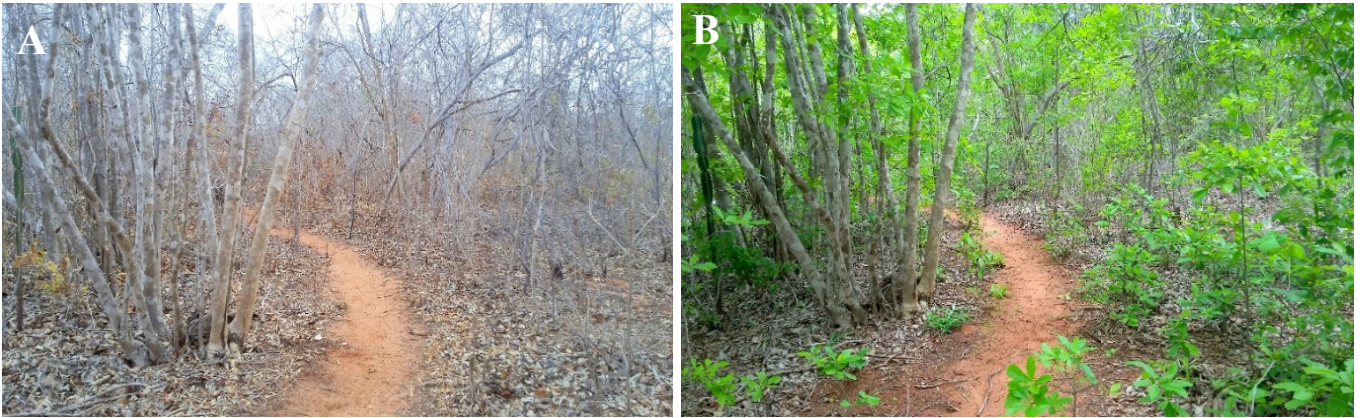


Figura 1: Mata de caatinga na área de estudo durante os períodos seco (A) e chuvoso (B). **Fotos:** Rayanison Dagner da Costa Moraes.

2.2.Espécie

A espécie escolhida para a realização das análises, *Coryphospingus pileatus*, pertence à família Thraupidae (CBRO 2016) tem cerca de 13 cm de comprimento, sua dieta é fortemente insetívora, mas também pode incluir sementes (Poulin *et al.* 1994), o que indica que a disponibilidade deste recurso alimentar pode interferir diretamente as condições físicas e imunológicas dos indivíduos. *Coryphospingus pileatus* possui dimorfismo sexual, com o macho apresentando crista avermelhada e borda preta em formato de “V” e a fêmea apresenta coloração cinza uniforme em todo o corpo. Os indivíduos jovens apresentam coloração semelhante à da fêmea, porém com mandíbula inferior escura, contrastando com a mandíbula clara dos adultos (Figura 2). Esse dimorfismo sexual e etário permitiu a exclusão dos jovens em todas as análises e exclusão dos machos na determinação do período de ocorrência de placa de incubação. A espécie é residente na área de estudo, se reproduzindo e realizando a atividade de troca de penas no local. Além disso, foi a mais abundantes nos procedimentos de captura-marcação-recaptura (CRM) realizados nos quatro anos anteriores ao estudo (setembro de 2012 a setembro de 2016), sendo também uma das espécies mais comuns em muitas áreas de Caatinga (Olmos *et al.* 2005).

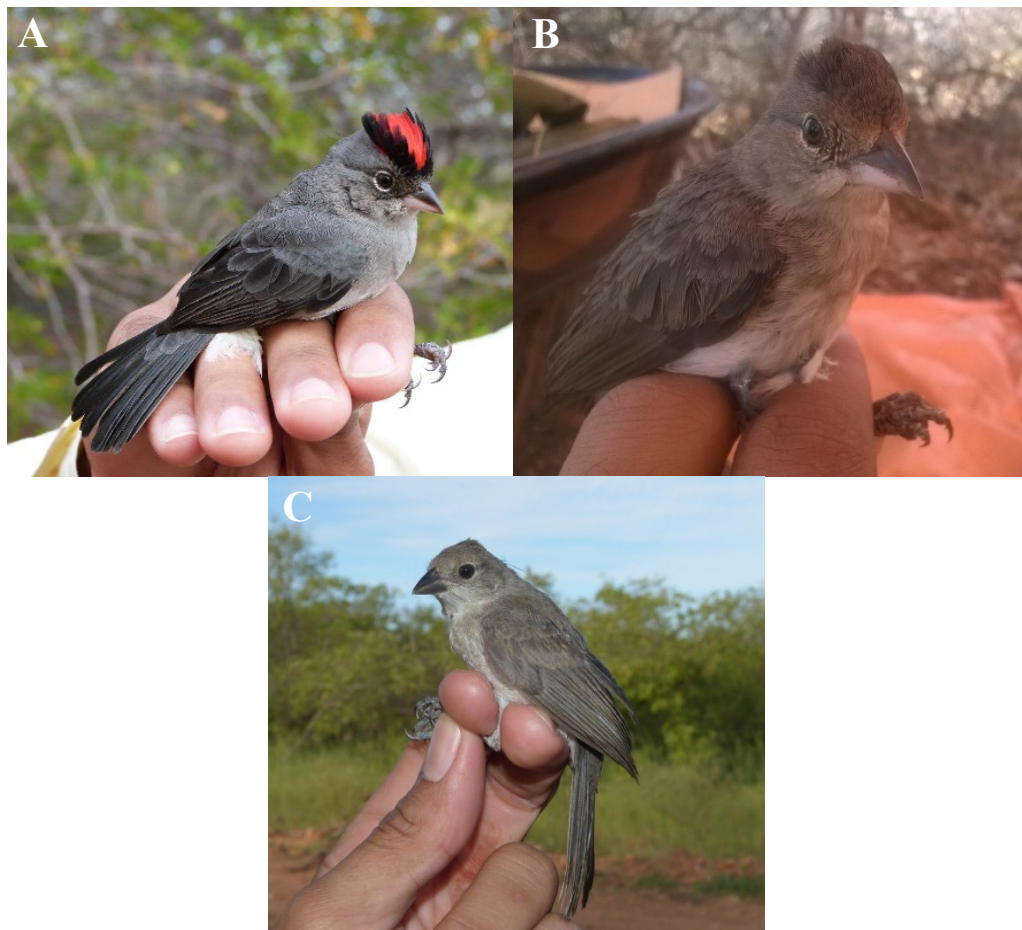


Figura 2: Indivíduos (A) macho, (B) fêmea e (C) jovem de *Coryphospingus pileatus*, registrados na área de Caatinga do corrente estudo. **Fotos:** Thales Afonso Duarte Silva e Pedro Teófilo Moura.

