



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS



**PERFIL LEUCOCITÁRIO E HEMOPARASITOS DE *Antilophia*
galeata (PASSERIFORMES: PIPRIDAE) EM UM FRAGMENTO
FLORESTAL DE CERRADO**

Paulo Vitor Alves Ribeiro

Uberlândia – MG

Fevereiro – 2018

Paulo Vitor Alves Ribeiro

**PERFIL LEUCOCITÁRIO E HEMOPARASITOS DE *Antilophia galeata*
(PASSERIFORMES: PIPRIDAE) EM UM FRAGMENTO FLORESTAL DE
CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientadora

Prof.^a Dr.^a Celine de Melo

Coorientadora

Prof.^a Dr.^a Márcia Cristina Cury

UBERLÂNDIA – MG

FEVEREIRO – 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

- R484p
2018
- Ribeiro, Paulo Vitor Alves, 1994
Perfil leucocitário e hemoparasitos de *Antilophia galeata*
(Passeriformes: Pipridae) em um fragmento florestal de Cerrado / Paulo
Vitor Alves Ribeiro. - 2018.
91 f. : il.
- Orientadora: Celine de Melo.
Coorientadora: Márcia Cristina Cury.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.226>
Inclui bibliografia.
1. Ecologia - Teses. 2. Malária aviária - Teses. 3. Leucócitos - Teses.
4. Parasito - Ecologia - Teses. I. Melo, Celine de. II. Cury, Márcia
Cristina. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-
Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. IV. Título.

CDU: 574

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

Paulo Vitor Alves Ribeiro

**PERFIL LEUCOCITÁRIO E HEMOPARASITOS DE *Antilophia galeata*
(PASSERIFORMES: PIPRIDAE) EM UM FRAGMENTO FLORESTAL DE
CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Aprovado em 27 de fevereiro de 2018.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Graziela Virginia Tolesano Pascoli – UnB

Prof.^a Dr.^a Maria Júlia Rodrigues da Cunha – UFU

Prof. Dr. Adriano Marcos da Silva – UFU (suplente)

Prof.^a Dr.^a Celine de Melo – UFU
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

Com este trabalho encerro meu mestrado. Comemoro mais um término de uma etapa em minha vida, mas esta não seria possível se não fosse o apoio de tantas pessoas maravilhosas, e a estas guardo eterna gratidão.

A toda minha família, em especial, meus pais (Odete e João Devair) e a minha irmã (Cristina) por todo o amor, apoio, incentivo, por sempre estarem do meu lado, e acreditarem no meu potencial. A minha irmã, novamente, por ter nos dado de presente recentemente, minha sobrinha Amanda, que nos tem enchido de alegria.

Ao Marco Miguel, a quem tenho muito apreço, carinho e gratidão, pois estive ao meu lado desde início da minha graduação, sempre me incentivando e me dando apoio tanto em momentos difíceis quanto felizes.

A todos meus amigos, em especial, Janáina, Nicole, Bárbara, Naty, Carolinne, Hellen, Paulo Cuevas, pela amizade e companheirismo e por sempre torcerem por mim.

A professora Celine, por me orientar, por toda a paciência, compreensão e por ser uma excelente profissional a qual me espelho e admiro muito.

A professora Márcia, a quem tenho muita gratidão, por ter sido quem me mostrou o caminho da vida acadêmica, por ter me acolhido na iniciação científica, onde tudo começou.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, e seus professores por proporcionarem conhecimentos e vivências importantes para minha formação, tais como o Curso de Campo em Ecologia. Além disso, este curso me proporcionou o estreitamento de amizade com pessoas especiais, tais como Uiara e Adriane.

Ao pessoal do GEECA (Grupo de Estudos em Ecologia e Conservação de Aves) por todo o esforço e trabalho de campo, que foram essenciais para a realização desta dissertação.

Durante o meu mestrado tentei me aventurar pela biologia molecular, mas infelizmente não tive tempo e recursos financeiros suficientes para finalizar as análises. Mas mesmo assim gostaria de agradecer as pessoas que me ajudaram nesta tentativa. Ao pessoal do Laboratório de Malária da UFMG e a professora Érika, por terem me treinado e fornecido protocolos. A professora Márcia por permitir a realização dos experimentos no seu laboratório, a técnica Juliana, professor Sidney e os alunos de mestrado, Marco e Fernanda, por estarem sempre no laboratório me dando conselhos do que eu poderia fazer para aperfeiçoar os experimentos.

Gostaria de agradecer aos professores: Graziela Virginia Tolesano Pascoli, Maria Júlia Rodrigues da Cunha e Adriano Marcos da Silva por aceitarem meu convite para fazerem parte da banca, e pelas suas contribuições que certamente irão enriquecer este trabalho.

Por fim, agradeço a CAPES pelos dois anos de bolsa de mestrado.

Muito obrigado a todos!

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO GERAL	3
ÁREA DE ESTUDO	7
REFERÊNCIAS	8
CAPÍTULO 1: PERFIL LEUCOCITÁRIO DE <i>Antilophia galeata</i> (PASSERIFORMES: PIPRIDAE) EM UM FRAGMENTO FLORESTAL DE CERRADO	
RESUMO	20
ABSTRACT	21
INTRODUÇÃO	22
MATERIAIS E MÉTODOS	23
RESULTADOS	28
DISCUSSÃO	32
CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS	42
CAPÍTULO 2: HEMOPARASITOS DE <i>Antilophia galeata</i> (PASSERIFORMES: PIPRIDAE) EM UM FRAGMENTO FLORESTAL DE CERRADO	
RESUMO	57
ABSTRACT	58
INTRODUÇÃO	59
MATERIAIS E MÉTODOS	60
RESULTADOS	65
DISCUSSÃO	66
CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS	75

RESUMO

Ribeiro, Paulo Vitor Alves. Perfil leucocitário e hemoparasitos de *Antilophia galeata* (Passeriformes: Pipridae) em um fragmento florestal de Cerrado. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia, MG. 91f. 2018.

As aves são animais eficientes em responder a alterações no equilíbrio do meio ambiente, pois são organismos sensíveis a estresses. O perfil leucocitário é considerado uma ferramenta confiável na mensuração de estresse, pois tem sido relacionado a diversos fatores estressores como: reprodução, baixa disponibilidade de alimento, poluição e parasitismo. As aves são acometidas por diversa fauna parasitária, tais como os hemoparasitos, que podem comprometer a sobrevivência e as aptidões dos hospedeiros. Os objetivos desta dissertação foram examinar o perfil leucocitário e os hemoparasitos de uma população de *Antilophia galeata*, e verificar se há a associação de ambos a características biológicas e ecológicas da espécie. Em um fragmento florestal de Cerrado foram capturados 151 indivíduos em 13 campanhas de campo (06/2013 a 12/2016). Foram coletados os seguintes dados: sexo, faixa etária, biomassa, comprimento dos tarsos, presença/ausência de carrapatos, muda de penas e placa de incubação, além de amostras de sangue para confecção de extensões sanguíneas, as quais foram analisadas em microscópio óptico para identificação e quantificação dos leucócitos, micronúcleos e parasitos. Os dados coletados foram divididos em dois capítulos, o primeiro focado no perfil leucocitário, utilizando 89 indivíduos (capturados em 2013-2015) e o segundo, com enfoque nos hemoparasitos, com 62 indivíduos (2016). Em relação ao perfil leucocitário, o número de linfócitos foi maior nos machos, nos indivíduos em fase não reprodutiva e com carrapatos. Não houve diferença nos componentes leucocitários em relação às faixas etárias, muda de penas e condição corporal. A quantidade de micronúcleos foi relacionada positivamente com os valores totais de leucócitos, razão H/L, heterófilos, basófilos e monócitos. Em relação aos hemoparasitos, 33 (53,2%) indivíduos estavam infectados, sendo 32 (51,6%) por *Plasmodium* spp. e um (1,61%) por *Haemoproteus* spp. Não houve diferença na parasitemia entre as estações, sexos, presença e ausência de reprodução, muda de penas e ectoparasitos. Não houve correlação entre condição corporal e parasitemia. Houve correlação positiva entre parasitemia e a quantidade total de leucócitos, sugerindo que estes aumentam de acordo com a parasitemia, o que indica que os indivíduos podem estar sendo eficientes em controlar as infecções. O atual estudo evidenciou que o perfil leucocitário é útil em responder questões ecológicas, as quais podem ser aplicadas na conservação da espécie, pelas variações leucocitárias estarem relacionadas a fatores estressores como reprodução e quantidade de micronúcleos. Quanto aos hemoparasitos, os resultados sugerem que a população é tolerante a parasitemia encontrada, pois não foi detectado nenhum efeito negativo.

Palavras-chave: Soldadinho, estresse, leucócitos, malária aviária, relação parasito-hospedeiro.

ABSTRACT

Ribeiro, Paulo Vitor Alves. Leukocyte profile and hemoparasites of *Antilophia galeata* (Passeriformes: Pipridae) in a forest fragment of Cerrado. MSc. Thesis. UFU. Uberlândia, MG. 91p. 2018.

Birds are efficient animals in responding to changes in the balance of the environment, as they are stress-sensitive organisms. The leukocyte profile is considered a reliable tool in the measurement of stress, since it is related to several stressors such as reproduction, low food availability, pollution and parasitism. Birds are affected by diverse parasitic fauna, such as hemoparasites, which may compromise survival and host fitness. The objectives of this work were to examine the leukocyte profile and hemoparasites of a population of *Antilophia galeata*, and to verify if there is association of both with biological and ecological characteristics of the species. In a Cerrado forest fragment, 151 individuals were captured in 13 field campaigns (06/2013 to 12/2016). The following data were collected: sex, age, biomass, tarsal length, presence/absence of ticks, molt feathers, and brood patch, and blood samples for confection of blood smears, which were analyzed under optical microscope for identification and quantification of leukocytes, micronuclei and parasites. The data collected were divided into two chapters, the first focused on the leukocyte profile, using 89 individuals (captured in 2013-2015) and the second, with a focus on hemoparasites, with 62 individuals (2016). In relation to the leukocyte profile, the number of lymphocytes was higher in males, in non-reproductive phase and in individuals with ticks. There was no difference in any of the leukocyte components in relation to age groups, molt feathers and body condition. The amount of micronuclei was positively related to total leukocyte, H/L ratio, heterophils, basophils and monocytes values. Regarding hemoparasites, 33 (53.2%) individuals were infected, 32 (51.6%) by *Plasmodium* spp. and one (1.61%) by *Haemoproteus* spp. There was no difference in parasitemia between the seasons, sexes, presence and absence of reproduction, molt feathers and ectoparasites. There was no correlation between body condition and parasitemia. There was a positive correlation between parasitemia and the total amount of leukocytes, suggesting the increase according to parasitemia, indicating that individuals may be efficient in controlling infections. The present study showed that the leukocyte profile is useful in answering ecological questions, which can be applied in the conservation of the species, because the leukocyte variations are related to stressors such as reproduction and the amount of micronuclei. As for hemoparasites, the results suggest that the population is tolerant to the parasitemia found, since no negative effect was detected.

Keywords: Helmeted Manakin, stress, white blood cells, avian malaria, host-parasite relationship.

INTRODUÇÃO GERAL

Os organismos, as populações e por fim os ecossistemas são naturalmente influenciados por inúmeros fatores de estresses abióticos e bióticos, tais como flutuações no clima, variação de radiação solar, disponibilidade de alimentos, predação, competição, parasitismo e doenças (MARKERT et al., 2003). Alterações antrópicas como a fragmentação de hábitat, podem potencializar estes estresses e introduzirem novos agentes estressores (PATZ, 2000; MCCALLUM; DOBSON, 2002). Certos organismos podem responder a estes estresses por meio de alterações nas estruturas morfológicas (anatômicas, histológicas e celulares) e nos processos fisiológicos, reprodutivos e comportamentais, o que os caracterizam como bioindicadores ou biomonitores (FRÄNZLE, 2003; MARKERT et al., 2003).

As aves são animais eficientes em responder a alterações no equilíbrio do meio ambiente (ANJOS et al., 2010, 2011; BAESSE et al., 2015; ALEXANDRINO et al., 2016), pois são sensíveis a estresses e susceptíveis a contaminantes devido a várias características, como a capacidade de deslocamento e posição na cadeia alimentar. Isto é, para voarem necessitam de grande acúmulo de ar, e com isso, elas absorvem, facilmente, gases ou partículas presentes no mesmo (BROWN et al., 1997), e por pertencerem aos mais altos níveis tróficos, são considerados organismos bioacumuladores (KELLER et al., 2014; RUSS et al., 2015). Além disso, muitas espécies são cosmopolitas e possuem ciclos de vida longos, o que possibilita monitoramentos de longo prazo e em largas escalas geográficas (JENKINS; OWENS, 2011; RICKLEFS et al., 2016).

O estresse nas aves pode ser verificado por vários parâmetros biológicos e fisiológicos. Estes incluem exames hematológicos, como a avaliação do perfil

leucocitário (DAVIS et al., 2008). Este perfil é determinado por meio da contagem diferencial de leucócitos, também conhecidos como glóbulos brancos, os quais são um dos principais componentes do sistema imunológico dos vertebrados, constituído por diferentes tipos celulares que oferecem proteção contra uma variedade de agentes patogênicos e estressores (CAMPBELL, 2015; MACEDA-VEIGA et al., 2015). Vários estudos têm demonstrado que o perfil leucocitário é uma ferramenta eficiente na mensuração do estresse em aves, pois alterações na quantidade e proporção destas células têm sido verificadas em aves em diversas situações estressantes, como: poluição (BAUEROVÁ et al., 2017), baixa disponibilidade de recursos alimentares ou nutricionais (MACHADO-FILHO et al., 2010), períodos de reprodução (WOJCZULANIS-JAKUBAS et al., 2015; FRIGERIO et al. 2017), migração (MALLORY et al., 2015) e parasitismo (LÜDTKE et al., 2013).

As aves podem ser acometidas por diversa fauna parasitária, incluindo protozoários, helmintos e artrópodes (ATKINSON et al., 2008). O parasitismo pode ser considerado um fator estressor, pois muitas vezes os parasitos comprometem as aptidões dos hospedeiros (KNOWLES et al., 2010; LACHISH et al., 2011; MARZAL et al., 2013). Os efeitos negativos dos parasitos podem ser potencializados com influências antrópicas, tais como desmatamento, fragmentação de hábitat e introdução de espécies exóticas (BREARLEY et al., 2013; CONFALONIERI et al., 2014; WIKELSKI et al., 2004; ATKINSON; LA POINT, 2009). Um grupo de parasito bem estudado em aves são os protozoários hemosporídeos causadores da malária (*Haemoproteus* e *Plasmodium*), pois ocorrem em quase todas as espécies de aves do planeta (VALKIUNAS, 2005). Estes parasitos são transmitidos por insetos hematófagos da ordem Diptera e causam diminuição no sucesso reprodutivo e na sobrevivência dos hospedeiros (MARZAL et al., 2005; KNOWLES et al., 2010; VANSTREELS et al.,

2014, DINHOPL et al., 2015). Isto ocorre, principalmente, quando estes parasitos são introduzidos em populações não adaptadas, podendo gerar alta patogenicidade, mortalidade e por fim extinções, como ocorrido em várias espécies de aves nativas do Haváí após o contato com uma nova linhagem de *Plasmodium* (ATKINSON; VAN RIPPER III, 1991; ATKINSON et al., 2000; ATKINSON; LA POINT, 2009).

A avifauna brasileira é uma das mais ricas do mundo, com aproximadamente 2.000 espécies (PIACENTINI et al., 2015), no entanto, informações básicas de várias espécies ainda são desconhecidas. São poucos os estudos que registraram os componentes leucocitários e a influência que situações estressantes exercem sobre estes em espécies de aves brasileiras (MACHADO-FILHO et al., 2010; LOBATO et al., 2011). E embora muitos estudos tenham relatado hemosporídeos em espécies de aves do Brasil, a maioria foi realizada em comunidades (FECCHIO et al., 2007, 2011, 2013, 2017; BELO et al., 2011; LEITE et al., 2013; LACORTE et al., 2013; FERREIRA JUNIOR et al. 2017), sendo poucos os que relatam as influências de tais parasitos em populações (LOBATO et al., 2011; FECCHIO et al., 2015).

No presente estudo foi examinada uma população de soldadinho (*Antilophia galeata*), passeriforme piprídeo, endêmico do Cerrado que habita o sub-bosque de matas ciliares, sendo encontrado desde áreas conservadas, como unidades de conservação até em locais alterados, inclusive em ambientes urbanos, como parques (FRANCHIN; MARÇAL-JÚNIOR, 2004; VALADÃO et al., 2006; SILVA; MELO, 2011). É uma espécie territorialista, monogâmica e frugívora, apesar de incluir, em menor escala, invertebrados na dieta (SILVA; MELO, 2011; DANTAS, 2013). Os machos adultos possuem plumagem negra com penas vermelhas no topo da cabeça (Fig. 1-a). As fêmeas adultas e os juvenis de ambos os sexos possuem uma plumagem esverdeada discreta em todo o corpo (Fig. 1-b) (MARINI, 1992; SICK, 1997).

Vários estudos previamente realizados no Cerrado do Triângulo Mineiro evidenciaram que *Antilophia galeata* é uma espécie chave em estudos de ecologia e conservação, apresentando potencial como biomonitora de qualidade ambiental, por ser uma espécie territorial, abundante e dependente de ambientes florestais (SILVA; MELO, 2011; GONÇALVES, 2012; DANTAS, 2013; TELES, 2013; BAESSE et al., 2015; PANIAGO, 2016). Considerando a importância desta espécie no cenário regional, o presente estudo propôs, como objetivos principais, examinar o perfil leucocitário e os hemoparasitos de uma população de *Antilophia galeata* e associar ambos a características biológicas, ecológicas e ciclos anuais da espécie.

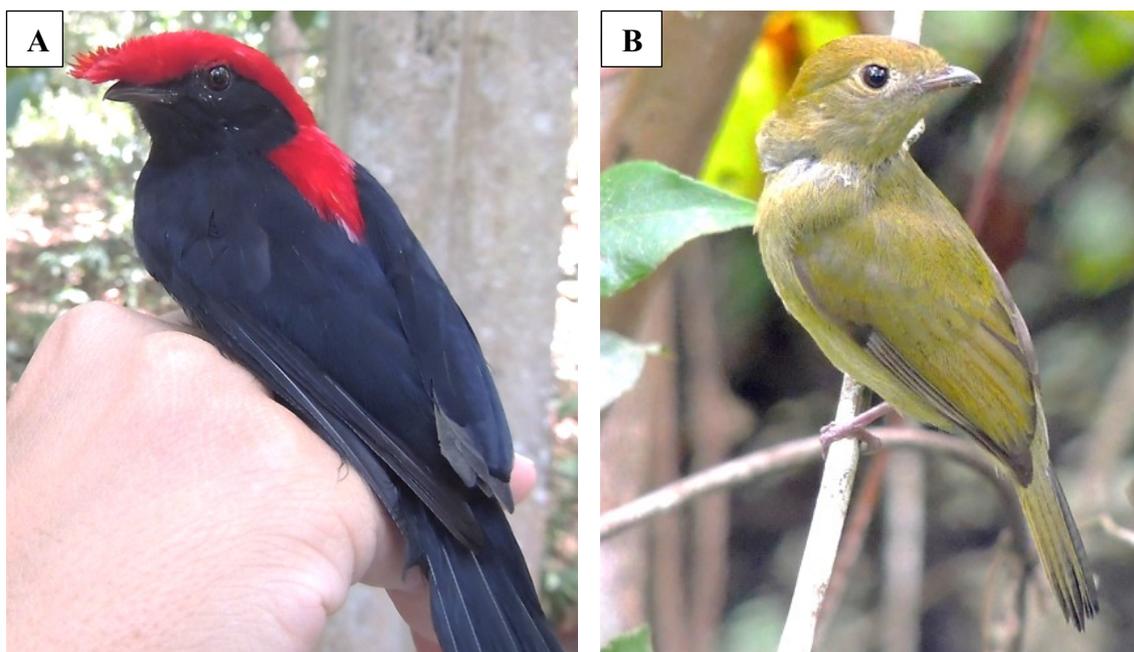


Figura 1. *Antilophia galeata*: (A) macho adulto e (B) fêmea adulta ou macho jovem.

