

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Instituto de Biologia
Departamento de Microbiologia e Parasitologia
Programa de Pós – Graduação em Parasitologia



Tese

**Padrões de distribuição de ácaros dermícolas, hipoboscídeos e piolhos e
suas interações sobre *Columba livia***

Hugo Leonardo da Cunha Amaral

Pelotas, 2015.

Hugo Leonardo da Cunha Amaral

Padrões de distribuição de hipoboscídeos, ácaros dermícolos e piolhos e suas interações sobre *Columba livia*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Parasitologia do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial da obtenção do Título em Doutor em Ciências (área do conhecimento: Parasitologia).

Orientador: Dr. Rodrigo Ferreira Krüger

Pelotas, 2015.

Dados de catalogação na fonte:

Ubirajara Buddin Cruz – CRB-10/901

Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

A485p Amaral, Hugo Leonardo da Cunha

Padrões de distribuição de hipoboscídeos, ácaros dermícolos e piolhos e suas interações sobre *Columba livia* / Hugo Leonardo da Cunha Amaral. – 119f. : il. – Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Parasitologia. Universidade Federal de Pelotas. Instituto de Biologia. Pelotas, 2015. – Orientador Rodrigo Ferreira Krüger.

1.Parasitologia. 2.*Columba livia*. 3.Aves. I.Krüger, Rodrigo Ferreira.
II.Título.

CDD: 591.7857

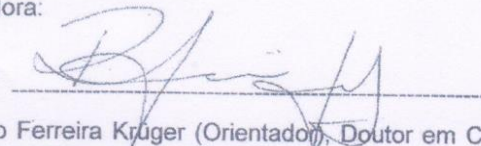
Hugo Leonardo da Cunha Amaral

Título: Padrões de distribuição de hipoboscídeos, ácaros dermícolos e piolhos e suas interações sobre *Columba livia*

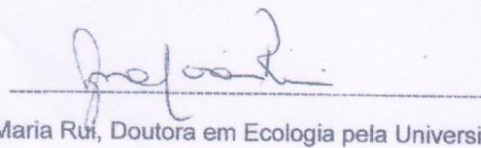
Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Ciências (Parasitologia), Programa de Pós-Graduação em Parasitologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 16/03/2015

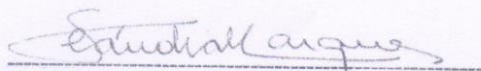
Banca examinadora:



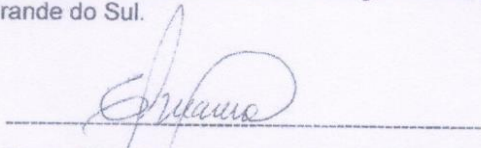
Prof. Dr. Rodrigo Ferreira Krüger (Orientador), Doutor em Ciências Biológicas (Entomologia) pela Universidade Federal do Paraná.



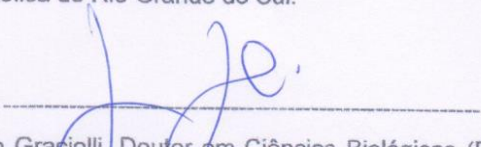
Profa. Dra. Ana Maria Rui, Doutora em Ecologia pela Universidade de Brasília.



Dra. Cláudia Calegari-Marques, Doutora em Biologia Animal pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.



Profa. Dra. Élvia Elena Silveira Vianna, Doutora em Biociências pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.



Prof. Dr. Gustavo Gracioli, Doutor em Ciências Biológicas (Entomologia) pela Universidade Federal do Paraná.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais (Roque Gomes Amaral e Liane da Cunha Amaral) por sempre me apoiarem em todas as minhas escolhas e por sempre me proporcionarem tudo que necessitei para atingir os meus objetivos.

A Fabiane Borba Bergmann, minha namorada, colega e amiga de todas as horas pelas inúmeras ajudas e por sempre estar ao meu lado me incentivando e também me aturando!

Ao meu grande amigo Paulo Roberto Silveira dos Santos (Paulinho das Pombas!), por me ajudar nas inúmeras saídas de campo e pelas tantas conversas descontraídas que alegram e tornam tudo mais fácil.

Ao meu orientador, Dr. Rodrigo Ferreira Krüger, pelas inúmeras ajudas em todas as etapas do meu trabalho.

Aos amigos e colegas de laboratório, Roberta Marques, Rapha Medeiros, Samuel Cunha, Juliano Lessa, Helena Iris Leite, Alice Silveira e Suelen Peres pelas ótimas conversas (muitas delas de conteúdo não acadêmico), mas que certamente tornam os nossos dias mais alegres!

Aos membros da banca pelas críticas feitas ao meu trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Parasitologia por transmitirem os seus conhecimentos.

Resumo

AMARAL, Hugo Leonardo da Cunha. **Padrões de distribuição de hipoboscídeos, ácaros dermícolas e piolhos e suas interações sobre *Columba livia***. 2015. 117f. Tese (Doutorado em Parasitologia) - Programa de Pós-Graduação em Parasitologia, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, 2015.

A diversidade de parasitos observada sobre os hospedeiros varia substancialmente entre indivíduos da mesma espécie, assim como entre espécies hospedeiras. Entender os fatores envolvidos nos padrões de diversidade parasitária é essencial para uma compreensão acerca da dinâmica ecológica e evolutiva que molda as interações entre parasito-hospedeiro, que são consideradas arenas poderosas para estudos ecológicos. Os ectoparasitos de *Columba livia*, por serem bem conhecidos, são considerados modelos ecológicos ideais para estudos desta natureza. O presente estudo objetivou analisar a variação sazonal nos padrões de distribuição de piolhos, de *Pseudolynchia canariensis*, de *Haemoproteus columbae* e de ácaros dermícolas foréticos sobre jovens e adultos de *C. livia* de três distintas colorações de plumagem. Foi observado que a coloração da plumagem não influenciou nos padrões de infestação de piolhos, de *P. canariensis*, de *H. columbae* e de ácaros dermícolas foréticos, tanto nos filhotes, quanto nos adultos de *C. livia*. Entretanto, entre os jovens foi observada uma diferença significativa na infestação de *P. canariensis* e na riqueza de ectoparasitos entre as estações. Já, sobre os adultos de *C. livia*, foi observada diferença nas infestações por piolhos, como também na riqueza de ectoparasitos e na infestação de *P. canariensis* entre as estações do ano. As espécies de ácaros dermícolas foréticos da família Epidermoptidae utilizam *P. canariensis* como forma de dispersão e para oviposição, se fixando preferencialmente na face dorsal do abdômen e na face ventral das asas, respectivamente. Já as espécies de piolhos foréticos observadas e *Ornitocheyletia hallae* utilizam *P. canariensis* somente como forma de dispersão, ocorrendo este último preferencialmente entre o metatórax e o primeiro tergito abdominal. Nas estações mais quentes foi observada uma maior prevalência, intensidade média de infestação e uma maior riqueza de espécies foréticas sobre *P. canariensis*. Em todas as estações do ano foi observada uma maior abundância de ovos de ácaros foréticos, inclusive ovos embrionados, sobre as fêmeas de *P. canariensis*.

Palavras-chave: Aves, Ectoparasitos, Foresia, Interação parasito-hospedeiro, Sazonalidade.

Abstract

AMARAL, Hugo Leonardo da Cunha. **Distribution patterns of hippoboscid flies, skin mites and lice and their interactions on *Columba livia***. 2015. 117p. Thesis (PhD in Parasitology) – Programa de Pós-Graduação em Parasitologia. Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, 2015.

The diversity of parasites observed on hosts varies substantially between individuals of the same species, as between host species. The enlightenment of the factors involved in parasite diversity patterns is essential to an understanding about the ecological and evolutionary dynamics that shapes the interactions between host-parasite, which are considered powerful arenas for ecological studies. The ectoparasites of *Columba livia*, for being well known in this area, are considered ideal models for ecological studies of this nature. This study aimed to analyze the seasonal variation in the distribution patterns of lice, of *Pseudolynchia canariensis*, *Haemoproteus columbae*, and phoretic skin mites on young and adults of *C. livia* of three different plumage colors. It was observed that the plumage color did not influence the patterns of infestation of lice, *P. canariensis*, *H. columbae*, and phoretic skin mites both on young and on adults of *C. livia*. However, among the offspring a significant difference in infestation of *P. canariensis* and abundance of ectoparasites was observed between seasons. On the other hand, on the adults of *C. livia* a difference was found in lice and hippoboscid flies infestations, as well as the richness of ectoparasites between the seasons. Skin mites of the Epidermoptidae family use hippoboscid flies for dispersion and oviposition, attaching preferably on the dorsal surface of the abdomen and ventral side of the wings, respectively. However, the species of lice observed and *O. hallae* use hippoboscid flies only as a form of dispersion, attaching mainly in the region between the metathorax and the first abdominal tergite. In the hottest seasons was observed a higher prevalence, mean intensity of infestation and increased abundance of phoretic species on *P. canariensis*. In all seasons a greater abundance of eggs of the phoretic mites, including embryonated eggs, was observed on the females of *P. canariensis*.

Key-words: Birds, Ectoparasites, Host-parasite interaction, Phoresy, Seasonality.

Lista de Figuras

Figura 1	Padrão de coloração de plumagem tipo selvagem (1), blue-checker (2) e Preta (3) de jovens e adultos de <i>Columba livia</i> capturados, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	38
Figura 2	Frequência dos intervalos de abundância de piolhos sobre os espécimes jovens (esquerda) e adultos (direita) de <i>Columba livia</i> capturados entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	43
Figura 3	Variações sazonais no valor do parâmetro K de agregação de <i>Columbicola columbae</i> sobre espécimes jovens e adultos de <i>Columba livia</i> de coloração de plumagem do tipo Blue-checker (A) e de coloração de plumagem do tipo Preta (B), entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	44
Figura 4	Modelo linear generalizado da relação entre a intensidade média de infestação de <i>Pseudolynchia canariensis</i> e a massa corporal dos espécimes jovens de <i>Columba livia</i> de coloração de plumagem do tipo Blue-checker, Preta e Selvagem, capturados entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	46
Figura 5	Modelo linear generalizado da relação entre a intensidade média de infestação de <i>Pseudolynchia canariensis</i> , no verão, e o comprimento do bico dos espécimes jovens de <i>Columba livia</i> de coloração de plumagem do tipo Blue-checker, Preta e Selvagem, capturados entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	47
Figura 6	Modelo linear generalizado da relação entre a intensidade média de infestação de <i>Pseudolynchia canariensis</i> , no outono e no inverno, e o comprimento do bico dos espécimes adultos de <i>Columba livia</i> de coloração de plumagem do tipo Blue-checker, Preta e Selvagem, capturados entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	48
Figura 7	Distribution pattern of abundance classes of <i>Pseudolynchia canariensis</i> on young and adults of <i>Columba livia</i> collected between March and April of 2012, in municipality of Pelotas, RS, Brazil.	64

Figura 8	Padrão de coloração de plumagem tipo selvagem (1), blue-checker (2) e Preta (3) dos espécimes jovens e adultos de <i>Columba livia</i> capturados, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	77
Figura 9	Tenda confeccionada para evitar a fuga dos hipoboscídeos coletados sobre espécimes jovens e adultos de <i>Columba livia</i> de três distintos padrões de coloração que foram capturados entre julho de 2012 a julho de 2014 no município de Pelotas, RS, Brasil. (A) dimensões da tenda; (B) vista frontal da tenda; (C) tenda com sua estrutura armada; (C) ferros e canos de PVC utilizados para a confecção da tenda; (E e F) conexões hidráulicas para conexão dos ferros e canos de PVC utilizados para a confecção da tenda.	78
Figura 10	Variação da prevalência de ácaros e piolhos foréticos em relação a intensidade média de infestação de <i>Pseudolynchia canariensis</i> sobre espécimes jovens e adultos de <i>Columba livia</i> de três distintas colorações de plumagem capturados na primavera e no verão (A), e no outono e no inverno (B), entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	86
Figura 11	Variação da riqueza de espécies foréticas em relação a intensidade média de infestação de <i>Pseudolynchia canariensis</i> sobre espécimes jovens e adultos de <i>Columba livia</i> de três distintas colorações de plumagem capturados na primavera e no verão (A), e no outono e no inverno (B), entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	87
Figura 12	Variação na intensidade média de foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de <i>Pseudolynchia canariensis</i> sobre espécimes adultos de <i>Columba livia</i> de três distintas colorações de plumagem capturados na primavera e no verão (A) e no outono e no inverno (B), entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	88
Figura 13	Variação na intensidade média de foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de <i>Pseudolynchia canariensis</i> sobre espécimes jovens de <i>Columba livia</i> de três distintas colorações de plumagem capturados no outono e no inverno, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	90
Figura 14	Variação na intensidade média de ovos de ácaros foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de <i>Pseudolynchia canariensis</i> sobre espécimes adultos de	

	<i>Columba livia</i> de três distintas colorações de plumagem capturados na primavera e no verão, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	91
Figura 15	Variação na intensidade média de ovos de ácaros foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de <i>Pseudolynchia canariensis</i> sobre espécimes adultos de <i>Columba livia</i> de três distintas colorações de plumagem capturados no outono e no inverno, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	92
Figura 16	Variação na intensidade média de ovos de ácaros foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de <i>Pseudolynchia canariensis</i> sobre espécimes jovens de <i>Columba livia</i> de três distintas colorações de plumagem capturados na primavera e no verão (A) e no outono e no inverno (B), entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	93
Figura 17	Variação na intensidade média de ovos embrionados de ácaros foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de <i>Pseudolynchia canariensis</i> sobre espécimes adultos de <i>Columba livia</i> de três distintas colorações de plumagem capturados no outono e no inverno, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	95
Figura 18	Variação na intensidade média de ovos embrionados de ácaros foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de <i>Pseudolynchia canariensis</i> sobre espécimes jovens de <i>Columba livia</i> de três distintas colorações de plumagem capturados na primavera e no verão, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	96
Figura 19	Variação na intensidade média de ovos embrionados de ácaros foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de <i>Pseudolynchia canariensis</i> sobre espécimes jovens de <i>Columba livia</i> de três distintas colorações de plumagem capturados no outono e no inverno, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	97

Lista de Tabelas

Tabela 1	Prevalência (%) das espécies de piolhos e de <i>Pseudolynchia canariensis</i> coletados em espécimes jovens e adultos de <i>Columba livia</i> de coloração de plumagem do tipo Blue-checker, Preta e Selvagem, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil. (n) número de hospedeiros infestados.	41
Tabela 2	Número de piolhos machos, fêmeas e ninfas coletados sobre espécimes jovens e adultos de <i>Columba livia</i> de coloração de plumagem do tipo Blue-checker, Preta e Selvagem, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	42
Tabela 3	Número de machos e fêmeas de <i>Pseudolynchia canariensis</i> coletados sobre espécimes jovens e adultos de <i>Columba livia</i> de coloração de plumagem do tipo Blue-checker, Preta e Selvagem, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	44
Tabela 4	Parameter K value, prevalence and mean intensity of infestation of phoretic skin mites and chewing lice collected on <i>Pseudolynchia canariensis</i> , between March and April of 2012, in the municipality of Pelotas, RS, Brazil.	65
Tabela 5	Number of specimens and eggs (within parentheses) of <i>Myialges anchora</i> in the different body regions of <i>Pseudolynchia canariensis</i> collected on <i>Columba livia</i> , between March and April of 2012, in the municipality of Pelotas, RS, Brazil.	65
Tabela 6	Número de machos e fêmeas de <i>Pseudolynchia canariensis</i> coletados sobre espécimes jovens e adultos de <i>Columba livia</i> de coloração de plumagem do tipo Blue-checker, Preta e Selvagem, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	81
Tabela 7	Número de espécimes, ovos (entre parênteses) e ovos embrionados [entre colchetes] de <i>Myialges anchora</i> em diferentes regiões do corpo de fêmeas de <i>Pseudolynchia canariensis</i> coletadas sobre espécimes jovens e adultos de <i>Columba livia</i> , entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	83

Tabela 8	Número de espécimes, ovos (entre parênteses) e ovos embrionados [entre colchetes] de <i>Myialges anchora</i> em diferentes regiões do corpo de machos de <i>Pseudolynchia canariensis</i> coletadas sobre espécimes jovens e adultos de <i>Columba livia</i> , entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	84
Tabela 9	Número de espécimes, ovos (entre parênteses) e ovos embrionados [entre colchetes] de ácaros e piolhos foréticos em diferentes regiões do corpo de machos (♂) e fêmeas (♀) de <i>Pseudolynchia canariensis</i> coletados sobre espécimes jovens de <i>Columba livia</i> de três distintas colorações de plumagem, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	84
Tabela 10	Número de espécimes, ovos (entre parênteses) e ovos embrionados [entre colchetes] de ácaros e piolhos foréticos em diferentes regiões do corpo de machos (♂) e fêmeas (♀) de <i>Pseudolynchia canariensis</i> coletados sobre espécimes adultos de <i>Columba livia</i> de três distintas colorações de plumagem, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.	85

Sumário

1. Introdução	15
2. Objetivos	19
2.1 Objetivo geral	19
2.2 Objetivos específicos	19
3. Revisão de literatura.....	20
3.1 Foresia.....	20
3.2 Ácaros foréticos.....	22
3.3 Hipoboscídeos como transportadores de ácaros e piolhos.....	25
3.4 A coloração da plumagem como indicativo do estado sanitário das aves.....	30
4. Artigo 1. Como a sazonalidade e características do hospedeiro influenciam nos padrões de distribuição de ectoparasitos sobre jovens e adultos de <i>Columba livia</i> ?	33
4.1 Resumo.....	33
4.2 Introdução.....	34
4.3 Material e métodos.....	37
4.4 Resultados.....	40
4.5 Discussão.....	48
4.6 Referências.....	51
5. Artigo 2. <i>Pseudolynchia canariensis</i> (Diptera: Hippoboscidae): distribution pattern and phoretic association with skin mites and chewing lice of <i>Columba livia</i> (Aves: Columbidae)	59
5.1 Abstract	61
5.2 Introduction	61
5.3 Materials and methods	62
5.4 Results	63
5.5 Discussion	65
5.6 References	68
6. Artigo 3. A sazonalidade, o sexo do transportador e a coloração da plumagem do hospedeiro influenciam nos padrões de distribuição de ácaros e piolhos foréticos?	71
5.1 Resumo	71
5.2 Introdução	72

5.3 Material e métodos	77
5.4 Resultados	81
5.5 Discussão	97
5.6 Referências	101
7. Considerações finais	107
8. Referências	108
9. Anexos	118

1. Introdução

O parasitismo, assim como a predação e a competição, constitui uma importante força seletiva em populações, pois reduz a energia destinada a processos fisiológicos de seus hospedeiros (LOYE; CARROL, 1995; SORCI et al. 1996). Nas aves, as penas formam um complexo ambiente que possibilita a ocorrência de muitos grupos de artrópodes ectoparasitos (JANOVY, 1997). O ectoparasitismo nas aves é determinado por fatores de naturezas diversas, incluindo os biológicos, como a suscetibilidade, e os ecológicos, como comportamento social, reprodutivo e de forrageamento (BEGON et al. 1990; MARINI et al. 1996; HEEB et al. 2000).

Os parasitos, de uma forma geral, afetam o *fitness* (capacidade reprodutiva) (CLAYTON, 1990), assim como a sobrevivência (CLAYTON et al. 1999) de seus hospedeiros. Os níveis de parasitismo em populações animais envolvem uma delicada relação entre a imunidade do hospedeiro e características da sua história de vida (DAWSON; BORTOLOTTI, 2000; SOL et al. 2003). É influenciada também, tanto pela abundância, quanto pela eficiência de transmissão dos vetores (BENNET; CAMERON, 1974; DUFVA, 1996), assim como pela suscetibilidade e fisiologia da espécie hospedeira (APPLEGATE, 1970; BENNET; CAMERON, 1974). Pode variar temporalmente sobre uma população de hospedeiros (ATKINSON et al. 1988; WEATHERHEAD; BENNET, 1991) como também geograficamente (TELLA et al. 1999; MOYER et al. 2002). Os níveis de parasitismo também podem variar dentro de uma população hospedeira (MERINO; POTTI, 1995; SOL et al. 2003), ocasionando, em certos casos, em um decréscimo na sobrevivência de indivíduos de uma determinada faixa etária (BENNET; CAMERON, 1974; WALDENSTRÖM et al. 2002). Todas essas pressões supracitadas podem provocar uma pressão de seleção sobre os diferentes fenótipos da população, influenciando na estrutura genética dos hospedeiros (HALDANE, 1949; CLARKE, 1979).

Por outro lado, as características morfológicas do hospedeiro também influenciam na diversidade parasitária. Por exemplo, o tamanho corporal do hospedeiro pode determinar o quanto de recurso pode ser explorado pelos ectoparasitas, bem como o número de nichos disponíveis. Estudos

demonstram uma relação positiva entre o tamanho corporal do hospedeiro e a riqueza de parasitos (POULIN, 1997), como também com a abundância de parasitos (POULIN; ROHDE, 1997).

Devido a uma forte relação coevolutiva existente entre parasitos e seus hospedeiros, alguns estudos revelam uma sincronização reprodutiva de muitos grupos de parasitos com o da espécie hospedeira (MARSHAL, 1981). Segundo Foster (1969), esta sincronização favorece a colonização de novos hospedeiros. Para alguns grupos que possuem uma limitada capacidade de locomoção, como ácaros (Acari) (JOVANI et al. 2001) e piolhos (Insecta: Phthiraptera) (JOHNSON; CLAYTON, 2003) esta sincronização reprodutiva revela-se muito importante, pois a dispersão e consequente colonização de novos habitats ocorre somente através do contato direto entre hospedeiros (MARSHAL, 1981) ou, em alguns casos, através da foresia (JOVANI et al. 2001).

Recentes estudos demonstram que o estado sanitário de algumas espécies de aves pode ser avaliado a partir de sua coloração da plumagem. A coloração das aves é consequência da estrutura física das penas ou de pigmentos presentes nas mesmas (GILL, 1995). Esta pigmentação possui muitas funções, como camuflagem, auxilia na termorregulação e na comunicação inter e intraespecífica (SAVALLI, 1995). Nas últimas décadas surgiram os primeiros estudos que avaliaram o efeito da coloração da plumagem das aves sobre os ectoparasitas. Kose et al. (1999) reportaram que piolhos *Machaerilaemus malleus* Burmeister, 1838 (Amblycera: Menoponidae) parasitos de *Hirundo rustica* Linnaeus, 1758 (Aves: Hirundinidae) permaneciam por um tempo significativamente maior sobre as penas brancas, do que sobre as penas pretas do hospedeiro. Møller (1991) registrou alguns anos antes, sobre a mesma espécie hospedeira, que a quantidade de lesões nas penas brancas causadas pela mesma espécie de piolho foi maior, quando comparado ao número de lesões nas penas pretas. Estes resultados reforçam a hipótese de que a melanina presente nas penas das aves pode ser considerada uma proteção contra piolhos, visto que garante uma maior “dureza” das penas. Ducrest et al. (2008) demonstraram que alguns dos genes, que codificam para a expressão de pigmentação de melanina, possuem efeitos pleiotrópicos sobre a expressão de outros processos fisiológicos em uma variedade de taxa, em

particular, em funções imunológicas. Isto sugere que a quantidade de melanina presente em pêlos ou penas de animais pode ser uma adaptação diretamente relacionada com variáveis ambientais (ROULIN, 2004), inclusive ao parasitismo (GASPARINI et al. 2011).

A grande variação de cores em *Columba livia* Gmelin, 1789 (Aves: Columbidae) resultante da seleção artificial realizada em criações domésticas, torna esta espécie um modelo ideal para estudos que analisam a influência da coloração da plumagem sobre os ectoparasitos. Esta espécie apresenta um gradiente de coloração à base de melanina do escuro ao claro (JOHNSTON; JANIGA, 1995), as quais podem ser facilmente distinguidas pelo olho humano. Estes diversos tipos de coloração de plumagem são geneticamente determinados (JOHNSTON; JANIGA, 1995; JACQUIN et al. 2013), entretanto eles também estão associados a variáveis, como comportamento, taxa reprodutiva e a resistência a parasitos (JOHNSON; JOHNSTON, 1989; JACQUIN et al. 2011). Estudos prévios revelam uma relação entre o nível de urbanização com a frequência de morfotipos melânicos, sendo os indivíduos mais escuros os mais abundantes (JOHNSTON; JANIGA, 1995; OBUKHOVA, 2011). Desta forma é esperado que estes indivíduos, por também apresentarem uma maior resposta imune (JACQUIN et al. 2011), apresentem uma menor carga parasitária, quando comparados a indivíduos que possuem outras colorações de plumagem.

Sobre *C. livia* observa-se uma grande riqueza de espécies de parasitos (DRANZOA et al. 1999), entretanto duas espécies de piolhos, *Columbicola columbae* Linnaeus, 1758 e *Campanulotes compar* Burmeister, 1838 (Ischnocera: Philopteridae) e uma espécie de hipoboscídeo, *Pseudolynchia canariensis* Macquart, 1840 (Diptera: Hipoboscidae) destacam-se devido a alta especificidade, tornando-as ótimos modelos para diversos estudos envolvendo a relação parasito-hospedeiro (HARBISON et al. 2009; WAITE et al. 2012).

Sobre esta espécie hospedeira observamos também um grande número de associações foréticas entre ácaros dermícolos e piolhos que utilizam os espécimes de *P. canariensis* como meio de dispersão. Este comportamento apresentado por muitas espécies de ácaros e algumas espécies de piolhos é considerado muito importante na história evolutiva destes ectoparasitos, uma vez que, além de favorecer a dispersão, pode ser considerada uma forma de

fuga de competição, tanto inter quanto intraespecífica (BUSH; MALENKE, 2008).

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo, no primeiro capítulo, analisar sazonalmente o padrão de distribuição de piolhos e de *P. canariensis* sobre espécimes jovens e adultos de *C. livia* de três distintas colorações de plumagem. No segundo capítulo objetivou-se analisar os padrões de distribuição de ácaros dermícolas e piolhos foréticos sobre hipoboscídeos coletados em espécimes jovens e adultos de *C. livia*. No terceiro capítulo este tema novamente foi estudado, entretanto, tendo como objetivo principal a análise de como a coloração da plumagem do hospedeiro e a sazonalidade podem influenciar nos padrões de distribuição de ácaros dermícolas e piolhos foréticos sobre *P. canariensis*. Além destes capítulos, a tese possui uma revisão de literatura sobre os temas foresia, ácaros foréticos, hipoboscídeos como transportadores de ácaros e piolhos foréticos e a coloração da plumagem como indicativo do estado sanitário das aves. Ao final deste documento foram feitas as considerações finais, onde se ressaltam os principais resultados do trabalho.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Analisar como a sazonalidade e fatores bióticos associados a espécimes jovens e adultos de *Columba livia* de três distintas colorações de plumagem podem influenciar na estruturação das infrapopulações de ácaros dermícolas foréticos, de *Pseudolynchia canariensis* e de piolhos.

2.2 Objetivos específicos

1- Analisar sazonalmente os padrões de distribuição (prevalência, intensidade média de infestação, razão sexual e estrutura etária) das infrapopulações de piolhos sobre os espécimes jovens e adultos de *Columba livia* das três distintas colorações de plumagem.

2- Analisar sazonalmente os padrões de distribuição (prevalência, intensidade média de infestação e razão sexual) de *Pseudolynchia canariensis* sobre os espécimes jovens e adultos de *Columba livia* das três distintas colorações de plumagem.

3- Analisar sazonalmente os aspectos da associação forética de *Pseudolynchia canariensis* com ácaros dermícolas e piolhos sobre os espécimes jovens e adultos de *Columba livia* das três distintas colorações de plumagem.

3. Revisão da literatura

3.1 Foresia

A dispersão é considerada um processo central da ecologia, pois determina a distribuição e a abundância das espécies nas comunidades (CLOBERT et al. 2001). Considerada fundamental para a história de vida de muitas espécies animais, a dispersão influencia no sucesso de forrageamento, na habilidade de escapar de predadores, na busca de hospedeiros, assim como no sucesso reprodutivo (FRONHOFER et al. 2013). Entre os parasitos, o sucesso de transmissão é, certamente, o maior desafio, ainda mais para alguns grupos que possuem uma limitada capacidade de locomoção, como ácaros (Acari) (JOVANI et al. 2001) e piolhos (Insecta: Phthiraptera) (JOHNSON; CLAYTON, 2003). Nestes grupos, a dispersão e consequente colonização de novos habitats ocorrem somente através do contato direto entre hospedeiros (MARSHAL, 1981; JOVANI et al. 2001) ou, em alguns casos, através da foresia (JOVANI et al. 2001).

O termo foresia (ou forésia) é aplicado para relações interespecíficas em que um organismo, denominado forético, se fixa a outro, denominado transportador, carreador ou “hospedeiro”, com o único propósito de sua dispersão (HOUCK; OCONNOR, 1991). Esta interação entre o forético e seu transportador pode ser classificada como não específica, quando o forético utiliza um grande número de espécies como meio de dispersão, ou específica, quando há preferência por uma família, gênero, ou até mesmo, uma espécie de transportador (HOUCK; OCONNOR, 1991; ATHIAS-BINCHE, 1994;). A foresia pode ser facultativa, sendo provavelmente induzida por densidade-dependência ou perturbações ambientais; ou obrigatória, nas quais o forético segue um estabelecido ciclo sazonal, em um habitat relativamente estável, utilizando transportadores tradicionais (ATHIAS-BINCHE, 1994).

O termo foresia tem sua origem em Lesne (1896), que a definiu como "aqueles casos em que o transportador serve de veículo para o seu passageiro." Posteriormente, Farish & Axtell (1971) redefiniram o termo foresia

como “fenômeno no qual um animal procura ativamente se dispersar mediante a adesão a superfície externa de outro animal, por um tempo limitado, durante o qual o forético cessa a sua alimentação e ontogenia. Tal ligação, presumivelmente, tem como resultado na sua dispersão de áreas não adequadas para áreas mais propícias promovendo um desenvolvimento maior, tanto do indivíduo, quanto para a sua progênie”. A afirmação de que foréticos “procuram ativamente” seus transportadores mostra-se um tanto vaga, uma vez que a foresia requer reconhecimento de potenciais transportadores. Por exemplo, ácaros Astigmata são, na maioria, quiescentes enquanto aguardam o transportador e esta estratégia faz-se necessária para a conservação de energia que não é repostada durante o transporte (CROSS; BOHART, 1969). Farish & Axtell (1971) afirmam, ainda, que os animais foréticos “mentem em esperar”, uma vez que estão a espreita, respondendo a estímulos específicos, ao invés de buscarem ativamente os seus transportadores. Migrações passivas são iniciadas e terminadas tão ativamente e não são mais acidentais do que migrações denominadas ativas (BAKER, 1978). Faasch (1967) e Rapp (1959) apontam que, em uma associação forética, tanto o forético, quanto o transportador desempenham um papel ativo.

Farish & Axtell (1971), em sua definição sobre foresia, substituíram a palavra dispersão por transporte, que é considerada mais adequada e amplamente aceita. Esta distinção faz-se importante, pois segundo Keirans (1975) transporte refere-se a um movimento direto para um objetivo final, enquanto que dispersão tem a implicação não direcional mais ampla e, de fato, pode ser um mecanismo de sobrevivência que proporciona a distribuição aleatória por uma grande área. Segundo Binns (1982), o trajeto percorrido por um animal forético é, sem dúvida, o mesmo de seu transportador e isto confere ao forético uma maior capacidade de dispersão como proposto por Farish & Axtell (1971) na sua definição de foresia. Southwood (1962), possivelmente na mesma premissa, afirmou que “foresia é sempre um movimento migratório e, portanto, resulta sempre em dispersão”.

Para a fixação e posterior soltura da superfície corporal do transportador, o forético necessita possuir, tanto adaptações comportamentais, quanto fisiológicas (FARISH; AXTELL, 1971). Segundo Binns (1982) a provisão para fixação ao hospedeiro pode ir tão longe a ponto de ser incorporado ao ciclo de

vida do forético e, desta forma, havendo a necessidade de sincronização do seu ciclo de vida com o de seu transportador. Por exemplo, fêmeas de ácaros do gênero *Iponemus* Beer & Nucifora, 1965 foreticamente associadas com coleópteros, após completarem duas semanas se alimentando de ovos de seu transportador, passam por um período denominado pré-forético de três a seis semanas antes de entrarem em contato com a nova geração de jovens transportadores. Durante este período estas fêmeas cessam a alimentação por, pelo menos um mês, durante o qual elas buscam ativamente novos transportadores (LINDQUIST; BEDARD, 1961).

3.2 Ácaros foréticos

Krantz & Walter (2009), em sua obra intitulada *A Manual of Acarology* afirmaram que “se a diversidade morfológica e ecológica de um grupo animal pode ser considerada uma medida de seu sucesso, então, a assembléia de invertebrados composta pelos aracnídeos da subclasse Acari deveria receber um grande prêmio”. Este grande prêmio se deve, principalmente, a sua plasticidade, bem como ao pequeno tamanho corporal de seus representantes, o que possibilita a sua presença em praticamente todos os habitats da Terra, incluindo os terrestres e os aquáticos, tanto marinhos, quanto dulcícolas. Ácaros são extremamente abundantes em rios, lagos, bem como na fauna arbórea de florestas tropicais e temperadas. Muitas espécies extraem seu alimento a partir das plantas e das algas, outras ingerem bactérias e fungos, e outro grande grupo desenvolveu uma estreita relação com aves, mamíferos, répteis e anfíbios. Segundo Walter & Proctor (1999), são conhecidas aproximadamente 55.000 espécies, entretanto acredita-se que existam entre 500.000 a 1.000.000 de espécies. De acordo com Krantz & Walter (2009), estas espécies conhecidas estão distribuídas em 5.500 gêneros, 1.200 subgêneros e 540 famílias.

Muitas espécies de ácaros de vida livre possuem um heteromórfico estágio ninfal denominado de Hipopus (do grego *hipo* = abaixo, *pous* = pé) ou Deutoninfa (KRANTZ; WALTER, 2009). Estes ácaros, porém nem todos os indivíduos de uma mesma população, apresentam um gnathosoma reduzido, não se alimentam e possuem um complexo arranjo de ventosas e cerdas

aderentes, localizadas na região posterior (Opistosoma) da superfície ventral, as quais auxiliam na fixação ao seu transportador (HUGHEST, 1959). Esta sincronização é especialmente evidente quando a hipopus é produzida facultativamente, ou seja, como uma etapa provisória, especialmente adaptada para a dispersão (HUGHEST, 1959). A morfologia destes ácaros demonstra uma clara adaptação para a foresia, pois mesmo com movimentos de limpeza, promovidos pelo transportador, os ácaros foréticos permanecem aderidos ao corpo do inseto (SCHULZE, 1922; PERRON, 1954; BEHURA, 1956). Além disso, este conjunto de ventosas promove uma pressão entre o corpo dorsoventralmente achatado do ácaro com a superfície corporal do transportador auxiliando na redução da perda de água e, assim, reduzindo também a chance de uma possível dessecação (SCHULZE, 1924).