2.3.Coleta de Dados

Na área de estudo, realizamos um protocolo de CMR de aves, a cada 14 dias, entre setembro de 2012 e novembro de 2017. Durante este período registramos a presença de placa de incubação e de muda de penas das asas visando caracterizar o período reprodutivo e de muda de penas de *C. pileatus*. Entre dezembro de 2016 e novembro de 2017, a cada 14 ou 28 dias, obtivemos amostras de esfregaço de sangue dos indivíduos de *C. pileatus*, (23 ocasiões de amostragem) para a caracterização do nível de estresse fisiológico. Neste mesmo período, amostramos a abundância de artrópodes na mesma área e com o mesmo intervalo entre amostras utilizado no procedimento de CMR.

As ocasiões de amostragem baseadas no protocolo de CMR ocorreram ao longo de dois dias consecutivos, com o uso de 24 (entre set/2012 e set/2015) ou 40 (set/2015 e nov/2017) redes de neblina, sendo utilizadas metade das redes a cada dia de amostragem (redes

ornitológicas, 18 m x 3 m, malha variando entre 17 e 19 mm). As redes foram distribuídas em trilhas e dispostas individualmente a cada 50 m, totalizando uma distância linear de 1 km. Em cada amostragem mantivemos as redes abertas entre as 05h00min e 10h00min da manhã. Revisamos as redes a cada uma hora (30 min horários mais quentes) para retirar os indivíduos capturados e realizar os procedimentos. As aves capturadas foram contidas em sacos de pano com identificação do ponto de captura e transportadas para um acampamento afastado 50 m das trilhas de amostragem. Todas as aves capturadas foram individualmente identificadas, marcadas e, posteriormente, soltas próximos à área em que foram capturadas. Marcamos cada indivíduo com uma anilha metálica fornecida pelo CEMAVE/ICMBio (Licença de Captura-Marcação CEMAVE/IBAMA: 356/1-5). Estas anilhas apresentam um código alfanumérico único que permite a posterior identificação dos indivíduos em caso de recaptura. Os indivíduos de *C. pileatus* capturados foram sexados com base na coloração da plumagem, e tiveram sua idade determinada com base na coloração do bico.



Figura 3: Exemplos de indivíduos de outras espécies observados na área de estudo com a presença de placa de incubação ativa (A) ou inativa (B), assim como presença de canhões de penas (C) que evidenciam a muda de penas de voo de asa primária (rêmiges). **Fotos:** Liana Monique Paiva Cavalcante e Rayanison Dagner da Costa Morais.

Caracterizamos o período reprodutivo com base no registro de placa de incubação nas fêmeas (Figura 3). Quando presente a placa de incubação foi distinguida em placa ativa e placa inativa. Indivíduos foram registrados como tendo placa ativa quando apresentaram evidente vascularização e ausência de penas na região central abdominal, o que representa os níveis 2 e 3 de presença de placa de incubação segundo o Manual do Anilhador do CEMAVE (1994). Consideramos como presença de placa inativa quando a região abdominal do indivíduo se apresentava ainda com ausência de penas, mas com desaparecimento da vascularização, apresentando ressecamento e descamação da pele, representando os níveis 4 e 5 do Manual do Anilhador do CEMAVE (1994). Os dados de muda de penas foram obtidos pela observação de canhões de mudas nas penas de voo das asas (rêmiges) (Figura 2). Consideramos como presença de muda quando era registrada a troca da mesma pena nos dois lados do corpo.

Para quantificar a abundância de artrópodes utilizamos dois métodos de amostragem: armadilha de janela e aparelho de sucção. As amostragens foram distribuídas em três pontos nas trilhas de monitoramento das aves, sendo distanciadas pelo menos 150 m entre si. Em cada ponto de amostragem foi montado um conjunto de armadilhas de janela (Chapman and Kinghorn 1955), assim como foi executado um procedimento de sucção na vegetação (baseado em, Stewart & Wright 1995). As armadilhas de janela (Figura 4-A) foram usadas para a amostragem de artrópodes que usualmente voam pelo sub-bosque. Estas armadilhas foram constituídas de uma janela de captura de 1 m² acoplada a um recipiente de coleta na parte inferior. Em cada ponto de amostragem foram montadas duas armadilhas (1 m e 2 m do solo). Os recipientes de captura das armadilhas de janela foram parcialmente preenchidos com água e detergente com o objetivo de quebrar a tensão superficial da água e reter os artrópodes capturados. Estas armadilhas eram armadas e mantidas abertas por um período de 48 h em cada amostragem. Para a amostragem de artrópodes de hábito terrestre que ocorrem em folhas, galhos e troncos das árvores vivas, utilizamos um aparelho de sucção modelo SH56, fabricante Stihl® (Figura 4-B). Consideramos como uma amostragem o procedimento de 10 min de sucção em uma área determinada, varrendo a vegetação na altura de 0,5 até 2,5 m de altura. Todos os artrópodes capturados foram armazenados em álcool 70% (Licença de coleta de artrópodes no ICMBio). Posteriormente os indivíduos foram identificados até o nível de ordem e tiveram sua biomassa seca registrada. Para obter a biomassa, secamos os animais em uma estufa à 50 °C durante 24 h e pesamos em uma balança com precisão de 0,1 mg.



Figura 4: Armadilhas do tipo janela (A) e aparelho de sucção (B) usados na amostragem de artrópodes, entre dezembro de 2016 a novembro de 2017, na área natural da Estação Experimental da UFERSA (EEU). **Fotos:** Kamila Barbosa dos Santos

Para obter a relação entre células Heterófilos/Linfócitos (H/L) dos indivíduos de *C. pileatus*, coletamos amostras de sangue através da veia ulnar e produzimos lâminas com esfregaço sanguíneo. Estas foram fixadas com metanol, secadas ao ar ambiente (Clark *et al.* 2009) e coradas segundo o método de Rosenfeld (1947). Amostramos uma lâmina por indivíduo a cada ocasião de capturas. Para evitar pseudo-replicação temporal, desconsideramos lâminas de indivíduos reamostrados com intervalo inferior a 28 dias. Em laboratório, com o uso de microscópio óptico comum, com objetiva de 100X em óleo de imersão, realizamos a contagem diferencial de leucócitos nas lâminas com esfregaço. Para cada lâmina eram contados 100 leucócitos percorrendo o esfregaço de uma borda a outra, tendo as células sido diferenciadas em Heterófilos e Linfócitos. Utilizamos a relação H/L como indicador de estresse fisiológico dos indivíduos. Este índice é amplamente utilizado como indicador de estresse, podendo variar em resposta a fatores como falta de alimento e atividades fisiológicas variadas (Gross & Siegel 1983; Maxwell 1993).