Fotos: Vitor Carneiro de Magalhães Tolentino.

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em um fragmento florestal de Cerrado ($18^{\circ}57'03''\text{S}$ e $48^{\circ}12'22''\text{O}$) na Fazenda Experimental do Glória, no município de Uberlândia – MG. O fragmento apresenta 30 hectares compostos por floresta estacional semidecidual com mata de galeria em seu limite inferior e transições abruptas com bordas artificiais compostas por pastagens nos limites superior e lateral (LOPES, 2010). O clima na região é do tipo Aw segundo a classificação climática de Köppen, com estação seca (abril-setembro) e chuvosa (outubro-março). A pluviosidade anual é em torno de 1.500 mm e a temperatura média é de 22°C (ROSA et al., 1991).



Figura 2. Imagem de satélite do fragmento florestal de Cerrado na Fazenda Experimental do Glória em Uberlândia – MG. Fonte: Google Earth.

REFERÊNCIAS¹

ALEXANDRINO, E. R.; BUECHLEY, E. R.; PIRATELLI, A. J.; , FERRAZ, K. M. P. M. B.; MORAL, R. A.; ŞEKERCIOĞLUB, Ç. H.; SILVA W. R.; COUTO, H. T. Z. Bird sensitivity to disturbance as an indicator of forest patch conditions: an issue in environmental assessments. **Ecological Indicators**, v. 66, n. 1, p. 369-381, 2016.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.006>

ANJOS, L.; HOLT, R.; ROBINSON, S. Position in the distributional range and sensitivity to forest fragmentation in birds: a case history from the Atlantic forest, Brazil. **Bird Conservation International**, v. 20, n. 4, p. 392-399, 2010.

<https://doi.org/10.7589/0090-3558-36.2.197>

ANJOS, L.; COLLINS, C. D.; HOLT, R. D.; VOLPATO, G. H.; MENDONÇA, L. B.; Lopes, E. V.; R. BOÇON; BISHEIMER, SERAFINI, M. V.; P. P.; CARVALHO, J. Bird species abundance - occupancy patterns and sensitivity to forest fragmentation: implications for conservation in the Brazilian Atlantic forest. **Biology Conservation**, v. 144, n. 9, p. 2213-2222, 2011.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.05.013>

ATKINSON, C. T.; VAN RIPPER III, C. **Pathogenicity and epizootiology of avian haematozoa: *Plasmodium*, *Leucocytozoon* and *Haemoproteus***. In: Loye, J. R.; Zuk, M. (Eds.). Bird parasite interactions. Oxford University Press, p. 19-48. 1991.

¹ As referências da dissertação estão formatadas de acordo com as normas NBR 6023 (ABNT – 2002).

ATKINSON, C. T.; DUSEK, R. J.; WOODS, K. L. Pathogenicity of avian malaria in experimentally-infected Hawaii Amakihi. **Journal of Wildlife Diseases**, v. 36, n. 2, p. 197-204, 2000.

<https://doi.org/10.7589/0090-3558-36.2.197>

ATKINSON, C. T.; THOMAS, N. J.; HUNTER, D. B. **Parasitic Diseases of Wild Birds**. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 595 p. 2008.

<https://doi.org/10.1002/9780813804620>

ATKINSON, C. T.; LA POINTE, D. A. Introduced avian diseases, climate change, and the future of Hawaiian honeycreepers. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 23, n. 1, p. 53-63, 2009.

<https://doi.org/10.1647/2008-059.1>

BAESSE, C. Q.; TOLENTINO, V. C. M.; SILVA, A. M.; SILVA, A. A.; FERREIRA, G. A.; PANIAGO, L. P. M.; NEPOMUCENO, J. C.; MELO, C. Micronucleus as biomarker of genotoxicity in birds from Brazilian Cerrado. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 115, n. 1, p. 223-228, 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.02.024>

BAUEROVÁ, P.; VINKLEROVÁ, J.; HRANÍČEK, J.; ČORBA, V.; VOJTEK, L.; SVOBODOVÁ, J.; VINKLER, M.. Associations of urban environmental pollution with health-related physiological traits in a free-living bird species. **Science of The Total Environment**, v. 601, n. 1, p. 1556-1565, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.276>

BELO, N. O.; PINHEIRO, R. T.; REIS, E. S.; RICKLEFS, R. E.; BRAGA E. M. Prevalence and lineage diversity of avian haemosporidians from three distinct Cerrado habitats in Brazil. **Plos One**, v. 6, n. 3, p. 1-8, 2011.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017654>

BREARLEY, G.; RHODES, J.; BRADLEY, A.; BAXTER, G.; SEABROOK, L.; LUNNEY, D.; LIU, Y.; MCALPINE, C. Wildlife disease prevalence in human-modified landscapes. **Biological Reviews**, v. 88, n. 2, p. 427-442, 2013.

<https://doi.org/10.1111/brv.12009>

BROWN, R. E.; BRAIN, J. D.; WANG, N. The avian respiratory system: a unique model for studies of respiratory toxicosis and for monitoring air quality. **Environmental Health Perspectives**, v. 105, n. 2, p. 188-200, 1997.

<https://doi.org/10.1289/ehp.97105188>

CONFALONIERI, U. E. C; MARGONARI, C.; QUINTÃO, A. F. Environmental change and the dynamics of parasitic diseases in the Amazon. **Acta Tropica**, v. 129, n. 1, p. 33-41, 2014.

<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2013.09.013>

DANTAS, T. **Ciclos anuais em aves de ambiente florestal: muda de penas e reprodução**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Uberlândia, 51f. 2013.

DAVIS, A. K.; MANEY, D. L.; MAERZ, J. C. The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. **Functional Ecology**, v. 22, n. 5, p. 760-772, 2008.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01467.x>

DINHOPL, N.; NEDOROST, N.; MOSTEGL, M. M.; WEISSENBACHER-LANG, C.; WEISSENBÖCK, H. In situ hybridization and sequence analysis reveal an association of *Plasmodium* spp. with mortalities in wild passerine birds in Austria. **Parasitology Research**, p. 114, p. 1455-1462, 2015.

<https://doi.org/10.1007/s0043>

FECCHIO, A.; MARINI, M. Â.; BRAGA, É. M. Baixa prevalência de hemoparasitos em aves silvestres no Cerrado do Brasil Central. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 2, n. 3, p.127-135, 2007.

FECCHIO, A.; LIMA, M. R.; SILVEIRA, P.; BRAGA, É. M.; MARINI, M. Â. High prevalence of blood parasites in social birds from a neotropical savanna in Brazil. **Emu**, v. 111, n. 2, p. 132-138, 2011.

<https://doi.org/10.1071/MU10063>

FECCHIO, A.; LIMA, M. R.; SVENSSON-COELHO, M.; MARINI, M. Â.; RICKLEFS, R. E. Structure and organization of an avian haemosporidian assemblage in a Neotropical savanna in Brazil. **Parasitology**, v. 140, n. 2, p. 181-192, 2013.

<https://doi.org/10.1017/S0031182012001412>

FECCHIO, A.; LIMA, M. R.; SILVEIRA, P.; RIBAS, A. C. A.; CAPARROZ, R.; MARINI, M. Â. Age, but not sex and seasonality, influence Haemosporida prevalence in white-banded Tanagers (*Neothraupis fasciata*) from central Brazil. **Canadian Journal of Zoology**, v. 93, n. 1, p. 71-77, 2015.

<https://doi.org/10.1139/cjz-2014-0119>

FECCHIO, A.; SVENSSON-COELHO, M.; BELL, J.; ELLIS, V. A.; MEDEIROS, M. C.; TRISOS, C. H.; BLAKE, J. G.; LOISELLE, B. A.; TOBIAS, J. A.; FANTI, R. COFFEY, E. D.; FARIA, I. P.; PINHO, J. B.; FELIX, G.; BRAGA, E. M.; ANCIÃES, M.; TKACH, V.; BATES, J.; WITT, C.; WECKSTEIN, J. D.; RICKLEFS, R. E.; FARIAS, I. P. Host associations and turnover of haemosporidian parasites in manakins (Aves: Pipridae). **Parasitology**, v. 144, n. 7, p. 984-993, 2017.

<https://doi.org/10.1017/S0031182017000208>

FERREIRA JUNIOR, F. C.; RODRIGUES, R. A., ELLIS, V. A., LEITE, L. O., BORGES, M. A.; BRAGA, E. M. Habitat modification and seasonality influence avian haemosporidian parasite distributions in southeastern Brazil. **Plos One**, v. 12, n. 6, p. e0178791, 2017.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178791>

FRANCHIN, A. G.; MARÇAL JÚNIOR, O. A riqueza da avifauna no Parque do Sabiá. **Biotemas**, v. 17, n. 1, p.179-202, 2004.

FRÄNZLE, O. **Bioindicators and environmental stress assessment**. In: MARKERT, B. A.; BREURE, A. M.; ZEEHMEISTER, H. G. (Eds.). *Bioindicators and Biomonitoring*. Oxford: Elsevier Science Ltd, 42-83p. 2003.

[https://doi.org/10.1016/S0927-5215\(03\)80132-7](https://doi.org/10.1016/S0927-5215(03)80132-7)

FRIGERIO, D.; LUDWIG, S. C.; HEMETSBERGER, J.; KOTRSCHAL, K.; WASCHER, C. A. Social and environmental factors modulate leucocyte profiles in free-living greylag geese (*Anser anser*). **PeerJ**, v. 5, n. 1, p. e2792, 2017.

<https://doi.org/10.7717/peerj.2792>

GONÇALVES, V. F. **Assimetria flutuante em aves de ambientes florestais no Cerrado mineiro**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Uberlândia, 70f. 2012.

GROSS, W. B.; SIEGEL, H. S. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. **Avian Diseases**, v. 27, n. 4, p. 972-979, 1983.

<https://doi.org/10.2307/1590198>

JAKUBAS, D. WOJCZULANIS-JAKUBAS, K. KOŚMICKA, A. Factors affecting leucocyte profiles in the little auk, a small Arctic seabird. **Journal of Ornithology**, v. 156, n. 1, p. 101-111, 2015.

<https://doi.org/10.1007/s10336-014-1101-5>

JENKINS, T.; OWENS, I. P. F. Biogeography of avian blood parasites (*Leucocytozoon* spp.) in two resident hosts across Europe: phylogeographic structuring or the abundance–occupancy relationship?. **Molecular Ecology**, v. 20, n. 18, p. 3910-3920, 2011.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05221.x>

KELLER, R.; XIE, H. L.; BUCHWALTER, D. B.; FRANZREB, K. E.; SIMONS, T. R. Mercury bioaccumulation in southern appalachian birds, assessed through feather concentrations. **Ecotoxicology**, v. 23, n. 2, p. 304-316, 2014.

<https://doi.org/10.1007/s10646-013-1174-6>

KNOWLES, S. C. L.; PALINAUSKAS, V.; SHELDON, B. C. Chronic malaria infections increase family inequalities and reduce parental fitness: experimental evidence from a wild bird population. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 23, n. 3, p. 557-569, 2010.

<https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2009.01920.x>

LACHISH, S.; KNOWLES, S. C.; ALVES, R.; WOOD, M. J.; SHELDON, B. C. Fitness effects of endemic malaria infections in a wild bird population: the importance of ecological structure. **Journal of Animal Ecology**, v. 80, n. 6, p. 1196-1206, 2011.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2011.01836.x>

LACORTE, G. A.; FELIX, G. M. F.; PINHEIRO, R. R. B.; CHAVES, A.V.; ALMEIDA-NETO, G. Exploring the diversity and distribution of neotropical avian malaria parasites – a molecular survey from southeast Brazil. **Plos One**, v. 8, n. 3, p.1-9, 2013.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057770>

LEITE, Y. F. C.; PINHEIRO, R. T.; BRAGA, E. M. Prevalência de hemosporídeos em três localidades do Estado do Tocantins, Brasil. **Ornithologia**, v. 6, n. 1, p. 1-13, 2013.

LOBATO, D. N.; BRAGA, É. M., BELO, N. D. O.; ANTONINI, Y. Hematological and parasitological health conditions of the Pale-breasted Thrush (*Turdus leucomelas*) (Passeriformes: Turdidae) in southeastern Brazil. **Zoologia**, v. 28, n. 6, p. 771-776, 2011.

<https://doi.org/10.1590/S1984-46702011000600010>

LOPES, S. F. **Padrões florísticos e estruturais das Florestas Estacionais Semidecíduais do Triângulo Mineiro, MG**. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Uberlândia, 201f. 2010.

LÜDTKE, B.; MOSER, I.; SANTIAGO-ALARCON, D.; FISCHER, M.; KALKO, E. K., SCHAEFER, H. M.; RENNER, S. C. Associations of forest type, parasitism and body condition of two European passerines, *Fringilla coelebs* and *Sylvia atricapilla*. **Plos One**, v. 8, n. 12, p. e81395, 2013.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081395>

MACHADO-FILHO, R. A.; BALSAMÃO, G. M.; MARINI, M. Â. Seasonal differences in immune profiles and body conditions of migratory and permanent resident neotropical flycatchers. **The Condor**, v. 112, n. 3, p. 579-590, 2010.

<https://doi.org/10.1525/cond.2010.090146>

MALLORY, M. L.; LITTLE, C. M.; BOYD, E. S.; BALLARD, J.; ELLIOTT, K. H.; GILCHRIST, H. G.; SHUTLER, D. Leucocyte profiles of Arctic marine birds: correlates of migration and breeding phenology. **Conservation Physiology**, v. 3, n. 1, p. 1-11, 2015.

<https://doi.org/10.1093/conphys/cov028>

MARINI, M. A. Notes on the breeding and reproductive biology of the helmeted manakin. **The Wilson Bulletin**, v. 104, n. 1, p. 168-173, 1992.

MARKERT, B. A.; BREURE, A. M.; ZECHMEISTER, H. G. **Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment**. In: MARKERT, B. A.; BREURE, A. M.; ZECHMEISTER, H. G. (Eds.). *Bioindicators and Biomonitoring*. Oxford: Elsevier Science Ltd, p. 3-39, 2003.

[https://doi.org/10.1016/S0927-5215\(03\)80131-5](https://doi.org/10.1016/S0927-5215(03)80131-5)

MARZAL, A.; LOPE, F.; NAVARRO, C.; MØLLER, A. P. Malarial parasites decrease reproductive success: an experimental study in a passerine bird. **Oecologia**, v. 142, n. 4, p. 541-545, 2005.

<https://doi.org/10.1007/s00442-004-1757-2>

MARZAL, A.; REVIRIEGO, M.; HERMOSELL, I. G.; BALBONTÍN, J.; BENSCH, S.; RELINQUE, C. et al. Malaria infection and feather growth rate predict reproductive success in house martins. **Oecologia**, v. 171, n. 4, p. 853-861, 2013.

<https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2079>

MCCALLUM, H.; DOBSON, A. Disease, habitat fragmentation and conservation. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 269, n. 1504, p. 2041-2049, 2002.

<https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2079>

PANIAGO, L. P. M. **Aspectos ecológicos de *Antilophia galeata* (Passeriformes: Pipridae) e seu potencial em biomonitoramento e conservação**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Uberlândia, 89f. 2016.

PATZ, J. A.; GRACZYK, T. K.; GELLER, N.; VITTOR, A. Y. Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. **International Journal for Parasitology**, v. 30, n. 12, p. 1395-1405, 2000.

[https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(00\)00141-7](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(00)00141-7)

PIACENTINI, V. Q.; ALEIXO, A.; AGNE, C. E.; MAURÍCIO, G. N., PACHECO, J.; et al. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee. **Brazilian Journal of Ornithology**, v. 3, n. 2, p. 90-298, 2015.

RICKLEFS, R. E.; MEDEIROS, M.; ELLIS, V. A.; SVENSSON-COELHO, M.; BLAKE, J. G.; LOISELLE, B. A.; SOARES, L.; FECCHIO, A.; OUTLAW, D.; MARRA, P. P.; LATTA, S. C.; VALKIŪNAS, G.; HELLGREN, O.; BENSCH, S. Avian migration and the distribution of malaria parasites in New World passerine birds. **Journal of Biogeography**, v. 44, n. 5, p. 1113-1123, 2017

<https://doi.org/10.1111/jbi.12928>

ROSA, R.; LIMA, S. C.; ASSUNÇÃO, W. L. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). **Sociedade & Natureza**, v. 3, n. 5, p. 91-108, 1991.

RUUS, A.; ØVERJORDET, I. B.; BRAATEN, H. F. V.; EVENSET, A.; CHRISTENSEN, G.; et al. Methylmercury biomagnification in an Arctic pelagic food web. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 34, n. 11, p. 2636-2643, 2015.

<https://doi.org/10.1002/etc.3143>

SICK, H. **Ornitologia brasileira: uma introdução**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira. 912p. 1997.

SILVA, A. M.; MELO, C. 2011. Frugivory and seed dispersal by the helmeted manakin (*Antilophia galeata*) in forests of Brazilian Cerrado. **Ornitología Neotropical**. v. 22, n. 1, p. 69-77, 2011.

TELES, D. R. F. **Condição corporal de aves em Fragmento de Mata Estacional Semidecidual do Triângulo Mineiro, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Uberlândia, 58f. 2013.

VALADÃO, R. M.; FRANCHIN, A. G.; MARÇAL-JÚNIOR, O. A avifauna no Parque Municipal Victório Siquierolli, zona urbana de Uberlândia (MG). **Biotemas**, v. 19, n. 1, p. 81-91, 2006.

VALKIUNAS, G. **Avian malaria parasites and other haemosporidians**. Boca Raton: CRC Press. 932p. 2005.

VANSTREELS, R. E. T.; KOLESNIKOVAS, C. K.; SANDRI, S.; SILVEIRA, P., BELO, N. O.; et al. Outbreak of avian malaria associated to multiple species of Plasmodium in magellanic penguins undergoing rehabilitation in southern Brazil. **Plos One**, v. 9, n. 4, p. e94994, 2014.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094994>

WIKELSKI, M.; FOUFOPOULOS, J.; VARGAS, H.; SNELL, H. Galapagos birds and diseases: invasive pathogens as threats for island species. **Ecology and Society**, v. 9, n. 1, p. 1-5, 2004.

<https://doi.org/10.5751/ES-00605-090105>

WOJCZULANIS-JAKUBAS, K.; JAKUBAS, D.; CHASTEL, O.; KULASZEWICZ, I. A big storm in a small body: seasonal changes in body mass, hormone concentrations and leukocyte profile in the little auk (*Alle alle*). **Polar Biology**, v. 38, n. 8, p. 1203-1212, 2015.