Deutoninfas e formas adultas de muitas famílias de ácaros Mesostigmata têm estabelecido fortes relações foréticas com outros artrópodes, e menos comumente com vertebrados. Estão incluídas nesta lista representantes das famílias Parasitidae, Ologamasidae, Ascidae, Ameroseiidae, Digamasellidae, Laelapidae, Eviphididae, Pachylaelapidae, Macrochelidae, Uropodidae, Sejidae, entre outros (KRANTZ 1967, 1998; KINN, 1971; TREAT, 1975; BINNS, 1982; LEHTINEN, 1987; ATHIAS-BINCHE, 1994; WALTER; PROCTOR, 1999). Assim como muitos ácaros Mesostigmata, diversas formas deutoninfas ou hipopus de ácaros Astigmata são foréticos de invertebrados. São observadas associações foréticas nas famílias Glycyphagidae, Mesoplophoridae, Oppidae e Oribatulidae (NORTON, 1980; GRIFFITHS et al. 1990).

Entre os animais, observa-se, sem dúvida alguma, uma maior ocorrência de associações foréticas entre ácaros e insetos. Newman (1844) afirmou que “nada é mais comum do que insetos serem infestados por ácaros”. A importância na evolução em Acari é indicada pelo fato da foresia possuir diversos registros nos três maiores grupos de ácaros, Mesostigmata, Prostigmata e Astigmata (CROSS; BOHART, 1969). Os ácaros possuem uma grande variedade de estratégias, que associadas às adaptações morfológicas permitem tal relação. Por exemplo, uma grande diversidade de ácaros foréticos é observada sobre uma espécie de transportador, como *Pseudolynchia canariensis* Macquart, 1840 (Diptera: Hippoboscidae). Estas espécies de

ácaros ocupam o hipoboscídeo simultaneamente e possuem locais específicos para fixação (VALIM; GAZÊTA, 2007; MARCELINO et al. 2009; AMARAL et al. 2013). Além disso, a localização do forético pode variar de acordo com a espécie e com o sexo do transportador (CROSS; BOHART, 1969). Entretanto, as fêmeas férteis, porém não grávidas, constituem o principal estágio evolutivo dos organismos foréticos (TREAT, 1969; JALIL; RODRIGUES, 1970), que segundo Southwood (1962), são as principais responsáveis pela fundação de novas populações.

Determinados ácaros são os foréticos mais comuns de Hippoboscidae (BEQUAERT, 1953). Sobre estes dípteros já foram registrados seis gêneros de ácaros foréticos: *Ornithocheyletia* Volgin, 1964 (Prostigmata: Cheyletidae) (FERES; FLECHTMANN, 1991; MACCHIONI et al. 2005, VALIM; GAZÊTA, 2007; MARCELINO et al. 2009; AMARAL et al. 2013), *Microlichus* Trouessart & Neumann, 1888 (VITZTHUM, 1934; COLLART, 1934; THOMPSON, 1936; ASH; HUGHES, 1952; FURMANN; THARSHIS, 1953), *Myialges* Sergent & Trouessart, 1907 (THOMPSON, 1936; ASH; HUGHES, 1952; FURMANN; THARSIS, 1953; FERES; FLECHTMANN, 1991; PHILIPS; FAIN, 1991; MADDEN; HARMON, 1998; MACCHIONI et al. 2005; VALIM; GAZÊTA, 2007; MARCELINO et al. 2009; AMARAL et al. 2013), *Promyialges* Fain, 1964 (PHILIPS; FAIN, 1991), *Pterolichus* Robin & Mégnin, 1877 (BÜTTIKER, 1948) (Astigmata: Epidermoptidae) e *Strelkoviacarus* Dubinin, 1953 (HILL et al. 1967) (Astigmata: Analgidae). A maior parte do ciclo de vida dos ácaros supracitados ocorre na superfície corporal das aves hospedeiras. Após a cópula sobre o hospedeiro, grande parte das fêmeas procura um hipoboscídeo para dispersão. Ácaros *Myialges* spp., *Promyialges* spp. e *Strelkoviacarus* spp. geralmente se fixam ao tegumento do abdômen, do tórax ou da cabeça, onde, eventualmente, realizam a oviposição (ASH; HUGHES, 1952; HILL et al. 1967; MACCHIONI et al. 2005, VALIM; GAZÊTA, 2007, MARCELINO et al. 2009; AMARAL et al. 2013). Já os ácaros *Microlichus* spp. e *Pterolichus* spp. costumam se fixar nas asas, onde também podem ovipor (COLLART, 1934; VITZTHUM, 1934). Desta maneira, um hipoboscídeo infestado com ácaros pode transferir as larvas a uma nova ave hospedeira. Esta, provavelmente, seja a modalidade mais comum de dispersão destes ácaros. Além disso, em alguns casos pode ser observado, também, um dos poucos exemplos de hiperparasitismo em

Acari (BEQUAERT, 1953). Os ácaros do gênero *Microlichus* podem ser classificados, além de foréticos, como também hiperparasitos, visto que durante a sua fixação no hipoboscídeo, extraem o seu alimento dos líquidos corporais da mosca, que neste caso, torna-se um “transportador hospedeiro”.

3.3 Hipoboscídeos como transportadores de ácaros e piolhos

As espécies de Hippoboscidae são ectoparasitos não permanentes de aves e mamíferos. Tanto os machos quanto as fêmeas são hematófagos obrigatórios e vivem durante toda, ou boa parte do seu estágio adulto, entre os pêlos ou entre as penas de seu hospedeiro. Sua única forma de vida livre é como pupa, as quais são depositadas nos ninhos das aves ou nas tocas de mamíferos. São dorsoventralmente achatados, de pequeno a médio porte, com tamanho corporal entre 4 – 12 mm (WOOD, 2010). Esta família exhibe um grande número de adaptações morfológicas e fisiológicas, como por exemplo, a viviparidade, que é uma condição fortemente associada ao estilo de vida ectoparasita (MEIER et al. 1999). Por serem hematófagos, constituem um dos grupos de insetos mais importantes sobre as aves e mamíferos (BAKER, 1967), uma vez que são responsáveis pela transmissão de haemosporídios (Apicomplexa: Haemosporida) aos seus hospedeiros (LEVINE, 1988), tornando-os mais suscetíveis, por exemplo, à predação (ANDERSON; MAY, 1979).

Inicialmente, Bequaert (1954) organizou as espécies de hipoboscídeos em seis subfamílias: Ornithoicinae (considerado o grupo basal) com somente um gênero, *Ornithoica* Rondani, 1878, com registros em várias partes do mundo sobre uma grande diversidade de aves; Hippoboscinae, com um único gênero restrito ao Velho Mundo, *Hippobosca* Linnaeus, 1758, parasitos de mamíferos (equinos, bovinos e camelos) e de avestruzes; Alloboscinae, com uma única representante, *Allobosca crassipes* Speiser, 1899, sobre lêmures em Madagascar; Ortholfersiinae, com um gênero, *Ortholfersia* Lutz, 1915, sobre marsupiais australianos, principalmente cangurus; Lipopteninae (os quais Bequaert denominou de Melophaginae, um sinônimo de Lipopteninae), composta por quatro gêneros parasitos de cervídeos e outros Artiodactyla; e Ornithomyiinae, abrangendo todos os gêneros restantes, distribuídos em todo o

mundo em uma variedade de aves. Posteriormente Maa (1969) reduziu o número de subfamílias para três, Ornithomyinae, Hippoboscinae e Lipopteninae e aumentou o número de gêneros para 21. Segundo Wood (2010), para a região neotropical existem registros de espécies representantes das subfamílias Ornithomyinae e Lipopteninae. No mundo, atualmente são conhecidas entre 150 - 200 espécies, distribuídas em 19 - 21 gêneros (MAA, 1969, 1989; MAA; PETERSON, 1987).

Pseudolynchia Bequaert, 1926, é um pequeno gênero composto por cinco espécies, das quais *Pseudolynchia brunnea* Latreille, 1812 e *P. canariensis* possuem registros para o Novo Mundo. Originalmente registrada somente em aves silvestres do Velho Mundo, *P. canariensis* passou a ser observada também em diversas regiões do Novo Mundo, principalmente, devido ao seu parasitismo em *Columba livia* Gmelin, 1789 (Aves: Columbidae) (MAA, 1966). De acordo com Bequaert (1953, 1955), os registros em aves silvestres foram feitos em representantes das ordens Ciconiiformes (1 sp.): *Hagedashia*; Falconiformes (21 sp.): *Accipiter*, *Aquila*, *Buteo*, *Circaetus*, *Circus*, *Falco*, *Gymnogenys*, *Haliaeetus*, *Kaupifalco*, *Lophaetus*, *Melierax*, *Milvus*, *Neophron*, *Polihierax*, *Spizaetus*; Galliformes (4 sp.): *Gallus*, *Numida*, *Pternistis*; Columbiformes (15 sp.): *Columba*, *Pterocles*, *Streptopelia*, *Treron*, *Turtur*; Cuculiformes (5 sp.): *Clamator*, *Crinifer*, *Cuculus*; Strigiformes (6 sp.): *Asio*, *Athene*, *Bubo*, *Ketupa*, *Otus*, *Tyto*; Coraciiformes (1 sp.): *Coracias*; Passeriformes (4 sp.): *Cinclus*, *Corvus*, *Galerida*, *Temenuchus*.

A importância dos hipoboscídeos como transportadores de ácaros e de piolhos foi demonstrada em uma extensa revisão feita por Bequaert (1953). Nesta ocasião o autor comentou também que dificilmente estes ácaros foréticos reduzam a capacidade reprodutiva dos hipoboscídeos infestados, visto que grande parte das reduções populacionais deriva dos ferimentos causados pelos hospedeiros na tentativa de controle destes dípteros e de outros ectoparasitos. Waite et al. (2012) demonstraram em seu trabalho que espécimes de *C. livia* utilizam o bico como uma ferramenta bastante eficaz no controle populacional de *P. canariensis*.

No Brasil, o primeiro registro de associação forética entre ácaros dermícolos de *C. livia* e *P. canariensis* foi feito por Figueiredo & Barbosa (1944) no município de Recife. Naquela situação os autores descreveram como sendo

Myialges pseudolinchiae a espécie de ácaro, entretanto trata-se de um sinônimo para *Myialges anchora* Sergent & Trouessart, 1907.

Assim como muitas espécies de ácaros parasitas de aves, algumas espécies de piolhos de aves também possuem habilidades para dispersarem se fixando em um hipoboscídeo. Entre as espécies de piolhos, a foresia, além de ser uma estratégia de dispersão, pode ser considerada um modo de escapar de uma competição, tanto interespecífica, quanto intraespecífica (BUSH; MALENKE, 2008). Uma revisão sobre piolhos foréticos foi realizada por Keirans (1975). Nesta publicação foram analisados registros de foresia, tanto em aves não-passeriformes, quanto em passeriformes. Os dados sobre associações foréticas em aves não-passeriformes foram feitos em espécies representantes das ordens Ciconiiformes, Falconiformes, Galliformes, Psittaciformes, Cuculiformes, Strigiformes, Apodiformes, Coraciiformes, Piciformes. Entretanto, em Columbiformes é onde se concentra o maior número de registros, principalmente entre *Columbicola columbae* Linnaeus, 1758 sobre *P. canariensis*.

O primeiro registro, no Brasil, de associação forética entre piolhos de *C. livia* e *P. canariensis* foi feito por Hathaway (1943), na cidade do Rio de Janeiro. Naquela situação foi observado um espécime de *P. canariensis* transportando sete espécimes de *C. columbae*.

Piolhos são ectoparasitos que podem completar todo o seu ciclo de vida sobre um único hospedeiro, se alimentado de fragmentos de penas, sangue e de descamações da epiderme de seu hospedeiro (MARSHALL, 1981). Sobre as aves observamos piolhos de duas subordens: Amblycera e Ischnocera. Enquanto que piolhos Amblycera podem ser encontrados em várias regiões do corpo da ave hospedeira, embora sua oviposição e alimentação sejam confinadas a áreas restritas, áreas razoavelmente bem definidas de distribuição ocorrem no caso de Ischnocera, sendo raramente encontrados para além dos limites dessas áreas (ASH, 1960). Piolhos Amblycera são geralmente mais ativos, movendo-se mais rapidamente do que piolhos Ischnocera (ASH, 1960), e por vezes, podem abandonar o hospedeiro, principalmente quando este morre. Para dispersarem, piolhos Ischnocera são aparentemente dependentes do contato direto entre hospedeiros ou, esporadicamente, pegam carona se fixando em outros artrópodes, principalmente hipoboscídeos (MARSHALL,

1981). Na literatura são encontrados diversos registros de foresia entre espécies de piolhos de *C. livia* e hipoboscídeos, o que demonstra a importância desta modalidade de dispersão entre estes ectoparasitos (MARTIN, 1934; HATHAWAY, 1943; WARD, 1953; IANNAcone, 1992; CLAYTON et al. 2004). Todos os registros envolvem espécies de piolhos que vivem nas asas de *C. livia*, como *C. columbae* e *Columbicola tschulyschman* Eichler, 1942, o que sugere que as espécies que vivem em outras partes do corpo dos pombos podem não ser foréticos, embora em outras espécies de pombos tenham sido removidos de hipoboscídeos (COUCH, 1962).

Diversos pesquisadores têm registrado que piolhos afetam o *fitness* (capacidade reprodutiva) (CLAYTON, 1990), assim como a sobrevivência (CLAYTON et al. 1999) de seus hospedeiros. Entretanto, algumas características morfológicas do hospedeiro têm uma importante influência sobre as populações de parasitos. Por exemplo, o tamanho corporal do hospedeiro determina o número de nichos que serão ofertados aos seus ectoparasitos. Diversos estudos demonstram uma positiva relação entre o tamanho corporal e a riqueza de parasitas (POULIN, 1997), bem como a sua abundância (POULIN; ROHDE 1997; RÓZSA, 1997a, b; GRUTTER; POULIN, 1998; MORAND et al. 1999; AMARAL et al. 2014).

Os meios de defesa do hospedeiro são parâmetros que também podem influenciar na diversidade parasitária. Dentre eles, podemos destacar a imunocompetência (JOHN, 1995; TELLA et al. 1999), assim como comportamentos de limpeza das penas mediante a utilização do bico e das garras. Por exemplo, em alguns estudos foi observado que o tempo que uma ave despende na limpeza de suas penas está diretamente relacionado com a diversidade de piolhos (COTGREAVE; CLAYTON, 1994). Consequentemente, o tamanho e o formato do bico podem também influenciar na composição da comunidade de ectoparasitos (MURRAY, 1990).

A abundância de parasitos pode variar também de acordo com a faixa etária da população hospedeira (THOMAS et al. 1995). Espécies hospedeiras expostas a uma grande abundância de parasitos, os quais são observados em maior número sobre indivíduos jovens, podem apresentar uma maior mortalidade de indivíduos desta faixa etária, quando comparadas a espécies expostas a uma menor carga parasitária. São relatados muitos exemplos de

animais, incluindo humanos, que podem apresentar esta diferença, tanto na riqueza, quanto na abundância de parasitos, sugerindo que indivíduos jovens são mais parasitados (BORGIA; COLLIS, 1989; POULIN, 1992; ARMSTRONG et al. 1999; HECKING-VELTMAN et al. 2001).

Com relação a estrutura etária, em geral, há certa equivalência no número de machos e fêmeas em uma população de ectoparasitos. Entretanto, em muitos gêneros de piolhos as fêmeas são muito mais abundantes do que os machos (MARSHALL, 1981). Embora esta grande diferença na abundância de fêmeas possa ser resultado de um erro amostral, as fêmeas tendem a ser mais numerosas, pois vivem mais tempo do que os machos. Marshall (1981), ainda sugere que a estrutura etária vai depender de quanto a população está aumentando, pois quando há poucos adultos, ela está estável, ou decrescendo, quando possuir uma grande quantidade de adultos. Uma maior quantidade de fêmeas não será esperada em populações onde o acasalamento ocorre aleatoriamente. Fisher (1930) argumentou que nestas condições o investimento em ambos os sexos é o mesmo. Acasalamentos aleatórios são esperados em *Amblycera* devido à maior capacidade de dispersão destes piolhos, quando comparados aos *Ischnocera*. Por outro lado, a predominância de fêmeas pode não ser esperada devido ao fato delas possuírem um maior tamanho corporal e com isso serem mais facilmente capturadas pelo hospedeiro (KIM, 1985).

As populações de piolhos são profundamente afetadas pelas variações de temperatura e umidade próximas a superfície corporal do hospedeiro. São poucas as espécies que foram registradas podendo viver, mesmo que durante poucos dias, fora do hospedeiro. Segundo Moyer et al. (2002), a umidade próximo da pele das aves desempenha a mesma função da umidade relativa no ambiente. Esta comparação é verdadeira, pois quando comparada a riqueza de piolhos de espécies de aves que apresentam uma grande distribuição geográfica, as populações de regiões úmidas possuem mais piolhos do que aves em regiões áridas (MOYER et al. 2002). Entretanto esta relação pode não ser observada devido a influência de outros fatores, dentre eles características morfológicas, imunológicas e comportamentais do hospedeiro (MARSHALL, 1981).

Algumas espécies de piolhos apresentam também uma sincronização de seu período reprodutivo com o da espécie hospedeira (MARSHALL, 1981).

Segundo Foster (1969), esta sincronização se deve a estreita relação coevolutiva entre piolhos e seus hospedeiros e favorece a colonização de novos hospedeiros, visto que é neste período que se observa a maior quantidade de contatos corporais entre indivíduos de muitas espécies de aves. Além disso, o aumento na abundância de piolhos durante o período reprodutivo e de mudas de penas da espécie hospedeira pode ser esperado, visto que durante estes eventos o hospedeiro tende a economizar energia, inclusive na limpeza das penas (MØLLER; RÓZSA, 2005).

3.4 A coloração da plumagem como indicativo do estado sanitário das aves

Estudos mostram que a coloração da plumagem pode revelar o estado sanitário de algumas espécies de aves. A coloração das aves é consequência da estrutura física das penas ou de pigmentos presentes nas mesmas (GILL, 1995). Esta pigmentação possui muitas funções, como camuflagem, auxilia na termorregulação, além de auxiliar na comunicação inter e intraespecífica (SAVALLI, 1995). Nas últimas décadas, o efeito da coloração da plumagem das aves sobre a diversidade parasitária começou a ser estudada. Kose et al. (1999) reportaram que piolhos *Machaerilaemus (Hirundoecus) malleus* Burmeister, 1838 parasitos de *Hirundo rustica* Linnaeus, 1758 permaneciam por um tempo significativamente maior sobre as penas brancas, do que sobre as penas pretas do hospedeiro. Møller (1991), alguns anos antes, havia registrado sobre a mesma espécie hospedeira que a quantidade de lesões nas penas brancas causadas pela mesma espécie de piolho era maior, quando comparado ao número de lesões nas penas pretas. Estes resultados reforçam a hipótese de que a melanina presente nas penas das aves pode ser considerada uma proteção contra piolhos. Entretanto, Bush et al (2006), analisando os padrões de distribuição de piolhos sobre *C. livia*, não observaram alterações significativas, tanto na taxa de sobrevivência, quanto no sucesso reprodutivo de piolhos *C. columbae* e *Campanulotes compar* Scopoli, 1763 sobre espécimes de cinco distintas colorações de plumagens.

Pigmentos de melanina fornecem a fonte mais comum de coloração em vertebrados, mas o significado adaptativo dessas cores permanece pouco

compreendido. Recentemente, Ducrest et al. (2008) demonstraram que alguns dos genes que codificam para a expressão de pigmentação de melanina possuem efeitos pleiotrópicos sobre a expressão de outros processos fisiológicos em uma variedade de taxa, em particular, em funções imunológicas. Isto sugere que a quantidade de melanina presente em pelos ou penas de animais pode estar diretamente relacionada com adaptações a variáveis ambientais (ROULIN, 2004), inclusive ao parasitismo (GASPARINI et al. 2011; KARELL et al. 2011).

A ordem Columbiformes atualmente é composta somente pela família Columbidae, a qual possui mais de 300 espécies. A espécie *C. livia* pode ser considerada a sua representante mais conhecida por estar presente e ser abundante em varias regiões do mundo (IUCN, 2011). *Columba livia*, ave nativa do Velho Mundo, foi introduzida no Novo Mundo há aproximadamente 400 anos (SCHORGER, 1952). Atualmente, esta espécie, por ocupar parques, praças públicas e prédios abandonados, vem chamando atenção de autoridades de saúde, uma vez que podem ser fontes de transmissão de doenças aos humanos (MARQUES et al. 2007).

Sobre *C. livia* observa-se uma grande riqueza de espécies ectoparasitas e de endoparasitas (DRANZOA et al. 1999; RADFAR et al. 2012; SMITH; FEDYNICH, 2012). Com relação aos ectoparasitas, duas espécies de piolhos, *C. columbae* e *C. compar*, além de *P. canariensis* destacam-se devido a alta especificidade, tornando-as ótimos modelos para diversos estudos envolvendo a relação parasito-hospedeiro (MOYER et al. 2002; HARBISON et al. 2009; WAITE et al. 2012).

A grande variação de cores em *C. livia*, resultante da seleção artificial realizada em criações domésticas, torna esta espécie um modelo ideal para estudos que analisam a influência da coloração da plumagem sobre os ectoparasitas. Esta espécie apresenta um gradiente de coloração à base de melanina do escuro para o claro (JOHNSTON; JANIGA, 1995), as quais podem ser facilmente distinguidas pelo olho humano. Estes diversos tipos de coloração de plumagem são geneticamente determinados (JOHNSTON; JANIGA 1995; JACQUIN et al. 2013), entretanto eles também estão associados a variáveis, como comportamento, taxa reprodutiva e a resistência a parasitos (JOHNSON; JOHNSTON 1989; JACQUIN et al. 2011, 2012).

Interessantemente, estudos prévios revelam uma relação entre o nível de urbanização com a frequência de morfotipos melânicos, sendo os indivíduos mais escuros os mais abundantes (JOHNSTON; JANIGA, 1995; OBUKHOVA, 2011).

4. Capítulo 2

Manuscrito que será submetido à revista Acta Tropica.

<http://www.elsevier.com/journals/acta-tropica/0001-706X/guide-for-authors#42000>

Como a sazonalidade e características do hospedeiro influenciam nos padrões de distribuição de ectoparasitos sobre jovens e adultos de *Columba livia*?

Amaral^{1*}, Hugo Leonardo da Cunha; Bergmann², Fabiane Borba; Santos³, Paulo Roberto Silveira; Silveira⁴, Tony; Krüger¹, Rodrigo Ferreira

¹ Departamento de Microbiologia e Parasitologia, Programa de Pós-graduação em Parasitologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brazil

² Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Animal, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil

³ CEMAVE/IBAMA, Rua Uruguai, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil

⁴ Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brazil

* Autor para correspondência: hugolca@yahoo.com.br

4.1 Resumo

Os parasitos, por causarem alterações no fitness do hospedeiro, acabam exercendo uma pressão de seleção sobre os distintos fenótipos da população hospedeira. Esta pressão pode levar a uma resposta evolutiva, mantendo na população hospedeira somente indivíduos que apresentam determinadas características. O presente estudo objetivou identificar características morfológicas de espécimes jovens e adultos de *Columba livia* que influenciam nos padrões de distribuição de piolhos e de *Pseudolynchia*

canariensis e como suas populações se comportam ao longo das estações do ano. Entre julho de 2012 a julho de 2014 foram capturados 377 espécimes de *C. livia*. Nós observamos um significativo aumento na intensidade média de infestação de piolhos, de *P. canariensis*, como também na riqueza de espécies de ectoparasitos durante as estações mais quentes, sugerindo uma sincronização reprodutiva entre os ectoparasitos e a espécie hospedeira. Foi observado que o tamanho do bico das aves influenciou na infestação deste hipoboscídeo. A coloração da plumagem não influenciou nos padrões de infestação de piolhos e de *P. canariensis*, tanto nos espécimes jovens, quanto nos adultos de *C. livia* das três distintas colorações de plumagem. Isto mostra que a melanina presente nas penas não foi considerada uma eficiente barreira contra piolhos.

Palavras-chave: Aves, Coloração da plumagem, Infestação, Interação parasito-hospedeiro, Parasitos.

4.2 Introdução

O parasitismo, assim como a predação e a competição, constitui uma importante força seletiva em populações, pois reduz a energia destinada a processos fisiológicos de seus hospedeiros (LOYE; CARROL, 1995; SORCI et al. 1996). Nas aves, as penas formam um complexo ambiente que possibilita a ocorrência de muitos grupos de artrópodes ectoparasitos (JANOVY, 1997). O ectoparasitismo nas aves é determinado por fatores de naturezas diversas, incluindo os biológicos, como a suscetibilidade, e os ecológicos, como comportamento social, reprodutivo e de forrageamento (BEGON et al. 1990; MARINI et al. 1996; HEEB et al. 2000).

Os parasitos, de uma forma geral, afetam o *fitness* (capacidade reprodutiva) (CLAYTON, 1990), assim como a sobrevivência (CLAYTON et al. 1999) de seus hospedeiros. Os níveis de parasitismo em populações animais envolvem uma delicada relação entre a imunidade do hospedeiro e características da sua história de vida (DAWSON; BORTOLOTTI, 2000; SOL et al. 2003). É influenciada também, tanto pela abundância, quanto pela eficiência

de transmissão dos vetores (BENNET; CAMERON, 1974; DUFVA, 1996), assim como pela suscetibilidade e fisiologia da espécie hospedeira (APPLEGATE 1970; BENNET; CAMERON, 1974). Pode variar temporalmente sobre uma população de hospedeiros (ATKINSON, 1988; WEATHERHEAD; BENNET, 1991) como também geograficamente (TELLA et al. 1999; MOYER et al. 2002). O parasitismo também pode variar dentro de uma população hospedeira (MERINO; POTTI, 1995; SOL et al. 2003), ocasionando, em certos casos, em um decréscimo na sobrevivência de indivíduos de uma determinada faixa etária (BENNET; CAMERON, 1974; WALDENSTRÖM et al. 2002). Desta forma, os parasitos acabam por exercer uma pressão de seleção sobre os distintos fenótipos da população hospedeira, que por sua vez responde evolutivamente na busca pelo controle das populações de seus parasitos (HALDANE, 1949).

Características morfológicas do hospedeiro também influenciam na diversidade parasitária. Por exemplo, o tamanho corporal do hospedeiro pode determinar o quanto de recurso pode ser explorado pelos ectoparasitas, bem como o número de nichos disponíveis. Estudos demonstram uma relação positiva entre o tamanho corporal do hospedeiro e a riqueza de parasitos (POULIN, 1997), como também com a abundância de parasitos (POULIN; ROHDE, 1997).

Alguns estudos revelam que muitos grupos de parasitos sincronizam seu período reprodutivo com o da sua espécie hospedeira (MARSHAL, 1981). Segundo Foster (1969), esta sincronização se deve a uma estreita relação coevolutiva que favorece a colonização de novos hospedeiros. Para alguns grupos que possuem uma limitada capacidade de locomoção, como ácaros (Acari) (JOVANI et al. 2001) e piolhos (Insecta: Phthiraptera) (JOHNSON; CLAYTON, 2003) esta sincronização reprodutiva revela-se muito importante, pois a dispersão e consequente colonização de novos habitats ocorre somente através do contato direto entre hospedeiros (MARSHAL, 1981) ou, em alguns casos, através da foresia (JOVANI et al. 2001). Devido a existência desta sincronização dos períodos reprodutivos das espécies de ectoparasitas com o de seus hospedeiros, espera-se que na primavera e no verão também seja observado as maiores infestações por piolhos, por *Pseudolynchia canariensis* Macquart, 1840 (Diptera: Hipoboscidae) e consequentemente uma maior

riqueza de espécies de ectoparasitos sobre os hospedeiros. Espera-se também que as maiores infestações por *P. canariensis* sejam observadas sobre os espécimes jovens, devido a proximidade destes hospedeiros aos pupários e a pouca eficiência no controle populacional destes ectoparasitos, quando comparados aos adultos.

Recentes estudos demonstram que o estado sanitário de algumas espécies de aves pode ser avaliado a partir de sua coloração da plumagem. A coloração das aves é consequência da estrutura física das penas ou de pigmentos presentes nas mesmas (GILL, 1995). Esta pigmentação possui muitas funções, como camuflagem, auxilia na termorregulação e na comunicação inter e intraespecífica (SAVALLI, 1995). Nas últimas décadas surgiram os primeiros estudos que avaliaram o efeito da coloração da plumagem das aves sobre os ectoparasitas. Kose et al. (1999) reportaram que piolhos *Machaerilaemus malleus* Burmeister, 1838 (Amblycera: Menoponidae) parasitos de *Hirundo rustica* Linnaeus, 1758 (Aves: Hirundinidae) permaneciam por um tempo significativamente maior sobre as penas brancas, do que sobre as penas pretas do hospedeiro. Møller (1991) registrou alguns anos antes, sobre a mesma espécie hospedeira, que a quantidade de lesões nas penas brancas causadas pela mesma espécie de piolho foi maior, quando comparado ao número de lesões nas penas pretas. Estes resultados reforçam a hipótese de que a melanina presente nas penas das aves pode ser considerada uma proteção contra piolhos, visto que garante uma maior “dureza” das penas. Ducrest et al. (2008) demonstraram que alguns dos genes, que codificam para a expressão de pigmentação de melanina, possuem efeitos pleiotrópicos sobre a expressão de outros processos fisiológicos em uma variedade de taxa, em particular, em funções imunológicas. Isto sugere que a quantidade de melanina presente em pêlos ou penas de animais pode ser uma adaptação diretamente relacionada com variáveis ambientais (ROULIN, 2004), inclusive ao parasitismo (GASPARINI et al. 2011).

A grande variação de cores em *Columba livia* Gmelin, 1789 (Aves: Columbidae) resultante da seleção artificial realizada em criações domésticas, torna esta espécie um modelo ideal para estudos que analisam a influência da coloração da plumagem sobre os ectoparasitos. Esta espécie apresenta um gradiente de coloração à base de melanina do escuro ao claro (JOHNSTON;

JANIGA, 1995), as quais podem ser facilmente distinguidas pelo olho humano. Estes diversos tipos de coloração de plumagem são geneticamente determinados (JOHNSTON; JANIGA, 1995; JACQUIN et al. 2013), entretanto eles também estão associados a variáveis, como comportamento, taxa reprodutiva e a resistência a parasitos (JOHNSON; JOHNSTON, 1989; JACQUIN et al. 2011). Interessantemente, estudos prévios revelam uma relação entre o nível de urbanização com a frequência de morfotipos melânicos, sendo os indivíduos mais escuros os mais abundantes (JOHNSTON; JANIGA, 1995; OBUKHOVA, 2011). Desta forma é esperado que estes indivíduos, por também apresentarem maior resposta imune (JACQUIN et al. 2011), apresentem menor carga parasitária, quando comparados a indivíduos que possuem outras colorações de plumagem. Se as diferentes colorações de plumagem estão diretamente relacionadas a adaptações ambientais, nós esperamos que os espécimes de coloração de plumagem preta apresentem a menor carga parasitária de piolhos e de *P. canariensis*.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo analisar a variação sazonal na riqueza e na abundância de piolhos, de *P. canariensis* em espécimes jovens e adultos de *C. livia* de três distintas colorações de plumagem.

4.3 Material e métodos

Neste estudo os espécimes de *C. livia* que foram separados em três distintos tipos de coloração da plumagem segundo Johnston & Janiga, (1995): (1) “wild-type” (tipo Selvagem) – espécimes cinza azulados com duas barras de cor azul escuro nas asas; (2) “Blue-checker” - espécimes que apresentam nas asas inúmeras manchas escuras em forma de triângulo e (3) “spread” – espécimes pretos ou praticamente pretos (Figura 1). Estes padrões de coloração de plumagem não diferem entre os sexos e podem ser identificadas a partir da sexta semana de vida das aves (JOHNSTON; JANIGA, 1995).

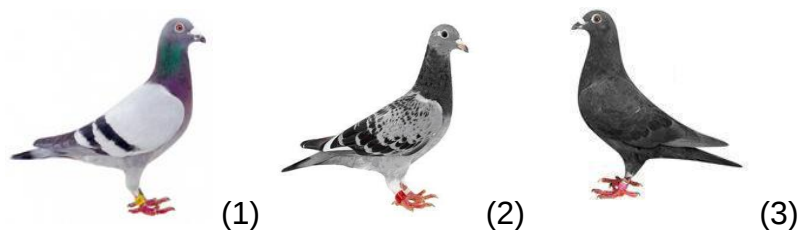


Figura 1: Padrão de coloração de plumagem tipo selvagem (1), blue-checker (2) e Preta (3) dos espécimes jovens e adultos de *Columba livia* capturados, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

Área de estudo: A captura dos espécimes de *C. livia* foi realizada entre julho de 2012 a julho de 2014 em três distintos locais no município de Pelotas, no extremo sul do Estado do Rio Grande do Sul – galpões de armazenamento no Porto de Pelotas (31°46'55"S; 52°20'01"O), nas fachadas do Grande Hotel (31°46'55"S; 52°20'01"O) e no interior do antigo prédio da Secretaria de Finanças da prefeitura municipal de Pelotas (31°46'13"S; 52°20'31"O). O município está localizado na região geomorfológica da Planície Costeira, às margens do Canal São Gonçalo, um canal navegável que liga as Lagoas dos Patos e Mirim, as maiores lagoas do Brasil. A população é de aproximadamente 330.000 habitantes e a área que ocupa é de 1.609 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010). O município está inserido no Bioma Pampa, na fisionomia das Formações Pioneiras (vegetação com influência fluvial e/ou lacustre) recebendo influência, devido a sua proximidade, da fisionomia da Floresta Estacional Semidecidual, situada a oeste (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1986).

O clima da região sul do Estado do Rio Grande do Sul é denominado Temperado Úmido, conforme a classificação proposta por Maluf (2000). A temperatura média anual da área urbana do município de Pelotas é de 17,5°C e a precipitação média anual é de 1.405 mm, com chuvas regularmente distribuídas durante todo o ano (MALUF, 2000).

Coleta de dados: Nos três locais de estudo realizou-se uma expedição a campo por estação, com duração de três dias, sendo iniciadas as 08:00 hs e encerradas as 18:00 hs. Os espécimes adultos foram capturados com auxílio de redes de neblina, enquanto que a captura dos espécimes jovens foi feita

manualmente, uma vez que estes se encontravam sobre ou próximo aos ninhos (Autorização SISBIO nº 38447-1).

Cada ave capturada foi acondicionada individualmente em sacos de algodão até o momento da coleta dos ectoparasitos. Primeiramente, foi realizada a coleta dos hipoboscídeos mediante uma inspeção manual entre as penas de cada ave hospedeira, sendo os espécimes capturados com o auxílio de pinças e acondicionados individualmente em microtubos do tipo eppendorf contendo álcool 70%. Os hipoboscídeos foram identificados, com auxílio de microscópio estereoscópico, segundo Graciolli & Carvalho (2003) e Bequaert (1955).