Os heterófilos apresentam morfologia tipicamente arredondada, com núcleo segmentado, contendo dois ou três lóbulos, sendo o citoplasma cheio de grânulos elíptico e esféricos (Montali 1988; Capitelli & Crosta 2013). Os eosinófilos apresentam características morfológicas semelhantes aos heterófilos, entretanto o citoplasma do eosinófilo é mais basófilo,

apresentando-se mais azulados nas lâminas coradas, os grânulos eosinofílicos se coram com mais intensidade e tendem a ser mais arredondados e não apresentam o corpo refringente central (Mitchell & Johns 2008; Clark *et al.* 2009; Capitelli & Crosta 2013). O citoplasma normalmente é escasso (de quem?), apresentando alta relação núcleo/citoplasma, normalmente não contém grânulos, entretanto, alguns grânulos azurófilos podem ser observados (Mitchell & Johns 2008) (Figura 5). Os linfócitos das Aves apresentam morfologia semelhante à dos mamíferos, células redondas, com alta proporção núcleo-citoplasma. A observação do citoplasma é de fundamental importância para evitar confundir os linfócitos como monócitos e trombócitos (Figura 6). O citoplasma dos monócitos não parece ser homogêneo e não é basofílico, enquanto o dos trombócitos quase sempre aparece vacuolizado (Thrall 2006). Segundo Swayne *et al.* (1986) em alguns esfregaços sanguíneos aparecem células com características semelhantes de linfócitos e trombócitos, entretanto, as características citoquímicas indicam que essas células são linfócitos.

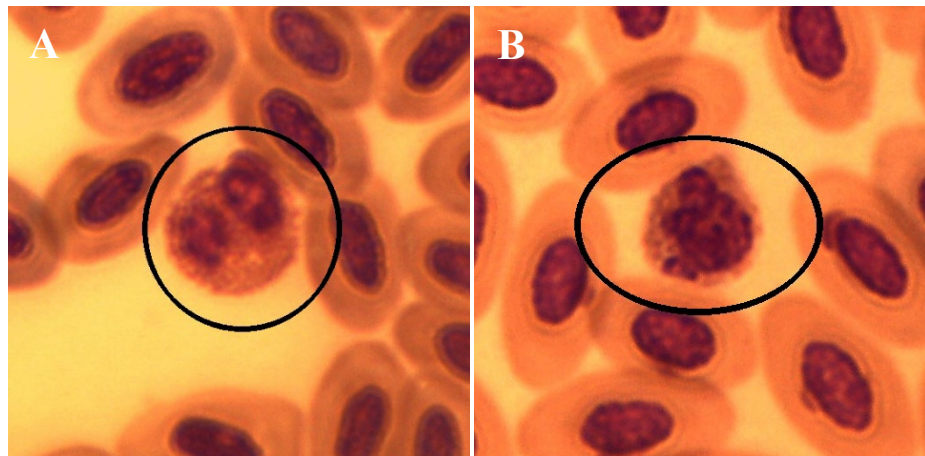


Figura 5: Fotos de lâminas com esfregaço de sangue de *Coryphospingus pileatus*. (A) Heterófilo, (B) Eosinófilo, núcleo mais escuro e grânulos citoplasmáticos com coloração mais intensa. **Fotos:** Thales Afonso

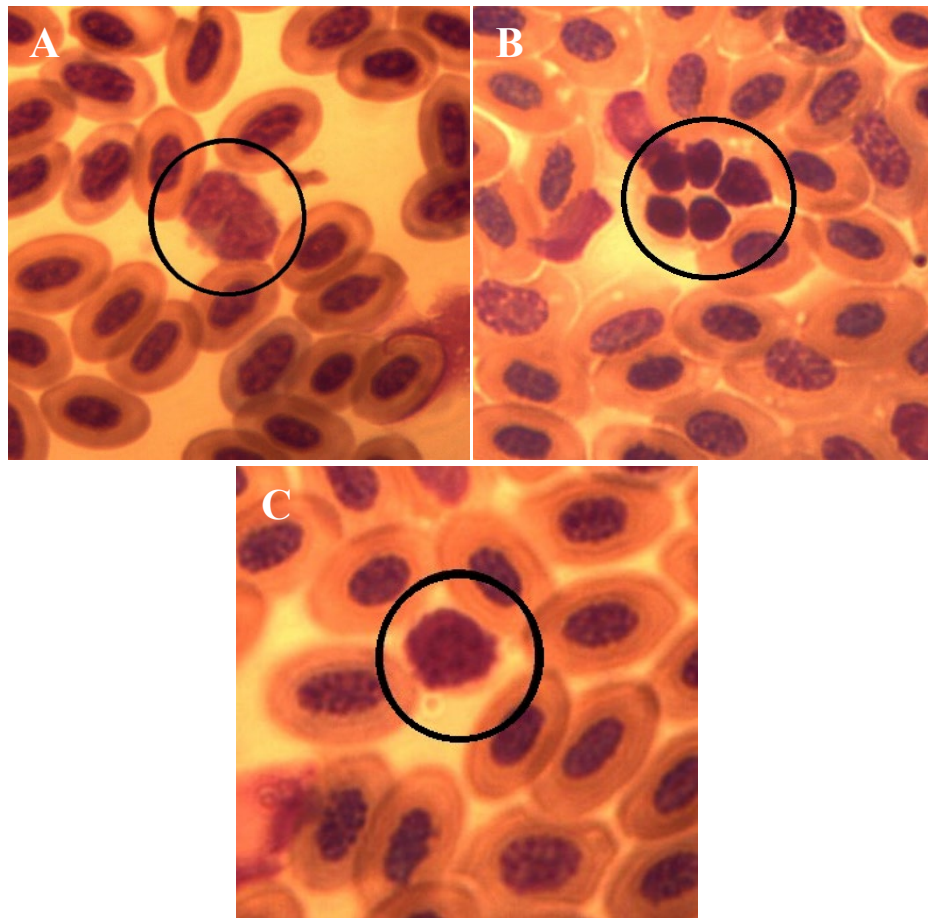


Figura 6: Fotos de lâminas com esfregaço de sangue da espécie em estudo *Coryphospingus pileatus*. (A) Monócito com citoplasma mais abundante e núcleo mais claro, (B) Aglomerado de Trombócitos e (C) Linfócito, célula maior que o trombócito, núcleo maior e citoplasma quase escasso. **Fotos:** Thales Afonso