<https://doi.org/10.1007/s00300-015-1687-y>

CAPÍTULO 1

**Perfil leucocitário de *Antilophia galeata* (Passeriformes: Pipridae) em um
fragmento florestal de Cerrado**

RESUMO

O perfil leucocitário é considerado uma ferramenta confiável na mensuração de estresses, pois corticosteroides quando presentes, em altos níveis, tendem a aumentar a quantidade de heterófilos e diminuir a de linfócitos. Esse quadro ocasiona aumento nos valores da razão H/L, o que caracteriza o perfil leucocitário de estresse. A maioria das espécies de aves brasileiras nunca teve seus componentes leucocitários estudados. O soldadinho (*Antilophia galeata*) tem sido considerado um organismo modelo para estudos ecológicos e conservacionistas devido ao seu potencial em biomonitoramento. O principal objetivo deste estudo consistiu em verificar se aspectos biológicos e ecológicos da espécie (sexo, faixa etária, reprodução, muda de penas, ectoparasitos, condição corporal e micronúcleos) exercem influências sobre o perfil leucocitário. Em um fragmento florestal de Cerrado, foram capturados 89 indivíduos. Nestes, foi verificado: biomassa, comprimento dos tarsos, sexo, faixa etária, presença/ausência de carrapatos, muda de penas e placa de incubação. Amostras de sangue foram coletadas para confecção de extensões sanguíneas, as quais foram analisadas em microscópio óptico para identificação e quantificação dos leucócitos e micronúcleos. Houve diferença no número de linfócitos entre os sexos ($t = -2,001$; $gl = 81$; $0,049$), sendo maiores nos machos, entre período reprodutivo e não reprodutivo ($t = 2,565$; $gl = 86$; $p = 0,012$), sendo maiores no não reprodutivo, e entre indivíduos com e sem carrapatos ($t = -3,064$; $gl = 86$; $p = 0,003$), sendo maiores nos infestados. Não houve diferença em nenhum dos componentes leucocitários em relação às faixas etárias e mudas de penas, assim como não houve correlação entre os índices de condição corporal. Quanto aos micronúcleos, houve correlação entre os valores totais de leucócitos ($r = 0,343$; $gl = 43$; $p = 0,024$), razão H/L ($r = -0,273$; $gl = 53$; $p = 0,044$), heterófilos ($r = -0,335$; $gl = 53$; $p = 0,012$), basófilos ($r = 0,280$; $gl = 53$; $p = 0,039$) e monócitos ($r = 0,277$; $gl = 53$; $p = 0,041$). Os resultados encontrados sugerem que a reprodução é um dos principais estresses fisiológicos da espécie, exercendo diferenças sexuais no perfil leucocitário dos seus indivíduos. Além disso, biomarcadores de danos genotóxicos (micronúcleos) estiveram relacionados às alterações leucocitárias, indicando que os indivíduos estão sensíveis a distúrbios ambientais. Conclui-se que o perfil leucocitário é uma ferramenta útil em responder questões ecológicas que podem ser aplicadas na conservação de espécies em ambientes degradados.

Palavras-chave: Soldadinho, estresse, hematologia aviária, leucócitos, micronúcleos.

ABSTRACT

The leukocyte profile is considered a reliable tool in the measurement of stresses, since corticosteroids present at high levels tend to increase the number of heterophils and decrease of lymphocytes. This situation causes an increase in the H/L ratio, which characterizes the leukocyte stress profile. Most Brazilian bird species have never had their leukocyte components studied. The helmeted manakin (*Antilophia galeata*) has been considered a model organism for ecological and conservationist studies due to its potential in biomonitoring. The main objective of this study was to verify if biological and ecological aspects of the species (sex, age range, reproduction, feather molt, ectoparasites, body condition and micronuclei) exert influence on the leukocyte profile. In a Cerrado forest fragment, 89 individuals were captured in seven field campaigns (06/2013 to 12/2015). In these individuals, biomass, tarsal length, sex, age range, presence/absence of ticks, feather molt and incubation plate were verified. Blood samples were collected to make blood smears, which were analyzed under an optical microscope for identification and quantification of leukocytes and micronuclei. There were differences in the number of lymphocytes between the sexes ($t = -2.001$, $df = 81$, $p = 0.049$), being higher in males, between reproductive and non-reproductive periods ($t = 2.565$, $df = 86$, $p = 0.012$), being higher in non-reproductive, and among individuals with and without ticks ($t = -3.064$, $df = 86$, $p = 0.003$), being higher in the infested ones. There was no difference in any of the leukocyte components in relation to age groups and feather molt, as there was no correlation between body condition indices. As for the micronuclei, there was a correlation between total leukocyte values ($r = 0.343$, $df = 43$, $p = 0.024$), H/L ratio ($r = -0.273$, $df = 53$, $p = 0.044$), heterophils ($r = -0.335$, $df = 53$, $p = 0.012$), basophils ($r = 0.280$, $df = 53$, $p = 0.039$) and monocytes ($r = 0.277$, $df = 53$, $p = 0.041$). The results suggest that reproduction is one of the main physiological stresses of the species, exerting sexual differences in the leukocyte profile of its individuals. In addition, biomarkers of genotoxic damage (micronuclei) were related to leukocyte alterations, indicating that individuals are sensitive to environmental disturbances. It is concluded that the leukocyte profile is a useful tool in answering ecological questions that can be applied in the conservation of species in degraded environments.

Keywords: Helmeted Manakin, stress, white blood cells, avian hematology, micronuclei.

INTRODUÇÃO

Os leucócitos aviários (Fig. 1. a-e) são produzidos na medula óssea, e podem ser classificados em granulócitos e agranulócitos ou mononucleares. Os primeiros são representados pelos basófilos, eosinófilos e heterófilos, e os segundos pelos linfócitos e monócitos (CAMPBELL, 2004; GARCIA-NAVARRO; PACHALY, 2005; FERNANDES et al., 2013). Os linfócitos sofrem maturação em órgãos linfoides, como timo e bursa de Fabricius e estão relacionados à imunidade adquirida ou adaptativa, com a produção de anticorpos e respostas específicas a patógenos (CAMPBELL, 2015). Os heterófilos, eosinófilos, basófilos e monócitos atuam, principalmente, na primeira linha de defesa imune, a imunidade inata (DAVISON et al., 2008). Os heterófilos equivalem aos neutrófilos dos mamíferos, são as principais células fagocíticas envolvidas na resposta inflamatória e atuam no ataque a bactérias por meio de quimiotaxia, opsonização, fagocitose e lise (CÂNDIDO, 2008; CAPITELLI; CROSTA, 2013). As funções dos eosinófilos e basófilos nas aves são incertas, porém ambos podem ter papel nas reações de hipersensibilidade, e os eosinófilos também podem estar relacionados a infecções parasitárias (KIESECKER, 2002; MITCHELL; JOHNS, 2008). Os monócitos fagocitam e degradam microrganismos, células anormais e detritos celulares (CAMPBELL, 2015).

Os heterófilos e linfócitos juntos compõem aproximadamente 80% dos leucócitos das aves (RUPLEY, 1997). As quantidades e proporções destes podem se alterar de acordo com variações nas concentrações de corticosteroides (DAVIS et al., 2008; WOJCZULANIS-JAKUBAS et al., 2015). Quando presentes em altos níveis, estes hormônios promovem maior recrutamento de heterófilos em relação aos linfócitos, resultando em aumentos nos valores da razão entre estes (H/L), o que caracteriza o

perfil leucocitário de estresse (GROSS; SIEGEL, 1983; DAVIS et al., 2008). Este ajuste nas proporções de heterófilos em relação às de linfócitos ocorre, pois a imunidade adaptativa pode ser mais dispendiosa de se manter do que a inata, assim, durante períodos de estresse, os indivíduos tendem a suprimir um componente do sistema imunológico enquanto expande outro (APANIUS, 1998). Além disso, experimentos em animais de laboratório utilizando tratamento exógeno com glicocorticóides sintéticos, comprovaram tais informações (DHABHAR et al., 1995).

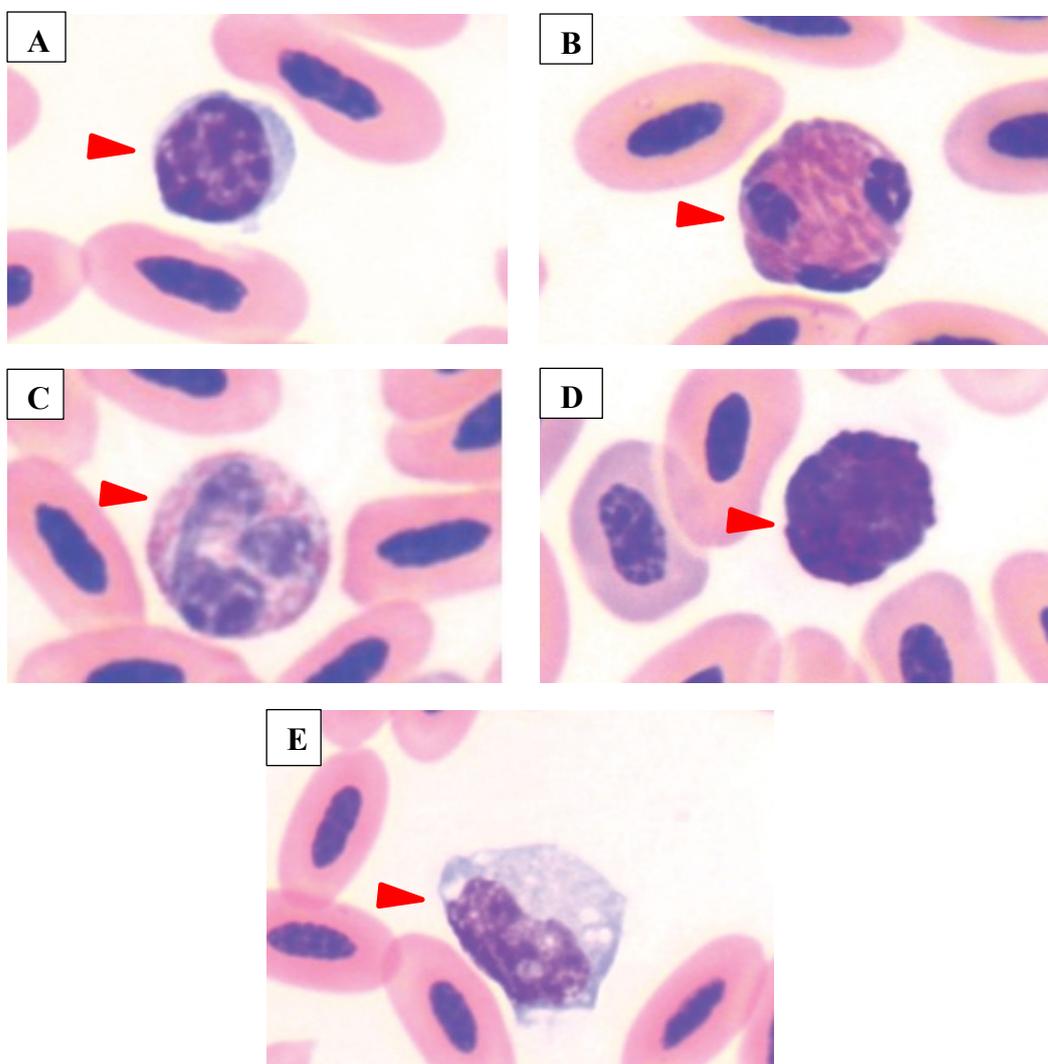


Figura 1: Principais leucócitos de aves: (A) linfócito, (B) heterófilo, (C) eosinófilo, (D) basófilo e (E) monócito. Fonte: adaptado de Clark et al. (2009).

A mensuração do estresse a partir do perfil leucocitário tem se mostrado mais vantajosa e confiável, em aves de vida livre, do que a própria quantificação dos níveis de corticosteroides no sangue. A resposta destes hormônios é imediata, enquanto as alterações leucocitárias podem começar a surgir em horas a dias, dependendo do táxon (ROMERO; REED, 2005; DAVIS et al., 2008). Considerando que estes animais necessitam ser capturados, e que a captura é um fator estressor, a utilização do perfil leucocitário pode ser mais eficaz em trazer informações de estresse a longo prazo. Este tipo de estudo foi realizado pela primeira vez por Gross e Siegel (1983) em galinhas (*Gallus gallus*), e desde então, tem sido utilizado para avaliar o bem-estar destas em diferentes condições de criação (NICOL et al., 2006). A partir disto, ornitólogos começaram a aplicar tal conhecimento em associação a uma série de variáveis biológicas, ecológicas e comportamentais de aves silvestres (DAVIS et al., 2008).

Evidências mostram que o perfil leucocitário de aves varia entre machos e fêmeas, uma vez que os hormônios sexuais atuam como importantes moduladores das respostas imunes, sendo a testosterona relatada como imunossupressor e o estrogênio como imuno-intensificador (CAMPO; DAVILA, 2002; CHARLES-SMITH et al., 2014; FOO et al., 2016; ROVED et al., 2016). Considerando que jovens ainda não passaram por maturação sexual, o perfil leucocitário, também, pode diferir entre estes e adultos. Além disso, há relatos de maiores valores da razão H/L, ou seja, maior estresse, durante períodos reprodutivos, pois a reprodução exige elevadas demandas energéticas para as aves (WOJCZULANIS-JAKUBAS et al., 2015; FRIGERIO et al., 2017), o que geralmente envolve incubação e cuidado parental para ambos os sexos, produção de ovos para fêmeas e defesa de territórios para machos (SAINO et al., 2002; GREENMAN et al., 2005).

Além da reprodução, as aves passam por outros fatores estressores que podem ter influência no perfil leucocitário, tais como parasitismo, períodos de escassez alimentar, muda de penas entre outros. Por exemplo, Lüdtke et al. (2013) verificaram que a razão H/L foi significativamente maior em toutinegras (*Sylvia atricapilla*), infectadas por hemoparasitos em comparação com não infectadas. Palacios et al. (2017) evidenciaram que pinguins (*Pygoscelis antarctica*) em muda de penas têm maior proporção de leucócitos, quando comparados aos que não estão. Machado-Filho et al. (2010) verificaram que guaracavas-de-topete-uniforme (*Elaenia cristata*) apresentaram maior valor da razão H/L durante a estação seca em um ambiente de Cerrado, e os autores atribuíram esse estresse a escassez de alimento. Além disso, alguns estudos têm registrado alterações no perfil leucocitário de aves em relação a distúrbios ambientais, como poluição. Por exemplo, Eeva et al. (2005) observaram que papa-moscas-pretos (*Ficedula hypoleuca*) amostrados em uma área poluída com cobre apresentaram maior valor da razão H/L do que aqueles em uma área controle. Bauerová et al. (2017) verificaram as razões H/L e a quantidade de contaminação por chumbo, cádmio, cobre e crômio presente nas penas de chapins-reais (*Parus major*) correlacionaram-se positivamente.

Outras alterações evidenciadas em exames hematológicos também podem estar relacionadas a distúrbios ambientais. Dentre estas, destaca-se os micronúcleos, pois estudos mostram que aves situadas em ambientes com maior influência antrópica apresentam maiores taxas de micronúcleos (BAESSE et al., 2015; MARTÍNEZ-HARO et al., 2017). Os micronúcleos são pequenas estruturas arredondadas, que quando presentes localizam-se no citoplasma das células e apresentam características cromáticas semelhantes às do núcleo principal quando avaliadas por microscopia óptica (GATTÁS et al., 1992). A formação dos micronúcleos é devido a fatores ou eventos que

interferem na estrutura ou função do aparelho mitótico, e produzem falhas na incorporação de cromossomos ou fragmentos cromossômicos no núcleo principal (FENECH et al., 2006; THOMAS et al., 2009). Desta forma, os micronúcleos refletem danos cromossômicos e, portanto, podem atuar como biomarcadores de genotoxicidade (HITOSHI et al., 2003; BAESSE et al., 2015). Assim, a análise de micronúcleos pode ser utilizada como método eficiente para avaliar a mutagenicidade e a sensibilidade a contaminantes ambientais (EPA, 1998; WOLF et al., 2002).

Mesmo o perfil leucocitário sendo considerado uma ferramenta confiável para mensuração de estresse, aplicável em uma variedade de questões ecológicas, de baixo custo e ideal para animais de pequeno porte (pois utiliza pouco volume de sangue), a maioria das espécies de aves brasileiras nunca teve seus componentes leucocitários estudados, incluindo a espécie escolhida para este estudo. Desta forma, o objetivo geral do estudo consistiu em analisar o perfil leucocitário de uma população de *Antilophia galeata* em relação a determinadas características biológicas ecológicas da espécie. Assim, os objetivos específicos com suas respectivas hipóteses são:

1. Comparar o perfil leucocitário dos indivíduos entre: faixas etárias, sexos, presença/ausência de período reprodutivo, muda de penas e carrapatos.
 - 1.1. Não há variação leucocitária entre faixas etárias, pois jovens apresentam estresse da alocação de energia para o crescimento e os adultos para a reprodução.
 - 1.2. O perfil leucocitário de estresse predomina nos seguintes indivíduos:
 - a) Machos, pois são territoriais e agressivos, podendo haver aumento dos níveis de testosterona, hormônio imunossupressor.

- b) Em período reprodutivo, pois é uma fase que exige altas demandas energéticas.
- c) Com muda de penas, pois a renovação de penas é um processo altamente dispendioso.
- d) Com carrapatos, pois a ação espoliativa destes pode provocar estresse nas aves.

2. Verificar se há relação entre perfil leucocitário e condição corporal dos indivíduos.

2.1. Indivíduos em pior condição corporal estão relacionados ao perfil leucocitário de estresse, considerando que estes podem estar mais debilitados.

3. Verificar se há relação entre perfil leucocitário e quantidade de micronúcleos dos indivíduos.

3.1. Indivíduos com maior quantidade de micronúcleos estão relacionados ao perfil leucocitário de estresse, pois os micronúcleos podem surgir devido a distúrbios ambientais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Descrito na página 7.

Captura dos indivíduos

De junho de 2013 a dezembro de 2015 foram realizadas sete campanhas de campo com duração de cinco dias cada. Quatro destas campanhas ocorreram em meses secos e três em meses chuvosos. Para capturar as aves, foram utilizadas de 20 a 25 redes

de neblina (12 m de comprimento/ 3 m de altura), expostas em trilhas entre 06h30min e 17h00min. Estas foram conferidas em intervalos de aproximadamente 30 minutos, e quando se notava a presença de aves, as mesmas eram retiradas e acomodadas em sacos de tecido para posterior triagem. Com auxílio de dinamômetros de mão (Pesola®), os indivíduos acomodados dentro dos sacos de tecido foram pesados, sendo os pesos dos sacos, descontados. Além disso, realizaram-se medidas dos tarsos das aves, por meio de um paquímetro digital (Lotus®). Os indivíduos foram identificados e marcados com anilhas metálicas cedidas pelo Centro de Pesquisa para a Conservação de Aves Silvestres (CEMAVE/ICMBio – Projetos: 3238/3740 – Registro: 359076).

O estágio reprodutivo das aves capturadas foi determinado pela presença da placa de incubação, ou seja, quando a região abdominal estava sem penas, com pele fina e enrugada, com coloração mais escura, o que indica maior vascularização (CEMAVE, 1994). Para identificar a presença da placa, as penas que recobrem a região abdominal foram assopradas para permitir a visualização. Além disso, também foram assopradas as penas nas demais regiões do corpo (cabeça, pescoço, dorso) para detectar a presença de carrapatos e de mudas (surgimento de novas penas).

Idade e sexo dos indivíduos

Quando possível os indivíduos foram identificados quanto à faixa etária (jovens e adultos), uma vez que aves jovens, geralmente, apresentam comissura labial e ausência ou baixa ossificação craniana. Quanto ao sexo, todos os indivíduos de coloração verde tiveram amostras de sangue coletadas (05 µL de sangue da veia tarsal) com auxílio de seringas e agulhas descartáveis estéreis (8 mm x 0,3 mm). As amostras de sangue coletadas foram armazenadas em kits específicos fornecidos pelo laboratório Unigen (São Paulo - SP) para posterior envio ao mesmo. Estas amostras foram

submetidas ao exame de sexagem, por meio de uma reação de PCR (*Polymerase Chain Reaction*) para detectar a presença ou ausência de um gene no cromossomo W, único para fêmeas (ZW) de aves.

Confecção e análise das extensões sanguíneas

Foram realizadas coletas de sangue da veia tarsal conforme descrito no item anterior, com objetivo de se obter uma gota (05 μ L) de sangue, a qual foi posicionada sobre uma lâmina de microscopia, limpa e estéril. Com o auxílio de uma segunda lâmina em inclinação de aproximadamente 45°, foi feita a extensão sanguínea. Realizaram-se duas para cada indivíduo e após secas, as lâminas foram fixadas com metanol absoluto, ainda em campo. Em laboratório, foi realizada a coloração com uma solução de Giemsa (5%) e tampão fosfato (pH 5,8) durante 30 minutos. Posteriormente, as lâminas foram lavadas em água destilada, secas em temperatura ambiente e identificadas com o número da anilha do indivíduo.