Após a coleta dos hipoboscídeos, foi realizada a coleta dos piolhos mediante a utilização da metodologia denominada Dust-ruffling (WALTHER; CLAYTON, 1997). Nesse trabalho foi aplicado entre as penas de cada ave um piretróide composto por permetrina 0,25g, enxofre precipitado 2,5g e excipiente q. s. p. 100,0g (Piolhaves - ProvetS Simões Laboratório Ltda.). Os piolhos de cada ave foram acondicionados em potes plásticos contendo álcool 70%, sendo posteriormente montados em preparações permanentes segundo Palma (1978) e identificados conforme Price et al. (2003) e Adams et al. (2005).

Para evitar a contaminação das amostras os materiais que auxiliaram na remoção e coleta dos ectoparasitos, como pincéis e pinças foram lavados em água corrente após o uso. Já a superfície de coleta dos piolhos, que consiste em uma folha de papel de seda de 50 cm de comprimento e 30 cm de largura estendida sob cada espécime capturado foi descartada após a sua utilização. Cada ave capturada foi identificada com anilhas coloridas para manter a independência das amostras de ectoparasitos.

Terminada a coleta dos ectoparasitos, foi feita a classificação da ave quanto a coloração da plumagem, bem como a medição da massa corporal, comprimento do bico e comprimento corporal de cada espécime de *C. livia* capturado. Após a realização destas medidas as aves foram soltas próximo ao local de captura.

Análise dos dados: Os cálculos de prevalência e intensidade média de infestação (IMI) dos hipoboscídeos e piolhos sobre *C. livia* foram realizados segundo o estabelecido por Bush et al. (1997). A agregação dos piolhos sobre os hospedeiros foi analisada a partir do cálculo do parâmetro K, que foi

realizado no software Quantitative Parasitology 3.0 (REICZIGEL; RÓZSA, 2005). Todas as análises estatísticas foram conduzidas ao nível de significância em $P < 0,05$ e realizados no programa estatístico R (R DEVELOPMENT TEAM, 2013).

Foram realizados testes de Kruskal-Wallis (KW) para avaliar o efeito de grupo (estações do ano e classe etária do hospedeiro). Quando observada a diferença, as matrizes de cada estação foram reunidas ou separadas de acordo com o teste de pós-análise de Wilcoxon com correção de Bonferroni. Dentro das matrizes foram utilizados modelos lineares generalizados (GLM), com distribuição de Poisson ou Quasipoisson, quando houve sobredispersão dos dados, seguido pela análise de resíduos para verificar a adequação da distribuição dos erros e para ajuste dos modelos, considerando as variáveis respostas intensidade média de infestação por todas as espécies de piolhos (IMI), IMI de *C. columbae*, IMI de *P. canariensis* e riqueza de ectoparasitos em função do comprimento do bico, massa corporal, comprimento corporal e coloração da plumagem dos hospedeiros. Os modelos mais simples foram obtidos através da extração dos termos não significativos ($P < 0,05$), a partir do modelo completo composto por todas as variáveis e suas interações conforme sugerido por Crawley (2007). Cada eliminação de um termo foi seguida por uma ANOVA com teste de qui-quadrado (Chi), a fim de recalculer o desvio explicado pelos termos restantes.

4.4 Resultados

Ao todo foram capturados 377 espécimes de *Columba livia*, sendo 130 (jovens = 67 e adultos = 63) de coloração da plumagem do tipo Blue-checker, 122 (jovens = 68 e adultos = 54) de coloração de plumagem do tipo Preta e 125 (jovens = 46 e adultos = 79) de coloração de plumagem do tipo Selvagem.

Foram coletados 23.307 piolhos de cinco espécies distintas: *Columbicola columbae* Linnaeus, 1758 ($n = 15.096$), *Colpocephalum turbinatum* Denny, 1842 ($n = 5.432$), *Campanulotes compar* Burmeister, 1838 ($n = 2.178$) (Ischnocera: Philopteridae), *Hohorstiella lata* Piaget, 1880 ($n = 439$) e *Bonomiella columbae* Emerson, 1957 ($n = 162$) (Amblycera: Menoponidae). Sobre os espécimes adultos de *C. livia* foram observados 14.071 piolhos. Já

sobre os espécimes jovens de *C. livia* foram observados 9.236 piolhos. Entre os jovens de *C. livia* capturados, os espécimes de coloração de plumagem do tipo preta foram os mais infestados por piolhos ($n = 4.059$). Entretanto, sobre os adultos de *C. livia* capturados, os espécimes de coloração de plumagem do tipo selvagem foram os mais infestados por piolhos ($n = 5.237$). *Columbicola columbae* foi a espécie mais prevalente sobre espécimes jovens e adultos de *C. livia* das três distintas colorações de plumagem (Tabela 1).

Tabela 1: Prevalência (%) das espécies de piolhos e de *Pseudolynchia canariensis* coletados em espécimes jovens e adultos de *Columba livia* de coloração de plumagem do tipo Blue-checker, Preta e Selvagem, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil. (n) número de hospedeiros infestados.

Coloração de plumagem	Parasitos	Adultos		Jovens	
		n	%	n	%
Blue-checker 	<i>Columbicola columbae</i>	63	100	62	92,5
	<i>Campanulotes compar</i>	45	71,4	31	46,3
	<i>Colpocephalum turbinatum</i>	32	51	21	31,3
	<i>Hohorstiela lata</i>	23	36,5	16	24
	<i>Bonomiela columbae</i>	15	24	9	13,4
	<i>Pseudolynchia canariensis</i>	43	68,2	54	80,1
Preta 	<i>Columbicola columbae</i>	54	100	65	95,6
	<i>Campanulotes compar</i>	40	74	39	57,3
	<i>Colpocephalum turbinatum</i>	34	63	25	37
	<i>Hohorstiela lata</i>	21	39	15	22
	<i>Bonomiela columbae</i>	6	11	12	18
	<i>Pseudolynchia canariensis</i>	41	76	58	85,3
	<i>Columbicola columbae</i>	77	97,5	46	100
	<i>Campanulotes compar</i>	49	62	29	63

 Selvagem	<i>Colpocephalum turbinatum</i>	44	55,7	22	47,8
	<i>Hohorstiela lata</i>	26	33	9	19,6
	<i>Bonomiela columbae</i>	7	8,9	6	13
	<i>Pseudolynchia canariensis</i>	46	58,2	42	91,3

Do total de piolhos coletados, 7.688 foram machos, 7.586 foram fêmeas e 8.033 foram ninfas. Apesar de não haver diferença estatisticamente significativa, piolhos machos foram mais abundantes sobre os espécimes adultos de *C. livia* das três distintas colorações de plumagem. Entretanto, as fêmeas foram mais abundantes sobre os espécimes jovens de *C. livia* das três distintas colorações de plumagem (Tabela 2).

Tabela 2: Número de piolhos machos, fêmeas e ninfas coletados sobre espécimes jovens e adultos de *Columba livia* de coloração de plumagem do tipo Blue-checker, Preta e Selvagem, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

Coloração de plumagem	Classe etária do hospedeiro	Número de piolhos machos	Número de piolhos fêmeas	Número de piolhos ninfas	Total
 Blue-checker	Jovem	614	677	898	2.189
	Adulto	1.470	1.411	1.222	4.103
 Preta	Jovem	1.155	1.246	1.658	4.059
	Adulto	1.682	1.595	1.454	4.731
 Selvagem	Jovem	808	903	1.277	2.988
	Adulto	1.959	1.754	1.524	5.237
	Total	7.688	7.586	8.033	23.307

A análise da intensidade média de infestação (IMI) de todas as espécies de piolhos combinadas sobre os espécimes jovens e adultos (Figura 2), assim como a IMI de *C. columbae* separadamente, revelou um padrão agregado de distribuição das espécies de piolhos sobre os hospedeiros. Sobre os espécimes jovens e adultos de *C. livia* das colorações de plumagem do tipo blue-checker e preta, *C. columbae* apresentou uma menor agregação durante

as estações mais quentes (primavera e verão) e uma maior agregação durante as estações mais frias (outono e inverno) (Figura 3).

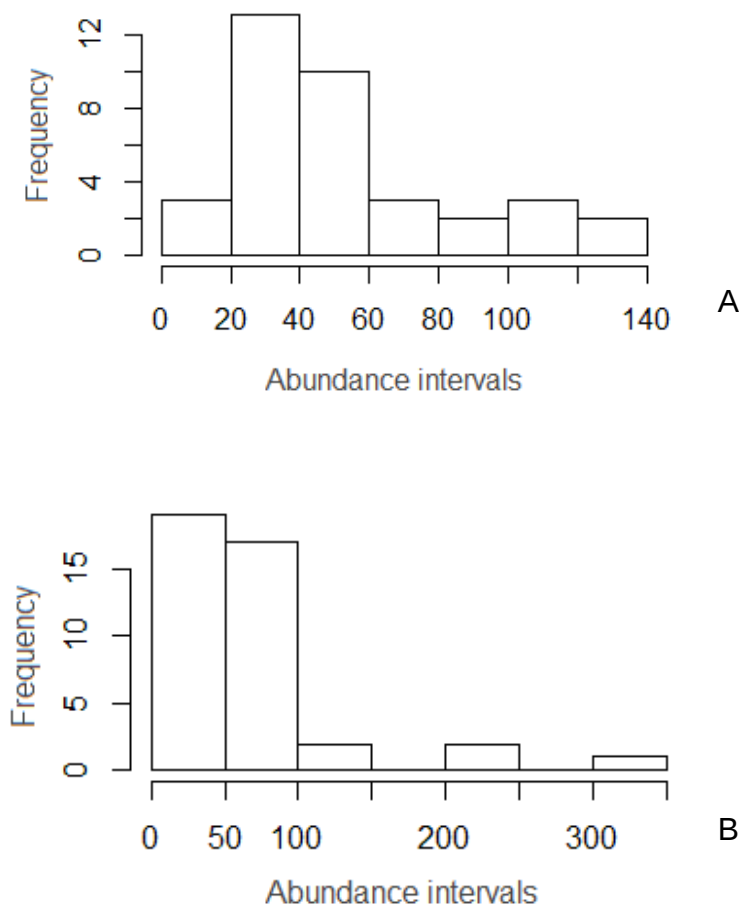
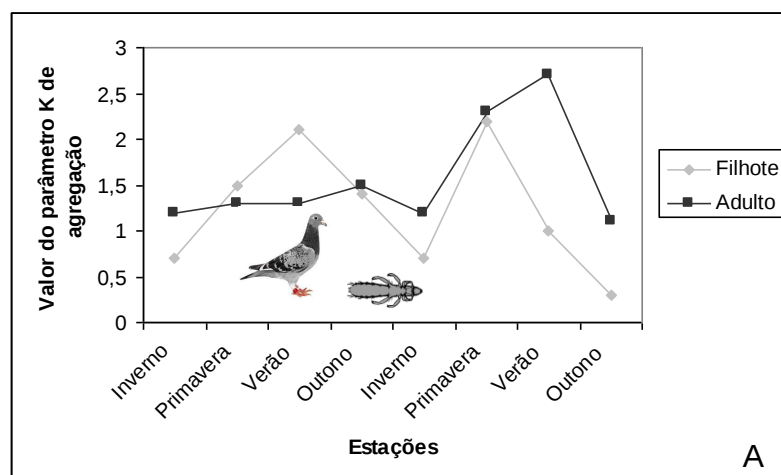


Figura 2: Frequência dos intervalos de abundância de piolhos sobre os espécimes jovens (A) e adultos (B) de *Columba livia* capturados entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.



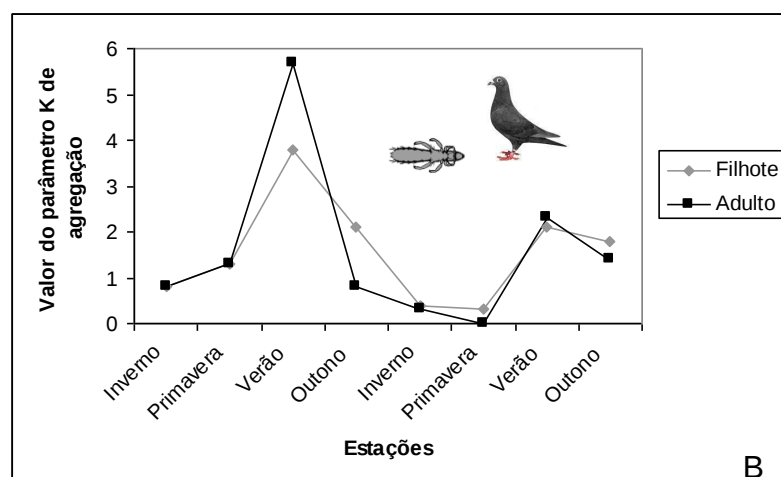


Figura 3: Variações sazonais no valor do parâmetro K de agregação de *Columbicola columbae* sobre espécimes jovens e adultos de *Columba livia* de coloração de plumagem do tipo Blue-checker (A) e de coloração de plumagem do tipo Preta (B), entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

Dos 1.381 espécimes de *P. canariensis* coletados, 60% ($n = 822$) foram observados sobre espécimes jovens e 40% ($n = 559$) sobre espécimes adultos. Do total de hipoboscídeos coletados, 30% ($n = 414$) foram observados sobre espécimes de coloração de plumagem do tipo blue-checker, 40,2% ($n = 558$) sobre espécimes de coloração de plumagem preta e 29,8% ($n = 409$) foram observados sobre espécimes de coloração de plumagem selvagem.

Apesar de não haver diferença significativa, as fêmeas de *P. canariensis* foram mais abundantes do que os machos. Estes foram mais abundantes sobre os espécimes adultos de *C. livia* das três distintas colorações de plumagem, enquanto que as fêmeas foram mais abundantes sobre os espécimes jovens de *C. livia* das três distintas colorações de plumagem (Tabela 3).

Tabela 3: Número de machos e fêmeas de *Pseudolynchia canariensis* coletados sobre espécimes jovens e adultos de *Columba livia* de coloração de plumagem do tipo Blue-checker, Preta e Selvagem, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

<i>Coloração de plumagem</i>	<i>Classe etária do hospedeiro</i>	<i>Número de hipoboscídeos machos</i>	<i>Número de hipoboscídeos fêmeas</i>	Total
Blue-checker 	Jovem	103	138	241
	Adulto	87	86	173
Preta 	Jovem	171	186	357
	Adulto	108	93	201
Selvagem 	Jovem	109	115	224
	Adulto	102	83	185
	Total	680	701	1.381

Apesar da IMI por piolhos não ser influenciada pela idade do hospedeiro (KW=0,47; GL=2; P=0,493), espécimes jovens e adultos possuem biomassa ($F_{1;15}=203,63$; $P<0,001$) e comprimento do bico ($F_{1;15}=5,60$; $P=0,021$) diferentes. Portanto a matriz geral dos dados foi dividida entre jovens e adultos para todas as variáveis respostas testadas intensidade média de infestação por todas as espécies de piolhos (IMI), riqueza de ectoparasitos, intensidade média de infestação de *C. columbae* e intensidade média de infestação de *P. canariensis*.

Padrões de distribuição das espécies de piolhos e de *Pseudolynchia canariensis* sobre espécimes jovens de *Columba livia*

Sobre os espécimes jovens de *C. livia* das três distintas colorações de plumagem não foi observada diferença nos valores referentes à IMI por todas as espécies de piolhos e IMI de *C. columbae* entre as estações do ano. Entretanto, houve diferença significativa na infestação de *P. canariensis* e na riqueza de ectoparasitos entre as estações.

O teste de pós-análise de Wilcoxon com correção de Bonferroni revelou a existência de diferenças significativas entre o inverno e o verão na riqueza de ectoparasitos, como também para a IMI de *P. canariensis* entre o verão e o outono e entre o verão e o inverno. Desta forma, para as variáveis IMI e IMI de *C. columbae* não houve necessidade de separar as matrizes em estações do

ano. Entretanto, para a riqueza de ectoparasitos e IMI de *P. canariensis* foram construídas duas matrizes entre os jovens: uma para as estações de outono, inverno e primavera e outra somente para o verão.

Considerando as estações outono, inverno e primavera juntas, a massa corporal do hospedeiro (Chi=52,61; GL=1;24; P<0,001) e sua coloração de plumagem (Chi=30,44; GL=2;22; P<0,001) influenciaram a variação da IMI de *P. canariensis*. Entretanto, não houve diferença no padrão de variação entre as três distintas colorações de plumagem (P=0,94) (Figura 4).

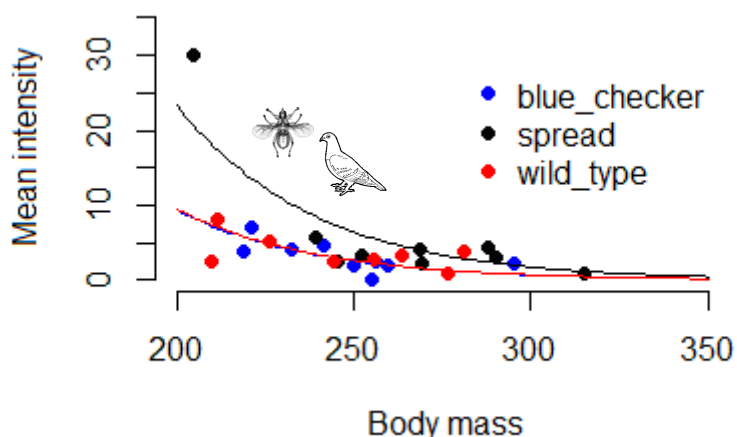


Figura 4: Modelo linear generalizado da relação entre a intensidade média de infestação de *Pseudolynchia canariensis* e a massa corporal dos espécimes jovens de *Columba livia* de coloração de plumagem do tipo Blue-checker, Preta e Selvagem, capturados entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

$$IMI_{bluechecker} = \exp^{7,39-0,03 \cdot body\ mass}, \quad IMI_{spread} = \exp^{8,30-0,03 \cdot body\ mass} \quad e$$

$$IMI_{wildtype} = \exp^{7,41-0,03 \cdot body\ mass}$$

No verão, não foi observada diferença na IMI de *P. canariensis* entre as três distintas colorações de plumagem (KW=0,7; GL=2; P=0,7). Com relação a esta mesma variável, somente o comprimento do bico apresentou uma relação inversamente proporcional na sua variação (KW=10; GL=4; P=0,003; Figura 5).

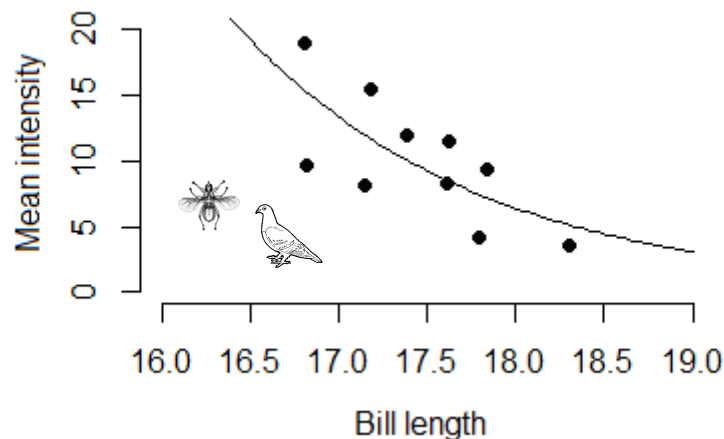


Figura 5: Modelo linear generalizado da relação entre a intensidade média de infestação de *Pseudolynchia canariensis*, no verão, e o comprimento do bico dos espécimes jovens de *Columba livia* de coloração de plumagem do tipo Blue-checker, Preta e Selvagem, capturados entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil. $IMI = \exp^{15,04 - 0,73 \cdot \text{bill length}}$

Em nenhuma das estações a riqueza de ectoparasitos sobre os espécimes jovens de *C. livia* variou significativamente em função da massa corporal, do comprimento do bico e da coloração da plumagem dos hospedeiros (Chi=6,06; GL=2;35; P=0,2).

Padrões de distribuição das espécies de piolhos e de *Pseudolynchia canariensis* em espécimes adultos de *Columba livia*

Sobre os espécimes adultos de *C. livia* foi observada diferença nos valores referentes à IMI por todas as espécies de piolhos, na IMI de *P. canariensis* e na riqueza de ectoparasitos entre as estações do ano.

O teste de pós-análise de Wilcoxon com correção de Bonferroni revelou a existência de diferenças significativas entre as estações frias e quentes na riqueza de ectoparasitos e na IMI de *P. canariensis*, como também para a IMI por todas as espécies de piolhos e IMI de *C. columbae* entre o outono e a primavera. Para as variáveis riqueza de ectoparasitos, IMI por todas as espécies de piolhos, IMI de *C. columbae* e IMI de *P. canariensis* foram construídas duas matrizes: uma para as estações frias (outono e inverno) e outra para as estações quentes (primavera e verão).

Considerando o outono e o inverno juntos, o comprimento do bico do hospedeiro influenciou a variação da IMI de *P. canariensis* (Chi=6,18; GL=1;19; P=0,01; Figura 6). Entretanto, não houve diferença no padrão de variação entre as três distintas colorações de plumagem.

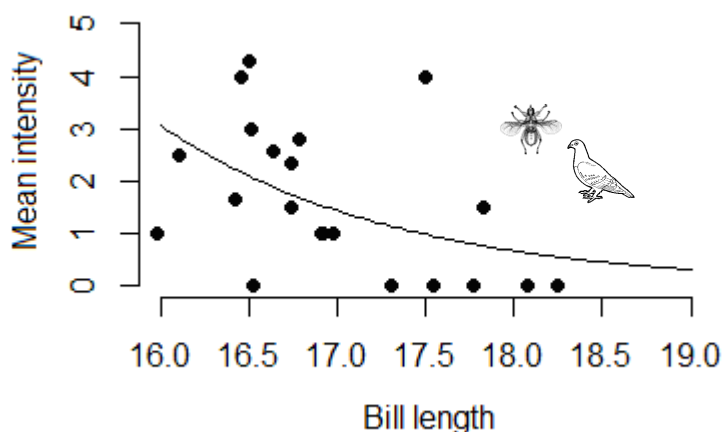


Figura 6: Modelo linear generalizado da relação entre a intensidade média de infestação de *Pseudolynchia canariensis*, no outono e no inverno, e o comprimento do bico dos espécimes adultos de *Columba livia* de coloração de plumagem do tipo Blue-checker, Preta e Selvagem, capturados entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.
 $IMI = \exp^{13,19 - 0,75 \cdot \text{bill length}}$

4.5 Discussão

No presente estudo, assim como no de Dranzoa et al. (1999), Radfar et al. (2012), a espécie de piolho *C. columbae* foi a mais prevalente e abundante sobre os espécimes de *C. livia*. Este padrão observado é, provavelmente, devido ao seu alto nível de especificidade com *C. livia*, bem como a sua grande eficiência na colonização de novos hospedeiros (HARBISON et al. 2009).

Nós observamos um significativo aumento, tanto na intensidade média de infestação por piolhos, quanto na riqueza de espécies de ectoparasitos durante as estações mais quentes. A temperatura ambiental, assim como a umidade, podem afetar a estrutura das comunidades de ectoparasitos, como observado por Moyer et al. (2002). Alterações sazonais na prevalência e na abundância ocorrem devido a sincronização reprodutiva de alguns parasitos com seus hospedeiros (FOSTER, 1969; MARSHALL, 1981; BLANCO; FRÍAS, 2001; ALTIZER et al., 2004; DIETSCH, 2005), bem como por mudanças

sazonais nas defesas imunológicas dos hospedeiros (STEARNS, 1989; MOLLER, 1993, 1994).

Se a melanina desempenha um papel defensivo contra piolhos, esperava-se, então, que hospedeiros com grande quantidade de melanina nas penas, como os espécimes pretos, estivessem menos infestados do que hospedeiros com menor quantidade de melanina nas penas, como espécimes blue-checker e selvagem. Entretanto, contrariando a nossa hipótese e a de Bush et al. (2006), a abundância de piolhos sobre hospedeiros de plumagem preta não foi menor quando comparada com as demais colorações de plumagem, sugerindo que a melanina não desempenha um papel defensivo contra estes ectoparasitos. Diferentes pressões parasitárias, associadas a características tanto ambientais como, por exemplo, os níveis de urbanização quanto morfológicas podem desempenhar um papel importante na regulação das colorações de plumagem de *C. livia* (JACQUIN et al. 2012). Portanto, mais estudos se fazem necessários para testar essa hipótese e se estão associadas a condições para a adaptação local que promovem a manutenção da diversidade de colorações de plumagem.

Sobre *C. livia* a intensidade média de infestação por piolhos foi altamente variável, resultando em um padrão agregado de distribuição como reportado em outros estudos (WHELLER; THRELFALL 1986; LINDELL et al. 2002; AMARAL et al. 2013). Este padrão caracteriza-se pela alta infestação sobre uma pequena parcela dos hospedeiros, enquanto que a grande maioria dos hospedeiros apresenta uma baixa infestação.

Foi observada uma predominância de piolhos e hipoboscídeos machos sobre os hospedeiros adultos, enquanto que a predominância de fêmeas destes ectoparasitos se deu nos filhotes de *C. livia*. O padrão observado no presente estudo supostamente revela uma preferência? das fêmeas por hospedeiros jovens. Estes hospedeiros geralmente não apresentam um comportamento de limpeza das penas e um eficiente controle de ectoparasitos, como observado nos hospedeiros adultos (MARSHALL, 1981). Por outro lado, a predominância de machos sobre os adultos pode ocorrer devido ao seu menor tamanho corporal e maior velocidade de deslocamento, quando comparado ao das fêmeas, o que dificulta a sua captura pelo hospedeiro durante o processo de limpeza das penas (KIM, 1985; CLAYTON et al. 2010).

A alta prevalência de *P. canariensis* sobre *C. livia* observada neste estudo, como também por Dranzoa et al. (1999) e por Marques et al. (2007) revela uma estreita relação deste hipoboscídeo com esta espécie hospedeira. Embora tenha sido observada uma alta prevalência de *P. canariensis* sobre os hospedeiros adultos de *C. livia* neste estudo e no de Radfar et al. (2012), em ambos foi detectado a maior infestação sobre os espécimes jovens. Os jovens tendem a uma maior infestação devido a sua proximidade aos pupários, que são frequentemente encontrados ao redor dos ninhos (BEQUAERT, 1953). Já, a baixa infestação sobre os hospedeiros adultos é esperada devido a uma imunidade maior apresentada por estes hospedeiros, quando comparada a dos jovens (MERILÄ et al. 1995). Aves adultas também despendem mais tempo na limpeza das penas, o que leva a um maior controle da infestação deste e de outros ectoparasitos (CLAYTON et al. 2010; WAITE et al. 2012). Além disso, a importância do comprimento do bico das aves no controle de ectoparasitos foi comprovada neste estudo e no de Waite et al. (2012), sendo os hospedeiros com bicos maiores menos infestados por *P. canariensis*.

Nas estações quentes ocorreram às maiores infestações de *P. canariensis* sobre os hospedeiros. As espécies de Hippoboscidae são ectoparasitos não permanentes de aves e mamíferos. Sua única forma de vida livre é como pupa, as quais são depositadas nos ninhos das aves ou nas tocas de mamíferos. A emergência das pupas geralmente coincide com o período reprodutivo da espécie hospedeira (BEQUAERT, 1953). A população deste hipoboscídeo tende a aumentar rapidamente durante a primavera e parte do verão, reduzindo no final do verão e outono, até chegar a sua menor densidade durante o inverno (BEQUAERT, 1953).

Embora não significativo, uma predominância de fêmeas de *P. canariensis* foi observada no presente estudo. Resultado semelhante foi observado por Walker & Rotherham (2010), que reportaram uma predominância de fêmeas de *Crataerina pallida* Latreille, 1812 sobre *Apus apus* Linnaeus, 1758 (Aves: Apodidae). Uma inicial predominância de machos é esperada, devido ao seu período de emergência das pupas ser menor quando comparado ao das fêmeas. Entretanto, devido o um aumento na taxa de mortalidade durante o período reprodutivo, possivelmente causado por competição, o número de fêmeas tende a ser maior (KEMPER, 1951). Machos

tendem a uma maior abundância no final do período reprodutivo, resultante da mais alta mortalidade das fêmeas durante este período (BEQUAERT, 1953).

Nós observamos uma relação inversa entre a massa corporal dos espécimes jovens e a infestação de *P. canariensis*. Diversos estudos revelam efeitos prejudiciais de espécies de ectoparasitos sobre os hospedeiros, bem como na sobrevivência dos jovens (SHIELDS; CROOK, 1987; RICHNER et al. 1993).

Com base nos resultados encontrados, neste trabalho, a coloração da plumagem não influenciou nos padrões de infestação de piolhos e de *P. canariensis*, tanto nos espécimes jovens, quanto nos adultos de *C. livia* das três distintas colorações de plumagem. Entretanto, foi observada nas estações quentes uma maior infestação de *P. canariensis* e maior riqueza de ectoparasitos sobre os jovens. Já, sobre os adultos de *C. livia*, foi observada nas estações quentes uma maior infestação por piolhos e por *P. canariensis*, como também uma maior riqueza de ectoparasitos.

4.6 Referências

ADAMS, R. J.; PRICE, R. D.; CLAYTON, D. H. Taxonomic revision of old world members of the feather louse genus *Columbiciola* (Phthiraptera: Ischnocera), including descriptions of eight new species. **Journal of Natural History**, v. 39(41), p. 3545-3618, 2005.

ALTIZER, S.; DAVIS, A. K.; COOK, K. C.; CHERRY, J. J. Age, sex, and season affect the risk of mycoplasmal conjunctivitis in a southeastern house finch population. **Canadian Journal of Zoology**, v. 82, p. 755–763, 2004.

AMARAL, H. L. C.; BERGMANN, F. B.; SANTOS, P. R. S.; KRÜGER, R. F.; GRACIOLLI, G. Community of arthropod ectoparasites of two species of *Turdus* Linnaeus, 1758 (Passeriformes: Turdidae) in southern Rio Grande do Sul, Brazil. **Parasitology Research**, v. 112, p. 621–628, 2013.

APPLEGATE, J. E. Population changes in latent avian malaria infections associated with season and corticosterone treatment. **Journal of Parasitology**, v. 56, p. 439–443, 1970.

ATKINSON, C. T. Epizootiology of *Haemoproteus meleagridis* (Protozoa: Haemosporina) in Florida: potential vectors and prevalence in naturally infected

Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae). **Journal of Medical Entomology**, v. 25, p. 39–44, 1988.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology – Individuals, populations and communities**. London: Blackwell Scientific Publications. 1990, 945 p.

BENNET, G. F.; CAMERON, M. Seasonal prevalence of avian haematozoa in passeriform birds of Atlantic Canada. **Canadian Journal of Zoology**, v. 52, p. 1259–1264, 1974.

BEQUAERT, J. C. The Hippoboscidae or Louse-Flies (Diptera) of Mammals and Birds. Part I. Structure, Physiology and Natural History. **Entomologica Americana**, v. 32, p. 1-209, 1953.

BEQUAERT J. The Hippoboscidae or louse flies (Diptera) of mammals and birds. Part II. Taxonomy, evolution and revision of American genera and species. **Entomologica Americana**, v. 35, p. 233-416, 1955.

BLANCO, G.; FRÍAS, O. Symbiotic feather mites synchronize dispersal and population growth with host sociality and migratory disposition. **Ecography**, v. 24, p. 113–120, 2001.

BUSH, A. O.; LAFFERTY, K. D.; LOTZ, J. M.; SHOSTAK, A. W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. **Journal of Parasitology**, v. 83(4), p. 575-583, 1997.

BUSH, S. E.; KIM, D.; MOYER, B. R.; LEVER, J.; CLAYTON, D. H. Is melanin a defense against feather-feeding lice? **The Auk**, v. 123(1), p. 153-161, 2006.

CLAYTON, D. H. Mate choice in experimentally parasitized rock doves: lousy males lose. **American Zoologist**, v. 30, p. 251–262, 1990.

CLAYTON, D. H.; LEE, P. L. M.; TOMPKINS, D. M.; BRODIE, III, E. D. Reciprocal natural selection on host-parasite phenotypes. **American Naturalist**, v. 154, p. 261–270, 1999.

CLAYTON, D. H.; KOOP, J. A. H.; HARBISON, C. W.; MOYER, B. R.; BUSH, S. E. How birds combat ectoparasites. **Open Ornithology Journal**, v. 3, p. 41-71, 2010.

CRAWLEY, M. J. **The R Book**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 2007, 942 p.

DAWSON, R. D.; BORTOLOTTI, G. R. Effects of hematozoan parasites on condition and return rates of american kestrels. **Auk**, v. 117, p. 373–380, 2000.

DIETSCH, T. V. Seasonal variation of infestation by ectoparasitic chigger mite larvae (Acarina: Trombiculidae) on resident and migratory birds in coffee agroecosystems of Chiapas, Mexico. **Journal of Parasitology**, v. 91, p. 1294–1303, 2005.

DRANZOA, C.; OCAIDO, M.; KATETE, P. The ecto, gastro-intestinal and haemoparasites of live pigeons (*Columba livia*) in Kampala, Uganda. **Avian Pathology**, v. 28, p. 119-124, 1999.

DUCREST, A. L.; KELLER, L.; ROULIN, A. Pleiotropy in the melanocortin system, coloration and behavioural syndromes. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 23, p. 502-510, 2008.

DUFVA, R. Blood parasites, health, reproductive success, and egg volume in female great tits *Parus major*. **Journal of Avian Biology**, v. 27, p. 83–87, 1996.

FOSTER, M. S. Synchronised life cycles in the Orange-crowned Warbler and its mallophagan parasites. **Ecology**, v. 50, p. 315-323, 1969.

GASPARINI, J.; ERIN, N.; BERTIN, C.; JACQUIN, L.; VORIMORE, F.; FRANTZ, A.; LEMOUVEL, P.; LAROUCAU, K. Impact of urban environment and host phenotype on the epidemiology of Chlamydiaceae in feral pigeons (*Columba livia*). **Environmental Microbiology**, v. 13, p. 3186–3193, 2011.

GILL, F. B. **Ornithology**, 2 ed. New York: W. H. Freeman, 1995. 763 p.

GRACIOLLI, G.; CARVALHO, C. J. B. Hippoboscidae (Diptera: Hippoboscoidea) no estado do Paraná, Brasil: Chaves de identificação, hospedeiros e distribuição geográfica. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20(4), p. 667-674, 2003.

HALDANE, J. B. S. Disease and evolution. **La Ricerca Scientifica**, v. 19, p. 1-11, 1949.

HARBISON, C. W.; JACOBSEN, M. V.; CLAYTON, D. H. A hitchhiker's guide to parasite transmission: The phoretic behaviour of feather lice. **International Journal for Parasitology**, v. 39, p. 569-575, 2009.