2.4. Análise de Dados

Na caracterização do período de placa desconsideramos jovens e machos, uma vez que estes não apresentam tal condição por não incubarem os ovos. Na espécie os machos não apresentam placa e não há informações sobre cuidado parental efetuado por jovens. Não fizemos distinção entre placas ativas e inativas, por acreditar que ambas condições representam períodos em que os adultos estão investindo energia na reprodução (e.g. construção de ninhos, incubação, alimentação de ninhos e filhotes recém-saídos do ninho). Consideramos como período reprodutivo quando pelo menos 20% das fêmeas capturadas, em cada ocasião de CMR, apresentaram placa de incubação. Na caracterização do período de muda desconsideramos indivíduos jovens, uma vez que estes podem apresentar crescimento de penas com padrões distintos dos adultos. Consideramos como período de muda de penas quando pelo menos 20% dos adultos apresentavam tal condição. Agrupamos os dados a cada duas ocasiões de

amostragem para obter a proporção de indivíduos em atividade de placa ou muda, nestas ocasiões. Não usamos os valores individualizados por ocasião devido ao baixo tamanho amostral, o que resultava em proporções com alta variação entre ocasiões. Por fim, considerando os dados obtidos no mesmo período de amostragem da razão H/L, unimos as covariáveis placa e muda em uma única covariável para as análises estatísticas. Esta nova variável representa a proporção de indivíduos com placa e/ou muda por ocasião de amostragem (proporção placa–muda). Estas são duas atividades do ritmo anual das aves que ocorrem de forma sequencial nos indivíduos de ambientes altamente sazonais (Barta *et al.* 2006) e isto foi constatado para *C. pileatus* na área de estudo (LFF personam communication). Elas são atividades sabidamente de alto consumo de energia (Ricklefs 1974; Snow 1976; Drent & Daan 1980; Norris & Evans 2000) e, portanto, sua ocorrência em cadeia pode ser capaz de afetar outras atividades também de alto consumo energético.

Transformamos a biomassa de artrópodes em proporção, utilizando a razão entre a biomassa de artrópodes registrada em uma dada ocasião e a biomassa total registrada ao longo do estudo. Agrupamos os dados dos dois tipos de procedimentos de amostragem (armadilha de janela e aparelho de sucção) para obter a biomassa de artrópodes do substrato superior da mata. Acumulamos a biomassa de artrópodes a cada duas ocasiões de amostragem para obter uma medida representativa de disponibilidade de alimento nos 28 dias que antecederam cada ocasião de captura. Utilizamos uma log-transformação dos dados ao executar as análises estatísticas.

As análises estatísticas foram executadas no programa R (v. 3.4.1), utilizando o pacote estatístico RT4Bio. Executamos o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para auxiliar na escolha da distribuição de dados a ser considerada. Utilizamos a família quasi de distribuição de dados para gerar Modelos Lineares Generalizados (GLM) (McCullagh 1984) que relacionassem as variáveis explanatórias (indivíduos com placa–muda, biomassa de artrópodes) com a variável respostas (razão H/L). Estes modelos foram testados quanto ao nível de significância utilizando novamente o teste estatístico de ANOVA.

3. RESULTADOS

Durante os cinco anos de registro de CMR de aves na área de estudo, *C. pileatus* foi registrado 1094 vezes (643 capturas e 451 recapturas), sendo 985 indivíduos adultos (544 machos e 441 fêmeas). Nestes a presença de placa de incubação foi registrada 63 vezes e de muda primária de penas das asas 169 vezes. Entre dezembro de 2016 a novembro de 2017, obtivemos lâminas com esfregaço de sangue de 92 indivíduos adultos. Ao longo dos cinco anos

a precipitação anual esteve próxima do volume estabelecido como limite inferior para a região (Figura 7), exceto durante 2016 quando o volume anual foi cerca de metade da média esperada. Além disso no ano de 2013, 55% do volume de chuvas ocorreu ao longo de duas semanas consecutivas (14-27/abril) e o início das chuvas ocorreu em fevereiro, entre um e dois meses após o período de início típico para a região.

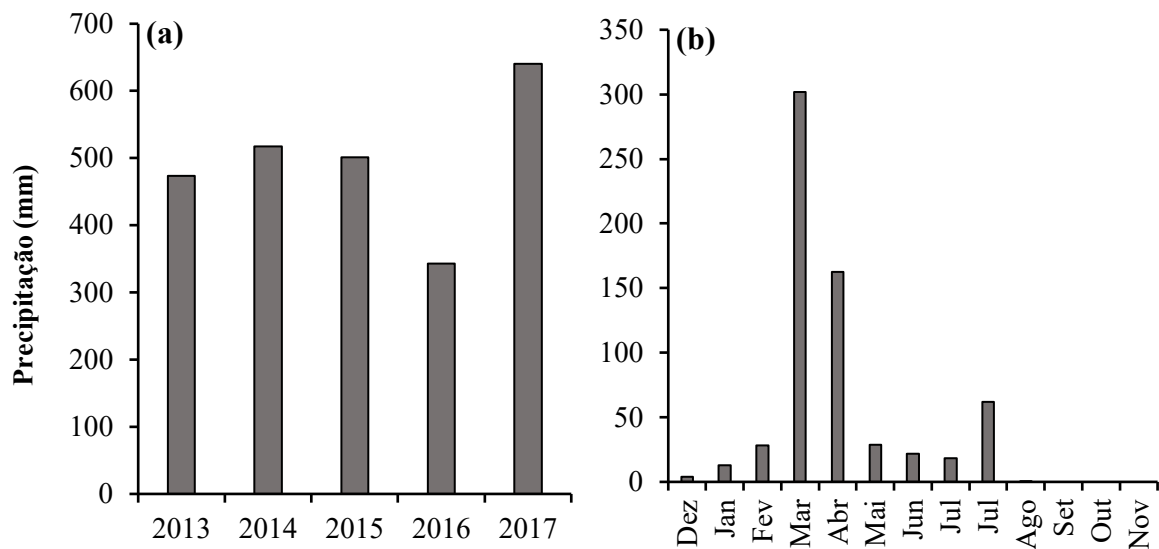


Figura 7: (a) Precipitação média anual nos anos de realização do protocolo de CMR e (b) precipitação acumulada de 28 dias para o período de amostragem de esfregaço sanguíneo, entre dezembro de 2016 e novembro de 2017. Média pluviométrica obtida com base em oito estações meteorológicas localizadas dentro de um raio de 25 km da área de estudo.