As lâminas foram analisadas em microscópio óptico, com objetiva de 100x e utilizando óleo de imersão, sendo observados 200 campos microscópicos por indivíduo. Os componentes do perfil leucocitário foram identificados de acordo com as descrições de Clark et al. (2009) e Campbell (2015) fornecidas nos respectivos atlas de hematologia aviária. Para obter a contagem total de leucócitos (CTL) foi feita a soma das quantidades dos tipos leucocitários encontrados, enquanto que para obter as porcentagens de cada tipo, as quantidades dos tipos foram divididas pela CTL. A razão H/L foi calculada a partir da divisão entre as porcentagens de heterófilos por linfócitos. Todos estes cálculos (CTL, porcentagens e razão H/L) foram feitos de acordo com Machado-Filho et al. (2010).

Análises de micronúcleos também foram realizadas. Em cada lâmina foram contados 2500 eritrócitos, totalizando 5000 eritrócitos por indivíduo (BAESSE et al., 2015). Cada eritrócito pode conter um ou mais micronúcleos, sendo a identificação realizada de acordo com os critérios propostos por Wolf e Luepke (1997).

Condição corporal

A análise de condição corporal permite estimar a capacidade dos indivíduos em estocar recursos e em sobreviver a situações adversas (SCHULTE-HOSTEDDE et al., 2005). A condição corporal pode ser estimada por meio do Índice de Massa Relativa (IMR), o qual foi calculado por meio de uma regressão linear simples entre os valores logaritmizados da biomassa e comprimento do tarso direito dos indivíduos. Os valores residuais da regressão foram utilizados como IMR, sendo que valores negativos são associados a piores condições corporais quando comparados aos positivos (SCHULTE-HOSTEDDE et al., 2005).

Análises estatísticas

Para verificar se houve diferença e relação entre os componentes do perfil leucocitário e as variáveis analisadas (sexos, faixas etárias, reprodução, muda, ectoparasitos, condição corporal e micronúcleos) foram realizados testes paramétricos (Teste *t* de Student e Correlação de Pearson). Para atender as premissas dos testes, os dados em porcentagens (heterófilos, linfócitos, eosinófilos, basófilos, monócitos e razão H/L) sofreram transformações arco seno de raiz quadrada e as demais variáveis contínuas (CTL, IMR e micronúcleos) passaram por transformações logarítmicas. As análises foram conduzidas no software Systat 10.2, com o nível de significância <0,05.

RESULTADOS

Foram capturados 89 indivíduos, sendo 40 (44,9%) fêmeas, 43 (48,3%) machos e três (3,37%) indeterminados. Quanto às faixas etárias, foram 58 (65,1%) adultos, 14 (15,7%) jovens e 17 (19,1%) indeterminados. Os indivíduos indeterminados foram desconsiderados das análises que envolveram sexos e faixas etárias. Em relação ao período reprodutivo, 26 (29,2%) indivíduos apresentaram placa de incubação e 63 (70,7%) não. A muda de penas esteve presente em 23 (25,8%) indivíduos e ausente em 66 (74,1%). Quanto aos carrapatos, 17 (19,1%) indivíduos estavam infestados e 72 (80,8%) não. Os micronúcleos estiveram presentes em 55 (61,7%) indivíduos e ausentes em 34 (38,2%).

Houve diferença significativa no número de linfócitos entre os sexos ($t = -2,001$; $gl = 81$; $p = 0,049$; Tabela 1), quanto à presença de placa de incubação ($t = 2,565$; $gl = 86$; $p = 0,012$; Tabela 2) e de carrapatos ($t = -3,064$; $gl = 86$; $p = 0,003$; Tabela 3), sendo maiores, respectivamente, nos machos (Fig. 2), nos indivíduos com ausência de placa (Fig. 3) e infestados por carrapatos (Fig. 4). Não houve diferença em nenhum dos componentes leucocitários em relação às faixas etárias (Tabela 4) e a muda de penas (Tabelas 5). Não houve correlação entre os valores de IMR e os parâmetros hematológicos analisados (Tabela 6). Quanto à quantidade de micronúcleos dos indivíduos, houve correlação entre os valores de CTL ($r = 0,343$; $gl = 43$; $p = 0,024$), H/L ($r = -0,273$; $gl = 53$; $p = 0,044$), heterófilos ($r = -0,335$; $gl = 53$; $p = 0,012$), basófilos ($r = 0,280$; $gl = 53$; $p = 0,039$) e monócitos ($r = 0,277$; $gl = 53$; $p = 0,041$) (Tabela 7).

Tabela 1. Média \pm desvio padrão dos componentes do perfil leucocitário de *Antilophia galeata* em relação aos sexos. Diferenças estatísticas significativas estão evidenciadas em negrito (t = teste *t* de Student; gl = graus de liberdade; p = probabilidade de significância $<0,05$).

Parâmetros hematológicos	Sexos		Estatística		
	Fêmeas (n=40)	Machos (n=43)	t	gl	p
CTL	7,80 \pm 9,88	8,74 \pm 12,2	0,387	62	0,700
H/L	0,49 \pm 1,50	0,71 \pm 1,68	-1,929	81	0,057
Heterófilos (%)	32,3 \pm 37,6	24,7 \pm 31,5	0,750	81	0,456
Linfócitos (%)	25,8 \pm 36,0	37,8 \pm 39,4	-2,001	81	0,049
Eosinófilos (%)	0,49 \pm 1,50	0,77 \pm 2,20	0,979	81	0,094
Basófilos (%)	0,90 \pm 3,56	0,99 \pm 2,60	-0,216	81	0,829
Monócitos (%)	4,56 \pm 13,8	2,67 \pm 5,94	0,643	81	0,522

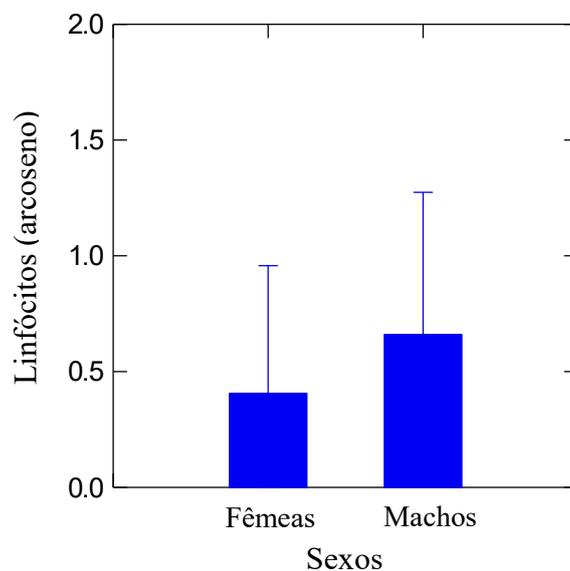


Figura 2. Número de linfócitos de *Antilophia galeata* em relação aos sexos. As caixas representam à média e as barras o desvio padrão.

Tabela 2. Média \pm desvio padrão dos componentes do perfil leucocitário de *Antilophia galeata* em relação ao período reprodutivo. Diferenças estatísticas significativas estão evidenciadas em negrito (t = teste *t* de Student; gl = graus de liberdade; p = probabilidade de significância $<0,05$).

Parâmetros hematológicos	Placa de incubação		Estatística		
	Sim (n=25)	Não (n=61)	t	gl	p
CTL	12,9 \pm 11,9	6,06 \pm 8,20	-0,229	66	0,766
H/L	1,55 \pm 2,36	1,14 \pm 4,66	-0,227	86	0,821
Heterófilos (%)	43,5 \pm 28,8	26,9 \pm 35,6	-1,482	86	0,142
Linfócitos (%)	32,3 \pm 31,8	34,1 \pm 39,9	2,565	86	0,012
Eosinófilos (%)	5,75 \pm 10,8	0,80 \pm 2,47	-0,992	86	0,324
Basófilos (%)	1,74 \pm 5,65	0,72 \pm 2,25	-0,884	86	0,379
Monócitos (%)	6,07 \pm 16,6	2,08 \pm 5,34	-0,057	86	0,178

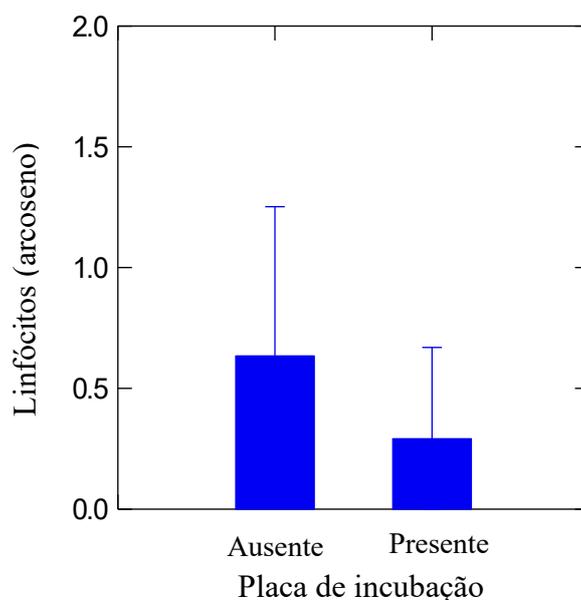


Figura 3. Número de linfócitos de *Antilophia galeata* em relação ao período reprodutivo. As caixas representam à média e as barras o desvio padrão.

Tabela 3. Média \pm desvio padrão dos componentes do perfil leucocitário de *Antilophia galeata* em relação à presença/ausência de carrapatos. Diferenças estatísticas significativas estão evidenciadas em negrito (t = teste *t* de Student; gl = graus de liberdade; p = probabilidade de significância $<0,05$; *= dados insuficientes para o teste).

Parâmetros hematológicos	Carrapatos		Estatística		
	Sim (n=17)	Não (n=72)	t	gl	p
CTL	6,23 \pm 8,07	8,25 \pm 10,1	0,122	66	0,904
H/L	2,66 \pm 8,44	0,88 \pm 1,92	-1,012	86	0,314
Heterófilos (%)	22,8 \pm 33,5	32,5 \pm 34,4	1,323	86	0,188
Linfócitos (%)	27,6 \pm 38,3	35,0 \pm 37,8	-3,064	86	0,003
Eosinófilos (%)	0,49 \pm 2,02	2,25 \pm 7,03	*	*	*
Basófilos (%)	1,07 \pm 3,05	0,96 \pm 3,13	*	*	*
Monócitos (%)	2,04 \pm 4,15	3,35 \pm 10,7	*	*	*

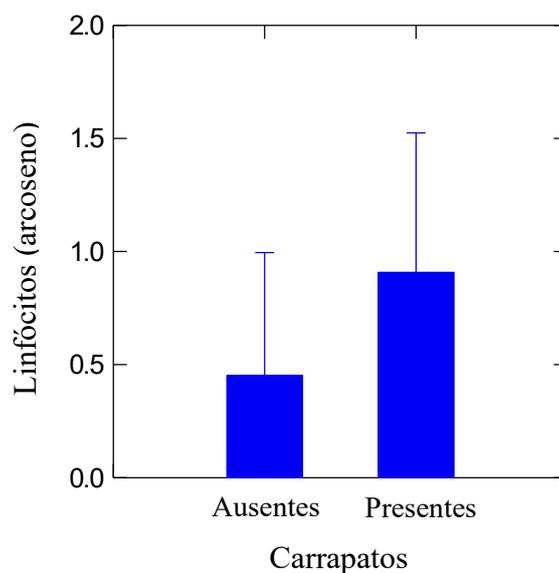


Figura 4. Número de linfócitos de *Antilophia galeata* em relação à presença/ausência de carrapatos. As caixas representam à média e as barras o desvio padrão.

Tabela 4. Média \pm desvio padrão dos componentes do perfil leucocitário de *Antilophia galeata* em relação às faixas etárias (t = teste *t* de Student; gl = graus de liberdade; p = probabilidade de significância $<0,05$; * = dados insuficientes para o teste).

Parâmetros hematológicos	Faixas etárias		Estatística		
	Adultos (n=58)	Jovens (n=14)	t	gl	p
CTL	14,4 \pm 23,78	5,33 \pm 6,17	0,543	55	0,589
H/L	1,54 \pm 4,93	0,85 \pm 1,52	0,452	70	0,652
Heterófilos (%)	37,2 \pm 65,1	29,5 \pm 34,5	1,655	70	0,102
Linfócitos (%)	30,8 \pm 36,0	39,2 \pm 40,5	-1,236	70	0,221
Eosinófilos (%)	2,66 \pm 7,61	0,42 \pm 1,52	1,099	70	0,276
Basófilos (%)	1,11 \pm 3,45	-	*	*	*
Monócitos (%)	4,05 \pm 11,7	0,8 \pm 2,91	*	*	*

Tabela 5. Média \pm desvio padrão dos componentes do perfil leucocitário de *Antilophia galeata* em relação a muda de penas (t = teste *t* de Student; gl = graus de liberdade; p = probabilidade de significância $<0,05$).

Parâmetros hematológicos	Muda de penas		Estatística		
	Sim (n=23)	Não (n=66)	t	gl	p
CTL	7,60 \pm 8,14	7,29 \pm 10,3	-1,450	66	0,155
H/L	0,49 \pm 1,16	1,47 \pm 4,64	0,427	86	0,671
Heterófilos (%)	28,2 \pm 30,8	31,5 \pm 35,6	0,965	86	0,337
Linfócitos (%)	34,7 \pm 38,1	33,2 \pm 37,9	-1,335	86	0,185
Eosinófilos (%)	2,35 \pm 5,26	2,10 \pm 6,82	-0,050	86	0,960
Basófilos (%)	2,10 \pm 4,79	0,59 \pm 2,16	-1,286	86	0,202
Monócitos (%)	7,92 \pm 17,9	1,49 \pm 3,75	-0,507	86	0,614

Tabela 6. Correlação de Pearson (r) entre os componentes do perfil leucocitário de *Antilophia galeata* e os valores de IMR (Índice de Massa Relativa) dos indivíduos (gl = graus de liberdade; p = probabilidade de significância <0,05).

Parâmetros hematológicos	Correlação com IMR		
	r	gl	p
CTL	0,324	66	0,569
H/L	0,047	86	0,665
Heterófilos (%)	-0,062	86	0,568
Linfócitos (%)	0,119	86	0,270
Eosinófilos (%)	0,069	86	0,522
Basófilos (%)	-0,078	86	0,471
Monócitos (%)	-0,074	86	0,495

DISCUSSÃO

Determinados componentes do perfil leucocitário variaram de acordo com características biológicas e ciclos anuais dos indivíduos. A quantidade de linfócitos foi significativamente maior em machos. No entanto, era esperado que os machos apresentassem menor quantidade, pois estudos tem demonstrado que a testosterona é um hormônio imunossupressor, ou seja, quando presente em altos níveis ocasiona a queda de linfócitos (ROVED et al., 2016; FOO et al., 2016). Os machos de *Antilophia galeata* são territoriais e agressivos, pois para obter a cópula, exibem-se para as fêmeas em grandes arenas, onde perseguem uns aos outros em voos exibitórios (MARÇAL, 2017). Assim, há estudos que mostram que a territorialidade está relacionada a aumentos na concentração de testosterona (EDLER et al., 2011). No entanto, as fêmeas

apresentaram os menores valores de linfócitos, o que pode indicar que as atividades exercidas por estas estão sendo mais estressantes, pois as fêmeas de *A. galeata* são as principais encarregadas pela construção do ninho, incubação e cuidado com ninhegos (MARÇAL, 2017). Existem estudos que também evidenciam a redução no número de linfócitos em fêmeas de aves, e os autores atribuíram esta imunossupressão como um custo devido aos esforços da incubação (HANSSEN et al., 2003, 2005). No presente estudo, o número de linfócitos também foi menor nos indivíduos que apresentaram placa de incubação. Embora esta estrutura ocorra em ambos os sexos de *A. galeata*, foi observado que 72% (n=25) dos indivíduos que a apresentaram foram fêmeas.

Tabela 7. Correlação de Pearson (r) entre os componentes do perfil leucocitário de *Antilopha galeata* e a quantidade de micronúcleos dos indivíduos. As correlações significativas estão evidenciadas em negrito (gl = graus de liberdade; p = probabilidade de significância <0,05).

Parâmetros hematológicos	Correlação com micronúcleos		
	r	gl	p
CTL	0,343	43	0,024
H/L	-0,273	53	0,044
Heterófilos (%)	-0,335	53	0,012
Linfócitos (%)	0,164	53	0,232
Eosinófilos (%)	0,248	53	0,068
Basófilos (%)	0,280	53	0,039
Monócitos (%)	0,277	53	0,041

Diferenças no número de linfócitos também estiveram associadas à presença de ectoparasitos, sendo que os indivíduos com carrapatos apresentaram os maiores valores. Era de se esperar que o número de linfócitos fosse menor nos indivíduos infestados, pois de acordo com as revisões feitas por KOTÁL et al. (2015) e WIKEL (2017), vários estudos constataram que proteínas presentes na saliva dos carrapatos inibem ou reduzem a proliferação de linfócitos dos hospedeiros. Dos indivíduos infestados, 70,5% (n=17) foram machos, e estes também apresentaram maior quantidade de linfócitos, o que pode estar relacionado à ausência de um possível fator imunossupressor, que é a incubação. Assim, pode ser conjecturado que a variação no número de linfócitos está mais relacionada aos efeitos da reprodução do que a ação dos carrapatos.

Alguns autores sugerem que a idade é um importante fator biológico que pode influenciar variáveis hematológicas, especialmente no início da vida, quando ocorrem o crescimento e o desenvolvimento do organismo (MONTOLIO et al., 2017). Os mesmos autores relatam maior quantidade de leucócitos em corujas juvenis, e sugerem que esta diferença pode ser decorrente a maior sensibilidade dos indivíduos jovens ao estresse (DICKENS et al., 2010). Porém, na literatura existem relatos de maiores valores leucocitários para adultos. Campo e Davila (2002) verificaram que a taxa de leucócitos de *Gallus gallus* aumentou, continuamente, a partir do início da maturidade sexual. Schimdt et al. (2017) encontraram maiores valores de heterófilos, eosinófilos e monócitos em faisões (*Phasianus colchicus*) adultos, o que foi atribuído como uma influência do estresse dos eventos reprodutivos. No presente estudo não foram encontradas diferenças nos componentes leucocitários entre as faixas etárias, conjecturando-se que o estresse relacionado à alocação de recursos para o crescimento dos jovens, pode estar equiparado ao estresse decorrente da reprodução dos adultos.

O processo de muda é considerado altamente dispendioso, pois necessita de reservas nutricionais suficientes para a produção de novas penas (HEMBORG; LUNDBERG, 1998). Era esperado que indivíduos em muda estivessem relacionados ao perfil leucocitário de estresse, no entanto, não foi encontrado nenhum efeito da muda sobre o perfil leucocitário. Pode ser suposto que a muda não é um processo tão estressante como parece ser. Estudos como os de Machado-Filho et al. (2010), Kulaszewicz et al. (2015), Włodarczyk et al. (2017), suportam essa suposição, pois não encontraram relação entre muda de penas e perfil leucocitário. De acordo com Barta et al. (2008), indivíduos que estão em estado nutricional pobre podem adiar ou suspender a muda. Isto significa que os indivíduos que entram no período de muda podem estar em condições relativamente boas e sob baixo estresse fisiológico, assim, mesmo supondo que a muda seja estressante, o efeito negativo pode ser contrabalançado pelo *status* fisiológico favorável das aves no início da muda (WŁODARCZYK et al., 2017).

Muitos estudos têm demonstrado que *status* nutricionais ou condições corporais podem ter influências no perfil leucocitário de aves, sendo principalmente relatadas relações negativas entre as razões heterófilos/linfócitos e os índices de condição corporal, ou seja, quanto maior o estresse, pior a condição corporal, e vice versa (PLISCHKE et al., 2010; GLADBACH et al., 2010; KRAMS et al., 2012; JAKUBAS et al., 2015; WŁODARCZYK et al., 2017; ZHAO et al., 2017). No entanto, no presente estudo não foi encontrada relação significativa entre os componentes leucocitários e a condição corporal dos indivíduos. Pode ser sugerido que a ausência de relação seja indicativa de que os estresses sofridos pelos organismos não foram suficientes para alterar as condições corporais, sendo que resultados semelhantes foram obtidos anteriormente (EWENSON et al., 2001; GREENMAN et al., 2005; OWEN; MOORE, 2006; MACHADO-FILHO et al., 2010).

No presente estudo, foram encontradas correlações positivas e significativas entre a quantidade de micronúcleos e a contagem total de leucócitos e as porcentagens de basófilos e monócitos. A formação de micronúcleos ocorre por meio de alterações cromossômicas espontâneas ou decorrentes de distúrbios ambientais, havendo relatos no aumento das taxas de micronúcleos devido à antropização (PEREIRA et al., 2013; BAESSE et al., 2015; MARTINEZ-HARO et al., 2017). Alterações ambientais também exercem influência no perfil leucocitário, pois há relatos de associações entre poluição por metais pesados e aumentos nos valores das razões H/L em diferentes espécies de aves (EEVA et al., 2005; BAUEROVÁ et al., 2017). As relações encontradas nesse trabalho entre micronúcleos e leucócitos podem ser atribuídas possivelmente a um agente estressor em comum, como a poluição atmosférica, haja vista que as aves podem absorver, facilmente, gases ou partículas presentes no ar, pois para voarem, elas necessitam do acúmulo de grandes volumes do mesmo (BROWN et al., 1997).

Embora a contagem total de leucócitos e as porcentagens de basófilos e monócitos tenham correlacionado positivamente com os micronúcleos, as porcentagens de heterófilos e os valores da razão H/L correlacionaram-se negativamente com a quantidade de micronúcleos dos indivíduos. Os heterófilos são as células primárias a que se proliferarem durante respostas inflamatórias agudas (HARMON, 1998). E de acordo com Jones (2015), a renovação eritrocitária pode levar de 25 a 45 dias em aves. Desta forma, é provável que quando os eritrócitos contendo micronúcleos surgem, os heterófilos já tenham passado pelos maiores picos e conseqüentemente, as razões H/L, sugerindo que embora o fator estressor possa ser o mesmo, as diferentes respostas a este estresse podem se manifestar em tempos distintos. Entretanto, as relações entre micronúcleos e leucócitos em aves ainda não são bem descritas e compreendidas na literatura, sendo necessários mais estudos abordando tal questão.

CONCLUSÕES

Este foi o primeiro estudo a examinar o perfil leucocitário de *Antilophia galeata*, e verificar quais aspectos relacionados à biologia e ecologia da espécie exercem influências sobre seus leucócitos. Foi verificado que o perfil leucocitário da população variou em relação a determinadas características e períodos de vida que são considerados estressores. Os resultados encontrados sugerem que a reprodução é um dos principais estresses fisiológicos da espécie, proporcionando diferenças sexuais no perfil leucocitário dos seus indivíduos. As idades e a muda de penas não exerceram influências nos leucócitos, e a condição corporal dos indivíduos não foi afetada pelos estresses sofridos. Por fim, biomarcadores de danos genotóxicos (micronúcleos), possivelmente decorrentes da antropização, estiveram relacionados a alterações na disponibilidade de leucócitos, indicando que os indivíduos estão sensíveis a distúrbios ambientais. Desta forma, conclui-se que o perfil leucocitário é uma ferramenta útil em responder questões ecológicas que podem ser aplicadas na conservação de espécies em ambientes degradados.

REFERÊNCIAS

APANIUS, V. **Ontogeny of immune function**. In: STARCK, J. M.; RICKLEFS, R. E. (Eds.) *Avian growth and development: evolution within the altricial-precocial spectrum*. Oxford: Oxford University Press, p. 203-222. 1998.

BAESSE, C. Q.; TOLENTINO, V. C. M.; SILVA, A. M.; SILVA, A. A.; FERREIRA, G. A.; PANIAGO, L. P. M.; NEPOMUCENO, J. C.; MELO, C. Micronucleus as biomarker of genotoxicity in birds from Brazilian Cerrado. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 115, n. 1, p. 223-228, 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.02.024>

BAUEROVÁ, P.; VINKLEROVÁ, J.; HRANÍČEK, J.; ČORBA, V.; VOJTEK, L.; SVOBODOVÁ, J.; VINKLER, M. Associations of urban environmental pollution with health-related physiological traits in a free-living bird species. **Science of The Total Environment**, v. 601, n. 1, p. 1556-1565, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.276>

BROWN, R. E.; BRAIN, J. D.; WANG, N. The avian respiratory system: a unique model for studies of respiratory toxicosis and for monitoring air quality. **Environmental Health Perspectives**, v. 105, n. 2, p. 188-200, 1997.

<https://doi.org/10.1289/ehp.97105188>

CAMPBELL, T. W. **Hematology of birds**. In: THRALL, M. A. (Ed.) *Veterinary hematology and clinical chemistry*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, p. 225-257. 2004.

CAMPBELL, T. W. **Exotic animal hematology and cytology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 402p. 2015.

<https://doi.org/10.1002/9781118993705>

CAMPO, J. L.; DAVILA, S. G. Estimation of heritability for heterophil: lymphocyte ratio in chickens by restricted maximum likelihood: effects of age, sex, and crossing. **Poultry Science**, v. 81, n. 10, p. 1448-1453, 2002.

<https://doi.org/10.1093/ps/81.10.1448>

CÂNDIDO, M. V. **Hematologia, bioquímica sérica e nutrição em aves: Cracidae**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Universidade Federal do Paraná, 38f. 2008.

CAPITELLI, R.; CROSTA, L. Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 16, n. 1, p. 71-120, 2013.

<https://doi.org/10.1016/j.cvex.2012.10.002>

CEMAVE. **Manual de anilhamento de aves silvestres**. (IBAMA, Brasília). 2nd. 1994.

CHARLES-SMITH, L. E.; RUTLEDGE, M. E.; MEEK, C. J.; BAINE, K.; MASSEY, E.; ELLSAESSER, L. N.; DEGERNES, L. A. Hematologic parameters and hemoparasites of nonmigratory Canada geese (*Branta canadensis*) from Greensboro, North Carolina, USA. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 28, n. 1, p. 16-23, 2014.

<https://doi.org/10.1647/2012-072>

CLARK, P.; BOARDMAN, W.; RAIDAL, S. **Atlas of clinical avian hematology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 184p. 2009.

DANTAS, T. **Ciclos anuais em aves de ambiente florestal: muda de penas e reprodução**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Uberlândia, 51f. 2013.

DAVIS, A. K.; MANEY, D. L.; MAERZ, J. C. The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. **Functional Ecology**, v. 22, n. 5, p. 760-772, 2008.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01467.x>

DAVISON, F.; KASPERS, B.; SCHAT, K. A.; KAISER, P. **Avian Immunology**. Oxford: Academic Press, 482p. 2008.

DHABHAR, F. S.; MILLER, A. H.; MCEWEN, B. S.; SPENCER, R. L. Effects of stress on immune cell distribution – dynamics and hormonal mechanisms. **Journal of Immunology**, v. 154, n. 10, p. 5511-5527, 1995.

DICKENS, M.; ROMERO, L. M. Stress responsiveness decrease with age in precocial, juvenile chukar. **The Wilson Journal of Ornithology**, v. 122, n. 4, p. 762–766, 2010.

<https://doi.org/10.1676/09-185.1>

EDLER, R.; GOYMANN, W.; SCHWABL, I.; FRIEDL, T. W. Experimentally elevated testosterone levels enhance courtship behaviour and territoriality but depress acquired immune response in red bishops *Euplectes orix*. **Ibis**, v. 153, v. 1, p. 46-58, 2011.

<https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2010.01075.x>

EEVA, T.; HASSELQUIST, D.; LANGEFORS, Å.; TUMMELEHT, L.; NIKINMAA, M.; ILMONEN, P. Pollution related effects on immune function and stress in a free-living population of pied flycatcher *Ficedula hypoleuca*. **Journal of Avian Biology**, v. 36, n. 6, p. 405-412, 2005.

<https://doi.org/10.1111/j.0908-8857.2005.03449.x>

Environmental Protection Agency (EPA). **Health Effects Test Guidelines OPPTS 870.5395**. Mammalian Erythrocyte Micronucleus Test, USA, p. 1-12, 1998.

EWENSON, F. L.; ZANN, R. A.; LANNERY, G. R. Body condition and immune response in wild zebra finches: effects of capture, confinement and captive-rearing. **Naturwissenschaften** v. 88, n. 9, p. 391-394, 2001.

<https://doi.org/10.1007/s001140100250>

FENECH, M.; BOLOGNESSI, C.; KIRSCH-VOLDERS, M.; BONASSI, S.; ZEIGER, E.; KNESMÜLLER, S.; HOLLAND, N. Harmonisation of the micronucleus assay in human buccal cells – a human micronucleus (HUMN) project (www.humn.org) initiative commencing in 2007. **Mutagenesis**, v. 22, n. 1, p. 3-4, 2006.

<https://doi:10.1093/mutage/gel056>

FERNANDES, D. C.; ETO, S. F.; CLAUDIANO, G. S.; MARCUSO, P. F.; LOUREIRO, B. A. Biologia do sistema imune de aves. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 17, n. 5, p. 131-140, 2013.

FOO, Y. Z.; NAKAGAWA, S.; RHODES, G.; SIMMONS, L. W. The effects of sex hormones on immune function: a meta-analysis. **Biological Reviews**, v. 92, n. 1, p. 551-571, 2017.

<https://doi.org/10.1111/brv.12243>

FRIEDL, T. W. P.; EDLER, R. Stress-dependent trade-off between immunological condition and reproductive performance in the polygynous red bishop (*Euplectes orix*). **Evolutionary Ecology**, v. 19, n. 3, p. 221-239, 2005.

<https://doi.org/10.1007/s10682-005-0509-z>

FRIGERIO, D.; LUDWIG, S. C.; HEMETSBERGER, J.; KOTRSCHAL, K.; WASCHER, C. A. Social and environmental factors modulate leucocyte profiles in free-living greylag geese (*Anser anser*). **PeerJ**, v. 5, n.1, p. e2792, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2010.02.012>

GARCIA-NAVARRO, C. E. K.; PACHALY, J. R. **Manual de hematologia veterinária**. São Paulo: Varela, 206 p. 2005.

GATTÁS, G. J. F.; LONGATTO FILHO, A.; MAEDA, M.Y.S. Identificação de micronúcleos (MN) em células de colo uterino de pacientes assintomáticas: correlação dos métodos de Papanicolau e Feulgen-fastgreen. **Folha Médica**, v. 104, n. 1, 57-59, 1992.

GLADBACH, A.; GLADBACH, D. J.; QUILLFELDT, P. Variations in leucocyte profiles and plasma biochemistry are related to different aspects of parental investment in male and female upland geese *Chloephaga picta leucoptera*. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular**, v. 156, n. 2, p. 269–277, 2010.

<https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2010.02.012>

GREENMAN, C. G.; MARTIN, L. B.; HAU, M. Reproductive state, but not testosterone, reduces immune function in male house sparrows (*Passer domesticus*). **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 78, n. 1, p. 60-68, 2005.

<https://doi.org/10.1086/425194>

GROSS, W. B.; SIEGEL, H. S. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. **Avian Diseases**, v. 27, n. 4, p. 972-979, 1983.

<https://doi.org/10.2307/1590198>

GWYNNE, J.; RIDGELY, R. S.; TUDOR, G.; ARGEL, M. **Aves do Brasil – Pantanal e Cerrado**. São Paulo: Horizonte, 34p. 2010.

HITOSHI, I.; YING, T.; TORU, Y. Influence of gender, age and lifestyle factors on micronuclei frequency in healthy Japanese populations. **Journal of Occupational Health**, v. 45, p. 179-181, 2003.

<https://doi.org/10.1539/joh.45.179>

HANSEN, S. A.; FOLSTAD, I.; ERIKSTAD, K. E. Reduced immunocompetence and cost of reproduction in common eiders. **Oecologia**, v. 136, n. 3, p.457-464, 2003.

<https://doi.org/10.1007/s00442-003-1282-8>

HANSEN, S. A.; HASSELQUIST, D.; FOLSTAD, I.; ERIKSTAD, K. E. Cost of reproduction in a long-lived bird: incubation effort reduces immune function and future reproduction. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 272, n.1567, p. 1039-1046, 2005.

<https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3057>

HARMON, B. G. Avian heterophils in inflammation and disease resistance. **Poultry Science**. v. 77, n. 7, p. 972–977, 1998.

<https://doi.org/10.1093/ps/77.7.972>

HEMBORG, C.; LUNDBERG, A. Costs of overlapping reproduction and moult in passerine birds: an experiment with the pied flycatcher. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 43, n. 1, p. 19-23, 1998.

<https://doi.org/10.1007/s002650050462>

JAIN, N. C. **Essentials of Veterinary Hematology**. Philadelphia: Blackwell Publishin, 417p. 1993.

JAKUBAS, D. WOJCZULANIS-JAKUBAS, K. KOŚMICKA, A. Factors affecting leucocyte profiles in the little auk, a small Arctic seabird. **Journal of Ornithology**, v. 156, n. 1, p.101-111, 2015.

<https://doi.org/10.1007/s10336-014-1101-5>

JONES, M. P. Avian hematology. **Veterinary Clinics: exotic animal practice**, v. 18, n. 1, p. 51-61, 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.cvex.2014.09.012>

KIESECKER, J. M. Synergism between trematode infection and pesticide exposure: a link to amphibian deformities in nature? **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. 15, p. 9900-9904, 2002.

<https://doi.org/10.1073/pnas.152098899>

KRAMS, I.; VRUBLEVSKA, J.; CIRULE, D.; KIVLENIECE, I.; KRAMA, T.; et al. Heterophil/lymphocyte ratios predict the magnitude of humoral immune response to a novel antigen in great tits (*Parus major*). **Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular**, v. 161, n. 4, p. 422-428, 2012.

<https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2011.12.018>

KOTÁL, J.; LANGHANSOVÁ, H.; LIESKOVSKÁ, J.; ANDERSEN, J. F.; FRANCISCHETTI, I. M.; CHAVAKIS, T.; KOPECKÝ, J.; PEDRA, J. H. F.; KOTSYFAKIS, M. CHMELAR, J. Modulation of host immunity by tick saliva. **Journal of Proteomics**, v. 128, n. 1, 58-68, 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.jprot.2015.07.005>

KULASZEWICZ, I.; WOJCZULANIS-JAKUBAS, K. JAKUBAS, D. Variation of the savi's warbler (*Locustella luscinioides*) leucocyte profiles and body condition in relation to age, sex and molt. **Annales Zoologici Fennici**, v. 52, n. 5, p. 325-338, 2015.

<https://doi.org/10.5735/086.052.0507>

LÜDTKE, B.; MOSER, I.; SANTIAGO-ALARCON, D.; FISCHER, M.; KALKO, E. K., SCHAEFER, H. M.; RENNER, S. C. Associations of forest type, parasitism and body condition of two european passerines, *Fringilla coelebs* and *Sylvia atricapilla*. **Plos One**, v. 8, n. 12, p. e81395, 2013.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081395>

MACEDA-VEIGA, A.; FIGUEROLA, J.; MARTÍNEZ-SILVESTRE, A.; VISCOR, G.; FERRARI, N.; PACHECO, M. Inside the redbox: applications of haematology in wildlife monitoring and ecosystem health assessment. **Science of the Total Environment**, v. 514, n. 1, p. 322-332, 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.004>

MACHADO-FILHO, R. A.; BALSAMÃO, G. M.; MARINI, M. Â. Seasonal differences in immune profiles and body conditions of migratory and permanent resident neotropical flycatchers. **The Condor**, v. 112, n. 3, p.579-590, 2010.

<https://doi.org/10.1525/cond.2010.090146>

MARÇAL, B. F. **História natural de *Antilophia galeata* (Lichtenstein, 1823) (Aves: Pipridae) com ênfase na sua biologia reprodutiva**. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação em Ecossistemas Naturais e Agrários). Universidade Federal de Viçosa, 39f. 2017.

MARTÍNEZ-HARO, M.; BALDERAS-PLATA, M. A.; PEREDA-SOLÍS, M. E.; ARELLANO-AGUILAR, R. O.; HERNÁNDEZ-MILLÁN, C. L. Anthropogenic influence on blood biomarkers of stress and genotoxicity of the burrowing owl (*Athene Cunicularia*). **Biodiversity & Endangered Species Journal**, v. 5, n. 3, p. 1-4, 2017.

<https://doi.org/10.4172/2332-2543.1000196>

MITCHELL, E. B.; JOHNS, J. Avian hematology and related disorders. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 11, n.3, p. 501-522, 2008.

<https://doi.org/10.1016/j.cvex.2008.03.004>

MONTOLIO, S. A.; LÓPEZ, R. M.; CRAY, C.; GONZÁLEZ, S. L., FRANCISCO, O. N.; SÁNCHEZ, I, M.; CASAS-DÍAZ, E.; VALERA R. C. Hematologic reference intervals and age effect in European Strigiformes. **Veterinary Clinical Pathology**, v. 46, n. 3, p. 483-495, 2017.

<https://doi.org/10.1111/vcp.12516>

NICOL, C. J.; BROWN, S. N.; GLEN, E.; POPE, S. J.; SHORT, F. J.; WARRISS, P. D.; ZIMMERMAN, P. H.; WILKINS, L. J. Effects of stocking density, flock size and management on the welfare of laying hens in single-tier aviaries. **British Poultry Science**, v. 47, n. 2, p. 135-146, 2006.

<https://doi.org/10.1080/00071660600610609>

OWEN, J. C.; MOORE, F. R. Seasonal differences in immunological condition of three species of thrushes. **Condor**, v. 108, n. 2, p. 389-398, 2006.

[https://doi.org/10.1650/0010-5422\(2006\)108\[389:SDIICO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1650/0010-5422(2006)108[389:SDIICO]2.0.CO;2)

PALACIOS, M. J.; VALERA, F.; COLOMINAS-CIURÓ, R.; BARBOSA, A. Cellular and humoral immunity in two highly demanding energetic life stages: reproduction and moulting in the chinstrap penguin. **Journal of Ornithology**, v. 159, p. 283-290, 2017.

<https://doi.org/10.1007/s10336-017-1499-7>

PEREIRA, B. B.; CAMPOS, E. O.; MORELLI, S. In situ biomonitoring of the genotoxic effects of vehicular pollution in Uberlândia, Brazil, using a *Tradescantia* micronucleus assay. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 87, p. 17-22, 2013.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.10.003>

PLISCHKE, A.; QUILLFELDT, P.; LUBJUHN, T.; MERINO, S.; MASELLO, J.F.; Leucocytes in adult burrowing parrots *Cyanoliseus patagonus* in the wild: variation between contrasting breeding seasons, gender, and individual condition. **Journal of Ornithology**, v. 151, n. 2, p. 347-354, 2010.

<https://doi.org/10.1007/s10336-009-0461-8>

ROMERO, L. M.; REED, J. M. Collecting baseline corticosterone samples in the field: is under 3 min good enough? **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 140, n. 1, p. 73-79, 2005.

<https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2004.11.004>

ROVED, J.; WESTERDAHL, H.; HASSELQUIST, D. Sex differences in immune responses: hormonal effects, antagonistic selection, and evolutionary consequences. **Hormones and Behavior**, v. 88, n. 1, p. 95-105, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2016.11.017>

RUPLEY, A. E. **Manual of Avian Practice**. Philadelphia: Saunders, 556p. 1997.

SAINO, N.; INCAGLI, M.; MARTINELLI, R.; MØLLER, A. P. Immune response of male barn swallows in relation to parental effort, corticosterone plasma levels, and sexual ornamentation. **Behavior Ecology**. v. 13, n. 2, p. 169-174, 2002.

<https://doi.org/10.1093/beheco/13.2.169>

SCHMIDT, E. M.; PAULILLO, A. C.; SANTIN, E.; DITTRICH, R. L.; OLIVEIRA, E. G. Hematological and serum chemistry values for the ring-necked pheasant (*Phasianus colchicus*): variation with sex and age. **International Journal of Poultry Science**, v. 6, n. 2, p. 137-139, 2007.

<https://doi.org/10.3923/ijps.2007.137.139>

SCHULTEDE-HOSTEDDE, A. I.; ZINNER, B.; MILLAR, J. S., HICKLING, G. J. Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. **Ecology**, v. 86, n.1, p. 155-163, 2005.

<https://doi.org/10.1890/04-0232>

SIGRIST, T. **Guia de campo Avis Brasilis - Avifauna Brasileira: Pranchas e mapas**. São Paulo: Avis Brasilis, 608 p. 2009.

THOMAS, P.; HOLLAND, N.; BOLOGNESI, C.; KIRSCH-VOLDERS, M. BONASSI, S.; ZEIGER, E.; KNASMUELLER, S. FENECH, M. Buccal micronucleus cytome assay. **Nature Protocols**, v. 4, n. 1, p. 825-837, 2009.

<https://doi.org/10.1038/nprot.2009.53>

WIKEL, S. **Tick saliva: a modulator of host defenses**. In: WIKEL, S.; AKSOY, S.; DIMOPOULOS, G. (Eds.) *Arthropod Vector: Controller of Disease Transmission*. Oxford: Academic Press, v. 2, p. 145-168, 2017.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805360-7.00009-5>

WŁODARCZYK, R.; PODLASZCZUK, P.; KACZMAREK, K.; JANISZEWSKI, T.; MINIAS, P. Leukocyte profiles indicate nutritional, but not moulting stress in a migratory shorebird, the Common Snipe (*Gallinago gallinago*). **Journal of Ornithology**, p.1-10, 2017.

<https://doi.org/10.1007/s10336-017-1516-x>

WOJCZULANIS-JAKUBAS, K.; JAKUBAS, D.; CHASTEL, O.; KULASZEWICZ, I. A big storm in a small body: seasonal changes in body mass, hormone concentrations and leukocyte profile in the little auk (*Alle alle*). **Polar Biology**, v. 38, p. 1203-12, 2015.

<https://doi.org/10.1007/s00300-015-1687-y>

WOLF, T.; LUEPKE, N. P. Formation of micronuclei in incubated hen's eggs as a measure of genotoxicity, **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 394, n. 1, p. 163-175, 1997.

[https://doi.org/10.1016/S1383-5718\(97\)00136-8](https://doi.org/10.1016/S1383-5718(97)00136-8)

WOLF, T.; NIEHAUS-ROLF, C.; LUEPKE, N. Some new methodological aspects of the hen's egg test. **Mutation Research**, v. 514, n. 1, p. 59-76, 2002.

[https://doi.org/10.1016/S1383-5718\(01\)00317-5](https://doi.org/10.1016/S1383-5718(01)00317-5)

ZHAO, Y.; LI, M.; SUN, Y.; WU, W.; KOU, G.; GUO, L.; ZHAO, B. Life-history dependent relationships between body condition and immunity, between immunity indices in male Eurasian tree sparrows. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 210, n. 1, p.7-13, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2017.05.004>

CAPÍTULO 2:

Hemoparasitos de *Antilophia galeata* (Passeriformes: Pipridae) em um fragmento florestal de Cerrado

RESUMO

Protozoários hemosporídeos dos gêneros *Haemoproteus* e *Plasmodium* podem ser responsáveis por infecções patogênicas, provocando óbito ou redução das aptidões físicas e reprodutivas dos hospedeiros. Vários estudos abordaram a infecção por hemosporídeos em comunidades de aves no Cerrado, entretanto, poucos foram conduzidos em nível populacional. Os objetivos principais do trabalho foram determinar as prevalências e os gêneros de hemosporídeos em uma população de *Antilophia galeata* e verificar se a parasitemia está associada às seguintes variáveis: estações, sexos, reprodução, muda de penas, ectoparasitos, condição corporal e leucócitos. Em um fragmento florestal de Cerrado, foram capturados 62 indivíduos. Nestes, foi verificado a biomassa, o comprimento dos tarsos, sexos e a presença/ausência de carrapatos, muda de penas e placa de incubação. Amostras de sangue foram coletadas para realizar extensões sanguíneas, as quais foram analisadas em microscopia óptica para identificação e quantificação dos parasitos. No total, 33 (53,2%) estavam infectados por hemosporídeos, sendo 32 (51,6%) por *Plasmodium* spp. e um (1,61%) por *Haemoproteus* spp. Não houve diferença significativa na parasitemia entre as estações ($t = -0,777$; $gl = 31$; $p = 0,443$) e sexos ($t = -1,100$; $gl = 31$; $p = 0,280$). Também não foi verificada diferença entre indivíduos com ou sem placa de incubação ($t = -0,162$; $gl = 31$; $p = 0,872$), muda de penas ($t = -0,662$; $gl = 31$; $p = 0,513$) e carrapatos ($t = -0,102$; $gl = 31$; $p = 0,922$). Não houve correlação entre parasitemia e condição corporal ($r = 0,191$; $gl = 29$; $p = 0,295$). Observou-se correlação positiva e significativa entre parasitemia e a contagem total de leucócitos ($r = 0,492$; $gl = 31$; $p = 0,004$), sugerindo que a quantidade de leucócitos aumenta de acordo com a parasitemia, o que indica que os indivíduos podem estar sendo eficientes em controlar as infecções. Os resultados sugerem que a população seja tolerante aos hemosporídeos, pois embora a prevalência tenha sido relativamente alta, a parasitemia foi baixa e constante, distribuída igualmente por toda a população, caracterizando-se em uma infecção possivelmente crônica que não mostrou efeitos negativos nos parâmetros analisados. Conclui-se que as informações encontradas neste estudo podem ser relevantes para compreensão da relação parasito-hospedeiro na espécie, bem como para a sua conservação.

Palavras-chave: Soldadinho, malária aviária, *Plasmodium*, *Haemoproteus*, relação parasito-hospedeiro.

ABSTRACT

Protozoans of the genus *Haemoproteus* and *Plasmodium* (hemosporids) may be responsible for pathogenic infections, causing death or reduction of the physical and reproductive abilities of the hosts. Several studies have addressed the infection by hemosporids in communities of birds in the Cerrado, however, few were conducted at the population level. The main objectives of the study were to determine the genera and prevalences of hemosporids in a population of *Antilophia galeata* and to verify if parasitemia is associated to the following variables: seasons, sexes, reproduction, feathers, ectoparasites, body condition and leukocytes. In a forest fragment of Cerrado, 62 individuals were captured. In these, biomass and tarsus length was measured, and the sex and the presence/absence of ticks, feather molt and brood patch were verified. Blood samples were collected to perform blood extensions, which were analyzed by light microscopy for identification and quantification of the parasites. In total, 33 (53.2%) individuals were infected with hemosporids, 32 (51.6%) by *Plasmodium* spp. and one (1.61%) by *Haemoproteus* spp. There was no significant difference in the parasitemia between the seasons ($t = -0.777$, $df = 31$, $p = 0.443$) and sexes ($t = -1.100$, $df = 31$, $p = 0.280$). Also, no difference was observed between individuals with or without brood patch ($t = -0.162$, $df = 31$, $p = 0.872$), feather molt ($t = -0.662$, $df = 31$, $p = 0.513$) and ticks ($t = -0.102$; $df = 31$, $p = 0.922$). There was no correlation between parasitemia and body condition ($r = 0.191$, $df = 29$; $p = 0.295$). A positive and significant correlation was observed between parasitemia and total leukocyte count ($r = 0.492$, $df = 31$, $p = 0.004$), suggesting that the amount of leukocytes increases according to parasitemia, indicating that individuals may be being efficient in controlling infections. The results suggest that the population is tolerant to hemosporids. Although the prevalence was relatively high, the parasitemia was low and constant, distributed equally throughout the population, being characterized in a possibly chronic infection that did not show negative effects in the analyzed parameters. It is concluded that the information found in this study may be relevant for understanding the parasite-host relationship in the species, as well as for its conservation.

Keywords: Helmeted Manakin, avian malaria, *Plasmodium*, *Haemoproteus*, host-parasite relationship

INTRODUÇÃO

O parasitismo é uma relação ecológica que apresenta efeitos na dinâmica e na evolução das populações animais, exercendo forças seletivas tão importantes quanto à predação e a competição (WATSON, 2013). Os parasitos causadores da malária, protozoários hemosporídeos dos gêneros *Haemoproteus* e *Plasmodium* (Fig. 1), são considerados organismos modelos para o entendimento de teorias evolutivas e ecológicas (ATKINSON; VAN RIPPER, 1991), por terem ampla distribuição geográfica (CLARK et al., 2014) e parasitarem vários tipos de hospedeiros vertebrados (VALKIUNAS, 2005). Estes parasitos são considerados ameaças para a conservação de espécies, sobretudo quando introduzidos em populações que não estão adaptadas (ATKINSON; LA POINTE, 2009). Neste sentido, são descritos como potenciais causadores de declínios populacionais e de extinções, podendo afetar secundariamente a estrutura das comunidades de hospedeiros (VAN RIPPER III et al., 1986; ATKINSON et al., 2008; ATKINSON; LA POINTE, 2009).

Em aves, os hemosporídeos ocorrem em quase todas as espécies (VALKIUNAS, 2005). Entretanto, os impactos são difíceis de serem estimados em populações naturais, especialmente em áreas onde a malária é comum e os hospedeiros estão adaptados (ISAKSSON et al., 2013). Apesar disso, muitas espécies de *Haemoproteus* e *Plasmodium* são responsáveis por infecções agudas e/ou crônicas em aves domésticas e silvestres (ZIEGYTE; VALKIUNAS, 2014). Existem estudos que mostram que tais infecções podem ser patogênicas, provocando óbito nos hospedeiros (VANSTREELS et al., 2014; DINHOPL et al., 2015), ou podem reduzir a aptidão física e reprodutiva das aves (ASGHAR et al., 2011; KNOWLES et al., 2010), pelo comprometimento de vários fatores, incluindo o desenvolvimento neural, vocalização (SPENCER et al., 2005), e a

seleção sexual, por meio de alterações nos padrões de coloração das plumagens (HAMILTON; ZUK, 1982; BALENGER; ZUK, 2014).

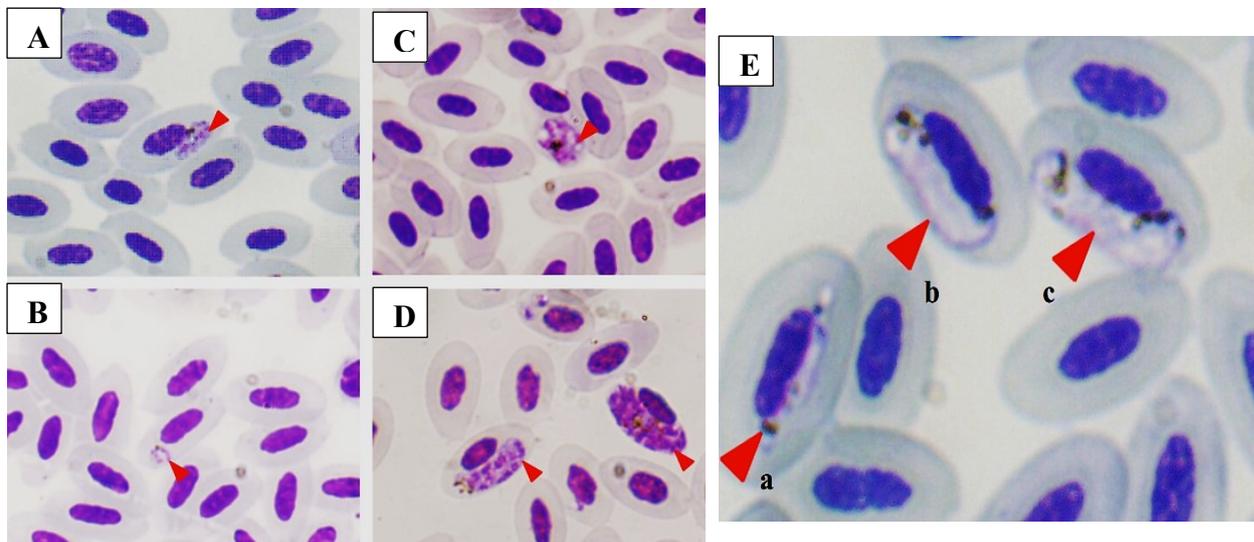


Figura 1. A-D: Extensão sanguínea evidenciando diferentes formas evolutivas de *Plasmodium* spp.: (A) meronte jovem, (B) trofozoíto jovem, (C) meronte maduro, (D) gametócitos. **Figura 1. E:** Gametócitos de *Haemoproteus* spp.: (a) grânulos de hemozoína, (b) membrana e (c) citoplasma do gametócito. (Fonte: BRAGA et al. 2010).

Estes parasitos são transmitidos por insetos hematófagos da ordem Diptera (Culicidae, Ceratopogonidae, Hippoboscidae, Simuliidae) e apresentam ciclo de desenvolvimento complexo, o qual inclui reprodução assexuada nos tecidos de vários órgãos das aves e reprodução sexuada no intestino nos dípteros (VALIKUNAS, 2005). Os vetores desempenham papel fundamental na manutenção da infecção nas populações de aves, uma vez que fatores relacionados à biologia dos vetores (tais como, maior atividade em meses quentes) têm sido atribuídos como uma das causas da forte variação sazonal de hemosporídeos em ambientes de clima temperado (WEATHERHEAD; BENNETT, 1991; BENSCH et al., 2007; COSGROVE et al., 2008). No entanto, este

tipo de variação tem sido incerta nos trópicos, onde os vetores são abundantes e ativos durante a maior parte do ano (ATKINSON; VAN RIPER, 1991).

Certas características biológicas, como o sexo e os ciclos anuais dos hospedeiros, como a reprodução, também podem exercer influência nas prevalências e parasitemias de hemosporídeos (ZUK; MCKEAN, 1996; CALERO-RIESTRA; GARCÍA, 2016). Em relação aos sexos, as influências podem ser decorrentes de fatores ecológicos ou fisiológicos. Os fatores ecológicos podem incluir exposição diferencial aos vetores devido a comportamentos específicos do sexo, como a incubação (FECCHIO et al., 2015). Os fatores fisiológicos incluem os efeitos dos hormônios sexuais na função imune, principalmente a testosterona, que é relatada como um imunossupressor, o que poderia deixar machos adultos mais susceptíveis a infecções (FOO et al., 2016; ROVED et al., 2016). A reprodução é um período que exige elevadas demandas energéticas para as aves, devido à produção de ovos, cuidado parental, e defesa de territórios (SAINO et al., 2002; GREENMAN et al., 2005). Essas demandas podem aumentar o estresse, comprometer a saúde e resultar na supressão da função imune (NORRIS; EVANS, 2000; WOJCZULANIS-JAKUBAS et al., 2015; FRIGERIO et al., 2017). Desta maneira, indivíduos imunocomprometidos podem estar em maior risco de adquirir infecções parasitárias, como a malária aviária (NORTE et al., 2009).

Além da reprodução, outro ciclo anual das aves, a muda de penas, tem sido relacionado às infecções parasitárias. Por exemplo, albatrozes (*Phoebastria immutabilis*) e falcões infectados, respectivamente, por parasitos esofágicos e *Haemoproteus* atrasaram seus processos de mudas quando comparados a indivíduos não infectados (LANGSTON; HILLGARTH, 1995; TARELLO, 2007). Além disso, andorinhas (*Delichon urbicum*) infectadas por hemosporídeos apresentaram menor crescimento diário de penas (MARZAL et al., 2013a). Estes atrasos na muda podem ser devido ao

direcionamento da alocação de energia para lidar com a infecção, uma vez que as infecções parasitárias têm sido descritas como fatores que afetam negativamente a condição corporal dos hospedeiros (MARZAL et al., 2013b; GETHINGS et al., 2016). No entanto, há estudos que demonstram que em determinadas espécies, a infecção não afeta a condição corporal, sugerindo que há espécies que apresentam maior tolerância, ou que estão mais adaptadas a determinados parasitos do que outras (MOLNÁR et al. 2013; MAIA et al. 2014; MEGÍA-PALMA et al., 2016).

As infecções parasitárias também têm sido associadas a outros parâmetros de condições de saúde das aves, como as contagens de glóbulos brancos e as razões heterófilos/linfócitos (NORTE et al., 2009; LÜDTKE et al., 2013). A contagem total de leucócitos é um bom indicador do estado do sistema imunológico, pois valores elevados podem indicar inflamação ou infecção, enquanto valores baixos podem indicar imunossupressão (CAMPBELL, 2015). A razão heterófilo/linfócito (H/L) é considerada indicador eficiente de estresse, pois quando presente em altos níveis, os hormônios do estresse (corticosteroides), desencadeiam maior número de heterófilos em relação aos linfócitos (DAVIS et al., 2008).

Vários estudos tem abordado a infecção por hemosporídeos em comunidades de aves no Cerrado, evidenciando a utilização destes parasitos como modelos para estudos ecológicos (FECCHIO et al., 2007, 2011, 2013; BELO et al., 2011; LEITE et al., 2013; LACORTE et al., 2013; RIBEIRO, 2016). Considerando que poucos foram realizados em nível populacional (LOBATO et al., 2011; FECCHIO et al., 2015), no presente estudo, foi proposto examinar uma população de soldadinho (*Antilophia galeata*) em um fragmento florestal de Cerrado. Assim, os objetivos principais do trabalho consistiram em determinar as prevalências e os gêneros de hemosporídeos na população

e a parasitemia dos indivíduos. Desta maneira, foram elaborados os seguintes objetivos específicos com as suas respectivas hipóteses:

1. Comparar a parasitemia entre: estações, sexos, período reprodutivo, muda de penas e ectoparasitos:

1.1. A parasitemia não varia entre estações, considerando que os vetores se mantêm ativos durante todo o ano em regiões tropicais.

1.2. A parasitemia é maior nos seguintes indivíduos:

a) Machos, pois a testosterona pode suprimir as funções imunes, e consequentemente deixá-los mais susceptíveis aos parasitos.

b) Em período reprodutivo, considerando que esta é uma fase imunossupressora.

c) Sem muda de penas, pois aves afetadas por infecções podem suspender ou atrasar o processo de muda, devido este ser altamente dispendioso.

d) Com carrapatos, pois a ação espoliativa destes podem deixar os indivíduos mais susceptíveis.

2. Verificar se há relação entre parasitemia e condição corporal.

2.1. Indivíduos em pior condição corporal estão relacionados à maior parasitemia, considerando que estes podem estar mais debilitados.

3. Verificar se há relação entre parasitemia e os leucócitos dos indivíduos:

3.1. A quantidade total de leucócitos correlaciona positivamente com a parasitemia, pois infecções parasitárias podem elevar as taxas leucocitárias dos organismos.

3.2. A parasitemia correlaciona positivamente com os valores da razão H/L, considerando que indivíduos mais parasitados podem estar mais estressados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Descrito na p. 7.

Captura dos indivíduos

De fevereiro a dezembro de 2016 foram realizadas seis campanhas de campo com duração de cinco dias cada. Três destas campanhas ocorreram em meses secos e três em meses chuvosos. A captura ocorreu conforme descrito no capítulo 1, p. 28-29. O único diferencial destas capturas foi a quantificação dos carrapatos presentes nas aves, pois nas capturas anteriores (2013-2015) foi conferida apenas a presença e ausência.

Idade e sexo dos indivíduos

Descrito no capítulo 1, p. 29-30.

Confecção e análise das extensões sanguíneas

As coletas de sangue e confecções das extensões sanguíneas foram realizadas conforme descrito no capítulo 1, p. 30. Entretanto, a coloração das lâminas diferiu, pois foram coradas em uma solução de Giemsa em água tamponada (pH 7,2-7,4) a uma diluição de 1:10, de acordo com Braga et al. (2010).

As lâminas foram analisadas em microscópio óptico em aumento de 1000x usando óleo de imersão. Os hemoparasitos foram identificados quanto aos gêneros

(*Haemoproteus* e/ou *Plasmodium*) conforme as descrições de Valkiunas (2005). Com a observação de 200 campos microscópicos por indivíduo (aproximadamente 100 eritrócitos/campo) os hemoparasitos foram quantificados (GODFREY et al., 1987). Também foi feita a contagem total e diferencial de leucócitos e o cálculo da razão H/L, conforme descrito no capítulo 1, p. 30.

Condição corporal

Descrito no capítulo 1, p. 31.

Análises estatísticas

Para verificar se houve diferença e relação entre parasitemia e as demais variáveis (estações, sexos, reprodução, muda, condição corporal, ectoparasitos e leucócitos) foram realizados testes paramétricos (Teste *t* de Student e Correlação de Pearson). Para atender as premissas dos testes, as variáveis contínuas (parasitemia, IMR e CTL) passaram por transformações logarítmicas, e os dados em porcentagens (heterófilos, linfócitos, eosinófilos, basófilos, monócitos e razão H/L) sofreram transformações arco seno de raiz quadrada. As análises foram conduzidas no software Systat 10.2, com o nível de significância $<0,05$.

RESULTADOS

Foram capturados 62 indivíduos, 52 (83,3%) durante meses secos e 10 (16,1%) em meses chuvosos. Em relação aos sexos, foram capturadas 23 (37%) fêmeas e 39 (63%) machos. Quanto ao período reprodutivo, 12 (19,3%) indivíduos apresentaram placa de incubação e 50 (80,6%) não. A muda de penas e os carrapatos estiveram

respectivamente presentes em 17 (27,4%) e 18 (29%) indivíduos, e ausentes em 45 (72,5%) e 44 (70,9%).

No total, 33 (53,2%) indivíduos estavam infectados por hemosporídeos, sendo 32 (51,6%) por *Plasmodium* spp. e um (1,61%) por *Haemoproteus* spp. Em relação às estações, 26 (50%) indivíduos estavam infectados na seca e seis (60%) na chuvosa (Tabela 1). Quanto aos sexos, 11 (47,8%) fêmeas e 21 (53,8%) machos estavam positivos (Tabela 2). Sete (58,3%) indivíduos dos que apresentaram placa de incubação, estavam infectados, enquanto que 26 (52%) daqueles com ausência de placa, demonstraram positividade (Tabela 3). Dos indivíduos em muda de penas, 10 (58,8%) estavam infectados, enquanto que 23 (51,1%) daqueles que não estavam em muda, apresentaram-se positivos (Tabela 4). Em relação aos ectoparasitos, seis (33,3%) indivíduos dos que estavam infestados por carrapatos também estavam positivos para hemosporídeos, enquanto que 27 (61,4%) daqueles que não apresentaram carrapatos, estavam infectados (Tabela 5).

Não houve diferença significativa na parasitemia dos indivíduos entre as estações ($t = -0,777$; $gl = 31$; $p = 0,443$) e sexos ($t = -1,100$; $gl = 31$; $p = 0,280$). Também não foi verificada diferença entre indivíduos com ou sem placa de incubação ($t = -0,162$; $gl = 31$; $p = 0,872$), muda de penas ($t = -0,662$; $gl = 31$; $p = 0,513$) e carrapatos ($t = -0,102$; $gl = 31$; $p = 0,922$). A parasitemia não foi correlacionada ao IMR ($r = 0,191$; $gl = 29$; $p = 0,295$) nem à quantidade de carrapatos ($r = 0,244$; $gl = 4$; $p = 0,641$). Verificou-se uma correlação positiva e significativa entre a parasitemia e a quantidade total de leucócitos ($r = 0,492$; $gl = 31$; $p = 0,004$; Fig. 2), porém não houve correlação com os demais componentes leucocitários (Tabela 6).

Tabela 1. Prevalência (%) e parasitemia (média \pm desvio padrão) de hemospóridios em *Antilophia galeata* em relação às estações.

Estações	n	Indivíduos infectados (%)	Parasitemia
Seca	52	26 (50%)	3,48 \pm 5,42
Chuvosa	10	06 (60%)	2,50 \pm 2,32

Tabela 2. Prevalência (%) e parasitemia (média \pm desvio padrão) de hemospóridios em *Antilophia galeata* em relação aos sexos:

Sexos	n	Indivíduos infectados (%)	Parasitemia
Fêmeas	23	11 (47,8%)	2,39 \pm 2,80
Machos	39	21 (53,8%)	3,87 \pm 5,96

Tabela 3. Prevalência (%) e parasitemia (média \pm desvio padrão) de hemospóridios em *Antilophia galeata* em relação à presença/ausência de placa de incubação:

Placa de incubação	n	Indivíduos infectados (%)	Parasitemia
Presente	12	07 (58,3%)	3,50 \pm 4,03
Ausente	50	26 (52,0%)	3,28 \pm 5,30

Tabela 4. Prevalência (%) e parasitemia (média \pm desvio padrão) de hemospóridios em *Antilophia galeata* em relação à presença/ausência de muda de penas:

Muda de penas	n	Indivíduos infectados (%)	Parasitemia
Presente	17	10 (58,8%)	2,76 \pm 2,77
Ausente	45	23 (51,1%)	3,53 \pm 5,69

Tabela 5. Prevalência (%) e parasitemia (média \pm desvio padrão) de hemosporídeos em *Antilophia galeata* em relação à presença/ausência de carrapatos:

Carrapatos	n	Indivíduos infectados (%)	Parasitemia
Presentes	18	06 (33,3%)	2,44 \pm 5,45
Ausentes	44	27(61,4%)	3,68 \pm 4,89

Tabela 6. Correlação de Pearson (r) entre parasitemia de hemosporídeos e componentes do perfil leucocitário de *Antilophia galeata*. Correlações significativas estão evidenciadas em negrito (gl = graus de liberdade; p = probabilidade de significância <0,05).

Componentes do perfil leucocitário	Correlação com parasitemia		
	r	gl	p
CTL	0,492	31	0,004
H/L	-0,036	31	0,498
Heterófilos	-0,078	31	0,666
Linfócitos	0,138	31	0,443
Eosinófilos	0,316	31	0,073
Basófilos	0,043	31	0,813
Monócitos	-0,010	31	0,955

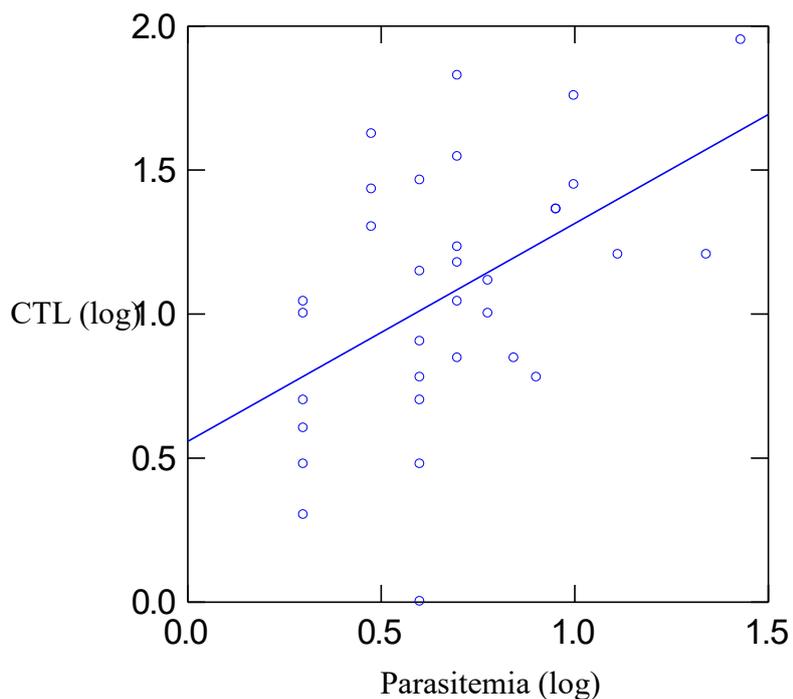


Figura 2. Gráfico de dispersão de pontos demonstrado a relação positiva entre a parasitemia de hemosporídeos e a contagem total de leucócitos (CTL) de *A. galeata*.

DISCUSSÃO

Foi constatado que hemosporídeos dos gêneros *Haemoproteus* e *Plasmodium* ocorrem nos indivíduos de *Antilophia galeata*, sendo a prevalência geral na população igual a 53,2%. O presente estudo foi o primeiro a abordar a infecção por hemosporídeos em *A. galeata* em nível populacional, pois os estudos anteriores buscando tais parasitos na espécie foram realizados em comunidades. Sebaio et al. (2012) foram os primeiros a relatar *A. galeata* como hospedeira de *Plasmodium*. Leite et al. (2013) e Fecchio et al. (2017) examinaram, respectivamente, nove e 15 indivíduos da espécie, porém ambos não encontraram hemosporídeos. No entanto, em um estudo de comunidades, realizado na mesma região do atual estudo, Ribeiro (2016) encontrou uma prevalência de 18% (n=122) de hemosporídeos na espécie.

A maioria dos estudos que relatam sazonalidade nas infecções por hemsporídeos foram realizados em ambientes de clima temperado, onde a sazonalidade climática é mais pronunciada, limitando os vetores, e conseqüentemente a transmissão dos parasitos aos meses quentes do ano (ATKINSON et al., 1988; BENSCH et al., 2007; COSGROVE et al., 2008). Em regiões tropicais esta sazonalidade é incerta, pois os vetores são abundantes e ativos durante a maior parte do ano (ATKINSON; VAN RIPER, 1991). Além disso, estudos anteriores realizados em ambientes tropicais não encontraram sazonalidade (WALDENSTRÖM et al., 2002; FALLON et al. 2004; FECCHIO et al., 2007). Desta forma, na população estudada também não foi encontrada sazonalidade nas infecções, o que vai de encontro com os resultados obtidos por Fecchio et al. (2015) em uma população de cigarra-do-campo (*Neothraupis fasciata*) também no Cerrado.

Não foi encontrado efeito dos sexos sobre a parasitemia, embora fosse esperado que os machos apresentassem maiores valores, devido a vários relatos presentes na literatura sobre o efeito imunossupressor da testosterona ao desencadear maior susceptibilidade dos machos a infecções parasitárias (DEVICHE; PARRIS, 2006; ZUK; STOEHR, 2010; CORNELIUS et al., 2014; CALERO-RIESTRA; GARCÍA, 2016; ROVED et al., 2016). Além disso, os machos de *A. galeata* são altamente territoriais (MARÇAL, 2017), e a territorialidade é um comportamento relacionado a aumentos nos níveis de testosterona (EDLER et al., 2011). Entretanto, Bichet et al. (2014) verificaram maior parasitemia em fêmeas de aves. Uma das causas atribuídas pelos autores foi exposição diferencial aos vetores, ou seja, em muitas espécies de aves, as fêmeas passam grande parte do tempo imóvel nos ninhos, e tal comportamento pode deixá-las mais susceptíveis ao ataque dos vetores (KORPIMAKI et al., 1993; NORRIS et al., 1994). Pode-se supor que o potencial efeito imunossupressor da testosterona nos

machos e a suposta maior exposição das fêmeas aos vetores sejam fatores equivalentes na susceptibilidade aos hemosporídeos, o que poderia explicar a ausência de diferença na parasitemia entre os sexos em *A. galeata*. Os resultados obtidos por Fecchio et al. (2015) podem suportar esta suposição, pois estes autores também não encontraram efeito do sexo na infecção por hemosporídeos em *Neothraupis fasciata*.

Períodos de reprodução têm sido relatados como épocas em que as aves apresentam-se imunocomprometidas devido ao estresse gerado em decorrência das extenuantes atividades exercidas (NORRIS; EVANS, 2000; WOJCZULANIS-JAKUBAS et al., 2015; FRIGERIO et al., 2017). Assim, era esperado que as infecções fossem maiores em indivíduos com placa de incubação, porém, não houve diferença na parasitemia. Os dados encontrados sugerem que as aves que não estão em reprodução também podem estar expostas a situações estressantes, pois outras atividades fisiologicamente dispendiosas antecedem a reprodução, tais como a muda de penas (DE LA HERA et al. 2009; JENNI; WINKLER, 2011, DANTAS, 2013). Fecchio et al. (2015) também não encontraram diferenças nas infecções em relação ao período reprodutivo de *Neothraupis fasciata*. Tal espécie concentra a reprodução na estação chuvosa, e os autores sugeriram que a baixa disponibilidade de recursos na estação seca também pode se configurar como fator estressor, o que explicaria a ausência de diferença, pois tanto indivíduos em reprodução quanto os que não estão em reprodução podem estar em condições estressantes.

O processo de muda é considerado altamente dispendioso, pois necessita de reservas energéticas suficientes para a produção de novas penas (HEMBORG; LUNDBERG, 1998). Alguns estudos têm relatado atrasos ou reduções no processo de muda nos hospedeiros quando há infecções por hemosporídeos (TARELLO, 2007; MARZAL et al., 2013a). Estes parasitos necessitam de aminoácidos essenciais do

plasma do hospedeiro para nutrir-se, e a formação de novas penas também requer considerável quantidade de aminoácidos (MARTIN; KIRK, 2007; MURPHY et al., 1996). De acordo com Barta et al. (2008), aves que estão mais afetadas podem adiar ou suspender a muda. Assim, era esperado que os indivíduos em muda apresentassem menor parasitemia, no entanto, não houve diferença, o que indica que a parasitemia não foi suficiente para gerar alterações no processo de muda de penas em *A. galeata*.

A análise de condição corporal permite estimar a capacidade dos indivíduos em estocar recursos energéticos e em sobreviver a situações adversas (SCHULTE-HOSTEDDE et al., 2005). Existem estudos que relatam relações negativas entre infecção e condição corporal, sugerindo que há comprometimento das aptidões dos hospedeiros (MARZAL et al., 2013; GETTINGS et al., 2016). Isso ocorre, pois a energia utilizada nos processos fisiológicos e reprodutivos é redirecionada para o sistema imunológico para controlar a proliferação dos parasitos (SORCI; FAIVE, 2009). No presente estudo não foi encontrada relação entre infecção e condição corporal, sugerindo que a parasitemia não foi suficiente para afetar a condição corporal de *A. galeata*. Outros estudos também evidenciaram que infecções parasitárias não afetaram a condição corporal dos hospedeiros (MOLNÁR et al. 2013; MAIA et al. 2014; MEGÍAPALMA et al., 2016). Desta maneira, algumas espécies hospedeiras podem ser mais sensíveis à infecção, enquanto outras, podem ter uma relação co-evolutiva próxima com os parasitos, tornando-se tolerantes a eles (PALINAUSKAS et al., 2008).

Estudos demonstrando relação entre hemosporídeos e carrapatos são raros na literatura. Embora não tenham encontrado tal relação, Kleindorfer et al. (2006) hipotetizaram que fosse mais provável encontrar hemosporídeos em melífagos-de-olho-branco (*Phylidonyris novaehollandiae*) infestados por carrapatos. Estes autores fundamentaram tal hipótese na possibilidade de transmissão de hemosporídeos por

carrapatos, uma vez que estes ectoparasitos podem transmitir outros tipos de parasitos sanguíneos para as aves, como *Borrelia* e *Babesia* (GREGOIRE et al., 2002; ESPARZA et al. 2004). No entanto, os hemosporídeos são transmitidos apenas por vetores dípteros (VALKIUNAS, 2005). A hipótese de Kleindofer et al. (2006) poderia ser melhor explicada utilizando aspectos em comum entre carrapatos e vetores dípteros. Sabe-se que tanto carrapatos quanto mosquitos, detectam os hospedeiros pela emissão de dióxido de carbono (MCMAHON; GERIN, 2002; LEHANE, 2005). Assim, os hospedeiros que emitem maior quantidade de CO₂ podem estar simultaneamente mais propensos ao encontro de carrapatos e mosquitos. Entretanto, não foi encontrada relação entre infecção por hemosporídeos e infestação por carrapatos nos indivíduos de *A. galeata*, sugerindo que a propensão simultânea ao encontro de carrapatos e mosquitos pode não se aplicar para esta espécie.

A contagem total e diferencial de leucócitos é considerada um método útil em avaliar condições de saúde de aves (DAVIS et al, 2008; NORTE et al., 2009). Foi verificado que a parasitemia correlacionou positivamente com o total de leucócitos nos indivíduos de *A. galeata*, sugerindo que quanto maior a parasitemia, maior o número de leucócitos disponíveis. Com este resultado, é possível conjecturar que os indivíduos não estão imunossuprimidos (CAMPBELL, 2015). Isso possivelmente indica que eles podem estar sendo eficientes em controlar as infecções, o que justificaria o motivo da parasitemia não ter aumentado durante períodos estressantes e não diferido entre os demais parâmetros analisados. Além disso, não foi encontrada relação entre infecção e razão H/L, o que indica que a parasitemia não foi suficiente para gerar estresse nos indivíduos. Assim, pode-se supor que a parasitemia se mantém constante e controlada, caracterizando-se em uma infecção crônica, pois tal tipo de infecção distribui-se igualmente por toda população (NORTE et al., 2009).

CONCLUSÕES

O presente estudo foi o primeiro a abordar a infecção por hemosporídeos em uma população de *Antilophia galeata*, buscando compreender como se configura a relação parasito-hospedeiro para a espécie. Verificou-se que hemosporídeos dos gêneros *Haemoproteus* e *Plasmodium* ocorrem na população estudada. A parasitemia não se associou às estações, sexos, reprodução, muda de penas, carrapatos e condição corporal. Porém, correlacionou-se positivamente com os leucócitos, o que pode ser um indicativo de controle da infecção. Estes resultados sugerem que a espécie provavelmente tenha se tornado tolerante aos hemosporídeos, pois estes ocorrem nos hospedeiros, mas não causam nenhum dano aparente. Assim, conclui-se que as informações encontradas neste estudo podem ser relevantes para compreensão da relação parasito-hospedeiro na espécie, bem como para a sua conservação.

REFERERÊNCIAS

ASGHAR, M.; HASSELQUIST, D.; BENSCH, S. Are chronic avian haemosporidian infections costly in wild birds? **Journal of Avian Biology**, v. 42, n. 6, p. 530-537, 2011.

<https://doi.org/10.1093/jmedent/25.1.45>

ATKINSON, C. T.; FORRESTER, D. J.; GREINER, E. C. Epizootiology of *Haemoproteus meleagridis* (Protozoa: Haemosporina) in Florida: seasonal transmission and vector abundance. **Journal of Medical Entomology**, v. 25, n. 1, p. 45-51, 1988.

<https://doi.org/10.1093/jmedent/25.1.45>

ATKINSON, C. T.; LA POINTE, D. A. Introduced avian diseases, climate change, and the future of Hawaiian honeycreepers. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 23, n. 1, p. 53-63, 2009.

<https://doi.org/10.1647/2008-059.1>

ATKINSON, C. T.; THOMAS, N. J.; HUNTER, D. B. **Parasitic Diseases of Wild Birds**. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 595p. 2008.

<https://doi.org/10.1002/9780813804620>

ATKINSON, C. T.; VAN RIPPER III, C. **Pathogenicity and epizootiology of avian haematozoa: *Plasmodium*, *Leucocytozoon* and *Haemoproteus***. In: Loye, J. R.; Zuk, M. (Eds.). Bird parasite interactions. Oxford University Press, p. 19-48. 1991.

BALENGER, S. L. ZUK, M. Testing the Hamilton–Zuk Hypothesis: past, present, and future. **Integrative and Comparative Biology**, v. 54, n. 4, p. 601-613, 2014.

<https://doi.org/10.1093/icb/icu059>

BARTA, Z.; MCNAMARA, J. M.; HOUSTON, A. I.; WEBER, T. P.; HEDENSTRÖM, A.; FERÓ, O. Optimal molt strategies in migratory birds. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1490, p. 211-229, 2008.

<https://doi.org/10.1093/icb/icu059>

BELO, N. O.; PINHEIRO, R. T.; REIS, E. S.; RICKLEFS, R. E.; BRAGA E. M. Prevalence and lineage diversity of avian haemosporidians from three distinct Cerrado habitats in Brazil. **Plos One**, v. 6, n. 3, p. 1-8, 2011.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017654>

BENSCH, S.; WALDENSTRÖM, J.; JONZÉN, N.; WESTERDAHL, H.; HANSSON, B.; SEJBERG, D.; HASSELQUIST, D. Temporal dynamics and diversity of avian malaria parasites in a single host species. **Journal of Animal Ecology**, v. 76, n. 1, p.112-122, 2007.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01176.x>

BICHET, C.; SORCI, G.; ROBERT, A.; JULLIARD, R.; LENDVAI, A. Z.; CHASTEL, O.; GARNIER, S.; LOISEAU, C. Epidemiology of *Plasmodium relictum* infection in the house sparrow. **Journal of Parasitology**, v. 100, n. 1, p. 59-65, 2014.

<https://doi.org/10.1645/12-24.1>

BRAGA, E. M.; BELO, N. O.; PINHEIRO, R. T. **Técnicas para estudo de hemoparasitos em aves**. In: MATTER, S. V. et al. (Eds.). *Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento*. Rio de Janeiro: Editora Technical Books, p. 395-412, 2010.

CALERO-RIESTRA, M.; GARCÍA, J. T. Sex-dependent differences in avian malaria prevalence and consequences of infections on nestling growth and adult condition in the tawny pipit, *Anthus campestris*. **Malaria Journal**, v. 22, n. 15, p. 178, 2016

<https://doi.org/10.1186/s12936-016-1220-y>

CAMPBELL, T. W. **Exotic animal hematology and cytology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 402p. 2015.

<https://doi.org/10.1002/9781118993705>

CLARK, N. J.; CLEGG, S. M.; LIMA, M. R. A review of global diversity in avian haemosporidians (*Plasmodium* and *Haemoproteus*: Haemosporida): new insights from molecular data. **International Journal for Parasitology**, v. 44, n. 5, p. 329-338, 2014.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2014.01.004>

COSGROVE, C. L.; WOOD, M. J.; DAY, K. P.; SHELDON, B. C. Seasonal variation in *Plasmodium* prevalence in a population of blue tits *Cyanistes caeruleus*. **Journal of Animal Ecology**, v. 77, n. 3, p. 540-548, 2008.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01370.x>

CORNELIUS, J. M.; ZYLBERBERG, M.; BREUNER, C. W.; GLEISS, A. C.; HAHN, T. P. Assessing the role of reproduction and stress in the spring emergence of haematozoan parasites in birds. **Journal of Experimental Biology**, v. 217, n. 6, p. 841-849, 2014.

<https://doi.org/10.1242/jeb.080697>

DANTAS, T. **Ciclos anuais em aves de ambiente florestal: muda de penas e reprodução**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Uberlândia, 51f. 2013.

DAVIS, A. K.; MANEY, D. L.; MAERZ, J. C. The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. **Functional Ecology**, v. 22, n. 5, p. 760-772, 2008.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01467.x>

DEVICHE, P.; PARRIS, J. Testosterone treatment to free-ranging male dark-eyed juncos (*Junco hyemalis*) exacerbates hemoparasitic infection. **The Auk**, v. 123, n. 2, p. 548-562, 2006.

[https://doi.org/10.1642/0004-8038\(2006\)123\[548:TTTFMD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1642/0004-8038(2006)123[548:TTTFMD]2.0.CO;2)

DE LA HERA, I.; PEREZ-TRIS, J.; TELLERIA, J. L. Migratory behavior affects the trade-off between feather growth rate and feather quality in a passerine bird. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 97, n. 1, p. 98-105, 2009.

<https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2008.01189.x>

DINHOPL, N.; NEDOROST, N.; MOSTEGL, M. M.; WEISSENBACHER-LANG, C.; WEISSENBÖCK, H. In situ hybridization and sequence analysis reveal an association of *Plasmodium* spp. with mortalities in wild passerine birds in Austria. **Parasitology Research**, v. 114, n. 4, p. 1455-62, 2015.

<https://doi.org/10.1007/s00436-015-4328-z>

EDLER, R.; GOYMANN, W.; SCHWABL, I.; FRIEDL, T. W. Experimentally elevated testosterone levels enhance courtship behaviour and territoriality but depress acquired immune response in red bishops *Euplectes orix*. **Ibis**, v. 153, n. 1, p. 46-58, 2011.

<https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2010.01075.x>

ESPARZA, B.; MARTÍNEZ-ABRAIN, A.; MERINO, S.; ORO, D. Immunocompetence and the prevalence of haematozoan parasites in two long-lived seabirds. **Ornis Fennica**, v. 81, n. 1, p. 1-7, 2004.

FALLON, S. M.; RICKLEFS, R. E.; LATTA, S. C.; BERMINGHAM, E. Temporal stability of insular avian malarial parasite communities. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 271, n. 1538, p. 493-500, 2004.

<https://doi.org/10.1098/rspb.2003.2621>

FECCHIO, A.; MARINI, M. Â.; BRAGA, É. M. Baixa prevalência de hemoparasitos em aves silvestres no Cerrado do Brasil central. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 2, n. 3, p.127-135, 2007.

FECCHIO, A.; LIMA, M. R.; SILVEIRA, P.; BRAGA, É. M.; MARINI, M. Â. High prevalence of blood parasites in social birds from a neotropical savanna in Brazil. **Emu**, v. 111, n. 2, p. 132-138, 2011.

<https://doi.org/10.1071/MU10063>

FECCHIO, A.; LIMA, M. R.; SVENSSON-COELHO, M.; MARINI, M. Â.; RICKLEFS, R. E. Structure and organization of an avian haemosporidian assemblage in a Neotropical savanna in Brazil. **Parasitology**, v. 140, n. 2, p. 181-192, 2013.

<https://doi.org/10.1017/S0031182012001412>

FECCHIO, A.; LIMA, M. R.; SILVEIRA, P.; RIBAS, A. C. A.; CAPARROZ, R.; MARINI, M. Â. Age, but not sex and seasonality, influence Haemosporida prevalence in white-banded tanagers (*Neothraupis fasciata*) from central Brazil. **Canadian Journal of Zoology**, v. 93, n. 1, p. 71-77, 2015.

<https://doi.org/10.1139/cjz-2014-0119>

FECCHIO, A.; SVENSSON-COELHO, M.; BELL, J.; ELLIS, V. A.; MEDEIROS, M. C.; TRISOS, C. H.; BLAKE, J. G.; LOISELLE, B. A.; TOBIAS, J. A.; FANTI, R. COFFEY, E. D.; FARIA, I. P.; PINHO, J. B.; FELIX, G.; BRAGA, E. M.; ANCIÃES, M.; TKACH, V.; BATES, J.; WITT, C.; WECKSTEIN, J. D.; RICKLEFS, R. E.; FARIAS, I. P. Host associations and turnover of haemosporidian parasites in manakins (Aves: Pipridae). **Parasitology**, v. 144, n. 7, p. 984-993, 2017.

<https://doi.org/10.1017/S0031182017000208>

FOO, Y. Z.; NAKAGAWA, S.; RHODES, G.; SIMMONS, L. W.; The effects of sex hormones on immune function: a meta-analysis. **Biological Reviews**, v. 92, n. 1, p. 551-571, 2017.

<https://doi.org/10.1111/brv.12243>

FRIGERIO, D.; LUDWIG, S. C.; HEMETSBERGER, J.; KOTRSCHAL, K.; WASCHER, C. A. Social and environmental factors modulate leucocyte profiles in free-living greylag geese (*Anser anser*). **PeerJ**, v. 5, p. e2792, 2017.

<https://doi.org/10.7717/peerj.2792>

GETHINGS, O. J.; SAGE, R. B.; MORGAN, E. R.; LEATHER, S. R. Body condition is negatively associated with infection with *Syngamus trachea* in the ring-necked pheasant (*Phasianus colchicus*) **Veterinary Parasitology**, v. 228, p.1-5, 2016.

<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.08.007>

GODFREY, R. D., FREDYNICH, A. M., PENCE, D. B. Quantification of hematozoan in blood smears. **Journal of Wildlife Disease**, v. 23, n. 4, p.558-565, 1987.

<https://doi.org/10.7589/0090-3558-23.4.558>

GREENMAN, C. G., MARTIN II, L. B.; HAU, M. Reproductive state, but not testosterone, reduces immune function in male house sparrows (*Passer domesticus*).

Physiological and Biochemical Zoology, v. 78, n. 1, p. 60-68, 2005.

<https://doi.org/10.1086/425194>

GREGOIRE, A.; FAIVRE, B.; HEEB, P.; CEZILLY, F. A comparison of infestation patterns by *Ixodes* ticks in urban and rural populations of the Common Blackbird *Turdus merula*. **Ibis**, v. 144, n. 4, p. 640-645, 2002.

<https://doi.org/10.1046/j.1474-919X.2002.00102.x>

HAMILTON, W. D.; ZUK, M. Heritable true fitness and bright birds: a role for parasites?. **Science**, v. 218, n. 4570, p. 384-387, 1982.

<https://doi.org/10.1126/science.7123238>

HEMBORG, C.; LUNDBERG, A. Costs of overlapping reproduction and moult in passerine birds: an experiment with the Pied Flycatcher. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 43, n. 1, p. 19-23, 1998.

<https://doi.org/10.1007/s002650050462>

ISAKSON, C.; SEPIL, I.; BARAMIDZE, V.; SHELDON, B. C. Explaining variance of avian malaria infection in the wild: the importance of host density, habitat, individual life-history and oxidative stress. **BMC Ecology**, v.13, n.1, p. 1-11, 2013.

<https://doi.org/10.1186/1472-6785-13-15>

JAKUBAS, D. WOJCZULANIS-JAKUBAS, K. KOŚMICKA, A. Factors affecting leucocyte profiles in the little auk, a small Arctic seabird. **Journal of Ornithology**, v. 156, n. 1, p. 101-111, 2015.

<https://doi.org/10.1007/s10336-014-1101-5>

JENNI, L.; WINKLER, R. **Moult and Ageing of European Passerines**. London: A&C Black, 240p. 2011.

KLEINDORFER, S.; LAMBERT, S.; PATON, D. C. Ticks (*Ixodes* sp.) and blood parasites (*Haemoproteus* spp.) in New Holland honeyeaters (*Phylidonyris novaehollandiae*): evidence for site specificity and fitness costs. **Emu**, v. 106, n. 2, p. 113-118, 2006.

<https://doi.org/10.1071/MU05055>

KNOWLES, S. C. L.; PALINAUSKAS, V.; SHELDON, B. C. Chronic malaria infections increase family inequalities and reduce parental fitness: experimental evidence from a wild bird population. **Journal of Evolution Biology**, v. 23, n. 3, p. 557-569, 2010.

<https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2009.01920.x>

KORPIMAKI, E.; HAKKARAINEN, H.; BENNETT, G. F. Blood parasites and reproductive success of Tengmalm's owls - detrimental effects on females but not on males. **Functional Ecology**, v. 7, n. 4, p. 420-426, 1993.

<https://doi.org/10.2307/2390029>

LACORTE, G. A.; FELIX, G. M. F.; PINHEIRO, R. R. B.; CHAVES, A.V.; ALMEIDA-NETO, G. Exploring the diversity and distribution of neotropical avian malaria parasites – a molecular survey from southeast Brazil. **Plos One**, v. 8, n. 3, p.1-9, 2013.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057770>

LANGSTON, N. E.; HILLGARTH, N. Moults varies with parasites in Laysan albatrosses. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 261, n. 1361, p. 239-243, 1995.

<https://doi.org/10.1098/rspb.1995.0143>

LEHANE, M. **The Biology of Blood-Sucking in Insects**. New York: Cambridge University Press, 336p. 2005.

<https://doi.org/10.1017/CBO9780511610493>

LEITE, Y. F. C.; PINHEIRO, R. T.; BRAGA, E. M. Prevalência de Hemosporídeos em três localidades do Estado do Tocantins, Brasil. **Ornithologia**, v. 6, n. 1, p. 1-13, 2013.

LOBATO, D. N.; BRAGA, É. M., BELO, N. D. O.; ANTONINI, Y. Hematological and parasitological health conditions of the pale-breasted thrush (*Turdus leucomelas*) (Passeriformes: Turdidae) in southeastern Brazil. **Zoologia**, v. 28, n. 6, p. 771-776, 2011.

<https://doi.org/10.1590/S1984-46702011000600010>

LÜDTKE, B.; MOSER, I.; SANTIAGO-ALARCON, D.; FISCHER, M.; KALKO, E. K., SCHAEFER, H. M.; RENNER, S. C. Associations of forest type, parasitism and body condition of two European passerines, *Fringilla coelebs* and *Sylvia atricapilla*. **Plos One**, v. 8, n. 12, p. e81395, 2013.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081395>

MAIA, J. P., HARRIS, D. J.; CARRANZA, S.; GÓMEZ-DÍAZ, E. A comparison of multiple methods for estimating parasitemia of haemogregarine hemoparasites (Apicomplexa: Adeleorina) and its applications for studying infection in natural populations. **Plos One**, v. 9, p. e95010, 2014.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095010>

MARÇAL, B. F. **História natural de *Antilophia galeata* (Lichtenstein, 1823) (Aves: Pipridae) com ênfase na sua biologia reprodutiva**. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação em Ecossistemas Naturais e Agrários). Universidade Federal de Viçosa, 39f. 2017.

MARTIN, R. E.; KIRK, K. Transport of the essential nutrient isoleucine in human erythrocytes infected with the malaria parasite *Plasmodium falciparum*. **Blood**, v. 109, n. 5, p. 2217-2224, 2007.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095010>

MARZAL, A.; ASGHAR, M.; RODRÍGUEZ, L.; REVIRIEGO, M.; HERMOSELL, I. G.; BALBONTÍN, J.; GARCIA-LONGORIA, L.; LOPE, F.; BENSCH, S. Co-infections by malaria parasites decrease feather growth but not feather quality in house martin. **Journal of Avian Biology**, v. 44, n. 5, p. 437-444, 2013a.

<https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2013.00178.x>

MARZAL, A.; REVIRIEGO, M.; HERMOSELL, I. G.; BALBONTÍN, J.; BENSCH, S.; RELINQUE, C.; RODRÍGUEZ, L. GARCIA-LONGORIA, L.; LOPE, F. Malaria infection and feather growth rate predict reproductive success in house martins. **Oecologia**, v. 171, n. 4, p. 853-861, 2013b.

<https://doi.org/10.1007/s00442-012-2444-3>

MCMAHON, C.; GUERIN, P. M. Attraction of the tropical bont tick, *Amblyomma variegatum*, to human breath and to the breath components acetone, NO and CO₂. **Naturwissenschaften**, v. 89, n. 7, p. 311-315, 2002.

<https://doi.org/10.1007/s00114-002-0317-z>

MEGÍA-PALMA, R.; MARTÍNEZ, X.; MERINO, S. A structural colour ornament correlates positively with parasite load and body condition in an insular lizard species. **The Science of Nature.**, v.103, n. 7-8, p. 52-62, 2016.

<https://doi.org/10.1007/s00114-016-1378-8>

MOLNÁR, O.; BAJER, K.; MÉSZÁROS, B.; TÖRÖK, J.; HERCZEG, G. Negative correlation between nuptial throat colour and blood parasite load in male European green lizards supports the Hamilton-Zuk hypothesis. **Naturwissenschaften**, v. 100, n. 6, p. 551-558, 2013.

<https://doi.org/10.1007/s00114-013-1051-4>

MURPHY, M. E. **Energetics and Nutrition of Molt**. In: CAREY, C. (Ed.). *Avian Energetics and Nutritional Ecology*. New York: Plenum, p. 158-198, 1996.

https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0425-8_6

NORRIS, K.; ANWAR, M.; READ, A. F. Reproductive effort influences the prevalence of haematozoan parasites in great tits. **Journal of Animal Ecology**, v. 63, n. 1, p. 601-610, 1994.

<https://doi.org/10.2307/5226>

NORRIS, K.; EVANS, M. Ecological immunology: life history tradeoffs and immune defense in birds. **Behavioral Ecology**, v. 11, n. 1, p.19-26, 2000.

<https://doi.org/10.1093/beheco/11.1.19>

NORTE, A. C.; ARAUJO, P. M.; SAMPAIO, H. L.; SOUSA, J. P.; RAMOS, J. A. Haematozoa infections in a great tit *Parus major* population in central Portugal: relationships with breeding effort and health. **Ibis**, v. 151, n. 4, p. 677-688, 2009.

<https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2009.00960.x>

PALINAUSKAS, V.; VALKIUNAS, G. N.; BOLSHAKOV, C. V.; BENSCH, S. *Plasmodium relictum* (lineage P-SGS1): effects on experimentally infected passerine birds. **Experimental Parasitology**, v. 120, n. 4, p. 372-380, 2008.

<https://doi.org/10.1016/j.exppara.2008.09.001>

RIBEIRO, P. V. A. **Prevalência de hemoparasitos em aves do Cerrado: associação com biomassa e condição corporal**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Uberlândia. 27 p. 2016.

ROVED, J.; WESTERDAHL, H.; HASSELQUIST, D. Sex differences in immune responses: hormonal effects, antagonistic selection, and evolutionary consequences.

Hormones and Behavior, v. 88, n. 1, p. 95-105, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2016.11.017>

SAINO, N.; INCAGLI, M.; MARTINELLI, R.; MØLLER, A. P. Immune response of male barn swallows in relation to parental effort, corticosterone plasma levels, and sexual ornamentation. **Behavior Ecology**. v. 13, n. 2, p. 169-174, 2002.

<https://doi.org/10.1093/beheco/13.2.169>

SCHULTEDE-HOSTEDDE, A. I.; ZINNER, B.; MILLAR, J. S., HICKLING, G. J. Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. **Ecology**, v. 86, n. 1, p. 155-163, 2005.

<https://doi.org/10.1890/04-0232>

SEBAIO, F.; BRAGA, É. M.; BRANQUINHO, F.; FECCHIO, A.; MARINI, M. Â. Blood parasites in passerine birds from the Brazilian Atlantic Forest. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 21, n. 1, p. 7-15, 2012.

<https://doi.org/10.1590/S1984-29612012000100003>

SORCI, G.; FAIVRE, B. Inflammation and oxidative stress in vertebrate host-parasite systems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1, p. 71-83, 2009.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0151>

SPENCER, K. A.; BUCHANAN, K. L.; LEITNER, S. Parasites affect song complexity and neural development in a songbird. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 272, n. 1576, p. 2037-2043. 2005.

<https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3188>

TARELLO, W. Clinical signs and response to primaquine in falcons with *Haemoproteus tinnunculi* infection. **Veterinary Record**, v. 161, n. 6, p. 204-205, 2007.

<https://doi.org/10.1136/vr.161.6.204>

VALKIUNAS, G. **Avian malaria parasites and other haemosporidians**. Boca Raton: CRC Press, 932p. 2005.

VAN RIPER III, C.; VAN RIPER, S. G.; GOFF, M. L. The epizootiology and ecological significance of malaria in Hawaiian land birds. **Ecological Monographs**, v. 56, n. 4, p.327-344, 1986.

<https://doi.org/10.2307/1942550>

VANSTREELS, R. E. T.; KOLESNIKOVAS, C. K. M.; SANDRI, S.; SILVEIRA, P.; BELO, N. O.; et al. Outbreak of avian malaria associated to multiple species of *Plasmodium* in magellanic penguins undergoing rehabilitation in Southern Brazil. **Plos One**, v. 9, n. 1, p. e94994, 2014.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094994>

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, n. 8, p. 1545-1554, 2002.

<https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2002.01523.x>

WATSON, M. J. What drives population-level effects of parasites? Meta-analysis meets life-history. **International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife**, v. 2, n. 1, p. 190-196, 2013.

<https://doi.org/10.1007/s00436-016-4957-x>

ŽIEGYTĖ, R.; VALKIŪNAS, G. Recent advances in vector studies of avian haemosporidian parasites. **Ekologija**, v. 60, n. 4, p. 73-83, 2014.

<https://doi.org/10.6001/ekologija.v60i4.3042>

ZUK, M.; MCKEAN, K. A. Sex differences in parasite infections: patterns and processes. **International Journal of Parasitology**. v. 26, n. 10, p.1009-1023, 1996.

[https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(96\)80001-4](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(96)80001-4)

ZUK, M.; STOEHR, A. M. **Sex Differences in Susceptibility to Infection: An Evolutionary Perspective**. In: KLEIN, S. L.; ROBERTS, C. W. (Eds.). Sex Hormones and Immunity to Infection. Springer: New York, p. 1-18, 2010.

https://doi.org/10.1007/978-3-642-02155-8_1