HEEB, P.; KOLLIKER, M.; RICHNER, H. Bird-ectoparasite interactions, nest humidity and ectoparasite community structure. **Ecology**, v. 81(4), p. 958-968, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE1986. Levantamento de recursos naturais (Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim). IBGE, Rio de Janeiro, CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. 2010. Censo demográfico 2010 – Pelotas/RS. Available from: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/populacao.php?lang=&codmun=431440&search=rio-grande-do-sul|pelotas|infogr%E1ficos:-evolu%E7%E3o-populacional-e-pir%E2mide-et%E1ria>> Cited 2014 Oct. 17.

JACQUIN, L.; HAUSSY, C.; BERTIN, C.; LAROUCAU, K. ; GASPARINI, J. Darker females transmit more specific antibodies to their eggs than paler ones in feral pigeons. **Journal of Linnean Society**, v. 108, p. 647–657, 2013.

JACQUIN, L.; LENOUVEL, P.; HAUSSY, C.; DUCATEZ, S.; GASPARINI, J. Melanin-based coloration is related to parasite intensity and cellular immune response in an urban free living bird: the feral pigeon *Columba livia*. **Journal of Avian Biology**, 42, p. 11-15, 2011.

JACQUIN, L.; RÉCAPET, C.; BOUCHE, P.; LÉBOUCHER, G.; GASPARINI, J. Melanin-based coloration reflects alternative strategies to cope with food limitation in feral pigeons. **Behavioral Ecology**, v. 23, p. 907–915, 2012.

JANOVY, Jr. J. Protozoa, helminths, and arthropods of birds. In: CLAYTON, D. H.; MOORE, J. (Org.). **Host-parasite evolution. General principles and avian models**. Oxford: Oxford University Press, 1997. p 303-337.

JOHNSON, K. P.; CLAYTON, D. H. 2003. The biology, ecology, and evolution of chewing lice. In: PRICE, R. D.; HELLENTHAL, R. A.; PALMA, R. L.; JOHNSON, K. P.; CLAYTON, D. H. (Org.). **The chewing lice: World checklist and biological overview**. Illinois: Illinois Natural History Survey Special Publication 24, 2003. p. 449-476.

JOHNSON, S. G.; JOHNSTON, R. F. A multifactorial study of variation in inter clutch interval and annual reproductive success in the feral pigeon, *Columba livia*. **Oecologia**, v. 80, p. 87–92, 1989.

JOHNSTON, R. F.; JANIGA, M. **Feral pigeons**. Oxford: Oxford University Press. 1995, 320 p.

JOVANI, R.; TELLA, J. L.; SOL, D.; VENTURA, D. Are hippoboscids flies a major mode of transmission of feather mites? **Journal of Parasitology**, v. 87(5), p.1187–1189, 2001.

KEMPER, H. Beobachtungen an *Crataerina pallida* Latr Und *Melophagus ovinus* L. (Diptera, Pupipara). **Zeitschrift für Hygiene (Zoologie)**, v. 39, p. 225–259, 1951.

KIM, K. C. Evolutionary relationships of parasitic arthropods and mammals. In: KIM, K. C. (Org.). Coevolution of parasitic arthropods and mammals. New York: Wiley-Interscience Publications, 1985. p. 3–82.

KOSE, M.; MAND, R.; MØLLER, A. P. Sexual selection for white tail spots in the Barn Swallow in relation to habitat choice by feather lice. **Animal Behaviour**, v. 58, p. 1201–1205, 1999.

LINDELL, C. A.; GAVIN, T. A.; PRICE, R. D.; SANDERS, A. L. Chewing louse distributions on two neotropical thrush species. **Comparative Parasitology**, v. 69, p. 212–217, 2002.

LOYE, J.; CARROL, S. Birds, bugs and blood: avian parasitism and conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, n. 6, p. 232–235, 1995.

MALUF, J. R. T. A new climatic classification for the State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 8(1), p. 141–150, 2000.

MARINI, M. A.; REINERT, B. L.; BORNSCHEIN, M. R.; PINTO, J. C.; PICHORIM, M. A. Ecological correlates of ectoparasitism on Atlantic Forest birds, Brazil. **Ararajuba**, v. 14, p. 93–103, 1996.

MARQUES, S. M. T.; de QUADROS, R. M.; SILVA, C. J.; BALDO, M. Parasites of pigeons (*Columba livia*) in urban areas of Lages, southern Brazil. **Parasitologia Latinoamericana**, v. 62, p. 183–187, 2007.

MARSHALL, A. G. **The ecology of ectoparasitic insects**. London: Academic Press. 1981, 459 p.

MERILÄ, J.; BJÖRKLUND, M.; BENNETT, G. F. Geographic and individual variation in haematozoan infections in the greenfinch, *Carduelis chloris*. **Canadian Journal of Zoology**, v. 73, p. 1798–1804, 1995.

MERINO, S.; POTTI, J. High prevalence of hematozoa in nestlings of a passerine species, the pied flycatcher (*Ficedula hypoleuca*). **Auk**, v. 112, p. 1041–1043, 1995.

MØLLER, A. P. Ectoparasites increase the cost of reproduction in their hosts. **Journal of Animal Ecology**, v. 62, p. 309–322, 1993.

MØLLER, A. P. **Sexual selection and the barn swallow**. New York: Oxford University Press, 1994. 376 p.

MØLLER, A. P. Parasites, sexual ornaments, and mate choice in the Barn Swallow. In: LOYE, J. E.; ZUK, M. (Org.). **Bird–Parasite Interactions: Ecology, Evolution, and Behaviour**. Oxford: Oxford University Press. 1991. p. 328–343.

MOYER, B. R.; DROWN, D. M.; CLAYTON, D. H. Low humidity reduces ectoparasite pressure: implications for host life history evolution. **Oikos**, v. 97(2), p. 223–228, 2002.

OBUKHOVA, N. Y. Dynamics of balanced polymorphism morphs in Blue Rock Pigeon *Columbia livia*. **Russian Journal of Genetics**, v. 47, p. 83–89, 2011.

PALMA, R. L. Slide-mounting of lice: a detailed description of the Canadá Balsan technique. **New Zealand Entomologist**, v. 6, p. 432–436, 1978.

POULIN, R. Species richness of parasite assemblages: evolution and patterns. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**. v. 28, p. 341–358, 1997.

POULIN, R.; ROHDE, K. Comparing the richness of metazoan ectoparasite communities of marine fishes: controlling for host phylogeny. **Oecologia**, v. 110, p. 278–283, 1997.

PRICE, R. D.; HELLENTHAL, R. A.; PALMA, R. L. World checklist of chewing lice with host associations and keys to families and genera. In: PRICE, R. D.; HELLENTHAL, R. A.; PALMA, R. L.; JOHNSON, K. P.; CLAYTON, D. H. (Org.). **The chewing lice; world checklist and biological overview**. Illinois: Illinois Natural History Survey Special Publication 24, 2003. p 1–448.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language an environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for statistical computing. 2013, available from: <<http://www.iucnredlist.org>.> Cited 2013 Apr. 20.

RADFAR, M. H.; ASL, E. N.; SEGHINSARA, H. R.; DEHAGHI, M. M.; FATHI, S. Biodiversity and prevalence of parasites of domestic pigeons (*Columba livia domestica*) in a selected semiarid zone of South Khorasan, Iran. **Tropical Animal Health and Production**, v. 44, p. 225-229, 2012.

REICZIGEL, J.; RÓZSA, L. **Quantitative Parasitology 3.0**. 2013, available from: <<http://www.zoologia.hu/qp/qp.html>.> Cited 2014 Oct. 17.

RICHNER, H.; OPPLIGER, A.; CHRISTE, P. Effect of an ectoparasite on reproduction in great tits. **Journal of Animal Ecology**, v. 62, p. 703-710, 1993.

ROULIN, A. The evolution, maintenance and adaptive significance of genetic colour polymorphism. **Biological Reviews**, v. 79, p. 815–848, 2004.

SAVALLI, U. M. The evolution of bird coloration and plumage elaboration: A review of hypotheses. In: POWER, D. M. (Org.). **Current Ornithology**, v. 12. New York: Plenum Press, 1995, p. 141-190.

SHIELDS, W. M.; CROOK, J. R. Barn swallow coloniality: a net cost for group breeding in the Adirondacks? **Ecology**, v. 68, p. 1373-1386, 1987.

SOL, D.; JOVANI, R.; TORRES, J. Parasite mediated mortality and host immune response explain age-related differences in blood parasitism in birds. **Oecologia**, v. 135, p. 542–547, 2003.

SORCI, G.; CLOBERT, J.; MICHALAKIS, Y. Cost of reproduction and cost of parasitism in the common lizard *Lacerta vivipara*. **Oikos**, v. 76(1), p. 121-130, 1996.

STEARNS, S. C. The evolutionary significance of phenotypic plasticity. **BioScience**, v. 39, p. 437–445, 1989.

TELLA, J. L.; BLANCO, G.; FORENO, M. G.; GAJÓON, À.; DONÁZAR, J. A.; HIRALDO, F. Habitat, world geographic range, and embryonic development of avian hematozoa at small spatial and phylogenetic scales. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 96, p.1785–1789, 1999.

WAITE, J. L.; AUTUMN, A. R.; CLAYTON, D. H. How effective is preening against mobile ectoparasites? An experimental test with pigeons and

hippoboscid flies. **International Journal for Parasitology**, v. 42(5), p. 463-467, 2012.

WALDENSTRÖM, J.; BENSCH, S.; KIBOI, S.; HASSELQUIST, D.; OTTOSSON, U. Cross-species infection of blood parasites between resident and migratory songbirds in Africa. **Molecular Ecology**, v. 11, p. 1545–1554, 2002.

WALKER, M. D.; ROTHERHAM, I. D. Characteristics of *Crataerina pallida* (Diptera: hippoboscid flies) populations; a nest ectoparasite of the common swift, *Apus apus* (Aves: Apodidae). **Experimental Parasitology**, v. 126, p. 451–455, 2010.

WALTHER, B. A.; CLAYTON, D. H. Dust-ruffling: a simple method for quantifying ectoparasite loads of live birds. **Journal of Field Ornithology**, v. 68, p. 509-518, 1997.

WEATHERHEAD, P. J.; BENNETT, G. F. Ecology and parasitism of brown-headed cowbirds by haematozoa. **Canadian Journal of Zoology**, v. 70, p. 1–7, 1991.

WHEELER, T. A.; THRELFALL, W. Observations on the ectoparasites of some Newfoundland passerines (Aves: Passeriformes). **Canadian Journal of Zoology**, v. 64, p. 630–636, 1986.

5. Capítulo 1

Artigo publicado na Journal of Natural History

<http://www.tandfonline.com/action/authorSubmission?journalCode=tnah20&page=instructions#.VN3n6ebF-So>

This article was downloaded by: [Hugo Amaral]
On: 08 August 2013, At: 13:02
Publisher: Taylor & Francis
Informa Ltd Registered in England and Wales Registered Number: 1072954 Registered office: Mortimer House, 37-41 Mortimer Street, London W1T 3JH, UK



Journal of Natural History

Publication details, including instructions for authors and subscription information:

<http://www.tandfonline.com/loi/tnah20>

Pseudolynchia canariensis (Diptera: Hippoboscidae): distribution pattern and phoretic association with skin mites and chewing lice of *Columba livia* (Aves: Columbidae)

Hugo Leonardo da Cunha Amaral ^a, Fabiane Borba Bergmann ^b, Tony Silveira ^c, Paulo Roberto Silveira dos Santos ^d & Rodrigo Ferreira Krüger ^a

^a Departamento de Microbiologia e Parasitologia, Programa de Pós-graduação em Parasitologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brazil

^b Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Animal, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil

^c Departamento de Morfologia, Programa de Pós-graduação em Parasitologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brazil

^d CEMAVE/IBAMA, Rua Uruguai, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil

Published online: 08 Aug 2013.

To cite this article: Journal of Natural History (2013): *Pseudolynchia canariensis* (Diptera: Hippoboscidae): distribution pattern and phoretic association with skin mites and chewing lice of *Columba livia* (Aves: Columbidae), Journal of Natural History

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/00222933.2013.791939>

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE

Taylor & Francis makes every effort to ensure the accuracy of all the information (the "Content") contained in the publications on our platform. However, Taylor & Francis, our agents, and our licensors make no representations or warranties whatsoever as to the accuracy, completeness, or suitability for any purpose of the Content. Any opinions and views expressed in this publication are the opinions and views of the authors,

and are not the views of or endorsed by Taylor & Francis. The accuracy of the Content should not be relied upon and should be independently verified with primary sources of information. Taylor and Francis shall not be liable for any losses, actions, claims, proceedings, demands, costs, expenses, damages, and other liabilities whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with, in relation to or arising out of the use of the Content.

This article may be used for research, teaching, and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, redistribution, reselling, loan, sub-licensing, systematic supply, or distribution in any form to anyone is expressly forbidden. Terms & Conditions of access and use can be found at <http://www.tandfonline.com/page/terms-and-conditions>

***Pseudolynchia canariensis* (Diptera: Hippoboscidae): distribution pattern and phoretic association with skin mites and chewing lice of *Columba livia* (Aves: Columbidae)**

Hugo Leonardo da Cunha Amaral^{a*}, Fabiane Borba Bergmann^b, Tony Silveira^c, Paulo Roberto Silveira dos Santos^d and Rodrigo Ferreira Krüger^a

^aDepartamento de Microbiologia e Parasitologia, Programa de Pós-graduação em Parasitologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brazil;

^bPrograma de Pós-graduação em Biodiversidade Animal, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil;

^cDepartamento de Morfologia, Programa de Pós-graduação em Parasitologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brazil;

^dCEMAVE/IBAMA, Rua Uruguai, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil

(Received 20 July 2012; final version received 29 March 2013)

The examination of 145 specimens of *Pseudolynchia canariensis* (74 males and 71 females) from 31 specimens of *Columba livia* captured between March and April of 2012 in the municipality of Pelotas, southern Brazil, revealed an aggregated distribution of hippoboscids. Prevalence and mean intensity of infestation were higher on younger hosts. Approximately 30% of hippoboscids exhibited phoretic associations with skin mites of the families Epidermoptidae and Cheyletidae as well as with chewing lice of the family Philopteridae. *Myialges anchora* and *Ornithocheyletia hallae* skin mites exhibited aggregated distributions. On *P. canariensis* only female skin mites were observed, *M. anchora* being the most prevalent and abundant. The abdominal ventral surface, between the metathorax and the first abdominal tergite and the ventral surface of wings of hippoboscids were the preferred regions for attachment by skin mites, whereas *Columbicola columbae* was observed attached to the mesotibia of one hippoboscid fly.

Keywords: phoresy; rock pigeons; Epidermoptidae; Cheyletidae; Philopteridae

Introduction

Hippoboscids (Diptera: Hippoboscoidea) live most or the entire adult stage on the hairs or feathers of their hosts. Lipopteninae is limited to mammals, while Ornithomyiinae and Hippoboscinae also occur in birds (Maa 1962; Maa and Peterson 1987). The hippoboscid flies exhibit several morphological and physiological adaptations, such as viviparity, a condition strongly associated with the ectoparasitic lifestyle (Meier et al. 1999).

Because they feed on blood, hippoboscids affect host fitness (Moyer et al. 2002). For this reason, they are considered one of the most important groups of haematophagous insects of birds and mammals (Baker 1967), as they are responsible for transmitting haemosporidians (Apicomplexa: Haemosporida) to their hosts

*Corresponding author. Email: hugolca@yahoo.com.br

(Levine 1988), making them, for example, more susceptible to predation (Anderson and May 1979).

Hippoboscids are also considered potential carriers of parasites, mainly of chewing lice and mites that infest birds (Harbison et al. 2009; Keirans 1975; Marcelino et al. 2009). For many species of parasites with low vagility, this mechanism of dispersion is one of the main forms of colonization of new hosts (Jovani et al. 2001). In addition, phoresy can influence the structure of parasite communities, as some species developed this behaviour to escape competition (Harbison et al. 2008).

Pseudolynchia Bequaert, 1926 is a genus containing five species. Of these, only *Pseudolynchia brunnea* Latreille, 1812 is endemic to the American continent (Bequaert 1955). *Pseudolynchia canariensis* Macquart, 1840 presents a large dorsoventrally flattened body, with a small head located immediately adjacent to the prothorax (Bequaert 1952). It is widely distributed and frequently found in doves in Brazil, causing irritation in birds and potentially transmitting the haemosporidian *Haemoproteus columbae* Kruse, 1890 (Gredilha et al. 2008).

Currently, the order Columbiformes is composed only by the family Columbidae (Gill and Donsker 2013). *Columba livia* Gmelin, 1789 can be considered the best-known representative of this genus because of its presence and abundance in many regions of the world (BirdLife International 2009). This species occurs in public parks, squares, and abandoned buildings and has been receiving attention from health organizations, because it may transmit diseases to humans (Marques et al. 2007). In addition, this species has been used as a model for many studies involving parasite–host relationships (Moyer et al. 2002; Harbison et al. 2009; Waite et al. 2012).

In many parts of the world, *P. canariensis* exhibits a high specificity to *C. livia*, resulting in high prevalence rates (Mushi et al. 2000; Marques et al. 2007; Radfar et al. 2012). In addition, phoretic associations of chewing lice and skin mites have been reported, mainly the families Epidermoptidae and Cheyletidae, with *P. canariensis* (Feres and Flechtmann 1991; Macchioni et al. 2005; Valim and Gazêta 2007). This demonstrates the importance of this behaviour in the dispersion and colonization of new hosts by these phoronts (Jovani et al. 2001).

This study was aimed at (1) evaluating infestations of *P. canariensis* on specimens of *C. livia*, in the municipality of Pelotas, Rio Grande do Sul (RS) State and (2) identifying possible phoretic associations between this hippoboscids fly with skin mites and chewing lice.

Material and methods

Between March and April of 2012, 31 specimens of *C. livia* were captured and examined in Porto de Pelotas (31°46'55" S, 52°20'01" W). The climate of the region is humid subtropical defined as Cfa, characterized by hot humid summers, according to the Köppen classification (Moreno 1961). The annual average temperature in the urban area of the municipality of Pelotas is 17.8°C. January is the hottest month and July is the coldest month, with average temperatures of 23.2°C and 12.3°C, respectively. The annual average rainfall is 1369 mm, with rains regularly distributed throughout the year. During the sampling days, the average temperature and relative air humidity ranged between 15.6 and 23.1°C and 68.3 and 83.2%, respectively (Embrapa/UFPel/INMET).

Each specimen of *P. canariensis* was manually collected from the host and placed in Eppendorf tubes with 70% ethanol. In the Laboratory of Ecology of Parasites and Vectors of the Institute of Biology of the Federal University of Pelotas (UFPel), hippoboscids were identified with the aid of a stereomicroscope, according to Gracioli and Carvalho (2003) and Bequaert (1955). After identification, the dorsal and ventral regions, thorax, abdomen and wings of each fly were examined in search of mites and their eggs, as well as chewing lice. Their locations in the different regions of the fly and the developmental stages were recorded.

Skin mites were removed with the aid of tweezers, cleared and mounted on slides according to Flechtman (1975). Identification was carried out under a microscope, according to Fain (1965) and the dichotomous keys by Gaud and Atyeo (1996) and Furmann and Tharshis (1953) for Epidermoptidae and by Smiley (1970) for the identification of Cheyletidae. Chewing lice were mounted in permanent preparations according to Palma (1978) and identified following Price et al. (2003) and Adams et al. (2005).

The effect of host age (young and adult) on the distribution pattern of *P. canariensis* and of the species of skin mites of *C. livia* was analysed with general linear models with quasi-Poisson distribution for the correction of the over-dispersion, as suggested by Crawley (2007). The variation in the number of eggs of the species of skin mites in relation to the sex of *P. canariensis* and the site of attachment of the skin mites were analysed with the F distribution and $p < 0.05$.

The prevalence and mean intensity of infestation were calculated based on the definition by Bush et al. (1997). Parasite indices as well as the index of spatial aggregation of *P. canariensis* and species of phoretic skin mites and chewing lice were analysed with the K parameter of the negative binomial distribution calculated using the software QUANTITATIVE PARASITOLOGY 3.0 (Reiczigel and Rózsa, 2005), with $p < 0.05$. Confidence intervals of prevalence and mean intensity of infestation of *P. canariensis*, and all species of phoretic skin mites and chewing lice were calculated.

Results

We observed 160 specimens of *P. canariensis*, of which 15 escaped during collection. Of the 145 specimens collected, 49% ($n = 71$) were female and 51% were ($n = 74$) male. Of 31 captured individuals of *C. livia*, *P. canariensis* occurred in 93.5% (78.6–99.2%) ($n = 29$) of the birds, with mean intensity of infestation of 5.52 (3.6–8.9). The aggregation pattern of hippoboscids differed between young and adult hosts ($\chi^2 = 31.073$; DF = 3;11; $p < 0.001$; Figure 1). A total of 113 specimens of *P. canariensis* were collected from 12 young individuals of *C. livia* captured (mean = 9.4; 8.7 SD), and 47 specimens of *P. canariensis* were observed in 19 adult birds (mean 2.5; 3.9 SD). The average species richness of phoretic skin mites and chewing lice on *P. canariensis*, in adults as well as young of *C. livia* was 1.25.

Of the total hippoboscids collected, 30.3% ($n = 44$) had phoretic associations, 50% ($n = 22$) male and 50% ($n = 22$) female. We collected 55 specimens of *Myialges anchora* Sargent and Trouessart, 1907 (Astigmata: Epidermoptidae), four of *Myialges (Promyialges) lophortyx* Furmann and Tharshis, 1953 (Astigmata: Epidermoptidae), 47 of *Ornithocheyletia hallae* Smiley, 1970 (Prostigmata: Cheyletidae) and one of *Columbicola columbae* Linnaeus, 1758 (Ischnocera: Philopteridae). Only adult female

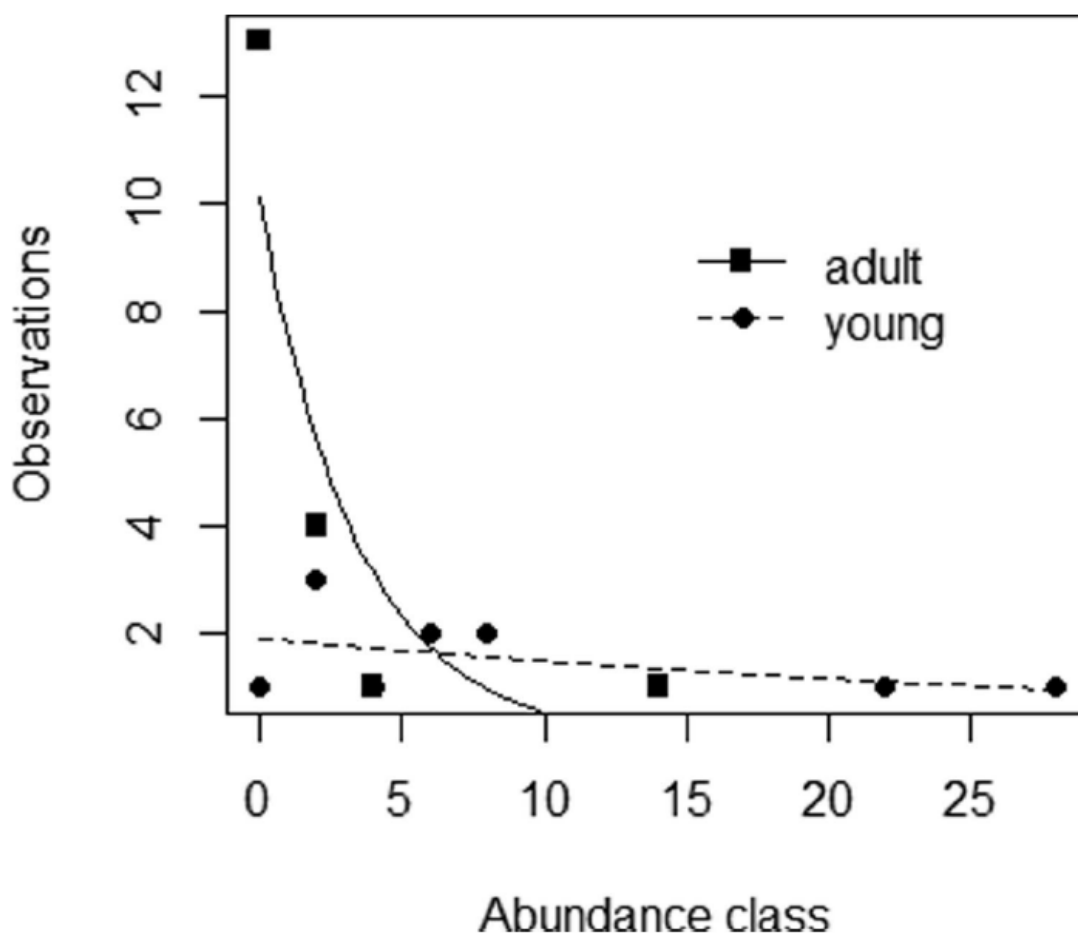


Figure 1. Distribution pattern of the abundance classes of *Pseudolynchia canariensis* on young and adults of *Columba livia* collected between March and April of 2012, in the municipality of Pelotas, RS, Brazil.

skin mites and chewing lice were observed. The number of skin mites and chewing lice on *P. canariensis* did not differ statistically in relation to the age of the *C. livia* host ($\chi^2 = 36.51$; $p = 0.187$). Results for the values of the parameter K , prevalence and mean intensity of infestation of phoretic skin mites and chewing lice collected on *P. canariensis* are presented in Table 1.

The skin mite *M. anchora* was the most prevalent and abundant. The dorsal and ventral surface of the abdomen were the regions with more specimens attached (Table 2). Also 52.7% ($n = 29$) of skin mites were surrounded by clusters of eggs, with an average of 38.1 ± 22.5 eggs per ovigerous female ($n = 16$) attached to the dorsal surface of the abdomen. These differences, however, were not statistically significant ($F = 2.65$; $DF = 3; 23$; $p = 0.07$).

Of the total specimens of *O. hallae* collected, 76.6% ($n = 36$) were found between the metathorax and the first abdominal tergite, while the remaining specimens were loose inside the Eppendorf vial and were not associated with any specific region of the hippoboscid flies. No eggs of this species were observed on *P. canariensis*.

Three specimens of *M. lophortyx* were observed on the wings (proximal region of the vein M), on the ventral surface. One ovigerous female was surrounded by 14 eggs.

Table 1. Parameter *K* value, prevalence and mean intensity of infestation of phoretic skin mites and chewing lice collected on *Pseudolynchia canariensis*, between March and April of 2012, in the municipality of Pelotas, RS, Brazil.

Phoretic species	Parameter <i>K</i> value	Prevalence % (95% CI)	Mean intensity of infestation (95% CI)	On <i>P. canariensis</i>
<i>Myialges anchora</i>	0.293	22.1% (15.6–29.7)	1.72 (1.41–2.06)	oviposition and dispersion
<i>Myialges lophortyx</i>	—	2.7% (0.7–6.9)	1.0	oviposition and dispersion
<i>Ornithocheyletia hallae</i>	0.076	12.4% (7.5–18.9)	2.61 (1.83–4.17)	dispersion
<i>Columbicola columbae</i>	—	0.7%	1.0	dispersion

Note: CI, confidence interval; -Cells with en dashes were not calculated due to small sample size.

Table 2. Number of specimens and eggs (within parentheses) of *Myialges anchora* in the different body regions of *Pseudolynchia canariensis* collected on *Columba livia*, between March and April of 2012, in the municipality of Pelotas, RS, Brazil.

Body regions	Dorsal face	Ventral face	Total
Head	1 (0)	5 (73)	6 (73)
Thorax	1 (0)	2 (56)	3 (56)
Abdomen	33 (610)	13 (190)	46 (800)
Total	34 (610)	18 (319)	55 (929)

One specimen was loose inside the Eppendorf vial and was not associated with any specific region of the body of *P. canariensis*.

The only specimen of *Columbicola columbae* was attached to the mesotibia of one hippoboscid fly.

Simultaneous infestations were observed in 22.7% ($n = 10$) of infested hippoboscid flies. *Myialges anchora* and *O. hallae* occurred simultaneously on nine occasions, while *M. lophortyx* and *M. anchora* occurred simultaneously twice, and *M. lophortyx* and *O. hallae* on once. The simultaneous occurrence of three species of skin mites was observed on only one hippoboscid fly.

In this study, *P. canariensis* presented an aggregated distribution on *C. livia*. On *P. canariensis*, *M. anchora* and *O. hallae* also exhibited aggregated distributions (Table 1). The *K* parameter of the distribution of *M. lophortyx* and *Columbicola columbae* could not be determined because of the small sample size.

Discussion

In this study, *P. canariensis* was present on 93.5% of the birds examined. The high prevalence rates of *P. canariensis* on *C. livia* reported in several studies (Dranzoa et al.

1999; Marques et al. 2007) revealed a strong correlation of this ectoparasite with its host. Radfar et al. (2012) observed a higher prevalence of *P. canariensis* on adult individuals of *C. livia* captured in the municipality of Khorasan, in the Iranian semiarid region. However, as in the present study, the intensity of infestation was higher in young birds. A low intensity of infestation of *P. canariensis* on adult individuals of *C. livia* is expected, as they acquire a higher level of immunity against parasites (Merila et al. 1995). In addition, adult birds use the bill and claws as efficient tools in the population control of ectoparasites, including hippoboscids flies (Clayton et al. 2010; Waite et al. 2012).

A slight predominance of male hippoboscids flies was observed in the present study, similar to the findings of Tella and Jovani (2000) regarding *Crataerina melbae* Rondani, 1879 infesting *Apus melba* Linnaeus, 1758 (Aves: Apodidae). On the other hand, Walker and Rotherham (2010) observed a higher predominance of females of *Crataerina pallida* Latreille, 1812 on *Apus apus* Linnaeus, 1758 (Aves: Apodidae). The initial predominance of males in infrapopulations might be due to their early emergence compared with females. However, because of an increase in mortality rates of males during the reproductive period of the species, possibly caused by competition, the number of females becomes higher than that of males (Kemper 1951). Males are also more abundant at the end of the reproductive cycle, as a result of the higher mortality of females during this period (Walker and Rotherham 2010). Females lay puparia outside the host and therefore are absent during some periods (Bequaert 1952), which may coincide with sampling periods. Several studies have reported that females of ectoparasitic insects are frequently more abundant due to their longer life span and dispersion capacity when compared with those of males (Hamilton 1967; Clayton et al. 1992; Dick and Patterson, 2008).

Approximately 30% of the specimens of *P. canariensis* had phoretic associations. This result is lower when compared with those found by Marcelino et al. (2009); Valim and Gazêta (2007) and Macchioni et al. (2005), who reported prevalences of 47%, 51% and 54%, respectively. Although the sampling period was not described in these studies, this variation in the percentage of phoretic associations with *P. canariensis* might be due to distinct climate factors (temperature and humidity), as well as to characteristics of the host populations sampled (population size, social and reproductive behaviours) (Blanco and Frías 2001; Hamstra and Badyaev 2009) in each study site, which might affect the populations and behaviour of ectoparasites.

Specimens of *M. anchora* were more prevalent and abundant phoronts on *P. canariensis*, as also observed by Valim and Gazêta (2007). Representatives of the genus *Myialges* Trouessart, 1906 complete part of their cycle on the skin of birds and have an obligatory association with hippoboscids flies (Fain and Grootaert 1996). Evans et al. (1963) examined the biological cycle of *Myialges macdonaldi* Evans, Fain and Bafort, 1963 and observed that larvae, nymphs, males and non-ovigerous females were present on the host's skin, whereas ovigerous females were attached to hippoboscids flies. As observed by Valim and Gazêta (2007), the number of adults and eggs of *M. anchora* was highest on the dorsal surface of the abdomen of *P. canariensis*. The selection of the abdominal dorsal surface for attachment and later egg-laying might be due to the protection provided by the wings of the hippoboscids fly, mainly against friction by the bird's feathers, which could detach or damage the eggs of this species.

In this study, no egg clutches were found where *O. hallae* specimens were present, as also reported by Valim and Gazêta (2007) and Marcelino et al. (2009). In the phoretic process described by Feres and Flechtmann (1991) for this species, mites were found loosely attached to the body of the hippoboscids fly without the presence of eggs. The absence of egg clutches of *O. hallae* suggests that the interaction with *P. canariensis* is different from those of species of the genus *Myialges*, and its presence is associated only with dispersion strategies (Macchioni et al. 2005).

As observed by Feres and Flechtmann (1991) and Marcelino et al. (2009), we also observed specimens of *M. lophortyx* attached to the wings of *P. canariensis*. The presence of this skin mite in the hippoboscids wings suggests a preference for the attachment on this integument and/or restricted to this site because of the competition with *M. anchora*.

The phoretic association between *P. canariensis* and *Columbicola columbae* was also observed by Macchioni et al. (2005) and Harbison et al. (2008). This species of chewing lice found on the remiges and rectrices of birds, have long appendices that facilitate their attachment to the host as well as the hippoboscids fly (Harbison et al. 2009). In a recent study using *C. livia* as study model, Bush and Malenke (2008) demonstrated that *Campanulotes compar* Burmeister, 1838 was a superior competitor to *Columbicola columbae*, which supports the hypothesis that phoresy, in addition to a dispersion mechanism, might be an escape to competition for this species.

According to Fain (1965), many species belonging to the “phoretic” genera *Microlichus* and *Myialges* have a low level of specificity. Skin mites *M. anchora* have been reported from several other avian hosts, but it does not seem certain that in all these cases the mites really belonged to this species. Cooreman (1944) summarized much of the information on species of these genera, designating insect and avian hosts as well as recorded geographic distribution. According to Bequaert (1952) mites of the genus *Ornithocheyletia* are specific parasites of birds; however, the details of the relationship with hippoboscids flies are still poorly understood.

As reported by Marcelino et al. (2009), the simultaneous infestation by *M. anchora* and *O. hallae* was the most frequently observed on *P. canariensis* in this study. Similar results were also obtained regarding the simultaneous infestations by three species of skin mites, which was only observed once in both studies.

Aggregated distributions were observed in *P. canariensis* on *C. livia*, as well as *M. anchora* and *O. hallae* on *P. canariensis*. This distribution pattern has been reported for parasites of vertebrates (Shaw and Dobson 1995; Poulin 2007; Walker and Rotherham 2010; Amaral et al. 2012), as well as phoretic associations between skin mites and hippoboscids flies (Marcelino et al. 2009). Differences in size, attachment and location sites on the host, and the purpose of attachment (egg laying or transport of adults) can also contribute to the less aggregated pattern exhibited by Epidermoptidae mites (Marcelino et al. 2009).