As amostras de esfregaço sanguíneo de *C. pileatus* apontaram um aumento na razão H/L entre dezembro (± 0.3) e julho (± 0.8) e uma tendência de estabilização ou leve declínio entre julho-novembro (Figura 8). Considerando as proporções de pelo menos 20% das fêmeas com placa, o período reprodutivo de *C. pileatus* em 2017 ocorreu entre mar/jul ($\pm$ quatro meses; Figura 9a). Este período foi semelhante ao dos anos 2014 e 2015, quando as chuvas ocorreram de forma mais semelhante ao esperado em termos de volume anual e distribuição ao longo do período chuvoso (Figura Pluviosidade). Considerando pelo menos 20% dos adultos com muda, o período dessa atividade para *C. pileatus* no ano de 2017 ocorreu entre jun/ago ($\pm$ três meses; Figura 9b). De forma semelhante ao ocorrido com a reprodução, o período de muda das asas no ano de 2017 foi mais semelhante ao período registrado em 2014 e 2015 (Figura Pluviosidade). Desta forma, o período com maior proporção de indivíduos registrados com placa ocorreu cerca de três meses antes da intensa atividade de muda. A biomassa de artrópodes aumentou entre dezembro e junho, tendo ocorrido dois picos de abundância dentro deste período (fevereiro e

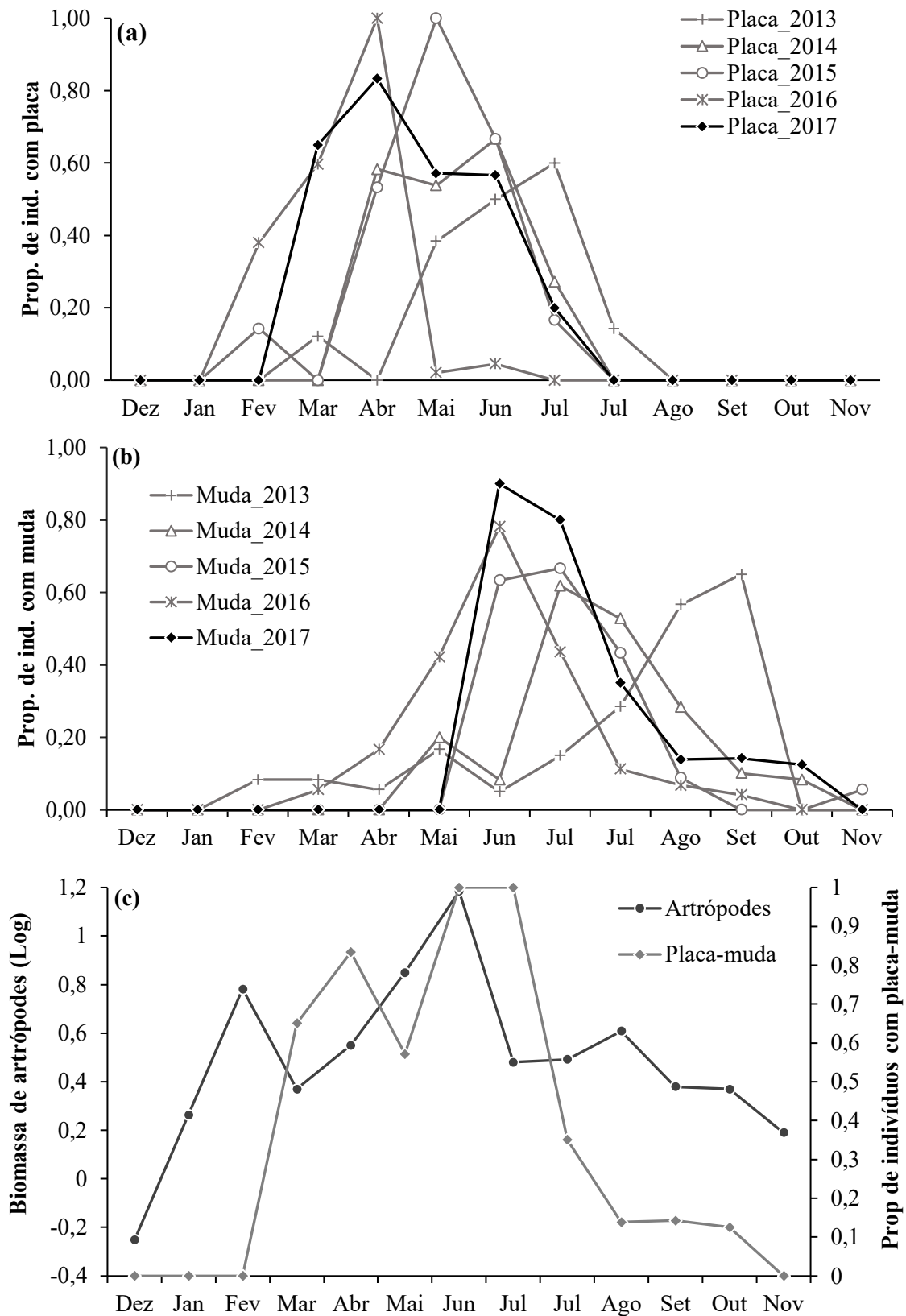


Figura 9: Proporção de fêmeas com placa de incubação (a), de indivíduos com muda de penas da asa (b) na população de *C. pileatus* e (c) biomassa de artrópodes do substrato superior e proporção de indivíduos com placa-muda. As linhas representam séries temporais de um ano, com intervalos amostrais de 28 dias, totalizando cinco anos de estudo (dezembro de 2012 a novembro de 2017).

A proporção de indivíduos com placa-muda na população estuda de *C. pileatus* foi positivamente correlacionada com a abundância de artrópodes (correlação de *spearman*, $\rho = 0.62$, $p\text{-valor} < 0,001$). Por este motivo, descartamos o uso de modelos múltiplo ao avaliar os fatores capazes de afetar a variação da razão H/L. A razão H/L foi significativamente dependente da proporção de indivíduos com placa-muda ($r^2 = 0,24$; $F = 27,97$; $GL = 1$; $p < 0.001$), assim como da abundância de artrópodes ($r^2 = 0,29$, $F = 36.32$, $GL = 1$, $p < 0.001$), sendo a relação positiva em ambas regressões. Os efeitos das covariáveis explanatórias sobre a razão H/L foram mais fortes quando desconsiderado da análise o período posterior à ocorrência de placa-muda na população (agosto e novembro), quando também a abundância de artrópodes tendia a declinar. Tendo estes efeitos sido ainda mais fortes para a relação entre H/L~placa-muda (H/L~placa-muda, $r^2 = 0,46$, $F = 63.39$, $GL = 1$, $p < 0.001$; H/L~biomassa, $r^2 = 0,37$, $F = 44,54$, $GL = 1$, $p\text{-valor} < 0.001$).