Based on our findings on *C. livia*, skin mites of the family Epidermoptidae use hippoboscids flies for dispersion and oviposition, preferentially on the dorsal surface of the abdomen and the wings for attachment, respectively. However, *Columbicola columbae* and *O. hallae* use hippoboscids flies only as a form of dispersion, attaching mainly in the region between the metathorax and the first abdominal tergite.

References

- Adams RJ, Price RD, Clayton DH. 2005. Taxonomic revision of old world members of the feather louse genus *Columbiciola* (Phthiraptera: Ischnocera), including descriptions of eight new species. *J Nat Hist.* 39(41):3545–3618.
- Amaral HLC, Bergmann FB, Santos PRS, Krüger RF, Gracioli G. 2012. Community of arthropod ectoparasites of two species of *Turdus* Linnaeus, 1758 (Passeriformes: Turdidae) in southern Rio Grande do Sul, Brazil. *Parasitol Res.* 112(2):621–628.
- Anderson RM, May RM. 1979. Population biology of infectious diseases: part I. *Nature.* 280(5721):361–367.
- Baker JR. 1967. A review of the role played by the hippoboscids (Diptera) as vectors of endoparasites. *J Parasitol.* 53:412–418.
- Bequaert JC. 1952. The hippoboscids or louse flies (Diptera) of mammals and birds. Part I. Structure, physiology and natural history. *Entomol Am., New Series.* 36:1–209.
- Bequaert JC. 1955. The hippoboscids or louse flies (Diptera) of mammals and birds. Part II. Taxonomy, evolution and revision of American genera and species. *Entomol Am., New Series.* 35:233–416.
- BirdLife International. 2009. *Columba livia*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2; [cited 2012 Jan 5]. Available from: <http://www.iucnredlist.org>
- Blanco G, Frias O. 2001. Symbiotic feather mites synchronize dispersal and population growth with host sociality and migratory disposition. *Ecography.* 24:113–120.
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. *J Parasitol.* 83(4):575–583.
- Bush SE, Malenke JR. 2008. Host defence mediates interspecific competition in ectoparasites. *J Anim Ecol.* 77:558–564.
- Clayton DH, Gregory RD, Price RD. 1992. Comparative ecology of Neotropical bird chewing lice (Insecta: Phthiraptera). *J Anim Ecol.* 61:781–795.
- Clayton DH, Koop J, Harbison C, Moyer B, Bush S. 2010. How birds combat ectoparasites. *Open Ornithol J.* 3:41–71.
- Cooreman J. 1944. Un nouveau cas d'hyperparasitisme parmi les Acarididae: *Myialgopsis trinitoni* n. gen. n. sp. parasite d'un Mallophage. *Bull. Mus. R. Hist. Nat. Belgique.* 20:1–12.
- Crawley MJ. 2007. *The R book*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Dick CW, Patterson BD. 2008. An excess of males: skewed sex ratios in bat flies (Diptera: Streblidae). *Evol Ecol.* 22:757–769.
- Dranzoa C, Ocaido M, Katete P. 1999. The ecto, gastro-intestinal and haemo-parasites of live pigeons (*Columba livia*) in Kampala, Uganda. *Avian Pathol.* 28:119–124.
- Embrapa (Estação Agroclimatológica de Pelotas – Capão do Leão) com convênio UFPel e INMET 2012 [Internet]. Capão do Leão [cited 16 May 2012]. Available from: <http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/normais.html>
- Evans GO, Fain A, Bafort J. 1963. Découverte du cycle évolutif du genre *Myialges* avec description d'une espèce nouvelle (Myialgidae: Sarcophagidae). *Bull Ann Soc R Entomol Belg.* 99:486–500.
- Fain A. 1965. A review of the family Epidermoptidae Trouessart parasitic on the skin of birds. *Koninklijke Vlaam Academie Voor Wetenschapen, Letteren en Schone Kunsten van België.* 84:1–176 (Part I), 1–144 (Part II).
- Fain A, Grootaert P. 1996. Observations sur des Acariens (Acari: Epidermoptidae) parasites d'*Ornithomyia avicularia* (L.) (Diptera: hippoboscids flies). *Bull Ann Soc R Entomol Belg.* 132:183–186.
- Feres RJF, Flechtman CHW. 1991. [Occurrence of parasitic-phoretic mites (Acari: Epidermoptidae, Cheyletiellidae) on hippoboscids flies on pigeons in São José do Rio Preto, SP]. *Naturalia.* 16:155–160 (Brazilian).

- Flechtmann CHW. 1975. Elementos de acarologia. São Paulo: Nobel.
- Furmann DP, Tharshis IB. 1953. Mites of the genera *Myialges* and *Microlichus* (Acarina: Epidermoptidae) from avian and insect hosts. *J Parasitol.* 39:70–78.
- Gaud J, Atyeo WT. 1996. Feather mites of the world (Acarina, Astigmata): the supraspecific taxa (Part. I). *Ann Sci Zool Mus R Afr Cent.* 277:1–193.
- Gill F, Donsker D. 2013. IOC World Bird List (v 3.3) [Internet]. [cited 2013 Mar 05]. Available from: <http://www.worldbirdnames.org>
- Gracioli G, Carvalho CJB. 2003. [Hippoboscidae (Diptera: Hippoboscoidea) in the State of Paraná, Brazil: Keys, hosts and geographic distribution]. *Rev Bras Zool.* 20(4):667–674 (Brazilian).
- Gredilha R, Balthazar DA, Spadetti AL, Fedullo LPL, Mello RP. 2008. [*Pseudolynchia canariensis* (Diptera:Hippoboscidae) on *Buteogallus aequinoctialis* (Ciconiiformes: Accipitridae) in the State of Rio de Janeiro, Brazil]. *Rev Bras Parasitol Vet.* 17(2):110–112 (Brazilian).
- Hamilton WD. 1967. Extraordinary sex ratios. *Science.* 156:477–488.
- Hamstra TL, Badyaev AV. 2009. Comprehensive investigation of ectoparasite community and abundance across life history stages of avian host. *J Zool.* 278:91–99.
- Harbison CW, Bush SE, Malenke JR, Clayton DH. 2008. Comparative transmission dynamics of competing parasite species. *Ecology.* 89:3186–3194.
- Harbison CW, Jacobsen MV, Clayton DH. 2009. A hitchhiker's guide to parasite transmission: the phoretic behaviour of feather chewing lice. *Int J Parasitol.* 39:569–575.
- Jovani R, Tella JL, Sol D, Clayton DH. 2001. Are hippoboscids a major mode of transmission of feather mites? *J Parasitol.* 87(5):1187–1189.
- Keirans JE. 1975. A review of the phoretic relationship between Mallophaga (Phthiraptera: Insecta) and hippoboscids (Diptera: Insecta). *J Med Entomol.* 12:71–76.
- Kemper H. 1951. Beobachtungen an *Crataerina pallida* Latr Und *Melophagus ovinus* L. (Diptera, Pupipara). *Z. für Hygiene (Zoologie).* 39:225–259.
- Levine ND. 1988. The Protozoan Phylum Apicomplexa. Boca Raton: CRC Press.
- Maa TC. 1962. Notes on the hippoboscids (Diptera), I. *Pac Insects Monographs.* 4:583–614.
- Maa TC, Peterson BV. 1987. Hippoboscidae. In: McAlpine JF, Peterson BV, Shewell GE, Teskey HJ, Vockeroth JR, Wood DM, editors. *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 2. Ottawa: Biosystematics Research Centre; p. 1271–1281.
- Macchioni F, Magi M, Mancianti F, Perrucci S. 2005. Phoretic association of mites and mallophaga with the pigeon fly *Pseudolynchia canariensis*. *Parasite.* 12(3):277–279.
- Marcelino VJFC, Arcoverde AR, Daemon E. 2009. [Phoretic association of the mites *Myialges* spp. (Astigmata: Epidermoptidae) and *Ornitocheyletia hallae* Volgin (Prostigmata: Cheyletidae) with the fly *Pseudolynchia canariensis* (Macquart) (Diptera: Hippoboscidae)]. *Neotrop Entomol.* 38(5):578–581 (Brazilian).
- Marques SMT, de Quadros RM, Silva CJ, Baldo M. 2007. Parasites of pigeons (*Columba livia*) in urban areas of Lages, southern Brazil. *Parasitol Latinoam.* 62:183–187.
- Meier R, Kotrba M, Ferrar P. 1999. Ovoviviparity and viviparity in Diptera. *Biol Rev.* 74:199–258.
- Merila J, Bjorklund M, Bennett GF. 1995. Geographic and individual variation in haematozoan infections in the greenfinch, *Carduelis chloris*. *Can J Zool.* 73:1798–1804.
- Moreno JA. 1961. Clima do Rio Grande do Sul. Seção de Geografia. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura.
- Moyer BR, Drown DM, Clayton DH. 2002. Low humidity reduces ectoparasite pressure: implications for host life history evolution. *Oikos.* 97(2):223–228.
- Mushi FZ, Binta MG, Chabo RG, Ndebele R, Panzirah R. 2000. Parasites of domestic pigeons (*C. l. domestica*) in sebele garborone, Botswana. *J S Afr Vet Assoc.* 71:249–250.
- Palma RL. 1978. Slide-mounting of chewing lice: a detailed description of the Canadá Balsan technique. *N Zeal Entomol.* 6:432–436.

- Poulin R. 2007. Are there general laws in parasite ecology? *Parasitol.* 134(6):763–776.
- Price RD, Hellenthal RA, Palma RL. 2003. World checklist of chewing lice with host associations and keys to families and genera. In: Price RD, Hellenthal RA, Palma RL, Johnson KP, Clayton DH, editors. The chewing lice; world checklist and biological overview. Illinois: Illinois Natural History Survey Special Publication 24; p. 1–501.
- Radfar MH, Asl EM, Seghinsara HR, Dehaghi MM, Fathi S. 2012. Diversity and prevalence of parasites of domestic pigeons (*Columba livia domestica*) in a selected semiarid zone of South Khorasan, Iran. *Trop Anim Health Pro.* 44:225–229.
- Reiczigel J, Rózsa L. 2005. Quantitative Parasitology 3.0 [Internet]. Budapest [cited 2012 Mar 18]. Available from: <http://www.zoologia.hu/qp/qp.html>
- Shaw DJ, Dobson AP. 1995. Patterns of parasite abundance and aggregation in wildlife populations: a quantitative review. *Parasitol.* 111(Suppl):S111–S133.
- Smiley RL. 1970. A review of the family Cheyletiellidae (Acarina). *Ann Entomol Soc Am.* 63:1056–1078.
- Tella JL, Jovani R. 2000. Sources of variability in aggregation and sex ratios of *Crataerina melbae* (Diptera: hippoboscids) among adult colonial alpine Swifts. *J Parasitol.* 86(5):933–938.
- Valim MP, Gazêta GS. 2007. [Phoretic association of the mites *Myialges anchora* Sargent & Trouessart (Acaridida, Epidermoptidae) and *Ornithocheyletia hallae* Smiley (Actiniedida, Cheyletiellidae) with *Pseudolynchia canariensis* (Macquart) (Diptera, Hippoboscidae)]. *Rev Bras Entomol.* 51(4):518–519 (Brazilian).
- Waite JL, Autumn AR, Clayton DH. 2012. How effective is preening against mobile ectoparasites? An experimental test with pigeons and hippoboscids flies. *Int J Parasitol.* 42(5):463–467.
- Walker MD, Rotherham ID. 2010. Characteristics of *Crataerina pallida* (Diptera: hippoboscids) populations; a nest ectoparasite of the common swift, *Apus apus* (Aves: Apodidae). *Exp Parasitol.* 126:451–455.

6. Capítulo 3

Manuscrito que será submetido à revista International Journal for Parasitology.

<https://www.elsevier.com/journals/international-journal-for-parasitology/0020-7519/guide-for-authors>

A sazonalidade, o sexo do transportador e a coloração da plumagem do hospedeiro influenciam nos padrões de distribuição de ácaros e piolhos foréticos?

Amaral^{1*}, Hugo Leonardo da Cunha; Bergmann², Fabiane Borba; Santos³, Paulo Roberto Silveira; Silveira⁴, Tony; Krüger¹, Rodrigo Ferreira

¹ Departamento de Microbiologia e Parasitologia, Programa de Pós-graduação em Parasitologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brazil

² Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Animal, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil

³ CEMAVE/IBAMA, Rua Uruguai, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil

⁴ Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brazil

* Autor para correspondência: hugolca@yahoo.com.br

6.1 Resumo

Entre os parasitos, o sucesso de transmissão é, certamente, o maior desafio, ainda mais para alguns grupos que possuem uma limitada capacidade de locomoção, como ácaros (Acari) e piolhos (Insecta: Phthiraptera). Estes ectoparasitos dispersam através do contato direto entre hospedeiros, ou, em

alguns casos, através da foresia. Neste estudo, nós analisamos os padrões de distribuição de ácaros dermícolos e piolhos foréticos sobre espécimes de *Pseudolynchia canariensis* coletadas em jovens e adultos de *Columba livia* de três distintas colorações de plumagem capturados entre julho de 2012 a julho de 2014. Ao todo foram coletados 1.381 hipoboscídeos sobre 377 hospedeiros. No presente estudo, a coloração da plumagem dos hospedeiros não influenciou nos padrões de infestação de *P. canariensis* sobre os espécimes jovens e adultos de *C. livia*, nem nos padrões de infestação de ácaros dermícolos e piolhos foréticos sobre este hipoboscídeo. Entretanto, nas estações mais quentes foi observada uma maior prevalência, intensidade média de infestação e uma maior riqueza de espécies foréticas sobre *P. canariensis*. Em todas as estações do ano foi observada uma maior abundância de ovos de ácaros foréticos, inclusive embrionados, sobre as fêmeas de *P. canariensis*.

Palavras-chave: Acari, Dispersão, Ectoparasitos, Foresia, Phthiraptera

6.2 Introdução

A dispersão constitui um dos componentes centrais da ecologia, pois determina a distribuição e a abundância das espécies nas comunidades (Clobert et al., 2001). Considerada fundamental para a vida de muitas espécies animais, a dispersão influencia no sucesso de forrageamento, na habilidade de escapar de predadores, na busca de hospedeiros, assim como no sucesso reprodutivo (Fronhofer et al., 2013).

Entre os parasitos, o sucesso de transmissão é, certamente, o maior desafio, ainda mais para alguns grupos que possuem uma limitada capacidade de locomoção, como ácaros (Acari) (Jovani et al., 2001) e piolhos (Insecta: Phthiraptera) (Johnson and Clayton, 2003). Nestes grupos, a dispersão e consequente colonização de novos habitats ocorrem somente através do contato direto entre hospedeiros (Jovani et al., 2001; Marshal, 1981) ou, em alguns casos, através da foresia (Jovani et al., 2001).

O termo foresia (ou forésia) é aplicado para relações interespecíficas em que um organismo, denominado forético, se fixa a outro, denominado transportador ou carreador, com o único propósito de sua dispersão. Esta

interação entre o forético e seu transportador pode ser classificada como não específica, quando o forético utiliza um grande número de espécies como meio de dispersão; ou específica, quando há preferência por uma família, gênero, ou até mesmo, uma espécie de transportador (Athias-Binche, 1991; Houck and OConnor, 1991). A foresia pode ser facultativa, sendo provavelmente induzida por densidade-dependência ou perturbações ambientais; ou obrigatória, nas quais o forético segue um estabelecido ciclo sazonal, em um habitat relativamente estável, utilizando transportadores tradicionais (Athias-Binche, 1994).

Entre os animais, observa-se, sem dúvida alguma, uma maior ocorrência de associações foréticas entre ácaros e insetos. A importância da foresia na evolução em Acari é verificada pelos seus diversos registros nos três maiores grupos de ácaros, Mesostigmata, Prostigmata e Astigmata (Cross and Bohart, 1969). Os ácaros possuem uma grande variedade de estratégias, que associadas às adaptações morfológicas permitem tal relação. Por exemplo, uma grande diversidade de ácaros foréticos é observada sobre uma espécie de transportador, como *Pseudolynchia canariensis* Macquart, 1840 (Diptera: Hippoboscidae). Estas espécies de ácaros ocupam o hipoboscídeo simultaneamente e possuem locais específicos para fixação (Valim and Gazêta, 2007; Marcelino et al., 2009; Amaral et al., 2013).

As espécies de Hippoboscidae (Diptera: Hippoboscoidea) são ectoparasitos não permanentes de aves e mamíferos. Tanto os machos quanto as fêmeas são hematófagos obrigatórios e vivem durante toda, ou boa parte do seu estágio adulto, entre os pêlos ou entre as penas de seu hospedeiro. Sua única forma de vida livre é como pupa, as quais são depositadas nos ninhos das aves ou nas tocas de mamíferos. São dorsoventralmente achatados, de pequeno a médio porte, com tamanho corporal entre 4 – 12 mm (Wood, 2010). Esta família exibe um grande número de adaptações morfológicas e fisiológicas, como por exemplo, a viviparidade, que é uma condição fortemente associada ao estilo de vida ectoparasítico (Meier et al., 1999). Por serem hematófagos, constituem um dos grupos de insetos mais importantes sobre as aves e mamíferos (Baker, 1967), uma vez que são responsáveis pela transmissão de haemosporídios (Apicomplexa: Haemosporida) aos seus

hospedeiros (Levine, 1988), tornando-os mais suscetíveis, por exemplo, a predação (Anderson and May, 1979).

Bequaert (1953) realizou uma extensa revisão sobre Hippoboscidae, salientando a importância desses dípteros como transportadores de ácaros e de piolhos. Nesta ocasião, comentou também que dificilmente estes ácaros foréticos reduzam a capacidade reprodutiva dos hipoboscídeos infestados, visto que grande parte das reduções populacionais deriva dos ferimentos causados pelos hospedeiros na tentativa de controle destes dípteros e de outros ectoparasitos, como observado no trabalho de Waite et al. (2012) que demonstraram que espécimes de *Columba livia* Gmelin, 1789 (Aves: Columbidae) utilizam o bico como uma ferramenta bastante eficaz no controle populacional de *P. canariensis*.

Assim como muitos espécies de ácaros parasitas de aves, algumas espécies de piolhos de aves também possuem habilidades para dispersarem se fixando em um hipoboscídeo. Entre as espécies de piolhos, a foresia, além de ser uma estratégia de dispersão, pode ser considerada um modo de escapar de uma competição, tanto interespecífica, quanto intraespecífica (Bush and Malenke, 2008).

Piolhos são ectoparasitas que podem completar todo o seu ciclo de vida sobre um único hospedeiro, se alimentando de fragmentos de penas, sangue e de descamações da epiderme de seu hospedeiro (Marshall, 1981). Sobre as aves observamos piolhos de duas subordens: Amblycera e Ischnocera. Enquanto que piolhos Amblycera podem ser encontrados em várias regiões do corpo da ave hospedeira, embora sua oviposição e alimentação sejam confinadas a áreas restritas, áreas razoavelmente bem definidas de distribuição ocorrem no caso de Ischnocera, sendo raramente encontrados para além dos limites dessas áreas (Ash, 1960). Piolhos Amblycera são geralmente mais ativos, movendo-se mais rapidamente do que piolhos Ischnocera (Ash, 1960), e por vezes, podem abandonar o hospedeiro, principalmente quando este morre.

Para dispersarem, piolhos Ischnocera são aparentemente dependentes do contato direto entre hospedeiros ou, esporadicamente, pegam carona se fixando em outros artrópodes, principalmente hipoboscídeos (Marshall, 1981). Na literatura são encontrados diversos registros de foresia entre espécies de piolhos de *C. livia* e hipoboscídeos, o que demonstra a importância desta

modalidade de dispersão entre estes ectoparasitos (Martin, 1934; Hathaway, 1943; Ward, 1953; Iannacone, 1992; Clayton et al., 2004). Interessantemente, todos os registros envolvem espécies de piolhos que vivem nas asas de *C. livia*, como *C. columbae* e *Columbicola tschulyschman* Eichler, 1942, o que sugere que as espécies que vivem em outras partes do corpo dos pombos podem não ser foréticos, embora em outras espécies de pombos tenham sido removidos de hipoboscídeos (Couch, 1962).

Algumas espécies de parasitos apresentam uma sincronização de seu período reprodutivo com o da espécie hospedeira (Marshall, 1981). Segundo Foster (1969), entre os piolhos de aves, esta sincronização se deve a estreita relação coevolutiva com seus hospedeiros e favorece a colonização de novos habitats, visto que é neste período que se observa a maior quantidade de contatos corporais entre indivíduos de muitas espécies de aves. Além disso, o aumento na abundância de piolhos durante o período reprodutivo e de mudas de penas da espécie hospedeira pode ser esperado, visto que durante estes eventos o hospedeiro tende a economizar energia, inclusive na limpeza das penas (Møller and Rózsa, 2005).

Este cenário também é observado entre as espécies de ácaros que vivem sobre as aves. A sua transferência entre hospedeiros ocorre principalmente durante o período reprodutivo das aves e, em alguns casos, durante o período de descanso de algumas espécies hospedeiras que se agrupam em poleiros comunitários (Proctor, 2003). Entre os ácaros, a associação forética com hipoboscídeos mostra-se comum em representantes da família Epidermoptidae (Gaud and Atyeo, 1996; Jovani et al., 2001), como também em Cheyletiellidae (Jovani et al., 2001).

Devido a existência desta sincronização dos períodos reprodutivos das espécies de ectoparasitas com o de seus hospedeiros, no presente estudo espera-se que na primavera e no verão também seja observado as maiores infestações de ácaros dermícolos foréticos e piolhos sobre *P. canariensis*. Espera-se, também, que as maiores infestações por espécies foréticas sejam observadas sobre os espécimes de *P. canariensis* coletados nos jovens de *C. livia*, devido a sua maior infestação por este hipoboscídeo. Além disso, espera-se que a abundância de ovos, inclusive embrionados, de ácaros dermícolos

foréticos, seja maior sobre as fêmeas de *P. canariensis* devido ao seu maior tamanho corporal.

A grande variação de cores em *Columba livia* Gmelin, 1789 (Aves: Columbidae) resultante da seleção artificial realizada em criações domésticas, torna esta espécie um modelo ideal para estudos que analisam a influência da coloração da plumagem sobre os ectoparasitos. Esta espécie apresenta um gradiente de coloração à base de melanina do escuro ao claro (Johnston and Janiga, 1995), as quais podem ser facilmente distinguidas pelo olho humano. Estes diversos tipos de coloração de plumagem são geneticamente determinados (Johnston and Janiga, 1995; Jacquin et al., 2013), entretanto eles também estão associados a variáveis, como comportamento, taxa reprodutiva e a resistência a parasitas (Johnson and Johnston, 1989; Jacquin et al., 2011). Estudos prévios revelam uma relação entre o nível de urbanização com a frequência de morfotipos melânicos, sendo os indivíduos mais escuros os mais abundantes (Johnston and Janiga, 1995; Obukhova, 2011). Desta forma é esperado que estes indivíduos, por também apresentarem uma maior resposta imune (Jacquin et al., 2011), apresentem uma menor carga parasitária, quando comparados a indivíduos que possuem outras colorações de plumagem. Se as diferentes colorações de plumagem estão diretamente relacionadas a adaptações ambientais, nós esperamos que quanto maior a quantidade de melanina presente nas penas, menor seja a carga parasitária nestes indivíduos e consequentemente será observado sobre eles uma menor infestação de hipoboscídeos, bem como de ácaros dermícolos e piolhos foréticos.

Diante do exposto, neste estudo nós analisamos sazonalmente os padrões de distribuição de ácaros dermícolos e piolhos foréticos sobre jovens e adultos de *C. livia* de três distintas colorações de plumagem. As hipóteses deste estudo foram: (1) existem diferenças nos padrões de distribuição de ácaros dermícolos e piolhos foréticos sobre *P. canariensis* coletados em jovens e adultos de *C. livia* de três distintas colorações de plumagem? - (2) as fêmeas de *P. canariensis*, por serem maiores que os machos, são mais infestadas por ácaros e piolhos foréticos? – (3) As maiores infestações por ácaros dermícolos e piolhos foréticos serão observadas sobre os espécimes de *P. canariensis* coletados nas estações mais quentes do ano (primavera e verão)?

6.3 Material e métodos

Neste estudo os espécimes de *C. livia* foram separados em três distintos tipos de coloração da plumagem segundo Johnston and Janiga, (1995): (1) “wild-type” (tipo Selvagem) – espécimes cinza azulados com duas barras de cor azul escuro nas azas; (2) “Blue-checker” - espécimes que apresentam nas asas inúmeras manchas escuras em forma de triângulo e (3) “spread” – espécimes pretos ou praticamente pretos (Figura 1). Estes padrões de coloração de plumagem não diferem entre os sexos e podem ser identificadas a partir da sexta semana de vida das aves (Johnston and Janiga, 1995)

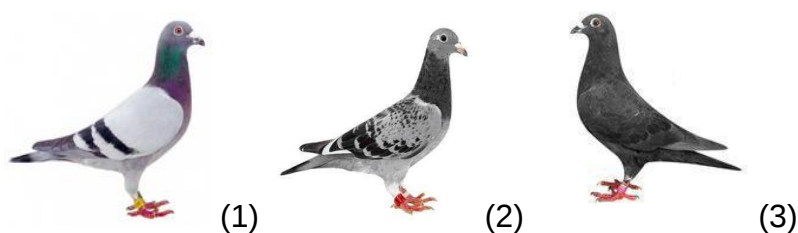


Figura 1: Padrão de coloração de plumagem tipo selvagem (1), blue-checker (2) e Preta (3) dos espécimes jovens e adultos de *Columba livia* capturados, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

Área de estudo: Foi realizada entre julho de 2012 a julho de 2014 a captura dos espécimes de *C. livia* em três distintos locais no município de Pelotas, no extremo sul do Estado do Rio Grande do Sul – galpões de armazenamento no Porto de Pelotas (31°46'55"S; 52°20'01"O), nas fachadas do Grande Hotel (31°46'55"S; 52°20'01"O) e no interior do antigo prédio da Secretaria de Finanças da prefeitura municipal de Pelotas (31°46'13"S; 52°20'31"O). O município de Pelotas está localizado na região geomorfológica da Planície Costeira. Sua população é de aproximadamente 330.000 habitantes e a área que ocupa é de 1.609 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010). O município está inserido no Bioma Pampa, na fisionomia das Formações Pioneiras (vegetação com influência fluvial e/ou lacustre) recebendo influência, devido a sua proximidade, da fisionomia da Floresta Estacional Semidecidual, situada a oeste (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1986).

O clima da região sul do Estado do Rio Grande do Sul é denominado Temperado Úmido (Maluf, 2000). A temperatura média anual da área urbana do município de Pelotas é de 17,5°C e a precipitação média anual é de 1.405 mm, com chuvas regularmente distribuídas durante todo o ano (Maluf, 2000).

Coleta de dados: Nos três locais de estudo realizou-se uma expedição a campo por estação, com duração de três dias, sendo iniciadas as 08:00 hs e encerradas as 18:00 hs. Os espécimes adultos foram capturados com auxílio de redes de neblina, enquanto que a captura dos espécimes jovens foi feita manualmente, uma vez que estes se encontravam sobre ou próximo aos ninhos (Autorização SISBIO nº 38447-1).

Cada ave capturada foi acondicionada individualmente em sacos de algodão até o momento da coleta dos espécimes de *P. canariensis*. A coleta deste hipoboscídeo foi feita mediante inspeção manual entre as penas de cada ave hospedeira, sendo os espécimes capturados com o auxílio de pinças e acondicionados individualmente em microtubos do tipo eppendorf contendo álcool 70%. Os hipoboscídeos foram identificados, com auxílio de microscópio estereoscópico, segundo Graciolli and Carvalho (2003) e Bequaert (1955).

Para este estudo foi confeccionada uma tenda para evitar uma possível fuga dos hipoboscídeos durante a inspeção manual entre as penas dos hospedeiros. Esta tenda possui parte de sua armação constituída por canos de ferro e parte por canos de Policloreto de Vinila (PVC), com suas extremidades unidas por conexões hidráulicas de ferro de meia polegada (conhecidos popularmente por cotovelos hidráulicos). Utilizou-se lona e tela do tipo mosquiteiro para a sua cobertura. Dentro desta tenda permaneceram duas pessoas (Amaral, H.L.C & dos Santos, P.R.S.) que realizaram a inspeção dos hospedeiros e posterior coleta dos hipoboscídeos (Figura 2).

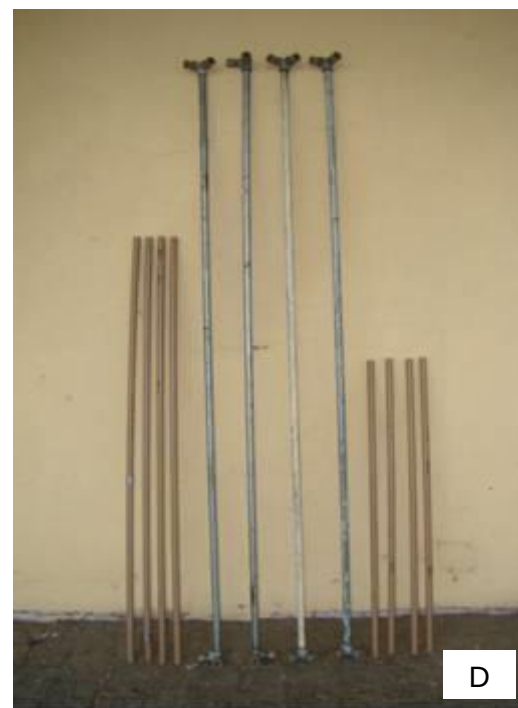
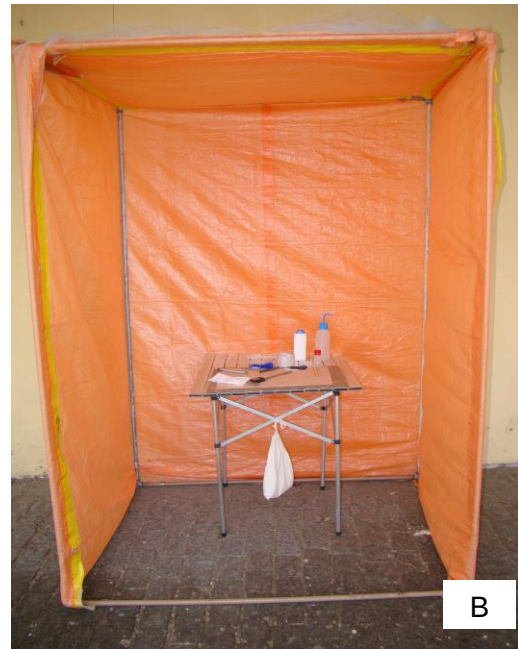


Figura 2: Tenda confeccionada para evitar a fuga dos hipoboscídeos coletados sobre espécimes jovens e adultos de *Columba livia* de três distintos padrões de coloração que foram capturados entre julho de 2012 a julho de 2014 no município de Pelotas, RS, Brasil. (A) dimensões da tenda; (B) vista frontal da tenda; (C) tenda com sua estrutura armada; (C) ferros e canos de PVC utilizados para a confecção da tenda; (E e F) conexões hidráulicas para conexão dos ferros e canos de PVC utilizados para a confecção da tenda.

No Laboratório de Ecologia de Parasitos e Vetores (LEPAV), do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), utilizando-se uma lupa Olympus (modelo SZ51), foi realizada uma inspeção na região dorsal e ventral da cabeça, tórax, abdômen e asas do hipoboscídeo, em busca de ácaros e seus ovos, bem como de piolhos, sendo as localizações nas diferentes regiões identificadas e todas as formas evolutivas contabilizadas.

Os ácaros foram removidos com o auxílio de estilete de ponta fina e pinças, clarificados e montados em lâminas segundo Flechtmann (1975) e para identificação utilizou-se o trabalho de Fain (1965) e as chaves dicotômicas de Gaud and Atyeo (1996) e Furmann and Tharshis (1953) para Epidermoptidae e de Smiley (1970) para a identificação de Cheyletidae. Os piolhos foram montados em preparações permanentes segundo Palma (1978) e identificados conforme Price et al. (2003) e Adams et al. (2005).

Análise dos dados: Os cálculos de prevalência e intensidade média de infestação (IMI) de *P. canariensis*, bem como das espécies de ácaros dermícolos e piolhos foréticos foram realizados segundo estabelecido por Bush et al. (1997). Todas as análises estatísticas foram conduzidas ao nível de significância de $P < 0,05$ e realizadas no programa estatístico R (R Development Team, 2013).

Foram realizados testes de Kruskal-Wallis (KW) para avaliar o efeito de grupo (estações do ano e classe etária do hospedeiro). Quando observada a diferença, as matrizes de cada estação foram reunidas ou separadas de acordo com o teste de pós-análise de Wilcoxon com correção de Bonferroni.

Dentro das matrizes foram utilizados modelos lineares generalizados (GLM) com distribuição de Poisson ou Quasipoisson e Binomial ou Quasibinomial quando houve sobredispersão dos dados, seguido pela análise de resíduos para verificar a adequação da distribuição dos erros e para ajuste dos modelos, considerando as variáveis respostas riqueza de ácaros foréticos,

prevalência de ácaros foréticos, IMI de ácaros foréticos, número de ovos de ácaros foréticos e número de ovos embrionados de ácaros foréticos em função da IMI de *P. canariensis*, sexo do hipoboscídeo e coloração da plumagem de *C. livia*. Os modelos mais simples foram obtidos através da extração dos termos não significativos ($p < 0,05$) a partir do modelo completo composto por todas as variáveis e suas interações conforme sugerido por Crawley (2007).

6.4 Resultados

Foram capturados 377 espécimes de *Columba livia*, sendo 130 (jovens = 67 e adultos = 63) de coloração da plumagem do tipo Blue-checker, 122 (jovens = 68 e adultos = 54) de coloração de plumagem do tipo Preta e 125 (jovens = 46 e adultos = 79) de coloração de plumagem do tipo Selvagem.

Dos 1.381 espécimes de *Pseudolynchia canariensis* coletados, 60% ($n=822$) foram observados sobre espécimes jovens e 40% ($n = 559$) sobre espécimes adultos. Do total de hipoboscídeos coletados, 30% ($n = 414$) foram observados sobre espécimes de coloração de plumagem do tipo blue-checker, 40,2% ($n = 558$) sobre espécimes de coloração de plumagem preta e 29,8% ($n = 409$) foram observados sobre espécimes de coloração de plumagem selvagem.

No geral as fêmeas de *P. canariensis* foram mais abundantes do que os machos. Entretanto, os machos foram mais abundantes sobre os adultos de *C. livia* das três distintas colorações de plumagem, enquanto que as fêmeas foram mais abundantes sobre os espécimes jovens de *C. livia* das três distintas colorações de plumagem (Tabela 1).