4. DISCUSSÃO

Durante o ano de avaliação da razão H/L, o período de realização das atividades de alto gasto energético (placa e muda) foi semelhante ao observado em anos anteriores, quando as características pluviométricas também foram semelhantes, indicando ter sido livre de anomalias a amostragem e ocorrência destas atividades intrínsecas. O processo em cadeia chuva-alimento-placa-muda observado na população de *C. pileatus* estudada caracteriza um padrão já observado em diversos estudos. De forma geral, a precipitação é responsável por desencadear a produção primária, ativando a reprodução de artrópodes que, por sua vez, determina o início da reprodução das aves (Murphy 1996; Hemborg & Lundberg 1998), em contrapartida a muda tende a ser correlacionada com a reprodução (Poulin *et al.* 1992; Piratelli *et al.* 2000).

Em ambientes sazonais, a realização das atividades de reprodução e muda tende a ocorrer quando o ambiente está disponibilizando uma maior abundância de recursos alimentares (Poulin *et al.* 1992). Portanto, o alimento é fator determinante da reprodução e muda de penas nas aves (Cavalcante *et al.* 2016; Silva 2016; Araújo 2017; Santos 2017). No entanto, o curto período e alta sazonalidade do período chuvoso e de maior disponibilidade de alimento nos climas semiáridos condicionam a realização destas atividades a um curto intervalo, em média três a quatro meses (Barta *et al.* 2006), assim como o observado no corrente estudo. Uma estratégia adicional nestes casos e, que também foi observada aqui, é o prolongado período de sobreposição entre a reprodução e a muda de penas (Barta *et al.* 2006). Em conjunto estas estratégias levam a um processo de demanda rápida e acentuada de energia (Ginn e Melville

1983; Piratelli *et al.* 2000). Estudos sobre a história de vida mostram que a duração, o período e intensidade dessas atividades são comumente adaptados à sazonalidade do ambiente, ajustando as suas realizações a épocas favoráveis (Wingfield 2008). Essas adaptações ocorrem para permitir que os indivíduos realizem suas atividades do ciclo anual dentro do período de maior disponibilidade de alimento, uma estratégia capaz de aliar o período de maior consumo de energia (reprodução e muda) com o de maior obtenção (alimento), resultando no menor estresse energético possível (Payne 1972).

A razão H/L, amplamente utilizada na estimativa de estresse em aves (Gross & Siegel 1983; Maxwell 1993), deve aumentar em resposta à escassez de alimentos sendo este um fator estressante fundamental para sua sobrevivência (Ots *et al.* 1998). Portanto, espera-se que a alta flutuação na disponibilidade de recursos alimentares influencie negativamente as condições imunológicas (Averbeck 1992), pois a ativação e manutenção da condição imunológica demanda alto custo energético e nutricional (Lochmiller & Deerenberg 2000). No entanto, em nossas análises a relação entre alimento e investimento no sistema imunológico foi inversa. Também registramos covariação entre as variáveis placa-muda e abundância de alimento, sendo necessário separar seus efeitos para compreender o papel de cada processo na variação da razão H/L. Isto não pode ser realizado a partir dos dados aqui apresentados, os quais não dispõem de variação espacial natural ou experimentação, impossibilitando uma análise adequada sobre qual variável determinou a variação na razão H/L. Independente das possibilidades de análise, é plausível crer que a relação observada entre H/L e disponibilidade de artrópodes seja uma consequência da covariação entre abundância de artrópodes e a variável placa-muda. O período de alta disponibilidade de alimento não deveria, por si só, ser um período de deterioração do sistema imunológico, pois este é o período mais propício de disponibilidade de alimento para a realização da reprodução e muda (Poulin *et al.* 1992; Silva 2016), não podendo ser considerado um período de restrição alimentar.

A relação positiva entre placa-muda e a razão H/L observada foi levantada como hipótese em muitos estudos, mas ainda não testado a partir de dados empíricos. Os períodos de reprodução e muda de penas exigem alta demanda energética e nutricional, pois envolvem diversas atividades, como cuidado parental e aumento do metabolismo para o voo, sendo estas as atividades anuais das aves de maior demanda energética (Lack 1954; Barta *et al.* 2006). A seca e a falta de alimento não devem ter gerado alta restrição para o sistema imune, pois nossos resultados mostraram que os indivíduos parecem ter começado a recuperar o sistema imune quando as chuvas tinham acabado e o alimento estava em declínio (ago/nov). Juntas, as condições de contínua e alta demanda energética provocada pelo longo período de placa-muda

(fev/ago) e a falta de recursos e condições impróprias derivadas da seca no final do estudo, podem explicar o motivo de os indivíduos terem sofrido deterioração no sistema imunológico (ago/nov) e apenas terem mantido ou recuperado lentamente a razão H/L após o período de placa-muda (ago/nov). Portanto, as atividades intrínsecas placa-muda parecem ter sido as maiores responsáveis pelo desgaste fisiológico na população estudada.

Os estudos sobre história de vida e características do ritmo anual de aves sugerem que quando os recursos são limitados, o investimento em certas características de alta demanda energética pode reduzir o recurso disponível para outras funções essenciais a sobrevivência (Norris & Evans 2000). Sendo o sistema imunológico energeticamente dispendioso e essencial na defesa contra agentes patógenos (Wakelin 1996), pode-se esperar um balanço de compensação (trade-off) no uso da energia disponível para a realização de suas atividades e as atividades reprodutivas e de muda de penas, resultando em prejuízos para um dos sistemas quando ambos estão demandando energia simultânea. Em ambientes sazonais, a influência negativa à fisiologia parece ser inevitável, pois o período favorável para a realização das atividades, ou seja, de alta disponibilidade de alimento é curto, sendo a sobreposição uma estratégia para a realização das atividades no período favorável (Poulin *et al.* 1992; Silva 2016; Santos 2017).