Tabela 1. Número de machos e fêmeas de *Pseudolynchia canariensis* coletados sobre espécimes jovens e adultos de *Columba livia* de coloração de plumagem do tipo Blue-checker, Preta e Selvagem, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

Coloração de plumagem	Classe etária do hospedeiro	Número de piolhos machos	Número de piolhos fêmeas	Total
Blue-checker 	Jovem	103	138	241
	Adulto	87	86	173
Preta 	Jovem	171	186	357
	Adulto	108	93	201
Selvagem 	Jovem	109	115	224
	Adulto	102	83	185
	Total	680	701	1.381

Ao todo foram observadas seis espécies de ectoparasitos foréticos, sendo três de ácaros dermícolos: *Myialges anchora*, *Myialges (Promyialges) lophortyx* Furman & Tharshis, 1953 (Astigmata: Epidermoptidae) e *Ornithocheyletia hallae* Smiley, 1970 (Prostigmata: Cheyletidae) e três de piolhos: *Columbicola columbae*, *Campanulotes compar* Burmeister, 1838 (Ischnocera: Philopteridae) e *Hohorstiella lata* Piaget, 1880 (Amblycera: Menoponidae). As espécies mais prevalentes e abundantes de ácaro dermícola e piolho foram *M. anchora* e *C. columbae*, respectivamente. Nos jovens e nos adultos de *C. livia* capturados, tanto sobre as fêmeas, como sobre os machos de *P. canariensis*, a face dorsal e ventral do abdômen foram as regiões do corpo do hipoboscídeo onde se observou o maior número de fêmeas adultas de *M. anchora*, como também de seus ovos, inclusive os embrionados (Tabelas 2 e 3). Sobre os espécimes jovens de *C. livia* esta mesma espécie forética foi mais abundante nos hipoboscídeos coletados sobre os espécimes de coloração de plumagem Blue-checker. Entretanto, sobre os adultos, se mostrou mais abundante sobre os espécimes de coloração de plumagem Preta (Tabelas 4 e 5).

Myialges lophortyx, encontrada exclusivamente na face ventral da asa e próximo a veia M, nos espécimes jovens de *C. livia*, as fêmeas adultas foram mais abundantes sobre os espécimes de coloração de plumagem Preta. Entretanto, sobre os adultos, se mostrou mais abundante sobre os espécimes de coloração Blue-checker (Tabelas 4 e 5).

Ornithocheyletia hallae, espécie forética que utiliza os hipoboscídeos somente para dispersão e encontrada exclusivamente entre o metatórax e o primeiro tergito abdominal, nos espécimes jovens de *C. livia*, as fêmeas adultas foram mais abundantes sobre os espécimes de coloração de plumagem Blue-checker. Entretanto, sobre os adultos, se mostrou ligeiramente mais abundante sobre os espécimes de coloração de plumagem Preta (Tabelas 4 e 5).

Columbicola columbae foi a única espécie forética de piolho observada entre os espécimes jovens de *C. livia* capturados. Esta espécie foi mais abundante sobre os hipoboscídeos machos coletados nos espécimes de coloração de plumagem Preta. Entretanto nos adultos, se mostrou mais abundante nos hipoboscídeos coletados sobre os espécimes de coloração Blue-checker. Foi observado somente um espécime forético de *C. compar* e dois de *H. lata* (Tabelas 4 e 5).

Infestações simultâneas de duas ou mais espécies foréticas foram observadas em 15,7% ($n = 72$) dos hipoboscídeos infestados. Em 34 ocasiões foi observada a infestação simultânea de *M. anchora* e *O. hallae* e em 20 ocasiões a de *M. anchora* e *M. lophortyx*. Em cinco ocasiões foi observada a ocorrência destas três espécies juntas.

Tabela 2. Número de espécimes, ovos (entre parênteses) e ovos embrionados [entre colchetes] de *Myialges anchora* em diferentes regiões do corpo de fêmeas de *Pseudolynchia canariensis* coletadas sobre espécimes jovens e adultos de *Columba livia*, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

<i>Região do corpo</i>	<i>Face Dorsal</i>	<i>Face Ventral</i>	Total
Cabeça	4 (190) [39]	23 (828) [158]	27 (1.018) [197]
Tórax	5 (192) [9]	6 (247) [35]	11 (439) [44]
Abdômen	317 (5.640) [795]	201 (3.793) [511]	518 (9.433) [1.306]
Entre cabeça e tórax	3 (61) [12]	11 (210) [31]	14 (271) [43]
Inserção da asa	2 (48) [13]	10 (456) [68]	12 (504) [81]
Outras regiões	11 (388) [77]	8 (65) [11]	19 (453) [88]
Total	342 (6.519) [945]	259 (5.599) [814]	601 (12.118) [1.759]

Tabela 3. Número de espécimes, ovos (entre parênteses) e ovos embrionados [entre colchetes] de *Myialges anchora* em diferentes regiões do corpo de machos de *Pseudolynchia canariensis* coletadas sobre espécimes jovens e adultos de *Columba livia*, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

<i>Região do corpo</i>	<i>Face Dorsal</i>	<i>Face Ventral</i>	Total
Cabeça	1 (0) [0]	11 (242) [36]	12 (242) [36]
Tórax	2 (0) [0]	0 (0) [0]	2 (0) [0]
Abdômen	122 (2.104) [251]	84 (1.521) [191]	206 (3.625) [442]
Entre cabeça e tórax	1 (15) [0]	3 (119) [20]	4 (134) [20]
Inserção da asa	1 (0) [0]	2 (22) [0]	3 (22) [0]
Outras regiões	1 (0) [0]	3 (103) [19]	4 (103) [19]
Total	128 (2.119) [251]	103 (2.007) [266]	231 (4.126) [517]

Tabela 4. Número de espécimes, ovos (entre parênteses) e ovos embrionados [entre colchetes] de ácaros e piolhos foréticos em diferentes regiões do corpo de machos (♂) e fêmeas (♀) de *Pseudolynchia canariensis* coletados sobre espécimes jovens de *Columba livia* de três distintas colorações de plumagem, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

<i>Espécies foréticas</i>	<i>Blue-checker</i> 	<i>Preta</i> 	<i>Selvagem</i> 
<i>Myialges anchora</i>	♀ 187 (4.214) [571] ♂ 59 (877) [77]	♀ 170 (3.516) [472] ♂ 60 (944) [99]	♀ 103 (2.501) [410] ♂ 54 (848) [106]
<i>Myialges lophortyx</i>	♀ 48 (345) [62] ♂ 0 (11) [6]	♀ 42 (328) [55] ♂ 12 (48) [6]	♀ 16 (155) [42] ♂ 5 (51) [7]
<i>Ornithocheyletia hallae</i>	♀ 51 (0) [0] ♂ 11 (0) [0]	♀ 29 (0) [0] ♂ 25 (0) [0]	♀ 22 (0) [0] ♂ 19 (0) [0]
<i>Columbicola columbae</i>	♀ 1 (0) [0] ♂ 0 (0) [0]	♀ 1 (0) [0] ♂ 5 (0) [0]	♀ 0 (0) [0] ♂ 0 (0) [0]
<i>Campanulotes compar</i>	♀ 0 (0) [0] ♂ 0 (0) [0]	♀ 0 (0) [0] ♂ 0 (0) [0]	♀ 0 (0) [0] ♂ 0 (0) [0]
<i>Hohorstiella lata</i>	♀ 0 (0) [0] ♂ 0 (0) [0]	♀ 0 (0) [0] ♂ 0 (0) [0]	♀ 0 (0) [0] ♂ 0 (0) [0]
Total	♀ 287 (4.559) [633] ♂ 70 (888) [83]	♀ 242 (3.844) [527] ♂ 102 (992) [105]	♀ 141 (2.656) [452] ♂ 78 (899) [113]

Tabela 5. Número de espécimes, ovos (entre parênteses) e ovos embrionados [entre colchetes] de ácaros e piolhos foréticos em diferentes regiões do corpo de machos (♂) e fêmeas (♀) de *Pseudolynchia canariensis* coletados sobre espécimes adultos de *Columba livia* de três distintas colorações de plumagem, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

Espécies foréticas	Blue-checker 	Preta 	Selvagem 
<i>Myialges anchora</i>	♀ 81 (913) [148] ♂ 27 (685) [90]	♀ 94 (1.512) [225] ♂ 22 (578) [76]	♀ 39 (915) [121] ♂ 37 (669) [116]
<i>Myialges lophortyx</i>	♀ 32 (191) [33] ♂ 3 (0) [0]	♀ 7 (66) [18] ♂ 8 (48) [9]	♀ 2 (20) [0] ♂ 23 (245) [31]
<i>Ornithocheyletia hallae</i>	♀ 42 (0) [0] ♂ 10 (0) [0]	♀ 30 (0) [0] ♂ 24 (0) [0]	♀ 30 (0) [0] ♂ 15 (0) [0]
<i>Columbicola columbae</i>	♀ 4 (0) [0] ♂ 3 (0) [0]	♀ 0 (0) [0] ♂ 3 (0) [0]	♀ 1 (0) [0] ♂ 0 (0) [0]
<i>Campanulotes compar</i>	♀ 0 (0) [0] ♂ 0 (0) [0]	♀ 0 (0) [0] ♂ 1 (0) [0]	♀ 0 (0) [0] ♂ 0 (0) [0]
<i>Hohorstiella lata</i>	♀ 0 (0) [0] ♂ 1 (0) [0]	♀ 0 (0) [0] ♂ 0 (0) [0]	♀ 1 (0) [0] ♂ 0 (0) [0]
Total	♀ 159 (1.104) [181] ♂ 44 (685) [90]	♀ 131 (1.578) [243] ♂ 58 (626) [85]	♀ 73 (935) [121] ♂ 75 (914) [147]

Não foi observada diferença na prevalência de associações foréticas nos hipoboscídeos coletados sobre os espécimes jovens e adultos de *C. livia* das três distintas colorações de plumagem (Chi= 3,37; DF=1; P=0,06). Entretanto, observou-se uma diferença na prevalência de foréticos entre as estações do ano (Chi=15,31; DF=3; P<0,001). O teste de pós-análise de Wilcoxon com correção de Bonferroni revelou uma diferença significativa na prevalência entre as estações frias (outono e inverno) e quentes (primavera e verão). Tanto nas estações quentes (Chi=9,97; DF=1;37; P=0,01), quanto nas frias (Chi=11,33; DF=1;36; P<0,001; Figura 3) observou-se uma relação positiva entre prevalência de foréticos e a abundância de *P. canariensis*.

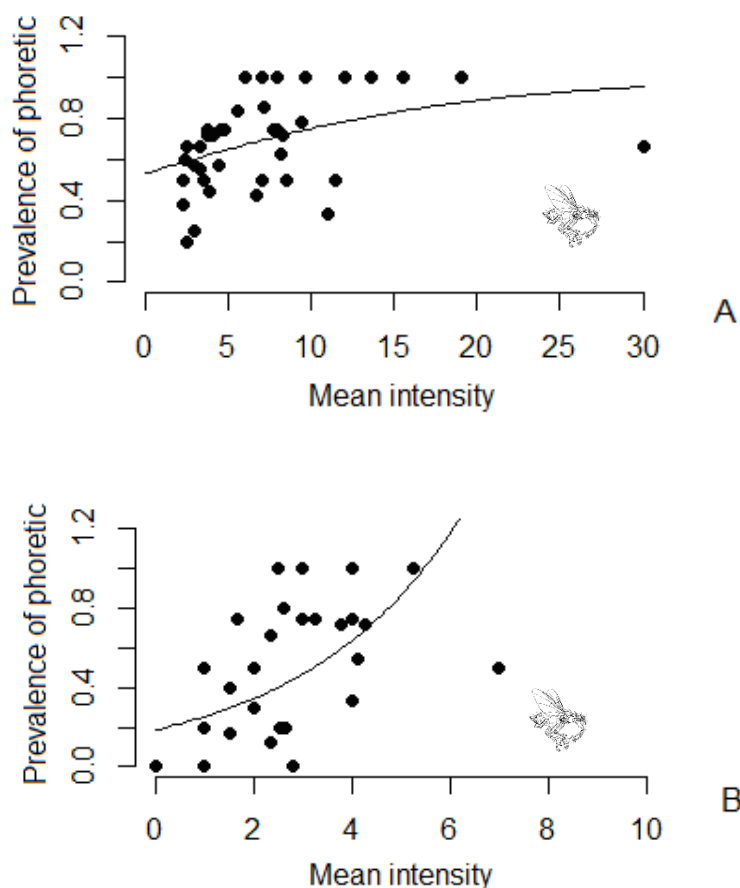


Figura 3: Variação da prevalência de ácaros e piolhos foréticos em relação a intensidade média de infestação de *Pseudolynchia canariensis* sobre espécimes jovens e adultos de *Columba livia* de três distintas colorações de plumagem capturados na primavera e no verão (A), e no outono e no inverno (B), entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

Não foi observada diferença significativa na riqueza de espécies foréticas nos hipoboscídeos coletados sobre os espécimes jovens e adultos de *C. livia* das três distintas colorações de plumagem ($\chi^2 = 2,03$; $DF=1$; $P=0,15$). Entretanto, observou-se uma diferença na riqueza de espécies foréticas entre as estações do ano ($\chi^2=20,50$; $DF=3$; $P<0,001$). O teste de pós-análise de Wilcoxon com correção de Bonferroni revelou uma diferença significativa na riqueza de espécies foréticas entre as estações frias e quentes. Tanto no verão e na primavera ($\chi^2=6,27$; $DF=1$; $P<0,001$; Figura 4), quanto no outono e inverno ($\chi^2=15,79$; $DF=1$; $P<0,001$; Figura 4) observou-se uma correlação positiva entre a riqueza de espécies foréticas e a abundância de *P. canariensis*.

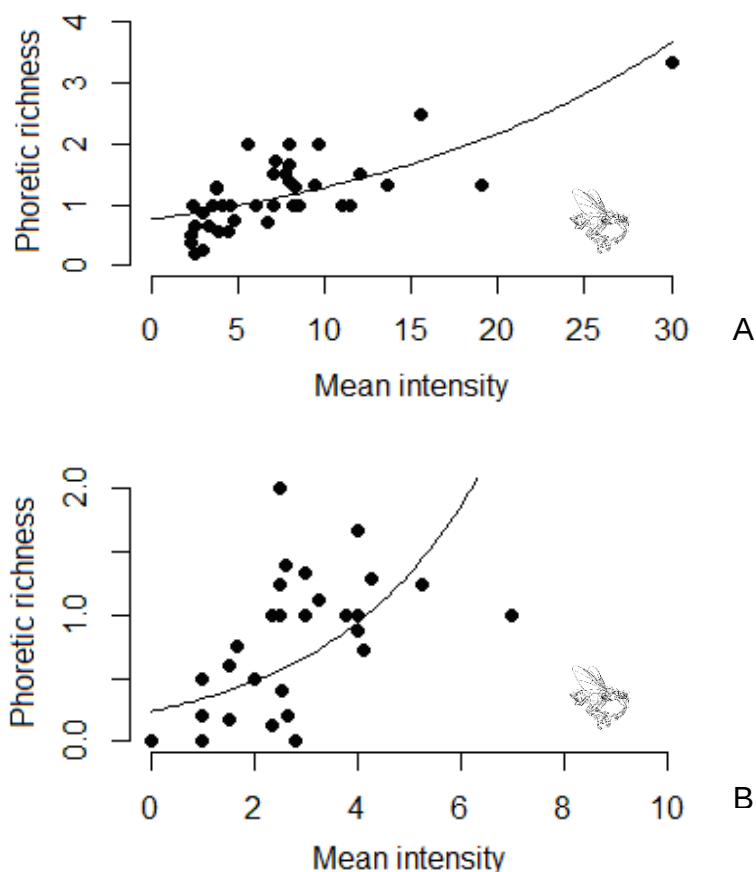
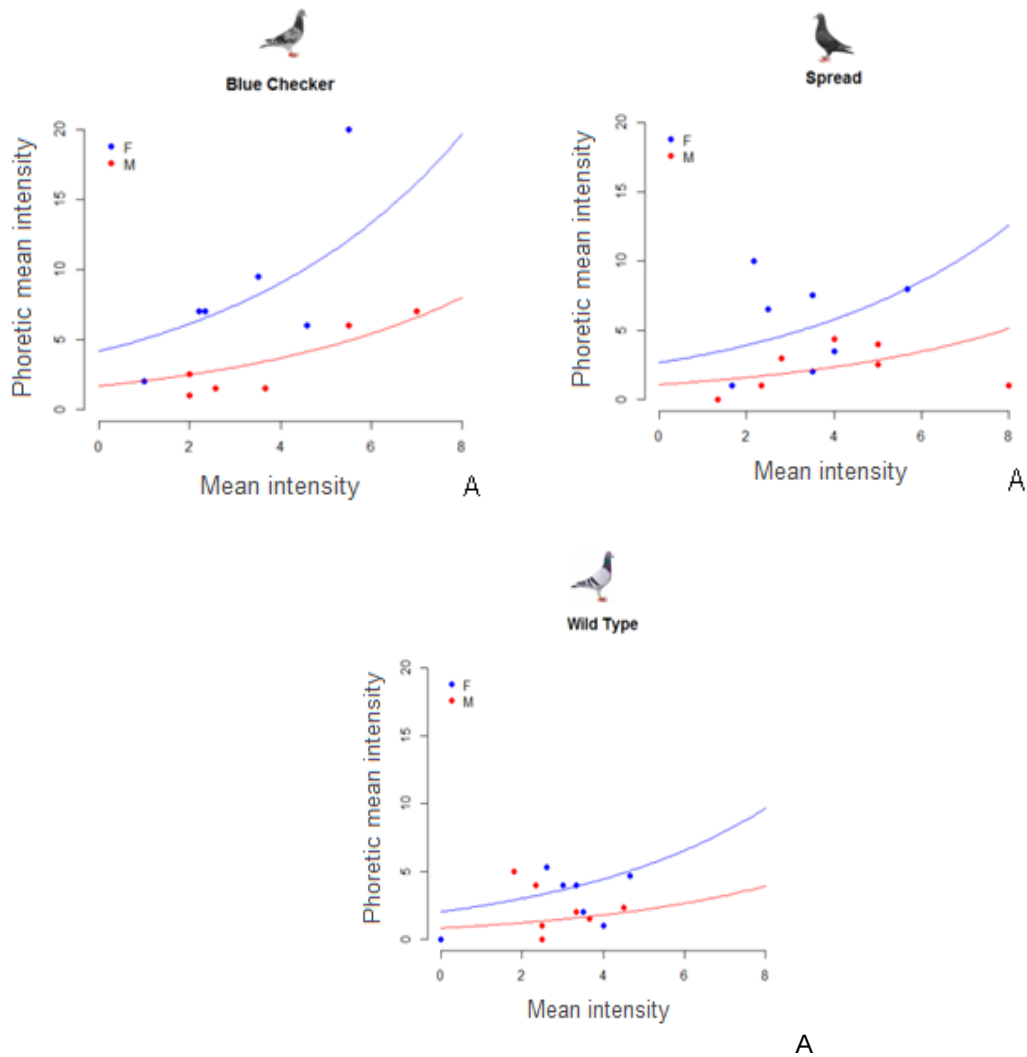


Figura 4: Variação da riqueza de espécies foréticas em relação a intensidade média de infestação de *Pseudolynchia canariensis* sobre espécimes jovens e adultos de *Columba livia* de três distintas colorações de plumagem capturados na primavera e no verão (A), e no outono e no inverno (B), entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

Foi observada diferença significativa na intensidade média de foréticos entre os hipoboscídeos coletados sobre espécimes jovens e adultos de *C. livia* ($\chi^2=5,7$; $DF=1$; $P=0,01$). Além disso, foi observada também uma diferença na intensidade média de foréticos entre as estações de ano ($\chi^2=18,40$; $DF=3$; $P<0,001$). Entre os adultos de *C. livia*, na primavera e no verão, a intensidade média de foréticos mostrou relação com a IMI de *P. canariensis* ($\chi^2=104,01$; $DF=1;38$; $P=0,009$), com a coloração da plumagem do hospedeiro ($\chi^2=60,96$; $DF=2;35$; $P=0,02$) e com o sexo do hipoboscídeo ($\chi^2=74,53$; $DF=1;37$; $P<0,001$), sendo as fêmeas mais infestadas. O padrão mostrou-se o mesmo nas três distintas colorações de plumagem, entretanto os hipoboscídeos coletados nos adultos de coloração de plumagem blue-checker foram estatisticamente mais infestados por foréticos do que os hipoboscídeos

coletados sobre os hospedeiros de coloração de plumagem preta e tipo selvagem (Figura 5). No outono e no inverno, novamente a intensidade média de foréticos mostrou-se relacionada com a IMI de *P. canariensis* (Chi=116,65; DF=1;40; $P<0,001$), com a coloração da plumagem (Chi=74,67; DF=2;37; $p=0,005$; Figura 5) e com o sexo do hipoboscídeo (Chi=97,49; DF=1;39; $P=0,003$).



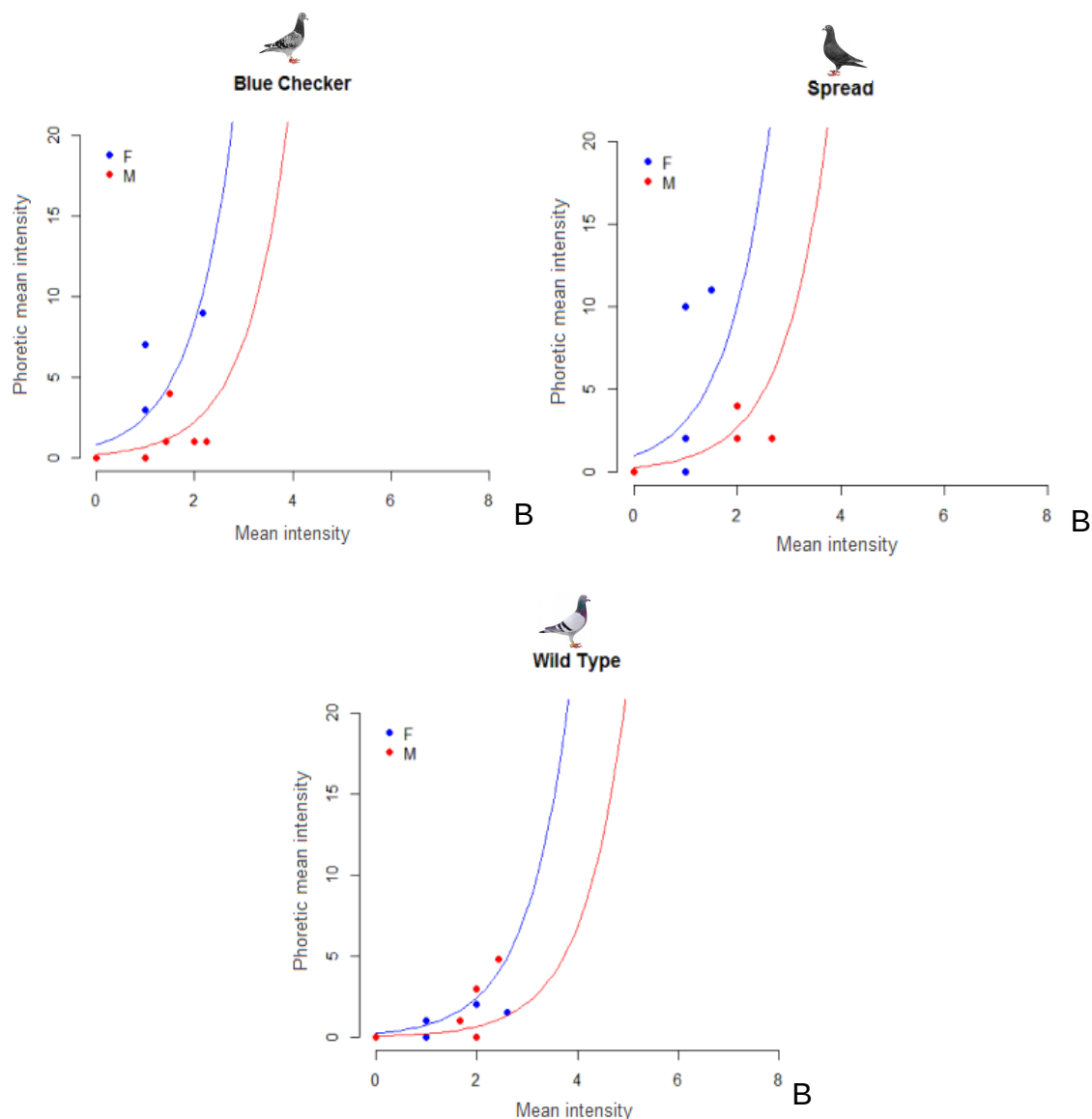


Figura 5: Variação na intensidade média de foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de *Pseudolynchia canariensis* sobre espécimes adultos de *Columba livia* de três distintas colorações de plumagem capturados na primavera e no verão (A) e no outono e no inverno (B), entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

Já, entre os espécimes jovens de *C. livia*, enquanto que na primavera e no verão a intensidade média de foréticos mostrou-se relacionada somente com o sexo do hipoboscídeo, sendo as fêmeas as mais infestadas ($\chi^2=12,55$; $DF=1$; $P=0,001$), no outono e no inverno, esta mesma variável mostrou-se relacionada somente com a IMI de *P. canariensis* ($\chi^2=149,52$; $DF=1$; $P=0,04$; Figura 6).

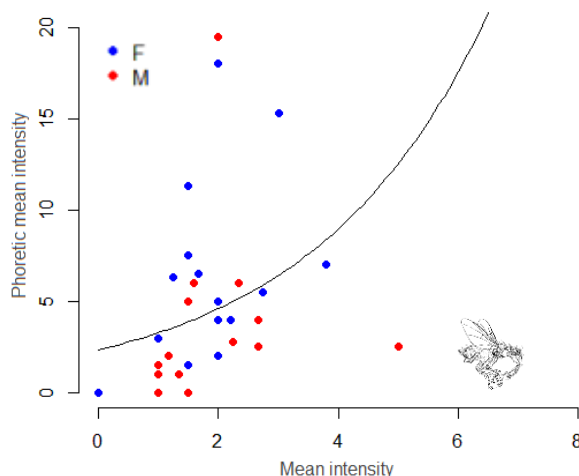


Figura 6: Variação na intensidade média de foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de *Pseudolynchia canariensis* sobre espécimes jovens de *Columba livia* de três distintas colorações de plumagem capturados no outono e no inverno, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

Foi observada uma diferença significativa, tanto na intensidade média de ovos de ácaros foréticos depositados nos hipoboscídeos coletados sobre os espécimes jovens e os adultos de *C. livia* ($\chi^2=5,47$; $DF=1$; $P=0,02$), como também entre as estações de ano ($\chi^2=32,64$; $DF=3$; $P<0,001$). O teste de pós-análise de Wilcoxon com correção de Bonferroni revelou uma diferença significativa na intensidade média de ovos de foréticos entre as estações quentes e as estações frias.

Entre os adultos de *C. livia*, na primavera e no verão, a intensidade média de ovos de ácaros foréticos mostrou-se relacionado com a IMI de *P. canariensis* ($\chi^2=718$; $DF=1;38$; $P=0,04$), ocorrendo sobre as fêmeas a maior deposição de ovos ($\chi^2=601,24$; $DF=1;37$; $P=0,01$; Figura 7). No outono e no inverno a intensidade média de ovos de ácaros foréticos se mostrou relacionada com a IMI de *P. canariensis* ($\chi^2=250,15$; $DF=1;40$; $p<0,001$) e com a coloração da plumagem da ave hospedeira ($\chi^2=226,28$; $DF=2;37$; $P=0,01$). O sexo do hipoboscídeo somente interferiu quando interagiu com a coloração da plumagem do hospedeiro ($\chi^2=117,5$; $DF=2;32$; $P=0,002$; Figura 8). Os modelos que descrevem as diferenças entre os padrões de cores dos hospedeiros adultos e o sexo dos hipoboscídeos, no outono e no inverno, possuem desvio padrão alto e baixa porcentagem de explicação, apesar de serem significativos. Entretanto, o padrão geral que descreve a influência da

variação da IMI de *P. canariensis* sobre a intensidade média de ovos de ácaros foréticos é consistente e altamente explicativo.

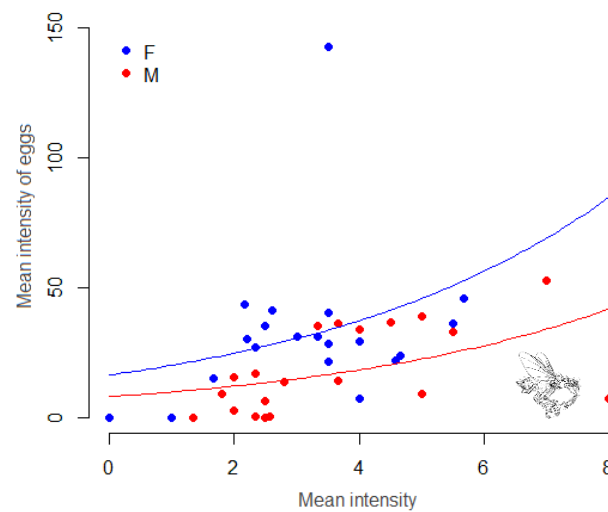
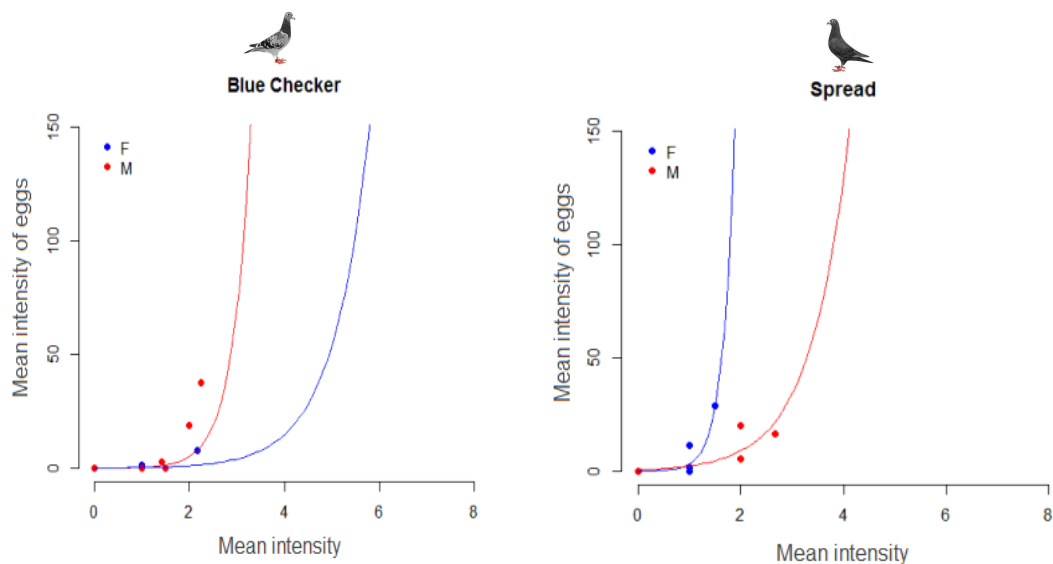


Figura 7: Variação na intensidade média de ovos de ácaros foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de *Pseudolynchia canariensis* sobre espécimes adultos de *Columba livia* de três distintas colorações de plumagem capturados na primavera e no verão, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.



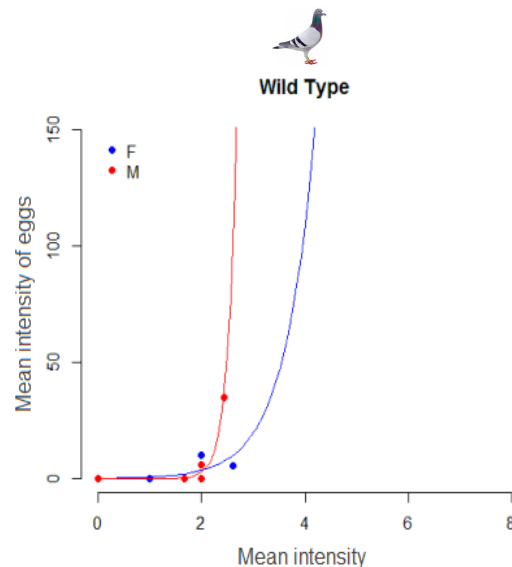
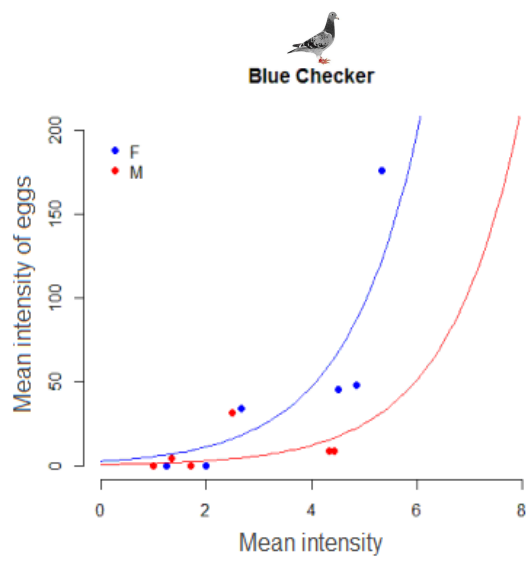
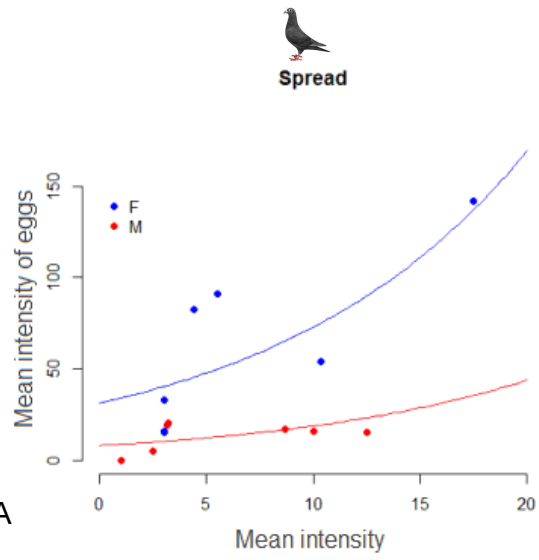


Figura 8: Variação na intensidade média de ovos de ácaros foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de *Pseudolynchia canariensis* sobre espécimes adultos de *Columba livia* de três distintas colorações de plumagem capturados no outono e no inverno, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

Entre os espécimes jovens de *C. livia*, na primavera e no verão, a intensidade média de ovos de ácaros foréticos mostrou relação com a IMI de *P. canariensis* ($\text{Chi}=1600$; $\text{DF}=1,36$; $P=0,002$) e com o sexo do hipoboscídeo ($\text{Chi}=1044,35$; $\text{DF}=1,35$; $P<0,001$), com a maior deposição de ovos ocorrendo sobre as fêmeas. A coloração da plumagem somente mostrou-se significativa quando interagiu com a IMI de *P. canariensis* ($\text{Chi}=809,3$; $\text{DF}=2,31$; $P=0,03$; Figura 9). No outono e no inverno a intensidade média de ovos de ácaros foréticos se mostrou relacionada com a IMI de *P. canariensis* ($\text{Chi}=1852,5$; $\text{DF}=1,32$; $P=0,01$) e com o sexo do hipoboscídeo ($\text{Chi}=1329,2$; $\text{DF}=1,31$; $p<0,001$), com a maior deposição de ovos ocorrendo sobre as fêmeas, com exceção dos hipoboscídeos coletados sobre os hospedeiros de coloração de plumagem preta. A coloração da plumagem somente mostrou-se significativa quando interagiu com a IMI de *P. canariensis* e com o sexo do hipoboscídeo ($\text{Chi}=787,9$; $\text{DF}=2,22$; $P=0,04$; Figura 9).



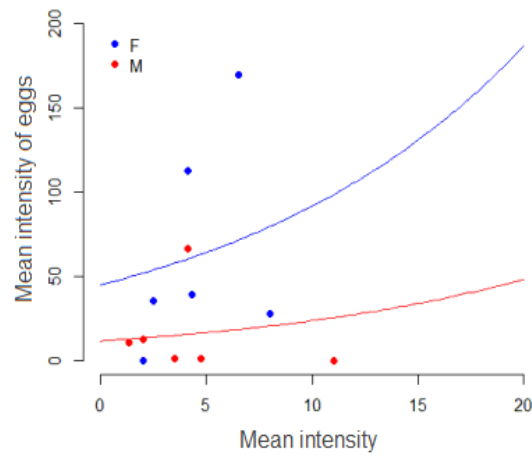
A



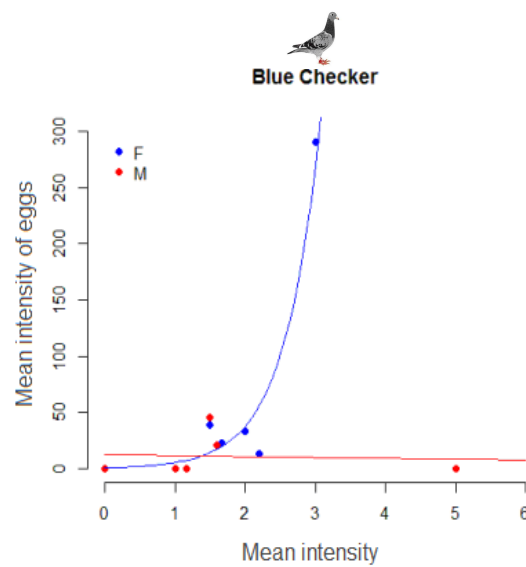
A



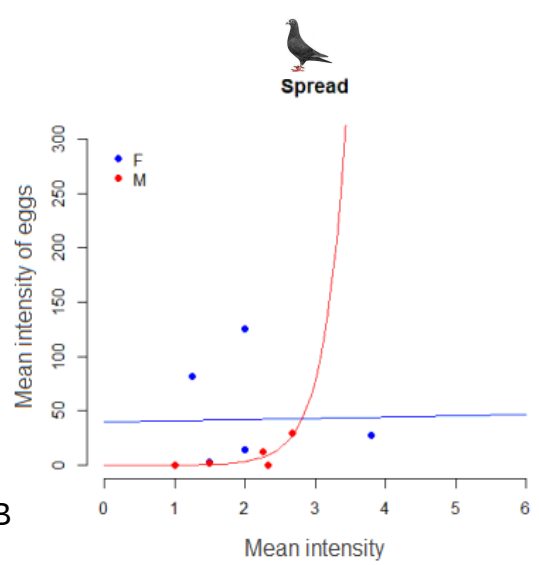
Wild Type



A



B



B

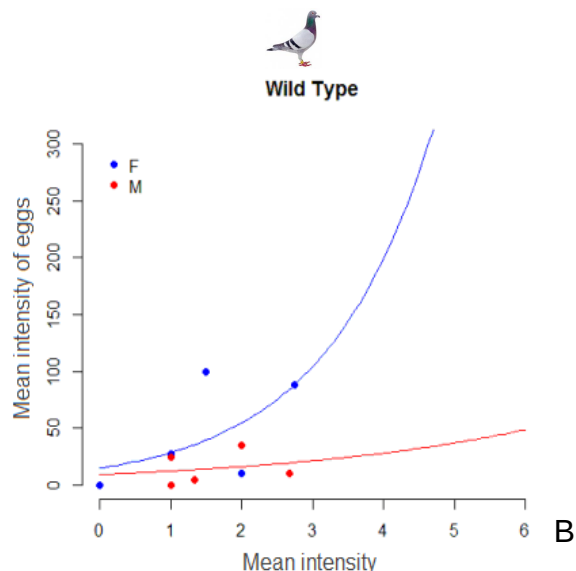


Figura 9: Variação na intensidade média de ovos de ácaros foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de *Pseudolynchia canariensis* sobre espécimes jovens de *Columba livia* de três distintas colorações de plumagem capturados na primavera e no verão (A) e no outono e no inverno (B), entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

Foi observada uma diferença significativa na intensidade média de ovos embrionados de ácaros foréticos depositados nos hipoboscídeos coletados sobre os espécimes jovens e adultos de *C. livia* ($\text{Chi}=4,51$; $\text{DF}=1$; $P=0,03$), como também entre as estações de ano ($\text{Chi}=28,24$; $\text{DF}=3$; $P<0,001$). O teste de pós-análise de Wilcoxon com correção de Bonferroni revelou diferenças significativas na intensidade média de ovos dos foréticos entre as estações frias e as estações quentes.

Entre os adultos de *C. livia*, na primavera e no verão, a intensidade média de ovos embrionados de ácaros foréticos mostrou relação com o sexo do hipoboscídeo ($\text{Chi}=133,42$; $\text{DF}=1$; $P=0,01$), sendo maior sobre as fêmeas de *P. canariensis*. No outono e no inverno, a intensidade média de ovos embrionados foi determinada pela interação com a IMI de *P. canariensis* ($\text{Chi}=63,39$; $\text{DF}=1;40$; $P<0,001$; Figura 10).

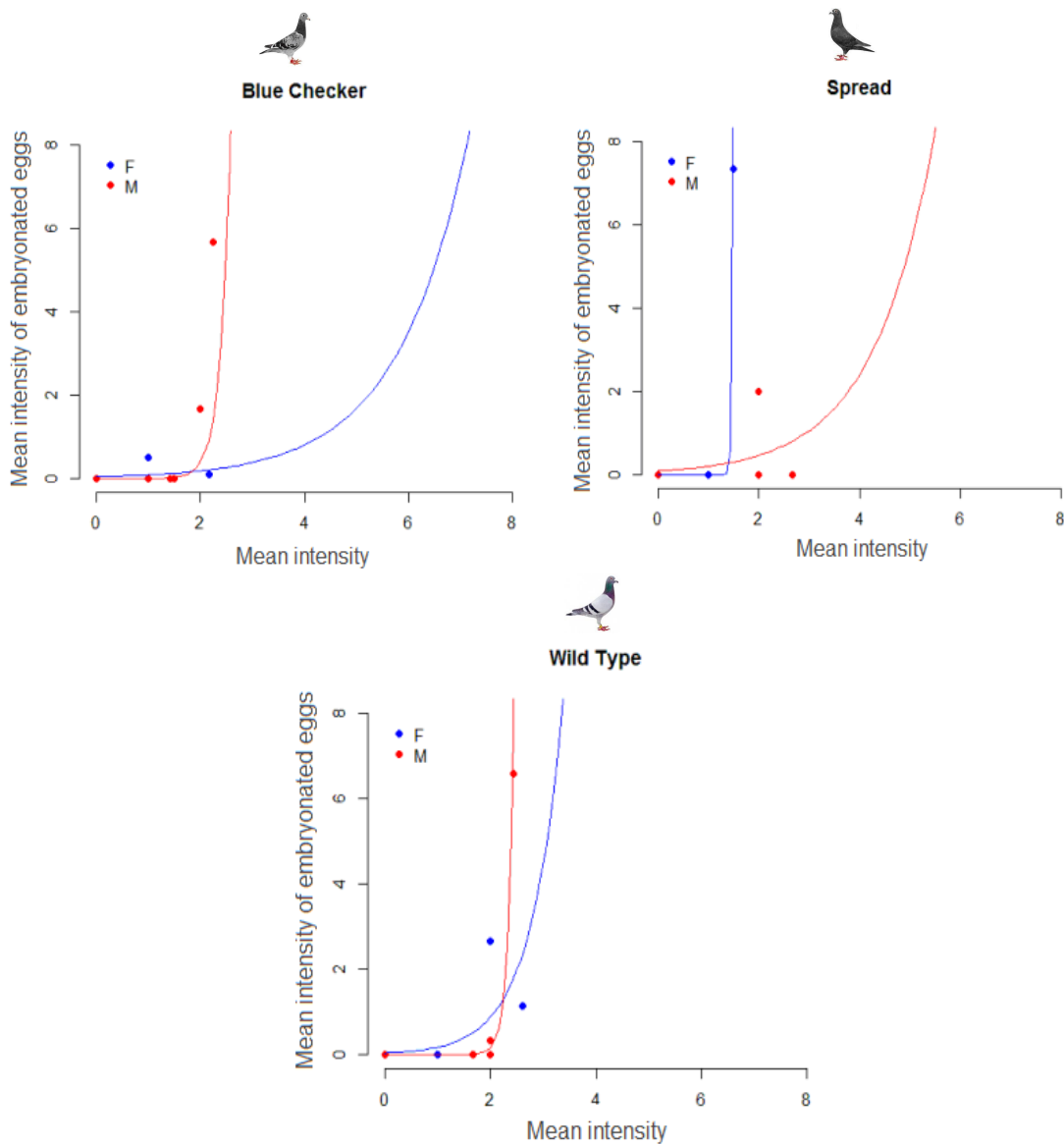


Figura 10: Variação na intensidade média de ovos embrionados de ácaros foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de *Pseudolynchia canariensis* sobre espécimes adultos de *Columba livia* de três distintas colorações de plumagem capturados no outono e no inverno, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

Entre os espécimes jovens, na primavera e no verão, a intensidade média de ovos embrionados se mostrou relacionado com a IMI de *P. canariensis* ($\text{Chi}=317,75$; $\text{DF}=1;36$; $P=0,001$), com o sexo do hipoboscídeo ($\text{Chi}=200,34$; $\text{DF}=1;35$; $p<0,001$), sendo maior sobre as fêmeas. A coloração da plumagem somente mostrou-se significativa quando interagiu com a IMI de *P. canariensis* ($\text{Chi}=126,8$; $\text{DF}=2;31$; $p<0,001$; Figura 11). No outono e no inverno, a intensidade média de ovos embrionados foi significante quando interagiu com a IMI de *P. canariensis* ($\text{Chi}=265,5$; $\text{DF}=1;32$; $P=0,03$) e com o sexo do

hipoboscídeo (Chi=187; DF=1;31; $P<0,001$), sendo também maior sobre as fêmeas (Figura 12).

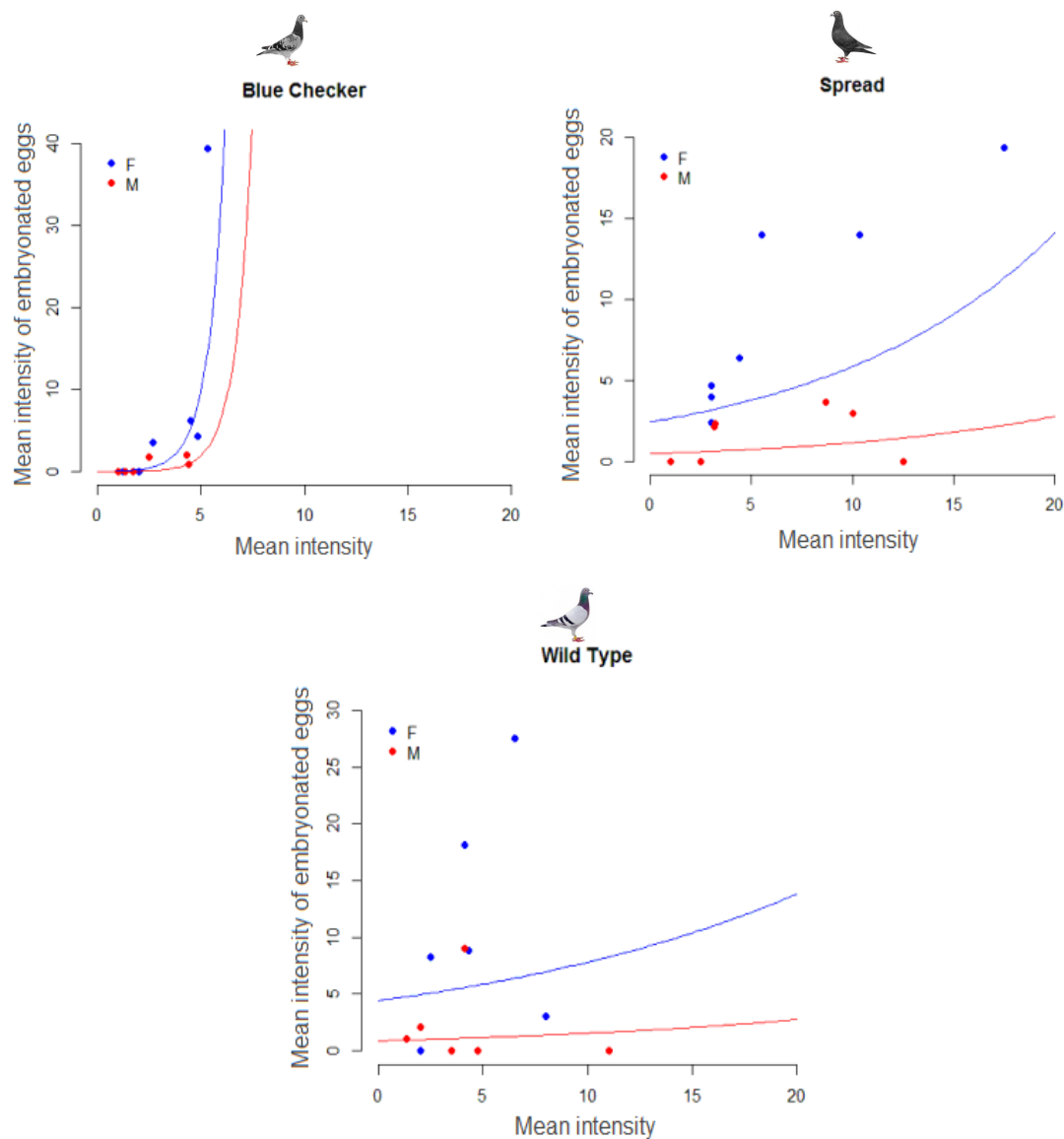


Figura 11: Variação na intensidade média de ovos embrionados de ácaros foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de *Pseudolynchia canariensis* sobre espécimes jovens de *Columba livia* de três distintas colorações de plumagem capturados na primavera e no verão, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

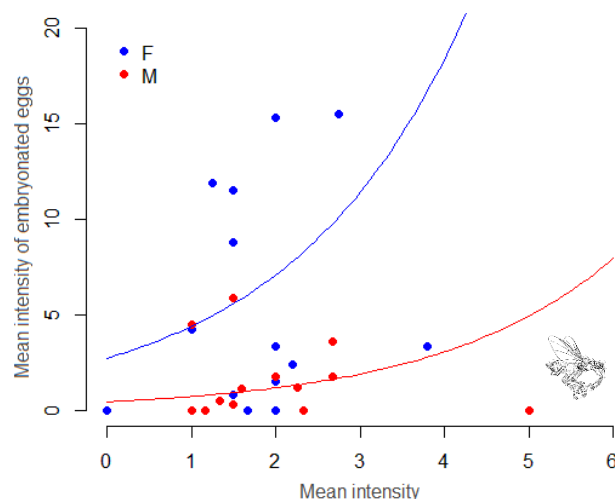


Figura 12: Variação na intensidade média de ovos embrionados de ácaros foréticos em relação a intensidade média de infestação de machos (pontos vermelhos) e fêmeas (pontos azuis) de *Pseudolynchia canariensis* sobre espécimes jovens de *Columba livia* de três distintas colorações de plumagem capturados no outono e no inverno, entre julho de 2012 a julho de 2014, no município de Pelotas, RS, Brasil.

6.5 Discussão

Neste estudo, *P. canariensis* esteve presente em 75% dos hospedeiros capturados. Este valor é mais baixo, quando comparado aos estudos de Dranzoa et al. (1999), Marques et al. (2007) e Amaral et al. (2013). As altas prevalências observadas revelam uma forte interação de *P. canariensis* com *C. livia*. A prevalência deste hipoboscídeo foi maior sobre os espécimes jovens (85%) do que sobre os adultos (66%). Entretanto, no trabalho de Radfar et al. (2012) a prevalência sobre os espécimes adultos foi significativamente maior, quando comparada a observada sobre os jovens. Os jovens, por permanecerem durante certo período sobre ou próximos aos ninhos, tendem a uma maior infestação devido a proximidade aos pupários, que são frequentemente encontrados ao redor dos ninhos (Bequaert, 1953). Já, a baixa infestação sobre os hospedeiros adultos é esperada, pois possuem um nível de imunidade maior do que o dos jovens (Merila et al. 1995). Além disso, os hospedeiros adultos usam eficientemente o bico e as garras para o controle populacional destes ectoparasitos (Clayton et al. 2010; Waite et al. 2012).

Associações foréticas foram observadas em 33% (machos = 177, fêmeas = 282) dos espécimes de *P. canariensis* coletados. Este resultado é

mais alto ao observado por Amaral et al. (2013) e baixo quando comparado com os estudos de Marcelino et al. (2009), Valim and Gazêta (2007) e Macchioni et al. (2005), que reportaram uma prevalência de 47%, 51% e 54%, respectivamente. A variação na porcentagem de associações foréticas observada nos estudos supracitados pode estar associada a variáveis climáticas (temperatura e umidade), a características da população hospedeira amostrada, como tamanho populacional, assim como a comportamentos reprodutivos e sociais (Blanco and Frías 2001; Hamstra and Badyaev 2009), os quais podem também afetar as populações das espécies de ectoparasitos. Além disso, as populações de *P. canariensis* nestes estudos podem ser maiores ao observada no presente estudo e, desta forma, podem resultar em uma maior quantidade de associações foréticas.

Espécimes foréticos de *M. anchora* foram os mais prevalentes e abundantes sobre *P. canariensis*. Este resultado também foi observado por Valim and Gazêta (2007). Representantes do gênero *Myialges* Trouessart, 1906 completam parte do seu ciclo sobre a pele das aves e possuem uma obrigatória associação com hipoboscídeos (Fain and Grootaert 1996). Como observado por Valim and Gazêta (2007), o número de adultos e ovos de *M. anchora* foi maior sobre a superfície dorsal do abdômen de *P. canariensis*. A seleção desta região do corpo do hipoboscídeo, tanto para fixação quanto para deposição dos ovos pode ser devida a proteção fornecida pelas asas, diminuindo o atrito com as penas da ave hospedeira, o que poderia causar o desprendimento das fêmeas bem como dos ovos.

Nenhuma postura de ovos de ácaros *O. hallae* foi observada no presente estudo. Este resultado também foi observado por Valim and Gazêta (2007), Marcelino et al. (2009) e Amaral et al. (2013). Segundo Feres and Flechtmann (1991), esta espécie de ácaro prende-se fracamente ao corpo do hipoboscídeo sem a realização de posturas, o que sugere uma estratégia somente para dispersão.

Como o observado por Feres and Flechtmann (1991), Marcelino et al. (2009) e Amaral et al. (2013), no presente estudo os espécimes de *M. lophortyx* foram encontrados aderidos nas asas do hipoboscídeo. A presença deste ácaro exclusivamente nesta região sugere uma preferência ou uma restrição devido à competição com outra espécie de ácaro.

A associação forética entre *P. canariensis* e *C. columbae* foi também registrada por Macchioni et al. (2005) e Harbison et al. (2009). Este espécie de piolho é comumente encontrada nas rêmiges e retrizes de *C. livia*. Possui apêndices longos que facilitam a sua fixação ao corpo do hipoboscídeo (Harbison et al. 2009). Bush and Malenke (2008) demonstraram que *C. columbae* utiliza também os hipoboscídeos como estratégia de fuga de espécimes de *C. compar*, que foram considerados competidores superiores. *Campanulotes compar* e *H. lata* são frequentemente observadas sobre *C. livia* (Nelson and Murray, 1971), entretanto os seus registros como espécies foréticas sobre *P. canariensis* foram registrados pela primeira vez no presente estudo.

Como reportado por Marcelino et al. (2009) e Amaral et al. (2013), a infestação simultânea de *M. anchora* e *O. hallae* foi a mais observada sobre os hipoboscídeos neste estudo.

Nas estações mais quentes foi observada uma maior prevalência, IMI e maior riqueza de espécies foréticas sobre *P. canariensis*. Alterações sazonais na prevalência e na abundância podem ocorrer devido a sincronização reprodutiva de algumas espécies de parasitos com seus hospedeiros (Foster, 1969; Marshall, 1981; Blanco and Frías, 2001; Altizer et al., 2004; Dietsch, 2005), o que facilita a dispersão dos parasitos devido ao maior número de contatos físicos entre hospedeiros durante este período. Provavelmente os foréticos também utilizam estes períodos para dispersarem, uma vez que a maior abundância de *P. canariensis* ocorreu nas estações mais quentes (ver Capítulo 2).

Tanto nos filhotes, quanto nos adultos de *C. livia*, a IMI de foréticos sobre as fêmeas de *P. canariensis* foi estatisticamente superior quando comparada a dos machos. A maior infestação de foréticos sobre as fêmeas de *P. canariensis* deve-se possivelmente ao seu maior tamanho corporal, o que lhes confere maior capacidade de deslocamento (Hamilton, 1967; Dick and Patterson, 2008), aumentando, desta forma, as chances de encontro de um novo hospedeiro.

No presente estudo, a coloração da plumagem dos hospedeiros não influenciou na infestação de *P. canariensis* sobre os espécimes jovens e adultos de *C. livia* (ver Capítulo 2). Desta forma, a sua influência sobre as

associações foréticas também não foi observada, uma vez que não foi detectado um padrão consistente sobre os hipoboscídeos. Em alguns estudos tem sido demonstrado que tanto a coloração, quanto o brilho da plumagem do hospedeiro pode ser considerado um indicativo de seu estado sanitário (Johnson and Johnston, 1989; del Cerro et al. 2010; Jacquin et al. 2011) e, desta forma, esperava-se que a menor abundância de ácaros dermícolos e piolhos foréticos se desse sobre os indivíduos de coloração de plumagem preta, devido a sua maior capacidade de resposta imune, inclusive ao parasitismo como observado por Gasparini et al. (2011).

A abundância de ovos, inclusive de embrionados, de ácaros dermícolos foréticos depositados sobre os hipoboscídeos coletados nos espécimes jovens de *C. livia* foi significativamente maior, quando comparado ao número de ovos observados sobre os hipoboscídeos coletados nos hospedeiros adultos. Este resultado provavelmente se deu pela maior infestação de hipoboscídeos e de ácaros dermícolos sobre os jovens, devido a baixa imunidade e capacidade de controle populacional destes ectoparasitos por estes hospedeiros durante esta fase da vida (Clayton and Moore, 1997). Além disso, nos espécimes jovens de *C. livia* foi observada uma maior abundância de ovos de ácaros dermícolos sobre as fêmeas de *P. canariensis*. Esta maior deposição de ovos sobre as fêmeas pode ser decorrente do maior tamanho corporal e maior longevidade (Bequaert, 1953), o que provavelmente lhes garante um maior número de hospedeiros parasitados ao longo da vida, quando comparado aos machos. Desta forma, as larvas que eclodirão sobre elas podem ser transmitidas a um maior número de hospedeiros.

Com base nos resultados encontrados neste trabalho, sobre *C. livia*, os ácaros Epidermoptidae utilizam hipoboscídeos como forma de dispersão e para oviposição, se fixando preferencialmente na face dorsal do abdômen e na face ventral das asas. Entretanto, as espécies de piolhos observadas e *O. hallae* utilizam hipoboscídeos somente como forma de dispersão, ocorrendo este último preferencialmente entre o metatórax e o primeiro tergito abdominal. Nas estações mais quentes foi observada uma maior prevalência, IMI e maior riqueza de espécies foréticas sobre *P. canariensis*. Em todas as estações do ano foi observada maior abundância de ovos de ácaros foréticos, inclusive embrionados, sobre as fêmeas de *P. canariensis*.

6.6 Referências

Adams, R.J., Price, R.D., Clayton, D.H., 2005. Taxonomic revision of old world members of the feather louse genus *Columbiciola* (Phthiraptera: Ischnocera), including descriptions of eight new species. J. Nat. Hist. 39(41), 3545–3618.

Altizer, S., Davis, A.K., Cook, K.C., Cherry, J.J., 2004. Age, sex, and season affect the risk of mycoplasmal conjunctivitis in a southeastern house finch population. Can J Zool, 82, 755–763.

Amaral, H.L.C., Bergmann, F.B., Silveira, T., Santos, P.R.S., Krüger, R. F., 2013. *Pseudolynchia canariensis* (Diptera: Hippoboscidae): distribution pattern and phoretic association with skin mites and chewing lice of *Columba livia* (Aves: Columbidae). J. N. Hist., 47, 2927-2936.

Anderson, R.M., May, R.M., 1979. Population biology of infectious diseases: part I. Nature, 280, 361-367.

Ash, J.S., 1960. A study of the Mallophaga of birds with particular reference to their ecology. Ibis, 102, 93–110.

Athias-Binche, F., 1991. Evolutionary ecology of dispersal in mites. In: Dusbabek, F., Bukva, V. (Ed.), Modern acarology. SPB Academic, Prague, pp. 27–41.

Athias-Binche, F., 1994. La phorésie chez les acariens. Aspects adaptatifs et évolutifs. Editions du Castillet, Perpignan.

Baker, J.R., 1967. A review of the role played by the Hippoboscidae (Diptera) as vectors of endoparasites. J. Parasitol., 53, 412-418.

Bequaert, J.C., 1953. The Hippoboscidae or Louse-Flies (Diptera) of Mammals and Birds. Part 1. Structure, Physiology and Natural History. Entomol. Am., 32, 1-209.

Bequaert, J.C., 1955. The Hippoboscidae or louse-flies (Diptera) of mammals and birds. Part II. Taxonomy. Entomol. Am., 35, 233-416.

Blanco, G., Frías, O., 2001. Symbiotic feather mites synchronize dispersal and population growth with host sociality and migratory disposition. Ecography, 24, 113–120.

Bush, A.O., Lafferty, K.D., Lotz, J.M., Shostak, A.W., 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. *J Parasitol.*, 83(4), 575-583.

Bush, S.E., Malenke, J.R., 2008. Host defence mediates interspecific competition in ectoparasites. *J. Anim. Ecol.*, 77, 558–564.

Clayton, D.H., Bush, S.E., Johnson, K.P., 2004. Ecology of congruence: Past meets present. *Syst Biol*, 53(1), 165–173.

Clayton, D.H., Koop, J.A.H., Harbison, C.W., Moyer, B.R., Bush, S.E., 2010. How birds combat ectoparasites. *Open Ornithol J.*, 3, 41-71.

Clayton, D.H., Moore, H., 1997. Host-parasite evolution: general principles and avian models. Oxford University Press, Oxford.

Clobert, J., Danchin, E., Dhondt, A.A., Nicholes, J.D., 2001. Dispersal. Oxford University Press, Oxford.

Couch, A.B., 1962. Phoretic mallophagans from hippoboscids of mourning doves, *Zenaida macroura*. *J. Parasitol.*, 48, 497.

Cross, E.A., Bohart, G.E., 1969. Phoretic behavior of four species of alkali bee mites as influenced by season and host sex. *J. Kansas Entomol Soc.*, 42, 195-219.

Crawley, M.J., 2007. The R Book. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

del Cerro, S., Merino, S., de la Puente, M.J., Lobato, E., de Castañeda, R.R., de Aguilar, R.J., Martínez, J., Morales, J., Tomás, G., Moreno, J., 2010. Carotenoid-based plumage colouration is associated with blood parasite richness and stress protein levels in blue tits (*Cyanistes caeruleus*). *Oecologia*, 162, 825–835.

Dick, C.W., Patterson, B.D., 2008. An excess of males: skewed sex ratios in bat flies (Diptera: Streblidae). *Evol Ecol.*, 22, 757–769.

Dietsch, T.V., 2005. Seasonal variation of infestation by ectoparasitic chigger mite larvae (Acarina: Trombiculidae) on resident and migratory birds in coffee agroecosystems of Chiapas, Mexico. *J Parasitol.*, 91, 1294–1303.

Dranzoa, C., Ocaido, M., Katete, P., 1999. The ecto, gastro-intestinal and haemoparasites of live pigeons (*Columba livia*) in Kampala, Uganda. *Avian Pathol.*, 28, 119-124.

Fain, A., 1965. A review of the family Epidermoptidae Trouessart parasitic on the skin of birds. Konink VI Acad Wetensch Let Schone Kunst Belg., 84, 1–176 (Part I), 1–144 (Part II).

Fain, A., Grootaert, P., 1996. Observations sur dês Acariens (Acari: Epidermoptidae) parasites d'*Ornithomyia avicularia* (L.) (Diptera: hippoboscid flies). Bull Ann Soc R Entomol Belg., 132,183–186.

Feres, R.J.F., Flechtmann, C.H.W., 1991. Occurrence of parasitic-phoretic mites (Acari: Epidermoptidae, Cheyletiellidae) on hippoboscid flies on pigeons in São José do Rio Preto, SP. Naturalia, 16,155–160.

Flechtmann, C H W., 1975. Elementos de acarologia. Nobel, São Paulo.

Foster, M.S., 1969. Synchronised life cycles in the Orange-crowned Warbler and its mallophagan parasites. Ecology, 50, 315-323.

Fronhofer, E.A., Hovestadt, T., Poethke, H.J., 2013. From random walks to informed movement. Oikos, 122(6), 857–866.

Furmann, D.P., Tharshis, I.B., 1953. Mites of the genera *Myialges* and *Microlichus* (Acarina: Epidermoptidae) from avian and insect hosts. J Parasitol. 39,70–78.

Gasparini, J., Erin, N., Bertin, C., Jacquin, L., Vorimore, F., Frantz, A., Lemouvel, P., Laroucau, K., 2011. Impact of urban environment and host phenotype on the epidemiology of Chlamydiaceae in feral pigeons (*Columba livia*). Environ Microbiol., 13, 3186–3193.

Gaud, J., Atyeo, W.T., 1996. Feather mites of the world (Acarina, Astigmata): the supraspecific taxa. Part I. Text. Ann Zool Wet., 277,1–193.

Gracioli, G., Carvalho, C.J.B., 2003. Hippoboscidae (Diptera: Hippoboscoidea) no estado do Paraná, Brasil: Chaves de identificação, hospedeiros e distribuição geográfica. Rev Bras Zool., 20(4), 667-674.

Hamilton, W.D., 1967. Extraordinary sex ratios. Science, 156,477–488.

Hamstra, T.L., Badyaev, A.V., 2009. Comprehensive investigation of ectoparasite community and abundance across life history stages of avian host. J Zool., 278, 91-99.

Harbison, C.W., Jacobsen, M.V., Clayton, D.H., 2009. A hitchhiker's guide to parasite transmission: The phoretic behaviour of feather lice. Int J Parasitol., 39, 569-575.

Hathaway, C.R., 1943. Associação entre Mallophaga e Hippoboscidae. Mem Inst Oswaldo Cruz, 38, 413-417.

Houck, M.A., Oconnor, B.M., 1991. Ecological and evolutionary significance of phoresy in the Astigmata. Ann Rev Entomol., 36, 611-636, 1991.

Iannaccone, J.A., 1992. Registering a case of phoresis: *Columbicola columbae* (L) (Phthiraptera: Insecta) on *Psuedolynchia canariensis* (Diptera: Insecta) in the area of Lima, Peru. Bol Lima, 84, 17–18.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE1986. Levantamento de recursos naturais (Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguiana e SI.22 Lagoa Mirim). IBGE, Rio de Janeiro, CD-ROM.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. 2010. Censo demográfico 2010 – Pelotas/RS, available from: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/populacao.php?lang=&codmun=431440&search=rio-grande-do-sul|pelotas|info%20gr%20fic%20s:-evolu%20%20%20populacional-e-pir%20m%20de-et%20ria>> Cited 2014 Oct. 17.

Jacquin, L., Haussy, C., Bertin, C., Laroucau, K., Gasparini, J., 2013. Darker females transmit more specific antibodies to their eggs than paler ones in feral pigeons. J Linn Soc, 108, 647–657.

Jacquin, L., Lenouvel, P., Haussy, C., Ducatez, S., Gasparini, J., 2011. Melanin-based coloration is related to parasite intensity and cellular immune response in an urban free living bird: the feral pigeon *Columba livia*. J Avian Biol., 42, 11-15.

Johnson, K.P., Clayton, D.H., 2003. The biology, ecology, and evolution of chewing lice. In: Price, R.D., Hellenthal, R.A., Palma, R.L., Johnson, K.P., Clayton, D.H. (Ed.), The chewing lice: World checklist and biological overview. Illinois Natural History Survey Special Publication 24, Illinois, pp. 449-476.

Johnson, S.G., Johnston, R.F., 1989. A multifactorial study of variation in inter clutch interval and annual reproductive success in the feral pigeon, *Columba livia*. Oecologia, 80, 87–92.

Johnston, R.F., Janiga, M., 1995. Feral pigeons. Oxford University Press, Oxford.

Jovani, R., Tella, J.L., Sol, D., Ventura, D., 2001. Are hippoboscids flies a major mode of transmission of feather mites? J Parasitol., 87(5), 1187–1189.

Levine, N.D., 1988. The Protozoan Phylum Apicomplexa. CRC Press, Boca Raton.

Macchioni, F., Magi, M., Mancianti, F., Perrucci, S., 2005. Phoretic association of mites and mallophaga with the pigeon fly *Pseudolynchia canariensis*. Parasite, 12(3), 277–279.

Maluf, J.R.T., 2000. A new climatic classification for the State of Rio Grande do Sul, Brazil. Rev Bras Agromet., 8(1), 141-150.

Marcelino, V.J.F.C., Arcoverde, A.R., Daemon, E., 2009. Aspectos da associação forética dos ácaros *Myialges* spp. (Astigmata: Epidermoptidae) e *Ornitocheyletia hallae* Volgin (Prostigmata: Cheyletidae) com a mosca *Pseudolynchia canariensis* (Macquart) (Diptera: Hippoboscidae). Neotrop Entomol., 38(5), 578–581.

Marques, S.M.T., de Quadros, R.M., Silva, C.J., Baldo, M., 2007. Parasites of pigeons (*Columba livia*) in urban areas of Lages, southern Brazil. Parasitol Latinoam., 62, 183–187.

Marshall, A.G., 1981. The Ecology of Ectoparasitic Insects. Academic Press, London.

Martin, M., 1934. Life history and habits of the pigeon louse (*Columbicola columbae* [Linnaeus]). Can Entomol., 66, 6-16.