Portanto nossos resultados indicam que as atividades intrínsecas de reprodução-muda-imunidade competem por energia nessa população de *C. pileatus*, comprovando que as características da rotina anual das aves consideradas de alto gasto energético (Ricklefs 1974; Snow 1976; Poulin *et al.* 1992), comprometem negativamente a condição fisiológica e possivelmente a sobrevivência e reprodução futura dos indivíduos. Uma hipótese levantada em diversos estudos (Lochmiller & Deerenberg 2000; Ruiz *et al.* 2002; Owen & Moore 2006) e carente de comprovação empírica. O processo temporal aqui observado, como se desencadeou a chuva-alimento-placa-muda, é sugerido como uma adaptação que visa a relação ótima entre a obtenção e consumo de energia pelo indivíduo, sendo o momento da realização das atividades do ciclo anual determinante de aspectos da sobrevivência e sucesso reprodutivo de um organismo (McNamara *et al.* 1998; Houston & McNamara 1999). Demonstrar os efeitos negativos da reprodução-muda sobre o sistema imunológico, principalmente em ambientes onde estes processos são temporalmente bem demarcados e envolvem alto consumo energético em curto espaço de tempo, é um importante elo que subsidia os pressupostos envolvidos nas hipóteses sobre fatores que determinam o período da reprodução e muda de penas das aves de ambientes tropicais.

5. REFERÊNCIAS

- ARAUJO, Helder FP de et al. Passerine phenology in the largest tropical dry forest of South America: effects of climate and resource availability. **Emu-Austral Ornithology**, v. 117, n. 1, p. 78-91, 2017.
- AVERBECK, Christiane. Haematology and blood chemistry of healthy and clinically abnormal great black-backed gulls (*Larus marinus*) and herring gulls (*Larus argentatus*). **Avian Pathology**, v. 21, n. 2, p. 215-223, 1992.
- BARTA, Zoltán et al. Annual routines of non-migratory birds: optimal moult strategies. **Oikos**, v. 112, n. 3, p. 580-593, 2006.
- CÂNDIDO, Marcus Vinícius. Hematologia, bioquímica sérica e nutrição em aves: cracidae. 2008.
- CAPITELLI, Raffaella; CROSTA, Lorenzo. Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, v. 16, n. 1, p. 71-120, 2013.
- CARDOSO, Helder. Introdução ao estudo da muda em Passeriformes europeus. **Associação Portuguesa de Anilhadores de Aves, Carvalhal**, 2008.
- CAVALCANTI, Liana Monique Paiva; PAIVA, Luciana Vieira de; FRANÇA, Leonardo Fernandes. Effects of rainfall on bird reproduction in a semi-arid. Neotropical region. **Zoologia (Curitiba)**, v. 33, n. 6, 2016.7
- CEMAVE (1994) Manual de anilhamento de aves silvestres. 2ª ed. **Brasília: IBAMA**.
- CHAPMAN, John A.; KINGHORN, James M. Window flight traps for insects. *The Canadian Entomologist*, v. 87, n. 1, p. 46-47, 1955.
- CÎRULE, Dina et al. A rapid effect of handling on counts of white blood cells in a wintering passerine bird: a more practical measure of stress?. **Journal of Ornithology**, v. 153, n. 1, p. 161-166, 2012.
- CLARK, Phillip; BOARDMAN, Wayne; RAIDAL, Shane. **Atlas of clinical avian hematology**. John Wiley & Sons, 2009.
- COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS - CBRO. Listas das aves do **Brasil**. 11ª ed. 2014. 41 p. Disponível em: < <http://www.cbro.org.br> >. Acesso em: 15 jan. 2017.

- DAVIS, Andrew K. Effect of handling time and repeated sampling on avian white blood cell counts. **Journal of Field Ornithology**, v. 76, n. 4, p. 334-338, 2005.
- DAVIS, Andrew K.; COOK, Katherine C.; ALTIZER, Sonia. Leukocyte profiles in wild House Finches with and without mycoplasmal conjunctivitis, a recently emerged bacterial disease. **EcoHealth**, v. 1, n. 4, p. 362-373, 2005.
- DAVIS, Andrew K.; MAERZ, John C. Comparison of hematological stress indicators in recently captured and captive paedomorphic mole salamanders, *Ambystoma talpoideum*. **Copeia**, v. 2008, n. 3, p. 613-617, 2008.
- DRENT, R. H.; DAAN, S. The prudent parent: energetic adjustments in avian breeding. **Ardea**, v. 68, p. 225-252, 1980.
- DUQUE, José Guimarães. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. Mossoró: ESAM, 1980.
- EWALD, Paul W.; ROHWER, Sievert. Effects of supplemental feeding on timing of breeding, clutch-size and polygyny in red-winged blackbirds *Agelaius phoeniceus*. **The Journal of Animal Ecology**, p. 429-450, 1982.
- GINN, H. B.; MELVILLE, Dorothy Sutherland. Molt in birds (BTO guide). 1983.
- GROSS, W. B.; SIEGEL, H. S. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. **Avian diseases**, p. 972-979, 1983.
- HEMBORG, Christer; LUNDBERG, Arne. Costs of overlapping reproduction and molt in passerine birds: an experiment with the pied flycatcher. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 43, n. 1, p. 19-23, 1998.
- HEMBORG, Christer; MERILÄ, Juha. Reproductive investment and molt-breeding overlap in the collared flycatcher *Ficedula albicollis*: an experimental approach. In: **Annales Zoologici Fennici**. Finnish Zoological and Botanical Publishing Board, p. 1-9, 1999.
- HOUSTON, Alasdair I.; MCNAMARA, John M. **Models of adaptive behaviour: an approach based on state**. Cambridge University Press, 1999.
- KING, James R. The daily activity period of nesting White-crowned Sparrows in continuous daylight at 65°N compared with activity period at lower latitudes. **Condor**, p. 382-384, 1986.
- KLASING, KIRK C. Influence of acute feed deprivation or excess feed intake on immunocompetence of broiler chicks. **Poultry Science**, v. 67, n. 4, p. 626-634, 1988.
- LACK, David. **The natural regulation of animal numbers**. The Clarendon Press; Oxford, 1954.
- LANGSTON, Nancy E.; ROHWER, Sievert. Molt-breeding tradeoffs in albatrosses: life history implications for big birds. **Oikos**, p. 498-510, 1996.

- LEAL, Inara Roberta; TABARELLI, Marcelo; DA SILVA, José Maria Cardoso. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Editora Universitária UFPE, 2003.
- LOCHMILLER, Robert L.; DEERENBERG, Charlotte. Trade-offs in evolutionary immunology: just what is the cost of immunity?. **Oikos**, v. 88, n. 1, p. 87-98, 2000.
- MARTIN, Thomas E. Fitness costs of resource overlap among coexisting bird species. **Nature**, v. 380, n. 6572, p. 338, 1996.
- MAXWELL, M. H. Avian blood leucocyte responses to stress. **World's Poultry Science Journal**, v. 49, n. 1, p. 34-43, 1993.
- MCCULLAGH, P. Generalized linear models. **European Journal of Operational Research**, 16(3), 285-292, 1984.
- MCNAMARA, John M.; WELHAM, Robert K.; HOUSTON, Alasdair I. The timing of migration within the context of an annual routine. **Journal of Avian Biology**, p. 416-423, 1998.
- MITCHELL, Elizabeth B.; JOHNS, Jennifer. Avian hematology and related disorders. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 11, n. 3, p. 501-522, 2008.
- MONTALI, R. J. Comparative pathology of inflammation in the higher vertebrates (reptiles, birds and mammals). 1988.
- MURPHY, Mary E. Energetics and nutrition of molt. In: **Avian energetics and nutritional ecology**. Springer, Boston, MA, p. 158-198. 1996.
- MURPHY, Mary E.; KING, James R. Energy and nutrient use during moult by White-crowned Sparrows *Zonotrichia leucophrys gambelii*. **Ornis Scandinavica**, p. 304-313, 1992.
- NIMER, Edmon. Climatologia da região Nordeste do Brasil. Introdução à climatologia dinâmica. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 34, n. 1, p. 3-51, 1972.
- NORRIS, Ken; EVANS, Matthew R. Ecological immunology: life history trade-offs and immune defense in birds. **Behavioral Ecology**, v. 11, n. 1, p. 19-26, 2000.
- OLMOS, Fábio; SILVA, Weber Andrade de Girão; ALBANO, Ciro Ginez. Aves em oito áreas de Caatinga no sul do Ceará e oeste de Pernambuco, nordeste do Brasil: composição, riqueza e similaridade. **Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)**, v. 45, n. 14, p. 179-199, 2005.
- OTS, I.; MURUMÄGI, A.; HORAK, P. Haematological health state indices of reproducing great tits: methodology and sources of natural variation. **Functional Ecology**, v. 12, n. 4, p. 700-707, 1998.
- OWEN, Jennifer C.; MOORE, Frank R. Seasonal differences in immunological condition of three species of thrushes. **The Condor**, v. 108, n. 2, p. 389-398, 2006.

- PAYNE, Robert B. Mechanisms and control of molt. **Avian biology**, v. 2, p. 103-155, 1972.
- PIRATELLI, Augusto João; SIQUEIRA, MA CORDEIRO; MARCONDES-MACHADO, Luiz Octavio. Reprodução e muda de penas em aves de sub-bosque na região leste de Mato Grosso do Sul. **Ararajuba**, v. 8, n. 2, p. 99-107, 2000.
- POULIN, Brigitte; LEFEBVRE, Gaetan; MCNEIL, Raymond. Characteristics of feeding guilds and variation in diets of bird species of three adjacent tropicais sites. **Biotropica**, p. 187-197, 1994.
- POULIN, Brigitte; LEFEBVRE, Gaetan; MCNEIL, Raymond. Tropical avian phenology in relation to abundance and exploitation of food resources. **Ecology**, v. 73, n. 6, p. 2295-2309, 1992.
- POULIN, BRIGITTE; LEFEBVRE, GAETAN; MCNEIL, RAYMOND. Variations in bird abundance in tropical arid and semi-arid habitats. **Ibis**, v. 135, n. 4, p. 432-441, 1993.
- RICKLEFS, R. E. The energetics of reproduction in birds. **Avian energetics**, v. 15, p. 152-297, 1974.
- ROSENFELD, G. Corante pancrômico para hematologia e citologia clínica. Nova combinação dos componentes do May-Grünwald e do Giemsa num só corante de emprego rápido. **Mem. Inst. Butantan**, v. 20, p. 329-334, 1947.
- RUIZ, Gricelda et al. Hematological parameters and stress index in rufous-collared sparrows dwelling in urban environments. **The Condor**, v. 104, n. 1, p. 162-166, 2002.
- SANTOS, Kamila Barbosa dos. **Efeitos da pluviosidade e disponibilidade de alimento na reprodução de aves em uma floresta seca neotropical**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
- SAPOLSKY, Robert M. Neuroendocrinology of the stress-response. **Behavioral endocrinology**, p. 287-324, 1992.
- SIEGEL, H. S. Physiological stress in birds. **Bioscience**, v. 30, n. 8, p. 529-534, 1980.
- SIIKAMÄKI, P.; HOVI, M.; RÄTTI, O. A Trade-Off Between Current Reproduction and Moults in the Pied Flycatcher-an Experiment. **Functional Ecology**, p. 587-593, 1994.
- SILVA, T. A. D. (2016). **Ciclos anuais de Muda de Pena de *Lanio pileatus* (Aves: Passeriforme) em um Ambiente Sazonal Semiárido**. 28 f. Monografia (Graduação em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.
- SNOW, David William. The relationship between climate and annual cycles in the Cotingidae. **Ibis**, v. 118, n. 3, p. 366-401, 1976.

- SWADDLE, John P.; WITTER, Mark S. The effects of molt on the flight performance, body mass, and behavior of European starlings (*Sturnus vulgaris*): an experimental approach. **Canadian Journal of Zoology**, v. 75, n. 7, p. 1135-1146, 1997.
- SWAYNE, David E.; STOCKHAM, Steven L.; S. JOHNSON, Gary. Cytochemical properties of chicken blood cells resembling both thrombocytes and lymphocytes. **Veterinary clinical pathology**, v. 15, n. 2, p. 17-24, 1986.
- THRALL, Mary Anna. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. Editora Roca, 2007.
- VASCONCELLOS, Alexandre et al. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 3, p. 471-476, 2010.
- VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga. Associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental. **The Nature Conservancy do Brasil**, Recife, 2002.
- VLECK, Carol M. et al. Stress, corticosterone, and heterophil to lymphocyte ratios in free-living Adelie penguins. **The condor**, v. 102, n. 2, p. 392-400, 2000.
- WAKELIN, Derek. **Immunity to parasites: how parasitic infections are controlled**. Cambridge University Press, 1996.
- WIKELSKI, Martin et al. Reproductive seasonality of seven neotropical passerine species. **The Condor**, v. 105, n. 4, p. 683-695, 2003.
- WINGFIELD, John C. Comparative endocrinology, environment and global change. **General and comparative endocrinology**, v. 157, n. 3, p. 207-216, 2008.