Meier, R., Kotrba, M., Ferrar, P., 1999. Ovoviviparity and viviparity in Diptera. Biol Rev., 74, 199-258.

Merila, J., Björklund, M., Bennett, G. F., 1995. Geographic and individual variation in haematozoan infections in the greenfinch, *Carduelis chloris*. Can J of Zool., 73, 1798–1804.

Møller, A.P., Rózsa, L., 2005. Parasite biodiversity and host defenses: chewing lice and immune response of their avian hosts. Oecologia, 142(2), 169–176.

Nelson, B.C., Murray, M.D., 1971. The distribution of Mallophaga on the domestic pigeon (*Columba livia*). Int J Parasitol., 1, 21–29.

Obukhova, N.Y., 2011. Dynamics of balanced polymorphism morphs in Blue Rock Pigeon *Columbia livia*. Russ J Genet., 47, 83–89.

Palma, R.L., 1978. Slide-mounting of chewing chewing lice: a detailed description of the Canadá Balsan technique. N Zeal Entomol., 6, 432–436.

Price, R.D., Hellenthal, R.A., Palma, R.L., 2003. World checklist of chewing lice with host associations and keys to families and genera. In: Price, R.D., Hellenthal, R.A., Palma, R.L., Johnson, K.P., Clayton, D.H. (Ed.), The chewing lice; world checklist and biological overview. Illinois Natural History Survey Special Publication 24, Illinois, pp. 1–501.

Proctor, H., 2003. Feather mites (Acari: Astigmata): ecology, behaviour, and evolution. *Ann. Rev. Entomol.*, 48, 185–209.

Radfar, M.H., Asl, E.N., Seghinsara, H.R., Dehaghi, M.M., Fathi, S., 2012. Biodiversity and prevalence of parasites of domestic pigeons (*Columba livia domestica*) in a selected semiarid zone of South Khorasan, Iran. *Trop Anim Health Prod.*, 44, 225–229.

R Development Core Team. 2013. R: A language an environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for statistical computing. 2013, available from: <<http://www.iucnredlist.org>.> Cited 2013 Apr. 20.

Smiley, R.L., 1970. A review of the family Cheyletiellidae (Acarina). *Ann Entomol Soc Am.*, 63, 1056–1078.

Valim, M.P., Gazêta, G.S., 2007. Associação forética dos ácaros *Myialges anchora* Sergent & Trouessart (Acaridida, Epidermoptidae) e *Ornithocheyletia hallae* Smiley (Actinedida, Cheyletiellidae) com *Pseudolynchia canariensis* (Macquart) (Diptera, Hippoboscidae). *Rev Bras Entomol.*, 51(4), 518–519.

Waite, J.L., Autumn, A.R., Clayton, D.H., 2012. How effective is preening against mobile ectoparasites? An experimental test with pigeons and hippoboscids. *Int J Parasitol.*, 42(5), 463–467.

Ward, R.A., 1953. Additional record of phoresy of Mallophaga on Hippoboscidae. *Bull Brooklyn Entomol Soc.*, 48, 128.

Wood, D.M., 2010. Hippoboscidae (Louse flies). In: Brown, B.V., Borkent, A., Cumming, J.M., Wood, D.M., Woodley, N.E., Zumbado, M.A. (Ed.), *Manual of Central American Diptera*. NRC Research Press, Ottawa, pp. 1241–1248.

7. Considerações finais

1- Foi observado um significativo aumento na intensidade média de infestação de piolhos, de *Pseudolynchia canariensis*, como também na riqueza de espécies de ectoparasitos durante as estações mais quentes, sugerindo uma sincronização reprodutiva entre os ectoparasitos e a espécie hospedeira.

2- Tanto nos espécimes jovens, quanto nos adultos de *Columba livia*, o comprimento do bico influenciou na infestação de *P. canariensis*.

3- A coloração da plumagem não influenciou nos padrões de infestação de piolhos e de *P. canariensis*, tanto nos espécimes jovens, quanto nos adultos de *C. livia* das três distintas colorações de plumagem. Isto mostra que a melanina presente nas penas não foi considerada uma eficiente barreira contra piolhos, como também indivíduos de coloração de plumagem preta não apresentaram uma menor infestação por *P. canariensis*.

4- A coloração da plumagem dos hospedeiros não influenciou nos padrões de infestação de *P. canariensis* sobre os espécimes jovens e adultos de *C. livia*, nem nos padrões de infestação de ácaros dermícolos e piolhos foréticos sobre este hipoboscídeo.

5- Nas estações mais quentes foi observada maior prevalência, intensidade média de infestação e riqueza de espécies foréticas sobre *P. canariensis*.

6- Em todas as estações do ano foi observada maior abundância de ovos de ácaros foréticos, inclusive embrionados, sobre as fêmeas de *P. canariensis*, o que supostamente demonstra uma preferência pela oviposição sobre espécimes deste sexo.

7- Ácaros Epidermoptidae utilizam hipoboscídeos como forma de dispersão e para oviposição, se fixando preferencialmente na face dorsal do abdômen e na face ventral das asas. Entretanto, as espécies de piolhos observadas e *O. hallae* utilizam hipoboscídeos somente como forma de dispersão, ocorrendo este último preferencialmente entre o metatórax e o primeiro tergito abdominal.

8. Referências

- AMARAL, H. L. C.; BERGMANN, F. B.; SILVEIRA, T.; SANTOS, P. R. S.; KRÜGER, R. F. *Pseudolynchia canariensis* (Diptera: Hippoboscidae): distribution pattern and phoretic association with skin mites and chewing lice of *Columba livia* (Aves: Columbidae). **Journal of Natural History**, v. 47, p. 2927-2936, 2013.
- AMARAL, H. L. C.; BERGMANN, F. B.; KRÜGER, R. F.; GRACIOLLI, G. Composition and distribution patterns of chewing lice of two neotropical species of *Turdus*. **Journal of Natural History**, v. 49, n. 13-14, p. 803-814, 2014.
- ANDERSON, R. M.; MAY, R. M. Population biology of infectious diseases: part I. **Nature**, v. 280, p. 361-367, 1979.
- ARMSTRONG, G. L.; CONN, L. A.; PINNER, R. W. Trends in infectious disease mortality in the United States during the 20th century. **Journal of the American Medical Informatics Association**, v. 281, p. 61-66, 1999.
- APPLEGATE, J. E. Population changes in latent avian malaria infections associated with season and corticosterone treatment. **Journal of Parasitology**, v. 56, p. 439-443, 1970.
- ASH, J. S. A study of the Mallophaga of birds with particular reference to their ecology. **Ibis**, v. 102, p. 93-110, 1960.
- ASH, J. S.; HUGHES, T. E. Further records of the genera *Microlichus* Trouessart and Neumann and *Myialges* Sergent and Trouessart. **Annals and Magazine of Natural History**, v. 5, n. 12, p. 753-759, 1952.
- ATHIAS-BINCHE, F. **La phorésie chez les acariens. Aspects adaptatifs et évolutifs**. Perpignan: Editions du Castillet, 1994. 178 p.
- ATKINSON, C. T.; FORRESTER, D. J.; GREINER, E. C. Epizootiology of *Haemoproteus meleagridis* (Protozoa: Haemosporina) in Florida: seasonal transmission and vector abundance. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 25, p. 45-51, 1988.
- BAKER, J. R. A review of the role played by the Hippoboscidae (Diptera) as vectors of endoparasites. **Journal of Parasitology**, v. 53, p. 412-418, 1967.
- BAKER, R. **The evolutionary ecology of animal migration**. London: Hodder & Stoughton, 1978. 1024 p.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology – Individuals, populations and communities**. London: Blackwell Scientific Publications. 1990, 945 p.

BEHURA, B. K. The relationship of the Tyroglyphoid mite, *Histiostoma polypori* (Oud.) with the earwig, *Forficula auricularia* Linn. **Journal of the New York Entomological Society**, v. 64, p. 85-94, 1956.

BEQUAERT, J. C. The Hippoboscidae or Louse-Flies (Diptera) of Mammals and Birds. Part 1. Structure, Physiology and Natural History. **Entomologica Americana**, v. 32, p. 1-209, 1953.

BEQUAERT, J. C. The Hippoboscidae or louse-flies (Diptera) of mammals and birds. Part II. Taxonomy, evolution and revision of American genera and species. **Entomologica Americana**, v. 34, p. 1-232, 1954.

BEQUAERT, J. C. The Hippoboscidae or louse-flies (Diptera) of mammals and birds. Part II. Taxonomy. **Entomologica Americana**, v. 35, p. 233-416, 1955.

BENNETT, G. F.; CAMERON, M. Seasonal prevalence of avian hematozoa in passeriform birds of Atlantic Canada. **Ibidem**, v. 52, p. 1259–1264, 1974.

BINNS, E. S. Phoresy as migration – Some functional aspects of phoresy in mites. **Biological Reviews**, v. 57, p. 571-620, 1982.

BIRDLIFE INTERNATIONAL 2009. *Columba livia*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. disponivel em: <<http://www.iucnredlist.org>> Acesso em: 05 de jan. 2012.

BORGIA G.; COLLIS, K. Female choice for parasite-free male satin bowerbirds and the evolution of bright male plumage. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 25, p. 445–453, 1989.

BUSH, S.; KIM, D.; MOYER, B. R.; LEVER, J.; CLAYTON, D. H. Is melanin a defense against feather-feeding lice? **Auk**, v. 123, n. 1, p. 153-161, 2006.

BUSH, S. E.; MALENKE, J. R. Host defence mediates interspecific competition in ectoparasites. **Journal of Animal Ecology**, v. 77, p. 558–564, 2008.

BÜTTIKER, W. W. G. Phoresie bei lausfliegen. **Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft**, v. 21, n. 3, p. 481, 1948.

CLARKE, B. C. The evolution of genetic diversity. **Proceedings of the Royal Society of London B**, v. 205, p. 453-474, 1979.

CLAYTON, D. H. Mate choice in experimentally parasitized rock doves: lousy males lose. **American Zoologist**, v. 30, p. 251–262, 1990.

CLAYTON, D. H.; LEE, P. L. M.; TOMPKINS, D. M.; BRODIE, III, E. D. Reciprocal natural selection on host-parasite phenotypes. **American Naturalist**, v. 154, p. 261–270, 1999.

CLAYTON, D. H.; BUSH, S. E.; JOHNSON, K. P. Ecology of congruence: Past meets present. **Systematic Biology**, v. 53, n. 1, p. 165–173, 2004.

- CLOBERT, J.; DANCHIN, E.; DHONDT, A. A.; NICHOLS, J. D. **Dispersal**. Oxford: Oxford University Press, 2001. 452 p.
- COOLART, A. A propos d'un Acarien, *Microlichus uncus* Vitzthum, parasite de l' *Ornithomya fringillina* Curtis. **Bulletin du Musée Royal d' Histoire Naturelle de Belgique**, v. 10, n. 1, p. 1-6, 1934.
- COTGREAVE, P.; CLAYTON, D. H. Comparative analysis of time spent grooming by birds in relation to parasite load. **Behaviour**, v. 131, p. 171–187, 1994.
- COUCH, A. B. Phoretic mallophagans from hippoboscids of mourning doves, *Zenaida macroura*. **Journal of Parasitology**, v. 48, p. 497, 1962.
- CROSS, E. A.; BOHART, G. E. Phoretic behavior of four species of alkali bee mites as influenced by season and host sex. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 42, p. 195-219, 1969.
- DAWSON, R. D.; BORTOLOTTI, G. R. Effects of hematozoan parasites on condition and return rates of american kestrels. **Auk**, v. 117, p. 373–380, 2000.
- DRANZOA, C.; OCAIDO, M.; KATETE, P. The ecto, gastro-intestinal and haemoparasites of live pigeons (*Columba livia*) in Kampala, Uganda. **Avian Pathology**, v. 28, p. 119-124, 1999.
- DUCREST, A. L.; KELLER, L.; ROULIN, A. Pleiotropy in the melanocortin system, coloration and behavioural syndromes. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 23, p. 502-510, 2008.
- DUFVA, R. Blood parasites, health, reproductive success, and egg volume in female great tits *Parus major*. **Journal of Avian Biology**, v. 27, p. 83–87, 1996.
- FAASCH, H. Beitrag zur Biologie der einheimischen uropodiden *Uroobouella marginata* (C. L. Koch 1839) und *Uropoda orbicularis* (O.F. Müller 1776) und experimentelk Analyse ihres Phoresieverhaltens. **Zoologische Jahrbücher Systematik**, v. 94, p. 521-608, 1967.
- FARISH, D. J.; AXTELL, R. C. Phoresy redefined and examined in *Macrocheles muscadomesticae* (Acarina: Macrochelidae). **Acarologia**, v. 13, p. 523-531, 1971.
- FERES, R. J. F.; FLECHTMANN, C. H. W. Ocorrência de ácaros “parasitos-foréticos” (Acari: Epidermoptidae, Cheyletiellidae) sobre moscas hipoboscídeas de pombo, em São José do Rio Preto, SP. **Naturalia**, v. 16, p. 155–160, 1991.
- FIGUEREDO, A.; BARBOSA, F. A. S. A propósito do hiperparasitismo de “*Pseudolynchia maura*” (Diptera: Hippoboscidae). **Anais da Sociedade Biológica de Pernambuco**, v. 5, p. 15–18, 1944.
- FISHER, R. A. **The Genetical Theory of Natural Selection**. Oxford: Clarendon Press, 1930. 272 p.

- FOSTER, M. S. Synchronised life cycles in the Orange-crowned Warbler and its mallophagan parasites. **Ecology**, v. 50, p. 315-323, 1969.
- FRONHOFER, E. A.; HOVESTADT, T.; POETHKE, H. J. From random walks to informed movement. **Oikos**, v. 122, n. 6, p. 857–866, 2013.
- FURMANN, D. P.; THARSIS, I. B. Mites of the genera *Myialges* and *Microlichus* (Acarina: Epidermoptidae) from avian insect hosts. **Journal of Parasitology**, v. 39, n. 1, p. 70-78, 1953.
- GASPARINI, J.; ERIN, N.; BERTIN, C. ; JACQUIN, L.; VORIMORE, F.; FRANTZ, A.; LEMOUVEL, P.; LAROUCAU, K. Impact of urban environment and host phenotype on the epidemiology of Chlamydiaceae in feral pigeons (*Columba livia*). **Environmental Microbiology**, v. 13, p. 3186–3193, 2011.
- GILL, F. B. **Ornithology**, 2 ed. New York: W. H. Freeman, 1995. 763 p.
- GRIFFITHS, D. A.; ATYEO, W. T.; NORRON, R. A.; LYNCH, C. A. The idiosomal chaetotaxy of astigmatid mites. **Journal of Zoology**, v. 220, p. 1-32, 1990.
- GRUTTER, A. S.; POULIN, R. Intraspecific and interspecific relationships between host size and the abundance of parasitic larval gnathiid isopods on coral reef fishes. **Marine Ecology Progress Series**, v. 164, p. 263–271, 1998.
- HALDANE, J. B. S. Disease and evolution. **La Ricerca Scientifica**, v. 19, p. 1-11, 1949.
- HARBISON, C. W.; JACOBSEN, M. V.; CLAYTON, D. H. A hitchhiker's guide to parasite transmission: The phoretic behaviour of feather lice. **International Journal for Parasitology**, v. 39, p. 569-575, 2009.
- HATHAWAY, C. R. Associação entre Mallophaga e Hippoboscidae. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 38, p. 413-417, 1943.
- HEEB, P.; KOLLIKER, M.; RICHNER, H. Bird-ectoparasite interactions, nest humidity and ectoparasite community structure. **Ecology**, v. 81, n. 4, p. 958-968, 2000.
- HECKING-VELTMAN, J.; TENTER, A. M.; DAUGSCHIES, A. Investigations on the prevalence of endo and ectoparasites in stray cats in the area of Mönchengladbach, Germany. **Praktische Tierarzt**, v. 82, p. 563–574, 2001.
- HILL, D. S.; WILSON, N.; CORBET, G. B. Mites associated with british species of *Ornithomyia* (Diptera: Hippoboscidae). **Journal of Medical Entomology**, v. 4, n. 2, p. 102-122, 1967.
- HOUCK, M. A.; OCONNOR, B. M. Ecological and evolutionary significance of phoresy in the Astigmata. **Annual Review of Entomology**, v. 36, p. 611-636, 1991.
- HUGHEST, E. **Mites, or the Acari**. London: Athlone Press. 1959. 225 p.

- IANNACONE, J. A. Registering a case of phoresis: *Columbicola columbae* (L) (Phthiraptera: Insecta) on *Psuedolynchia canariensis* (Diptera: Insecta) in the area of Lima, Peru. **Boletín de Lima**, v. 84, p. 17–18, 1992.
- JACQUIN, L.; HAUSSY, C.; BERTIN, C.; LAROUCAU, K. ; GASPARINI, J. Darker females transmit more specific antibodies to their eggs than paler ones in feral pigeons. **Journal of Linnean Society**, v. 108, p. 647–657, 2013.
- JACQUIN, L.; LENOUEVEL, P.; HAUSSY, C.; DUCATEZ, S.; GASPARINI, J. Melanin-based coloration is related to parasite intensity and cellular immune response in an urban free living bird: the feral pigeon *Columba livia*. **Journal of Avian Biology**, v. 42, p. 11-15, 2011.
- JACQUIN, L.; RÉCAPET, C.; BOUCHE, P.; LÉBOUCHER, G.; GASPARINI, J. Melanin-based coloration reflects alternative strategies to cope with food limitation in feral pigeons. **Behavioral Ecology**, v. 23, p. 907–915, 2012.
- JALIL, M.; RODRIGUEZ, J. G. Studies of behaviour of *Macrocheles muscaedomesticae* (Acarina: Macrochelidae) with emphasis on its attraction to the house fly. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 63, p. 738-744, 1970.
- JANOVY, Jr. J. Protozoa, helminths, and arthropods of birds. In: CLAYTON, D. H.; MOORE, J. (Org.). **Host-parasite evolution. General principles and avian models**. Oxford: Oxford University Press, 1997. p. 303-337.
- JOHN, J. L. Parasites and the avian spleen: helminths. **Biological Journal of Linnean Society**, v. 54, p. 87–106, 1995.
- JOHNSON, K. P.; CLAYTON, D. H. 2003. The biology, ecology, and evolution of chewing lice. In: PRICE, R. D.; HELLENTHAL, R. A.; PALMA, R. L.; JOHNSON, K. P.; CLAYTON, D. H. (Org.). **The chewing lice: World checklist and biological overview**. Illinois: Illinois Natural History Survey Special Publication 24, 2003. p. 449-476.
- JOHNSTON, R. F.; JANIGA, M. **Feral pigeons**. Oxford: Oxford University Press. 1995. 336 p.
- JOHNSON, S. G.; JOHNSTON, R. F. A multifactorial study of variation in inter clutch interval and annual reproductive success in the feral pigeon, *Columba livia*. **Oecologia**, v. 80, p. 87–92, 1989.
- JOVANI, R.; TELLA, J. L.; SOL, D.; VENTURA, D. Are hippoboscids a major mode of transmission of feather mites? **Journal of Parasitology**, v. 87, n.5, p.1187–1189, 2001.
- KARELL, P.; AHOLA, K.; KARSTINEN, T.; KOLUNEN, H.; SIITARI, H.; BROMMER, J. E. Blood parasites mediate morph-specific maintenance costs in a colour polymorphic wild bird. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 24, p.1783–1792, 2011.

- KEIRANS, J. E. A review of the phoretic relationship between Mallophaga (Phthiraptera: Insecta) and Hippoboscidae (Diptera: Insecta). **Journal of Medical Entomology**, v. 12, n.1, p. 71-76, 1975.
- KIM, K. C. 1985. Evolutionary relationships of parasitic arthropods and mammals. In: KIM, K. C. (Org.). **Coevolution of parasitic arthropods and mammals**. New York: Wiley-Interscience Publications, 1985. p. 3–82.
- KINN, D. N. The life cycle and behavior of *Cercoleipus coelonorus* (Acarina: Mesostigmata) including a survey of the phoretic mite associates of California Scolytidae. **The University of California Publications in Entomology**, 65. Berkeley: University of California Press, 1971. 66 p.
- KOSE, M., MAND, R.; MØLLER, A. P. Sexual selection for white tail spots in the Barn Swallow in relation to habitat choice by feather lice. **Animal Behaviour**, v. 58, p. 1201–1205, 1999.
- KRANTZ, G. W. A review of the genus *Holocelaeno* Berlese, 1910 (Acarina: Macrochelidae). **Acarologia**, v. 9, p. 1-146, 1967.
- KRANTZ, G. W. Reflaections on the biology, morphology and ecology of the Macrochelidae. **Experimental and Applied Acarology**, v. 22, p. 125-37, 1998.
- KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. 2009. **A manual of Acarology**. 3. ed. Texas: Texas Tech University Press, 2009. 807 p.
- LESNE, P. 1896. Moeurs du *Limosina sacra*, Meig. (famille Muscidae, tribu Borborinae). Phénomènes de transport mutuel chez les animaux articulés. Origine du parasitisme chez les insectes diptères. **Bulletin de la Société Entomologique de France**, v. 1896, p. 162-165.
- LETHINEN, P. T. Association of uropodid, prodinychid, polyaspidid, antennophorid, sejid, microgynid, and zerconid mites with ants. **Entomologisk Tidskrift**, v. 108, p. 13-20, 1987.
- LEVINE, N. D. **The Protozoan Phylum Apicomplexa**. Boca Raton: CRC Press, 1988. 203 p.
- LINDQUIST, E. E.; BEDARD, W. D. Biology and taxonomy of mites of the genus *Tarsonemoides* (Acarina: Tarsonemidae) parasitising eggs of bark beetles of the genus *Ips*. **Canadian Entomologist**, v. 93, p. 982-999, 1961.
- LOYE, J.; CARROL, S. Birds, bugs and blood: avian parasitism and conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, n. 6, p. 232-235, 1995.
- MAA, T. C. On the genus *Pseudolynchia* Bequaert. **Pacific Insects Monograph**, v. 10, p. 125-138, 1966.
- MAA, T. C. A revised checklist and concise host index of Hippoboscidae (Diptera). **Pacific Insects Monograph**, v. 20, p. 261-299, 1969.

- MAA, T. C. Family Hippoboscidae. In: EVENHUIS, N.L. (Org.). **Catalog of the Diptera of the Australasian and Oceanian Regions**. Honolulu: Bishop Museum Press & E.J. Brill, Honolulu & Leiden, 1989. p. 785-789.
- MAA, T. C.; PETERSON, B. V. 1987. Hippoboscidae. In: MCALPINE, J. F.; PETERSON, B. V.; SHEWELL, G. E.; TEKEY, H. J.; VOCKEROTH, J. R.; WOOD, D. M. (Org.). **Manual of Nearctic Diptera**. Ottawa: Research Branch Agriculture Canada, v. 2, 1987, p. 1271-1281.
- MACCHIONI, F.; MAGI, M.; MANCIANTI, F.; PERRUCCI, S. Phoretic association of mites and mallophaga with the pigeon fly *Pseudolynchia canariensis*. **Parasite**. v. 12, n. 3, p. 277–279, 2005.
- MADDEN, D.; HARMON, W. M. First record and morphology of *Myialges caulotoon* (Acari: Epidermoptidae) from Galapagos hosts. **Journal of Parasitology**, v. 84, n. 1, p. 186-189, 1998.
- MARCELINO, V. J. F. C.; ARCOVERDE, A. R.; DAEMON, E. Aspectos da associação forética dos ácaros *Myialges* spp. (Astigmata: Epidermoptidae) e *Ornitocheyletia hallae* Volgin (Prostigmata: Cheyletidae) com a mosca *Pseudolynchia canariensis* (Macquart) (Diptera: Hippoboscidae). **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 5, p. 578–581, 2009.
- MARINI, M. A.; REINERT, B. L.; BORNSCHEIN, M. R.; PINTO, J. C.; PICHORIM, M. A. Ecological correlates of ectoparasitism on Atlantic Forest birds, Brazil. **Ararajuba**, n. 14, p. 93-103, 1996.
- MARQUES, S. M. T.; QUADROS, R. M.; SILVA, C. J.; BALDO, M. Parasites of pigeons (*Columba livia*) in urban areas of Lages, southern Brazil. **Parasitología Latinoamericana**, v. 62, p. 183-187, 2007.
- MARSHALL, A. G. 1981. **The Ecology of Ectoparasitic Insects**. London: Academic Press, 1981. 459 p.
- MARTIN, M. Life history and habits of the pigeon louse (*Columbicola columbae* [Linnaeus]). **The Canadian Entomologist**, v. 66, p.6-16, 1934.
- MEIER, R.; KOTRBA, M.; FERRAR, P. Ovoviviparity and viviparity in Diptera. **Biological Reviews**, v. 74, p. 199-258, 1999.
- MERINO, S.; POTTI, J. High prevalence of hematozoa in nestlings of a passerine species, the pied flycatcher (*Ficedula hypoleuca*). **Auk**, v. 112, p. 1041–1043, 1995.
- MØLLER, A. P. Parasites, sexual ornaments, and mate choice in the Barn Swallow. In: LOYE, J. E.; ZUK, M. (Org.). **Bird-Parasite Interactions: Ecology, Evolution, and Behaviour**. Oxford: Oxford University Press, 1991. p. 328-343.
- MØLLER, A. P.; RÓZSA, L. Parasite biodiversity and host defenses: chewing lice and immune response of their avian hosts. **Oecologia**, v. 142, n. 2, p. 169–176, 2005.

- MORAND, S.; POULIN, R.; RHODE, K.; HAYWARD, C. Aggregation and species coexistence of ectoparasites of marine fishes. **International Journal for Parasitology**, v. 29, p. 663–672, 1999.
- MOYER, B. R.; DROWN, D. M.; CLAYTON, D. H. Low humidity reduces ectoparasite pressure: implications for host life history evolution. **Oikos**, v. 97, n. 2, p. 223–228, 2002.
- MURRAY, M. D. Influence of host behaviour on some ectoparasites of birds and mammals. In: BARNARD, C. J.; BEHNKE, J. M. (Org.). **Parasitism and host behaviour**. London: Taylor and Francis, 1990. p. 290–315.
- NEWMAN, E. Note on a minute *Acarus* found on a moth. **Zoologist**, v. 2, p. 680–681, 1844.
- NORTON, R. A. Observations on phoresy by oribatid mites (Acari: Oribatei). **International Journal of Acarology**, v. 6, p. 121–130, 1980.
- OBUKHOVA, N. Y. Dynamics of balanced polymorphism morphs in Blue Rock Pigeon *Columbia livia*. **Russian Journal of Genetics**, v. 47, p. 83–89, 2011.
- PERRON, R. Untersuchungen über bau, entwicklung und physiologie der milbe *Histiostoma laboratorium* Hughes. **Acta zoologica**, v. 35, p. 71–176, 1954.
- PHILIPS, J. R.; FAIN, A. Acarine symbionts of louseflies (Diptera: Hippoboscidae). **Acarologia**, v. 32, n. 4, p. 377–384, 1991.
- POULIN, R. Determinants of host-specificity in parasites of freshwater fishes. **International Journal for Parasitology**, v. 22, p. 753–758, 1992.
- POULIN, R. 1997. Species richness of parasite assemblages: evolution and patterns. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 28, p. 341–358, 1997.
- POULIN, R.; RHODE, K. Comparing the richness of metazoan ectoparasite communities of marine fishes: controlling for host phylogeny. **Oecologia**, v. 110, p. 278–283, 1997.
- RADFAR, M. H.; ASL, E. M.; SEGHINSARA, H. R.; DEHAGHI, M. M.; FATHI, S. Diversity and prevalence of parasites of domestic pigeons (*Columba livia domestica*) in a selected semiarid zone of South Khorasan, Iran. **Tropical Animal Health and Production**, v. 44, p. 225–229, 2012.
- RAPP, A. Zur Biologie und Ethologie der Käfermilbe *Parasitus coleoptratorum* L. 1758 (Ein Beitrag zum Phoresie-Problem). **Zoologische Jahrbücher (Systematik, ökologie und Geographie der Tiere)**, v. 86, p. 303–366, 1959.
- ROULIN, A. The evolution, maintenance and adaptive significance of genetic colour polymorphism. **Biological Reviews**, v. 79, p. 815–848, 2004.
- RÓZSA, L. Patterns in the abundance of avian lice (Phthiraptera: Amblycera, Ischnocera). **Journal of Avian Biology**, v. 28, p. 249–254, 1997a.

RÓZSA, L. Wing-feather mite (Acari: Proctophyllodidae) abundance correlates with body mass of passerine hosts: a comparative study. **Canadian Journal of Zoology**, v. 75, p. 1535–1539, 1997b.

SAVALLI, U. M. The evolution of bird coloration and plumage elaboration: A review of hypotheses. In: POWER, D. M. (Org.). **Current Ornithology**, v. 12. New York: Plenum Press, 1995, p. 141-190.

SCHORGER, A. W. Introduction of the domestic pigeon. **Auk**, v. 69, p. 462–463, 1952.

SCHULZE, H. Reitrage zur Biologic von *Tyroglyphus mycophagus* (Megnin). (Zerstörung einer Mehlwurmzucht durch diese Milbe). Arbeiten der Biologischen Bundesanstalt für Land-u. **Forstwirtschaft Berlin**, v. 11, p. 169-177, 1922.

SCHULZE, H. Zur kenntnis der dauerformen (Hypopi) der mehlmilbe *Tyroglyphus farinae* (L.). **Zentralblatt fur Bakteriologie Pajasitkunde**, v. 60, p. 536- 544, 1924.

SMITH, A. J.; FEDYNICH, A. M. Helminth community composition, structure, and pattern in six dove species (Columbiformes: Columbidae) of South Texas. **Journal of Parasitology**, v. 98, n. 1, p. 11-21, 2012.

SOL, D.; JOVANI, R.; TORRES, J. Parasite mediated mortality and host immune response explain age-related differences in blood parasitism in birds. **Oecologia**, v. 135, p. 542–547, 2003.

SORCI, G.; CLOBERT, J.; MICHALAKIS, Y. Cost of reproduction and cost of parasitism in the common lizard *Lacerta vivipara*. **Oikos**, v. 76, n. 1, p. 121-130, 1996.

SOUTHWOOD, T. E. Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. **Biological Reviews**, v. 37, p. 171-214, 1962.

TELLA, J. L.; BLANCO, G.; FORERO, M. G.; GAJÓON, À.; DONÁZAR, J. A.; HIRALDO, F. Habitat, world geographic range, and embryonic development of avian hematozoa at small spatial and phylogenetic scales. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 96, p. 1785–1789, 1999.

THOMAS, F.; RENAUD, F.; DEMEEÛS, T.; CEZILLY, F. Parasites, age and the Hamilton-Zuk hypothesis: inferential fallacy? **Oikos**, v. 74, p. 305–309, 1995.

THOMPSON, G. B. Some new records of the occurrence of *Myialges* spp. (Acarina). A new record of *Microlichus uncus* Vitzthum. **Annals and Magazine of Natural History**, v. 18, n. 10, p. 315-320, 1936.

TREAT, A. E. Association of the mite *Blattisocius tarsalis* with the moth *Epizeuxis aemula*. **Journal of the New York Entomological Society**, v. 77, n. 3, p. 171-175, 1969.

TREAT, A. E. **Mites of moths and butterflies**. Ithaca: Cornell University Press, 1975. 362 p.

VALIM, M. P.; GAZÊTA, G. S. Associação forética dos ácaros *Myialges anchora* Sergent & Trouessart (Acaridida, Epidermoptidae) e *Ornithocheyletia hallae* Smiley (Actinedida, Cheyletiellidae) com *Pseudolynchia canariensis* (Macquart) (Diptera, Hippoboscidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, n. 4, p. 518–519, 2007.

VITZTHUM, H. *Microlichus uncus* n. sp. **Bulletin du Musée Royal d` Histoire Naturelle de Belgique**, v. 10, n. 12, p. 1-20, 1934.

WAITE, J. L.; AUTUMN, A. R.; CLAYTON, D. H. How effective is preening against mobile ectoparasites? An experimental test with pigeons and hippoboscid flies. **International Journal for Parasitology**, v. 42, n. 5, p. 463-467, 2012.

WALTER, D. E.; PROCTOR, H. C. **Mites: ecology, evolution and behaviour**. London: CAB Internarional. 1999, 352 p.

WALDENSTRÖM, J.; BENSCH, S.; KIBOI, S.; HASSELQUIST, D.; OTTOSSON, U. Cross-species infection of blood parasites between resident and migratory songbirds in Africa. **Molecular Ecology**, v. 11, p. 1545–1554, 2002.

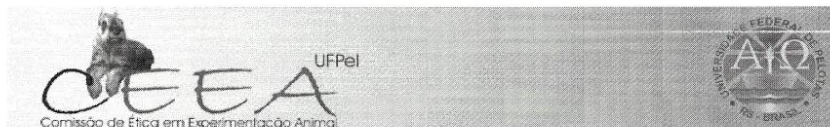
WARD, R. A. Adittional record of phoresy of Mallophaga on Hipoboscidae. **Bulletin of the Brooklyn Entomological Society**, v. 48, p. 128, 1953.

WEATHERHEAD, P. J.; BENNETT, G. F. Ecology and parasitism of brown-headed cowbirds by haematozoa. **Canadian Journal of Zoology**, v. 70, p. 1–7, 1991.

WOOD, D. M. Hippoboscidae (Louse flies). In: BROWN, B. V.; BORKENT, A.; CUMMING, J. M.; WOOD, D. M.; WOODLEY, N. E.; ZUMBADO, M. A. (Org.). 2010. **Manual of Central American Diptera**. 2. ed. Ottawa: NRC Research Press, 2010. p. 1241-1248.

Anexos

Anexo A – Parecer da Comissão de Ética em Experimentação Animal



Pelotas, 17 de junho de 2014

De: Prof. Dr. Éverton Fagonde da Silva

Presidente da Comissão de Ética em Experimentação Animal (CEEA)

Para: Professor Rodrigo Ferreira Krüger

Instituto de Biologia

Senhor Professor:

A CEEA analisou o projeto intitulado: **“Padrões de distribuição de hipoboscídeos, ácaros dermícolos e piolhos e suas interações sobre *Columba livia*”**, processo nº23110.004581/2014-11, sendo de parecer **FAVORÁVEL** a sua execução, considerando ser o assunto pertinente e a metodologia compatível com os princípios éticos em experimentação animal e com os objetivos propostos.

Solicitamos, após tomar ciência do parecer, reenviar o processo à CEEA.

Salientamos também a necessidade deste projeto ser cadastrado junto ao Departamento de Pesquisa e Iniciação Científica para posterior registro no COCEPE (código para cadastro nº CEEA 4581-2014).

Sendo o que tínhamos para o momento, subscrevemo-nos.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Éverton Fagonde da Silva

Presidente da CEEA

Ciente em: 04 / 09 / 2014

Assinatura do Professor Responsável: