



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA

**Parasitos helmintos intestinais em *Saguinus bicolor* (Spix, 1823) (Primates,
Callitrichidae)**

Adna Wally de Melo Gomes

Manaus, Amazonas
Dezembro/2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA

**Parasitos helmintos intestinais em *Saguinus bicolor* (Spix, 1823) (Primates,
Callitrichidae)**

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gordo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Amazonas/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Manaus, Amazonas
Dezembro/2019

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

G633p Gomes, Adna Wally de Melo
Parasitos helmintos intestinais em *Saguinus bicolor* (Spix, 1823)
(Primates, Callitrichidae) / Adna Wally de Melo Gomes. 2019
42 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Marcelo Gordo
Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. *Saguinus bicolor*. 2. helmintos. 3. acanthocephala. 4.
nematoda. I. Gordo, Marcelo II. Universidade Federal do Amazonas
III. Título

*Aos meus tesouros,
Marta, Carlos
Daniel, Thysania
e Damares.*

DEDICO

Agradecimentos...

Em primeiro lugar, Àquele em quem creio que seja a maior força do Universo, DEUS. À minha doce e amada família, meu esposo Daniel, cuidando de nossa prole, como bom mamífero que é mostrando todo seu cuidado parental, e cuidando de mim claro, nunca vou esquecer aquele chocolate quente que me fez no início da madrugada, quando estava perdida na discussão (risos), foi renovador. Minha mãezinha Marta e pai Carlos, muitíssimo grata pelas orações e conselhos de vocês, minhas filhas Thysania e Damares, que apesar da pouca idade entenderam minha ausência de mãe em vários momentos, a prima Walquiria que segurou a peteca da casa e das crianças todo esse tempo. Minhas irmãs Débora, Nádia e Lúcia, cunhados e sobrinhos queridos, que mesmo a distância sei que torciam por mim, garanto, essa boa energia chegou aqui. Ao meu orientador Professor Doutor Marcelo Gordo, que com sua simplicidade me acolheu no projeto Sauim-de- Coleira, me deu a chance e o material para trabalhar quando ninguém queria uma aluna com um filho pequeno no colo e um pai enfermo, obrigada por acreditar que eu seria capaz. À grande família Sauim-de-Coleira, Aline, Aline Vet, Tainara, Breno, Raiclicia, Zamora, Edson, Igor, Jessica e Érica, obrigada pelo acolhimento e os cardápios internacionais que experimentei com vocês. Ao meu grande amigo Gerson Lopez, você foi peça fundamental para o desenrolar desse trabalho. Ao meu amigo e parceiro de trabalho Augusto Rodrigues, que com o apoio do LBCH – Laboratório de Biologia Celular e Helminologia. UFPA, me ajudou com a identificação dos helmintos. À minha banca examinadora, Professor Doutor Welton Oda e Professor Doutor Adrian Barnett vocês foram incríveis. Ao laboratório de Zoologia da UFAM que me cedeu espaço para triagem das minhas amostras. Ao programa de pós-graduação em Zoologia da UFAM e a coordenação sempre disposta a nos ajudar. À Universidade Federal do Amazonas que me proporcionou mais essa oportunidade de poder estudar e agregar conhecimentos para melhor desempenhar minhas funções como servidora.

“É na Resiliência que nascem as vitórias, porque todos os caminhos são feitos de altos e baixos, e é necessário persistir para chegar ao fim...”

Autor desconhecido.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal, avaliar a fauna de helmintos encontrada nos estômagos e intestinos dos sauíns de coleira (*Saguinus bicolor*) atropelados no fragmento do Campus Universitário da UFAM, que se encontravam depositados nos freezers do projeto sauím de coleira no decorrer dos últimos 18 anos. A procura por helmintos adultos foi realizada nos estômagos e intestinos removidos dos indivíduos descongelados. Duas espécies de helmintos foram encontradas *Prostenorchis elegans* (Acanthocephala) e *Subulura* sp. (Nematoda), ambos novos registros para *Saguinus bicolor*. Foram necropsiados 59 sauíns, 36 machos e 20 fêmeas, a prevalência total de infecção foi de 52,54% (31/59), 52,77% dos machos estavam infectados e 55% das fêmeas também estavam infectadas. Dos 31 indivíduos positivos para helmintos, 29 (93,54%) estavam infectados com Acanthocephala, cinco (16,12%) com Nematoda, e três (9,67%) com ambos os filos. Foram encontrados 355 espécimes parasitas, sendo 344 Acanthocephala e 11 Nematoda. Não encontramos diferença significativa quando comparamos o número de parasitos entre machos e fêmeas, e nem encontramos correlação com a pluviosidade quando realizamos as análises. Entre os exemplares utilizados havia seis indivíduos que considereí doentes, pelo histórico do livro de tombamento do projeto sauím de coleira onde eram registrados os sauíns que chegavam, assim, comparando esses indivíduos com os demais sem histórico de doença a diferença foi significativa. O mês de maior incidência de parasitas foi o mês de janeiro. Uma série de fatores podem estar influenciando na dinâmica da relação parasita x hospedeiro, sazonalidade, fenologia, posição hierárquica do sauím, taxas hormonais, fatores que precisam ser melhor avaliados. A continuidade do estudo dessa relação pode ser uma importante ferramenta para o estudo da conservação desse primata ameaçado que é o sauím de coleira.

Palavras-chave: *Saguinus bicolor*, sauím de coleira, helmintos, acanthocephala, nematoda

ABSTRACT

This work had as main objective, to evaluate the fauna of helminths found in the stomachs and intestines of the Sauins de Coleira (*Saguinus bicolor*) run over in the fragment of the UFAM University Campus, which were deposited in the freezers of the Sauim de Coleira project during the last 18 years. The search for adult helminths was carried out in the stomachs and intestines removed from the thawed individuals. Two species of helminths were found: *Prostenorchis elegans* (Acanthocephala) and *Subulura* sp. (Nematoda), both new records for *Saguinus bicolor*. 59 sauins were necropsied; 36 males and 20 females, the total prevalence of infection was 52.54% (31/59), 52.77% of males were infected and 55% of females were also infected. Of the 31 individuals positive for helminths, 29 (93.54%) were infected with Acanthocephala, five (16.12%) with Nematoda, and three (9.67%) with both phyla. 355 parasitic specimens were found, being 344 Acanthocephala and 11 Nematoda. We did not find any significant difference when comparing the number of parasites between males and females, nor did we find any correlation with rainfall when we performed the analyzes. Among the specimens used, there were six individuals that I considered sick, due to the history of the tipping book of the Sauim de Coleira Project, where the Sauim who arrived were registered, thus, comparing these individuals with the others without a history of illness, the difference was significant. The month with the highest incidence of parasites was January. A number of factors may be influencing the dynamics of the parasite x host relationship, seasonality, phenology, sauim's hierarchical position, hormonal rates, factors that need to be better evaluated. Continuing to study this relationship can be an important tool for the study of the conservation of this endangered primate, which is the Sauim de Coleira.

Keywords: *Saguinus bicolor*, Sauim de Coleira, helminths, acanthocephala, nematoda.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	10
1.1. Helminhos em primatas brasileiros.....	11
1.2. Nematoda.....	11
1.3. Acanthocephala.....	12
1.4. Infecções parasitárias para o gênero <i>Saguinus</i> spp.....	14
1.5. O sauim-de-coleira.....	15
2. Objetivo Geral.....	17
2.1. Objetivos específicos.....	17
3. Material e Métodos.....	18
3.1. Área de estudo.....	18
3.2. Coleta de dados.....	19
3.3. Análises dos dados.....	20
4. Resultados.....	21
5. Discussão.....	27
6. Referências.....	31

1. Introdução

Atividades humanas como agricultura e pecuária, extração de combustíveis fósseis, superexploração de recursos e urbanização têm impactado significativamente os ecossistemas em todo o mundo (Hosonuma *et al.*, 2012). Conseqüentemente tem afetado a diversidade e a abundância de espécies, colocando em risco a sobrevivência de suas populações (Haddad *et al.*, 2015; Ribeiro *et al.*, 2015).

A perda acelerada de espécies e as drásticas alterações nos ecossistemas desencadearam uma crise global de biodiversidade (Johnson *et al.*, 2017). Esforços de conservação e estratégias para entender e reverter as tendências de extinção geralmente se concentram em espécies que são atraentes ou de interesse para o homem (Donaldson *et al.*, 2016). No entanto, processos de extinção associados a organismos percebidos como nocivos ou associados a uma condição negativa, como parasitas, são pouco documentados (Strona, 2015).

Distúrbios ecossistêmicos (e. g. desmatamento), que são definidos como o conjunto de processos que causam a perturbação ambiental (perda de habitat e fragmentação), afetam as interações ecológicas em vários níveis, como teias alimentares e interações mutualistas (Morris, 2010). Várias espécies têm mostrado que a dinâmica do hospedeiro-parasito é um dos aspectos mais afetados em sistemas perturbados (Puttker *et al.*, 2008; Bordes *et al.*, 2015).

A perda da diversidade de parasitas pode ser agravada em populações hospedeiras que estão ameaçadas em alguma medida (Farrell *et al.*, 2015). É sugerido que organismos como parasitas sofrem coextinção junto com seus hospedeiros, uma vez que a transmissão de parasitos é mais difícil de sustentar em populações isoladas com baixa densidade do hospedeiro (Conwell *et al.*, 2012). Em apoio a essa hipótese, foi observado que várias espécies de primatas ameaçadas têm uma menor riqueza de espécies de parasitas versus populações não ameaçadas (Altizer *et al.*, 2007). Estas ameaças podem ser exacerbadas por doenças parasitárias e infecciosas e podem ser importantes do ponto de vista da conservação, pois podem afetar a suscetibilidade aos predadores, a sobrevivência e a reprodução dos hospedeiros. Dessa forma, atuam como forças de seleção que afetam a distribuição e a densidade das espécies, com contribuição direta em aumento da suscetibilidade a extinções ou declínios populacionais (Price, 1980; Combes, 1996; Daszak *et al.*, 2000; Leendertz *et al.*, 2006; Pedersen *et al.*, 2007; Epstein & Price, 2009).

1.1. Helmintos em primatas brasileiros

No tráfico de animais, os primatas, especialmente os do gênero *Saguinus* (saguís ou sauíns), devido ao seu pequeno porte e fácil domesticação, são os preferidos, submetidos a estresse permanente, dietas inadequadas e contato direto com outras espécies, aumentando cada vez mais o risco de apresentar um grande número de doenças (Garcia *et al.*, 2007), evidenciando assim a importância de estudos zoonóticos com primatas por fornecerem informações importantes sobre a biologia, o comportamento e a ameaça de doenças emergentes, uma vez que é comum o uso de animais silvestres como importante fonte de proteína animal para muitas populações humanas residentes nos trópicos (Bodmer & Lozano, 2001), um outro ponto é o de que primatas de pequeno porte são preferidos por populações tradicionais como animal de companhia (*pet*) na Amazônia (Peres & Nascimento 2006; Shanee *et al.* 2015; Estrada *et al.* 2017).

Segundo Corrêa *et al* (2016) apenas 39% das espécies brasileiras de primatas foram registradas com relatos de helmintos, partindo desse conhecimento isso pressupõe que ainda é subestimada a fauna de helmintos, visto que no Brasil são registrados 119 *taxa* de primatas, portanto, cerca de 61% continua sem o conhecimento de seus parasitas. Os primatas representam um excelente modelo para explorar os efeitos da perturbação do habitat em padrões de parasitismo em hospedeiros em perigo, uma vez que mais de 60% das espécies de primatas está sob alguma categoria de ameaça (Estrada *et al.*, 2017). Este é o caso de *Saguinus bicolor*, que atualmente está entre as 25 espécies de primatas mais ameaçadas de extinção no mundo (Gordo *et al*, 2019).

1.2. Nematoda

Os nematóides são os parasitas mais comuns em primatas e causam poucos sinais clínicos aparentes, embora possam influenciar a ecologia destes hospedeiros. Assim, é necessário estudar os parasitos não apenas como invasores, mas como parte ativa de todo um ecossistema (Stuart *et al.*,1998; Rocha, 2014), haja visto que há indícios de que infecções naturais com múltiplos parasitas em animais selvagens e até em humanos podem apresentar um efeito positivo no hospedeiro. Na década de 70 um pesquisador resolveu se infectar com 250 larvas do nematódeo *Necator americanus*, ele

sofria de periódicas crises de febre do feno, já conhecendo como funcionavam as respostas imunes a esse tipo de parasita, ele suspeitou que se assim o fizesse seu sistema imunológico pudesse ser alterado lhe beneficiando, durante os dois anos sendo hospedeiro dos referidos vermes obteve redução das crises (Turton, 1976), assim como outros estudos avaliando a imunomodulação induzida por helmintos como uma maneira de impedir o início do diabetes e a melhora na sensibilidade à insulina (Petney & Andrews, 1998; Berbudi *et al*, 2016), outro estudo realizado em tubarões *Carcharhinus dussumieri* e com dois de seus parasitas cestoda, foi observado que os parasitas apresentavam grande parte das concentrações de metais pesados como o chumbo e o cádmio, reduzindo a dispersão dos metais nos tecidos do hospedeiro, servindo assim como uma espécie de filtro para o organismo do tubarão além de um importante bioindicador (Malek *et al*, 2007).

A família Subuluridae possui mais de 100 espécies de cerca de 13 gêneros, parasitam uma grande variedade de vertebrados, principalmente aves e mamíferos (Hallan, 2007).

Dentre os gêneros da família Subuluridae está o gênero *Subulura*, que já tem uma boa diversidade tanto de hospedeiros intermediários como hospedeiros vertebrados, desde répteis, aves e mamíferos, como roedores, carnívoros e primatas, além de um considerável número de hospedeiros intermediários como, baratas, besouros, gafanhotos e tesourinhas (Vicente *et al*, 2000; Caetano & Vieira, 2015). O ciclo de vida do gênero *Subulura* é do tipo heteroxeno, eles depositam seus ovos nas fezes do hospedeiro que serão eliminadas no ambiente, as larvas eclodirão e serão ingeridos pelos hospedeiros intermediários, geralmente por artrópodes e após alguns estágios a forma infectante será ingerida junto com seu hospedeiro intermediário pelo hospedeiro vertebrado (Cuckler & Alicata, 1944).

1.3. Acanthocephala

Alguns Acanthocephala possuem uma variedade muito grande de hospedeiros, podendo provavelmente até parasitar humanos, uma vez que a maioria de seus hospedeiros intermediários são artrópodes, alguns bem comuns em ambientes urbanos, como a barata *Blattella germanica* (Linnaeus, 1758), um de seus hospedeiros intermediários (Graham, 1960).

Os Acanthocephala são parasitos durante todo o ciclo de vida, com exceção da fase de ovo, não havendo um período de vida livre, os ovos são eliminados nas fezes dos hospedeiros, geralmente um vertebrado, o desenvolvimento do embrião se dá antes de se tornar uma forma infectante para o hospedeiro intermediário, quando os ovos estão maduros eles continuarão seu desenvolvimento no corpo do hospedeiro intermediário, geralmente um artrópode, para assim passar para as fases larvais, Acanthor, Acanthella e Cistacanto (García *et al.*, 2007).

A família Oligacanthorhynchidae possui 12 gêneros, entre esses está o gênero *Prosthenorchis*, com cinco espécies descritas (Amin, 1985, 2013; Gomes *et al.*, 2015). *Prosthenorchis elegans* é uma espécie relativamente comum em primatas do novo mundo (Pissinatti *et al.* 2007).

Há um consenso sobre a patogenicidade de *P. elegans* como sendo uma das principais causas de morte de primatas neotropicais em cativeiro; Garcia *et al.* 2007; Muller *et al.* 2010; Sales *et al.* 2010; Catenacci *et al.* 2016; Tavela *et al.* 2013; Erkenwick, 2019).

A liberação dos ovos de espécies do gênero *Prosthenorchis* ocorre de maneira intermitente e na maioria das vezes são morfologicamente idênticos (Machado Filho, 1950), portanto o exame coproparasitológico pode ser menos específico e pouco sensível para um diagnóstico mais preciso, propiciando situações em que indivíduos com alto nível de infecção podem apresentar resultado falso-negativo, culminando em óbito pela impossibilidade de receberem tratamento adequado. Há casos em que quando o parasito é detectado, os tratamentos são praticamente ineficazes, sobretudo quando há indicação cirúrgica devido ao fato de ser um processo muito invasivo levando em conta o tamanho do animal infestado, não respondendo bem após o processo cirúrgico (Tavernard, 2017; Nielsen, 1980). Contudo, apesar da alta patogenicidade de *Prosthenorchis*, já há dados de populações de Calitriquideos como hospedeiros que mantêm a relação com esse gênero há 12 anos (Erkenwick, dados não publicados), sugerindo que o estudo desses parasitas seja realizado num período mais longo e num contexto mais amplo, agregando fatores de alterações ambientais de onde vivem esses indivíduos (Haukisalmi *et al.*, 1988).

1.4. Infecções parasitárias para o gênero *Saguinus* spp.

Por conta das interações em ambientes antrópicos, já foram descritas na literatura para o gênero *Saguinus* infecções parasitárias por protozoários (*Trichomonas* spp., *Entamoeba* spp., *Giardia* spp., *Trypanosoma* spp) e helmintos (*Ascaris* spp, *Trichostrongoides* spp, *Strongiloides* spp, *Trichuris* spp e Acanthocephala) (Diesing, 1850; Diesing, 1851; Diesing, 1856; Travassos, 1965; Vicente *et al*, 1997; Garcia *et al* 2007; Muller, 2007; Silva *et al* 2008; Pinto *et al.* 2011; Muniz-Pereira *et al.* 2009; Perez *et al* 2013; Solório 2015; Corrêa *et al* 2016; Erkenwick, 2019). Segundo Brumpt e Urbain (1938).

Entretanto, há relativamente pouco conhecimento sobre parasitas em geral em *Saguinus bicolor*. Até agora foram descritos quatro espécies de helmintos (Tabela 1), três do filo Nematoda da família Onchocercidae, *Dipetalonema caudispina* (Molin, 1858) (Pinto *et al.* 2011) e *Dipetalonema gracile* (Rudolphi, 1809) (Diesing, 1851; Muniz-Pereira *et al.* 2009), um da família Subuluridae, *Primasubulura distans* (Rudolphi, 1819) (Diesing, 1851, Vicente *et al*, 1997; Muniz-Pereira *et al.* 2009;), e um platelminto, da família Anoplocephalidae, *Mathevotaenia megastoma* (Diesing, 1850) (Diesing, 1850; Diesing, 1856; Travassos, 1965; Muniz-Pereira *et al.* 2009). Silva *et al.* (2008) iniciaram as primeiras investigações de tripanossomíase em *Saguinus bicolor* detectando, por meio de hemocultura, a presença de *Trypanosoma* sp em 45 indivíduos, de um total de 99. Solório (2015) realizou estudos com agentes infecciosos em *S. bicolor* onde utilizou sub-populações que habitavam os fragmentos florestais da cidade de Manaus como espécie sentinela para avaliar a presença de agentes infecciosos na interface humanos e primatas não humanos, detectando assim a presença de Hantavirus e Rotavirus. Até agora não há registros mais aprofundados de acantocéfalos para *S. bicolor*, visto que há apenas uma única publicação que trata principalmente da conservação do primata, porém com descrição muito incipiente do parasita encontrado nele, entretanto já houve relatos para outras espécies do gênero *Saguinus*. Surge, portanto, a necessidade de uma investigação sobre esses parasitas e seus efeitos em *S. bicolor*.

1.5. O sauim-de-coleira

O sauim-de-coleira, *S. bicolor* (Figura 2), é um primata neotropical ameaçado de extinção, da família Callitrichidae, de repertório vocal bastante diversificado, de comportamento diurno e territorial e com uma das menores distribuições entre todos os primatas neotropicais (Jerusalinsky *et al.*, 2017; Sobroza *et al.*, 2017; Vidal *et al.*, 2018) (Figura 3). Possui corpo esbelto, indivíduos adultos chegam a medir cerca de 28 a 32 cm de comprimento, com uma cauda longa e fina medindo com cerca de 38 a 42 cm, pesando em torno de 450 a 500 g. Comumente formam grupos de cinco a oito indivíduos, porém podemos encontrar grupos de dois até 12 indivíduos. Ocasionalmente foram observados animais solitários, tanto machos como fêmeas (Vidal, 2003; Gordo *et al.*, 2008; Gordo, 2012; Gordo *et al.* 2017; 2019). As fêmeas podem dar à luz um ou dois filhotes (gêmeos), duas vezes por ano, que após algumas semanas passam a ser cuidados e carregados por todos os membros do grupo (Gordo, 2012). Esta espécie apresenta distribuição restrita e uma parte desta tem sido ocupada pelo crescimento da cidade de Manaus e arredores, colocando essa espécie em constante interação com as populações humanas e fauna associada (Gordo *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2017; Gordo *et al.*, 2019). As densidades populacionais são baixas ao longo da maior parte de sua distribuição, aumentando consideravelmente nas áreas fragmentadas dentro e próximas à cidade de Manaus (Gordo, 2012; Gordo *et al.* 2017; 2019). A espécie já teve uma perda de pelo menos 80% da sua área de distribuição, com uma redução estimada de pelo menos 80% de sua população (Gordo, 2008; Vidal *et al.* 2018), sendo que evidências genéticas indicam que a espécie vem sofrendo a redução de suas populações há mais de 10.000 anos (Farias *et al.*, 2015). Apesar de nos fragmentos urbanos haver populações, elas são pequenas e não são viáveis em médio e longo prazo (Gordo, 2012; Campos *et al.*, 2017; Gordo *et al.*, 2019). Além disso, nesses fragmentos os animais são atropelados, eletrocutados ao usar linhas de energia, atacados por cães e gatos, capturados como animais de estimação e geralmente maltratados (Gordo *et al.*, 2013; 2019). É importante enfatizar a grande redução de áreas verdes na região, por ocasião da metropolização institucionalizada induzida por ações políticas e econômicas e ocupações irregulares (Lima, 2014), situação bem visível nas imagens realizadas por de satélites (figura 1).

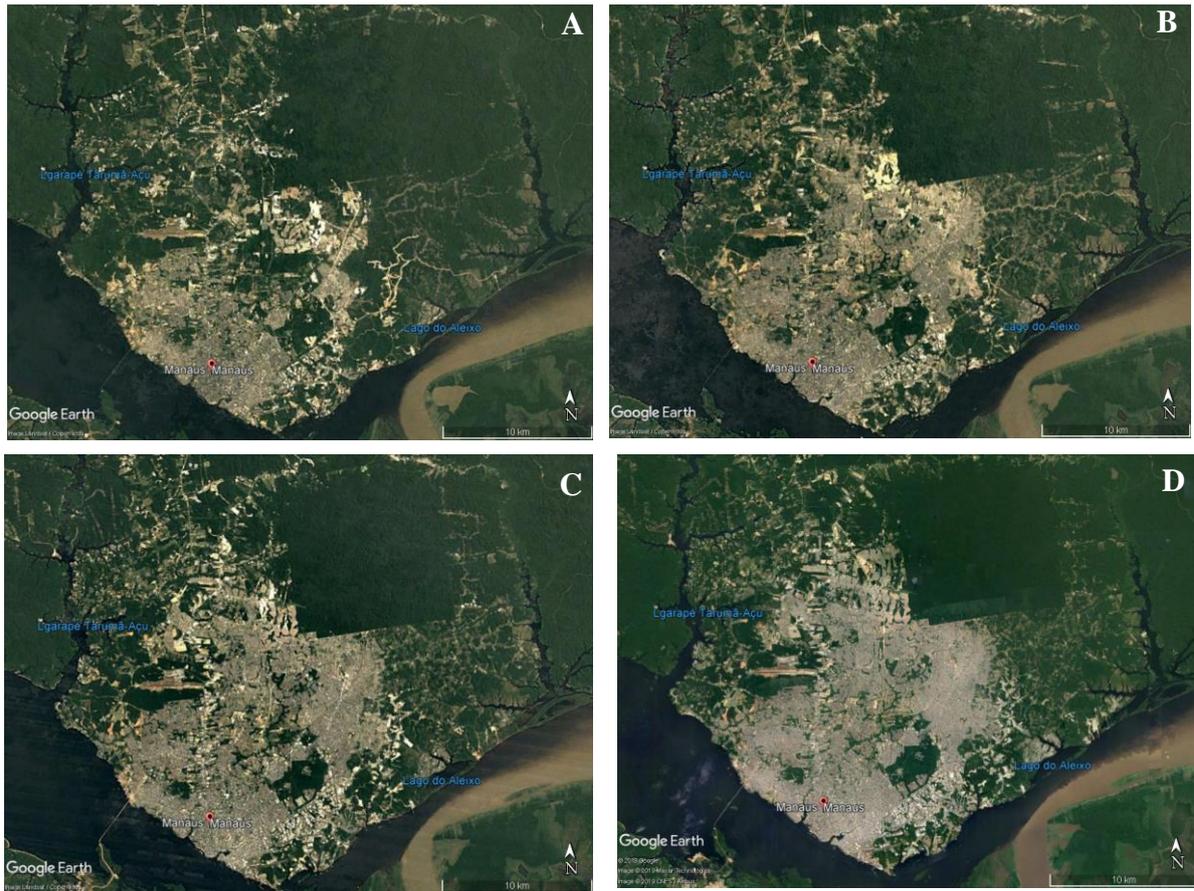


Figura 1. Imagens de satélite evidenciando o processo de expansão da Urbanização na cidade de Manaus nos últimos 29 anos, A- 1990, B- 2000, C- 2010 e D- 2019 (satélites Landsat/Copernico, CNES/Airbus).



Figura 2. *Saguinus bicolor*. Foto: Marcelo Gordo.

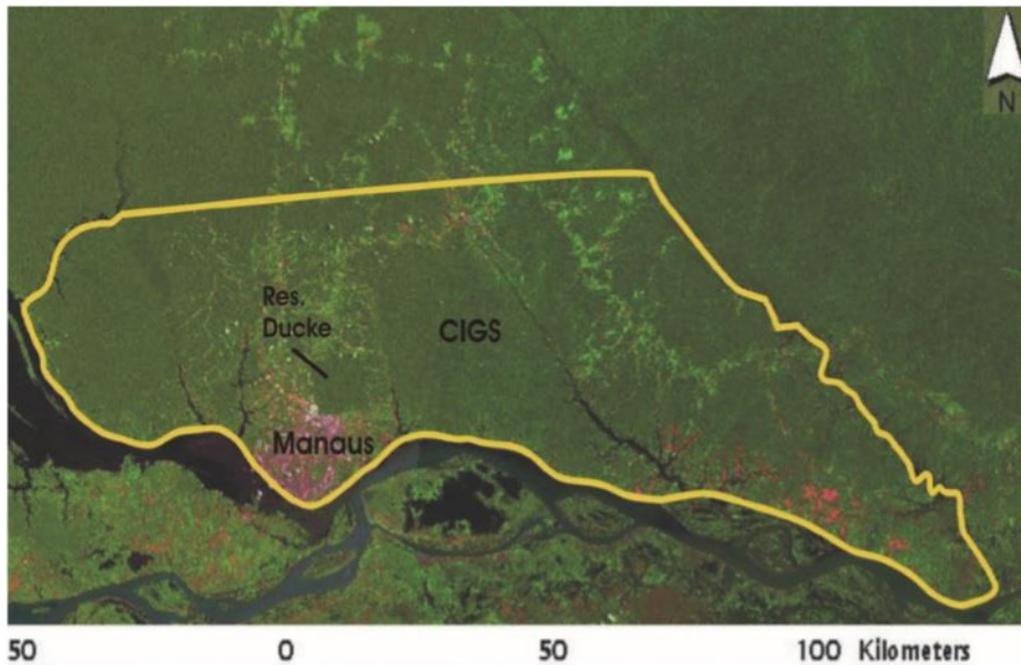


Figura 3. Distribuição geográfica de *S. bicolor* (polígono amarelo). Fonte: Gordo, 2012.

Como os primatas vivem em grupos sociais, este é um fator de suscetibilidade a infecções parasitárias (Stoner, 1996), e os padrões do parasitismo em populações selvagens são influenciados pelos padrões da área de uso do hospedeiro, densidade, taxas de contatos intra e interespecíficos e dieta (Nunn *et al.*, 2003). Nesse sentido, compreender a prevalência de infecções parasitárias é essencial para o estudo da biologia e conservação de primatas (Eckert *et al.*, 2006). Assim, neste estudo descrevemos os parasitos helmintos gastrointestinais de *S. bicolor*.

2. Objetivo Geral

Avaliar a ocorrência de helmintos parasitos gastrintestinais de *Saguinus bicolor*.

2.1. Objetivos específicos

- a) Estimar a prevalência destes parasitos em *Saguinus bicolor*;
- b) Avaliar se há diferença de abundância e riqueza de helmintos entre machos e fêmeas;
- c) Avaliar se há sazonalidade na abundância de helmintos.

3. Material e Métodos

3.1. Área de estudo

O estudo foi feito na cidade de Manaus, que está situada na Amazônia Central (Figura 4). A precipitação anual na área varia de 1.750 a 2.500 mm, com a estação chuvosa de novembro a maio, os meses março e abril são os de maior precipitação, e a estação seca de junho a outubro, setembro é o mês mais seco (Baccaro *et al.*, 2011). Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta um clima do tipo Af (Equatorial úmido) com temperatura média em torno de 26°C (mínima de 19°C e máxima de 39°C) (Alvares *et al.*, 2013). A cidade de Manaus apresenta fragmentos florestais com matas primárias, campinas, campinaranas e matas secundárias em diferentes estágios sucessionais (Gordo, 2012).

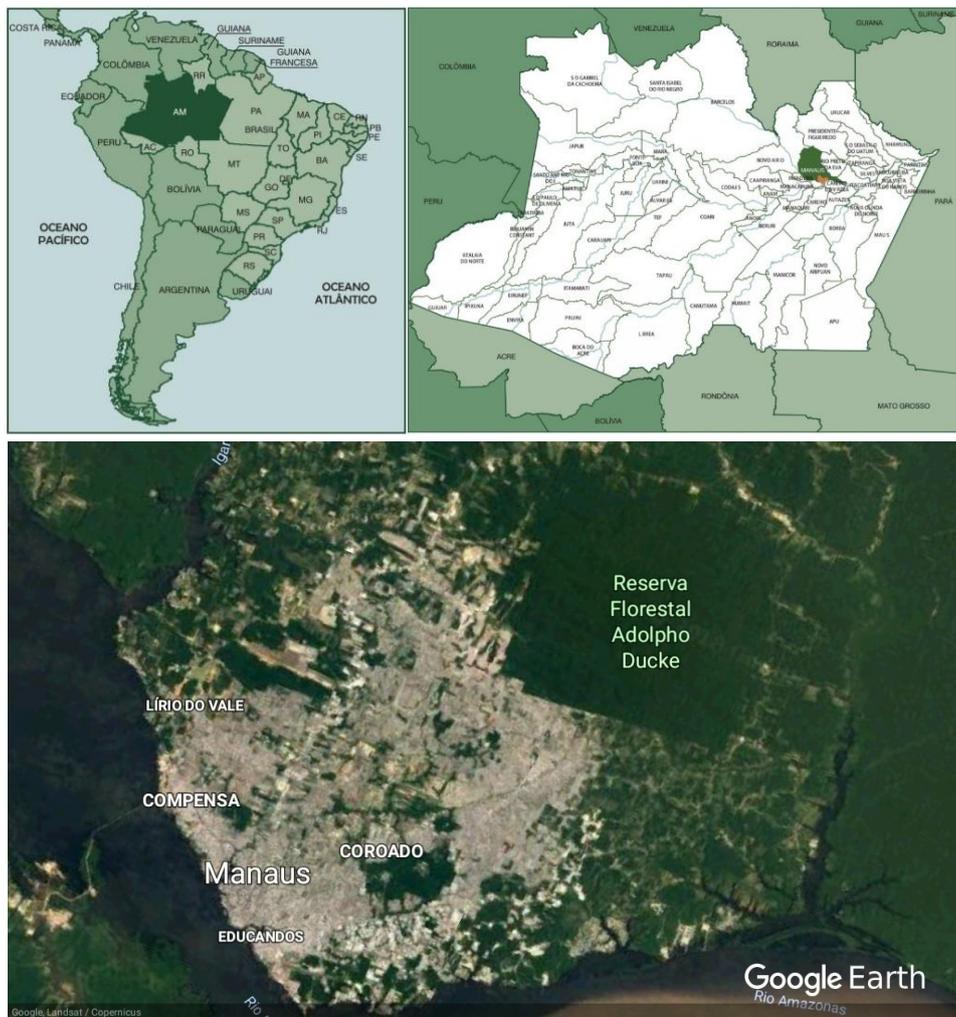


Figura 4. Mapa do Brasil no canto superior à esquerda, mapa do estado do Amazonas à direita com destaque do município de Manaus em verde e na parte inferior a região da cidade de Manaus. Fonte: Ministério do turismo, Prefeitura Municipal de Manaus e Google Earth.

Os animais utilizados neste estudo foram majoritariamente indivíduos atropelados. A maioria (67,80%) dos espécimes era proveniente do fragmento florestal do Campus da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Este fragmento possui 776,03 hectares, a cobertura vegetal é composta por florestas primárias, florestas secundárias em diferentes estágios de sucessão, campinarana e áreas de construção, tem seus prédios conectados por uma longa estrada asfaltada que corta boa parte do fragmento (Figura 5), (Gordo, 2012; Nery *et al.*, 2004).



Figura 5 – Parte do Campus Universitário da UFAM com a estrada de acesso cortando a mata e conectando as áreas construídas no Setor Sul e Setor Norte. Fonte: Google Earth

3.2. Coleta de dados

Foi realizada uma busca por helmintos adultos nos estômagos e intestinos de 59 espécimes de *Saguinus bicolor* que se encontravam depositados (congelados) no projeto Sauim-de-Coleira, da UFAM, armazenados ao longo dos anos, desde 2001. Os saúns encontrados atropelados dentro do campus e nas proximidades, são trazidos em sua maioria por membros da comunidade universitária e segurança que tomam

conhecimento de que dentro da instituição há uma base do projeto, o qual tem por objetivo implementar pesquisas, monitorar e promover ações de conservação do sauim-de-coleira e divulgar essas ações nas redes sociais, assim cada espécime que chega no laboratório recebe um número de identificação (Tombo) com dados referentes a sexo, peso, faixa etária, data de coleta e local de origem.

Para a coleta dos parasitos, os sauins foram descongelados e posicionados em decúbito dorsal. Foi feita uma incisão longitudinal na linha alba, desde o externo até a genitália. A cavidade abdominal foi aberta e removidos estômago e intestinos e mantidos em álcool 96%.

De acordo com as características anatômicas, os helmintos encontrados foram coletados com pinças ou pincéis e lavados em solução salina fisiológica 0,85%. Todos os nematódeos e acantocéfalos foram fixados em formaldeído 10%.

Os nematódeos foram processados para diafanização com Lactofenol de Amann e montados em lâminas temporárias (Amato *et al.*, 1991). Em seguida foram analisados em microscópios¹, de campo claro, equipados com sistema de captura de imagem. Em seguida mantidos em álcool 70% e identificados segundo Barreto (1919), Cameron (1930), Mirza (1936), Inglis (1958) e Quentin (1969) Já os acantocéfalos foram corados com Carmim acético, em seguida retirado o excesso com diferenciador etanol 70% e ácido clorídrico 0,5%. Depois foram para o processo de desidratação com Etanol 70% e, clarificação com Etanol e Salicilato. Para os acantocéfalos, foi utilizada a chave de identificação de van Cleave (1923), Machado Filho (1950) e Stunkard (1965).

3.3. Análises dos dados

Foram utilizados dados de precipitação total mensal para a cidade de Manaus, da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, de acordo com cada mês e ano em que cada exemplar de sauim foi morto (sempre que essa informação estivesse disponível), para testar se há correlação entre a infestação de parasitas e a pluviosidade. Nesse teste foram excluídos os seis indivíduos doentes e outros dois sem data. Os indivíduos de *Saguinus bicolor* foram sexados e separados em “saudáveis” e “doentes”. Os “saudáveis” foram aqueles que aparentemente não apresentavam

1

Olympus BX41

problemas de saúde, que eram de vida livre e morreram de forma repentina por causa de algum acidente, como atropelamento, choque elétrico e ataque por cães. Já os “doentes” eram aqueles que nas fichas de registros haviam passado por cativeiro para tratamento médico decorrente de alguma enfermidade.

Para testar se havia diferença do número de espécimes de parasitos entre machos e fêmeas saudáveis utilizei o Teste U de Mann Whitney, um teste não paramétrico equivalente ao Teste T. Aqui ficaram de fora os seis indivíduos cativos (doentes). O mesmo teste foi utilizado também para testar se havia diferença entre machos e fêmeas “saudáveis” e “doentes”. Para testar se havia correlação entre chuvas e o número de parasitas usamos o teste de Correlação de Spearman por ser um método não paramétrico, uma vez que não foi possível normalizar os dados.

4. Resultados

Foram necropsiados 36 machos, 20 fêmeas e três espécimes sem a identificação do sexo. Do total, 19 machos (52,77%) e 11 fêmeas (55%) estavam infectados. A prevalência de infecção foi de 52,54% (31/59) quando consideramos o número total de espécimes de *S. bicolor*. Havia seis indivíduos “doentes” e 53 “saudáveis”, com a prevalência de 26 (49,05%) para saudáveis e de cinco (83,33%) para doentes. Entre os 32 machos saudáveis foi de 15 (46,87%) e entre as 18 fêmeas saudáveis 10 (55,55%). Entre as fêmeas, três estavam grávidas e em apenas uma não foram detectados helmintos adultos (Tabela 1).

Dos 31 indivíduos positivos para helmintos, 29 (93,54%) estavam infectados com Acanthocephala, cinco (16,12%) com Nematoda, e três (9,67%) com ambos os filos. Foram encontrados 355 espécimes parasitas, sendo 344 Acanthocephala e 11 Nematoda. O número total de infestação em indivíduos “doentes” foi de 192 parasitas, e nos “saudáveis” foi de 163, ou seja, mais da metade (54,08%) dos exemplares de parasitos se concentraram em apenas 10,16% dos saúns infectados (N=31). Do filo Acanthocephala foi encontrada somente a espécie *Prosthenorchis elegans* (Diesing, 1861), da família Oligacanthorhynchidae. Já do filo Nematoda encontramos espécimes do gênero *Subulura* sp. (Figura 6), família Subuluridae, ambos registrados pela primeira vez para *S. bicolor*.

Os animais com maior número de infestação foram uma fêmea e um macho adultos, ambos estavam no recinto do projeto Sauim-de-Coleira da UFAM, doentes. Na fêmea havia 79 parasitas e no macho 74, todos da espécie *Prosthenorchis elegans*.



Figura 6. À esquerda, *P. elegans*, à direita, *Subulura* sp.

Tabela 1. Fêmeas grávidas, número de parasitas e espécies de helmintos encontrados.

Data do óbito	Nº de parasitas	Helmintos
19/07/2011	0	0
04/01/2018	25	<i>P. elegans</i>
24/01/2018	31	<i>P. elegans</i>

Não encontramos correlação entre o número de parasitos e a pluviosidade do mês em que o animal foi morto (correlação de -0,021; N= 51) (Figura 7). Nessa análise, foram usados apenas os animais saudáveis de vida livre, com informação da data do óbito, excluindo os seis doentes e os dois sem data disponível.

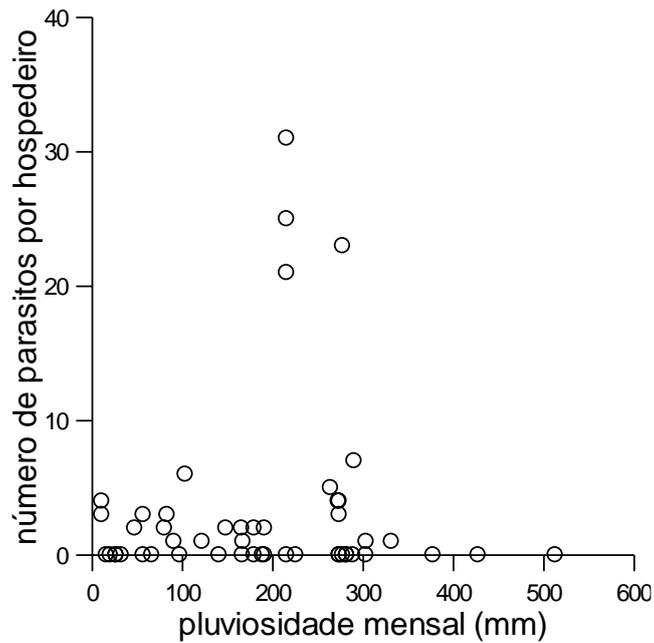


Figura 7. Correlação entre pluviosidade mensal e o número médio de parasitos por hospedeiro, considerando apenas animais de vida livre ($p = -0,021$; $N= 51$).

Não encontramos diferença significativa na infestação entre fêmeas ($N=18$) e machos saudáveis ($N=32$) (Figura 8) ($N=50$; $p=0,574$). Também não houve diferença significativa entre machos e fêmeas mesmo quando incluídos os exemplares “doentes” ($N=56$; $p=0,928$) (Figura 9).

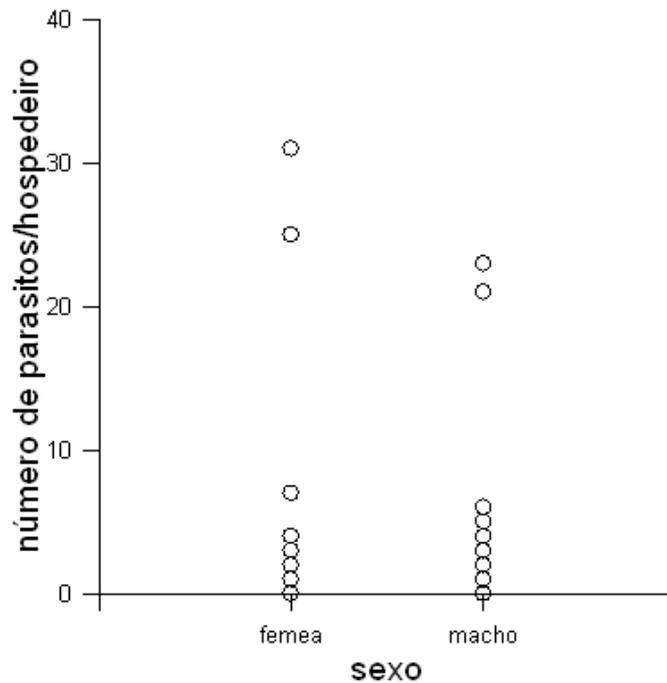


Figura 8. Número de parasitas em machos ($N=32$) e fêmeas ($N=18$) saudáveis de *S. bicolor* ($p=0,574$)

Figura 10 - Comparação do número de parasitos entre animais “saudáveis” (N=53) e os animais “doentes” (N=6) (p=0,007).

A média de saúns amostrados em cada mês variou de dois, nos meses de fevereiro, junho e dezembro a 10 indivíduos no mês de julho, (média=4,6; SD+/-2,2) (Tabela 2). A média de parasitos por hospedeiro em cada mês variou entre zero e 17, o mês de janeiro foi o mês de maior ocorrência de parasitas (Figura 11), tendo sido calculadas as médias de infestação dos saúns mortos em cada mês, somando-se os meses correspondentes no período das amostras (de 2001 a 2019).

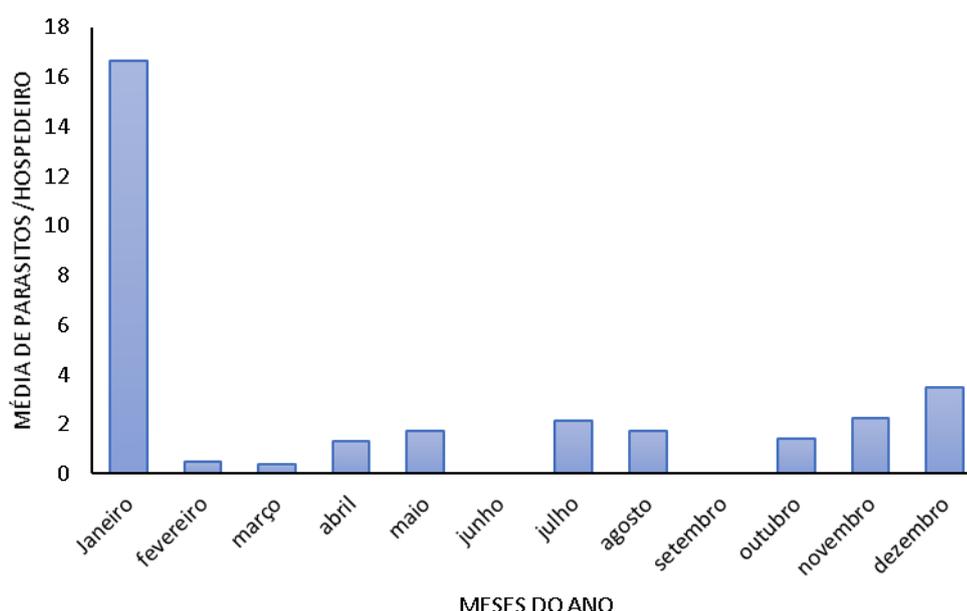


Figura 11. Média de parasitos por hospedeiro em diferentes meses.

Tabela 2. Número de saúns e nível de infestação em cada exemplar em diferentes meses. * Fêmea grávida. # animal doente.

Mês/Ano	Sexo	Número de parasitas	Espécie de parasita	Número de tombo
Janeiro/2018	Macho	21	<i>P. elegans</i>	944
Janeiro/2018	Macho	0	-	941
Janeiro/2019	Macho	23	<i>P. elegans</i>	961
Janeiro/2019	Macho	0	-	959
Janeiro/2018	Fêmea*	31	<i>P. elegans</i>	943
Janeiro/2018	Fêmea*	25	<i>P. elegans</i>	940

Fevereiro/2012	Macho	0	-	855
Fevereiro/2018	Fêmea	1	<i>P. elegans</i>	945
Março/2019	Macho	0	-	963
Março/2016	Macho	0	-	922
Março/2016	Macho	0	-	923
Março/2015	Macho	2	<i>P. elegans</i>	909
Março/2013	Macho	0	-	877
Abril/2019	Macho	0	-	972
Abril/2019	Macho#	27	<i>P. elegans</i>	968
Abril/2010	Macho	0	-	840
Abril/2010	Macho	1	<i>P. elegans</i>	144
Abril/2019	Fêmea	3	<i>P. elegans</i>	965
Abril/2019	Fêmea	0	-	967
Abril/2019	Fêmea	4	<i>P. elegans</i>	973
Maio/2008	Macho	5	<i>P. elegans</i> , <i>Subulura</i> sp.	114
Maio/2018	Macho	0	-	948
Maio/2005	Macho	0	-	89
Maio/2018	Fêmea	2	<i>Subulura</i> sp.	947
Maio/2011	Fêmea#	79	<i>P. elegans</i>	826
Junho/2018	Macho	0	-	953
Junho/2016	Fêmea	0	-	927
Julho/2015	Macho	2	<i>P. elegans</i>	913
Julho/2008	Macho#	8	<i>P. elegans</i>	811
Julho/2007	Macho	1	<i>P. elegans</i>	105
Julho/2001	Macho#	4	<i>P. elegans</i>	820
Julho/2013	Macho	1	<i>P. elegans</i>	897
Julho/2016	Macho	6	<i>P. elegans</i>	931
Julho/2014	Fêmea	0	-	903
Julho/2008	Fêmea	2	<i>P. elegans</i>	812
Julho/2011	Fêmea	0	-	829
Julho/2012	?	3	<i>P. elegans</i>	857
Agosto/2012	Macho	0	-	Y

Agosto/2015	Macho	3	<i>P. elegans</i>	914
Agosto/2015	Macho	4	<i>P. elegans</i>	915
Agosto/2014	Fêmea	0	-	900
Setembro/2017	Macho	0	-	936
Setembro/2010	Fêmea	0	-	925
Setembro/2015	Fêmea	0	-	916
Outubro/2017	Macho	2	<i>P. elegans</i>	938
Outubro/2018	Macho	3	<i>Subulura</i> sp.	957
Outubro/2018	Macho	0	-	958
Outubro/2014	Macho	0	-	904
Outubro/2014	Fêmea	2	<i>P. elegans</i>	906
			<i>Subulura</i> sp.	
Novembro/2011	Macho#	74	<i>P. elegans</i>	847
Novembro/2011	Macho	4	<i>P. elegans</i>	848
Novembro/2011	Macho	4	<i>P. elegans</i>	911
Novembro/2010	Fêmea	0	-	148
Novembro/2015	Fêmea	1	<i>P. elegans</i>	917
Dezembro/2017	Macho	0	-	939
Dezembro/2010	Fêmea	7	<i>P. elegans</i>	794
			<i>Subulura</i> sp.	
Sem data	Fêmea#	0	-	970
Sem data	?	0	-	912
Sem data	?	0	-	901

5. Discussão

É indispensável acrescentar conhecimentos sobre os parasitas que podem ser especialistas em primatas não-humanos ameaçados, não apenas para o entendimento dos processos da relação parasita-hospedeiro, como também conhecer suas potencialidades zoonóticas, haja visto que um hospedeiro como *S. bicolor* cada vez mais divide espaço com o homem devido ao aumento da fragmentação decorrente da expansão urbana (Estrada *et al.*, 2017; Gordo *et al.*, 2013; 2019).

Até o presente momento eram conhecidas quatro espécies de helmintos que parasitam *S. bicolor*, em sua maioria esse conhecimento foi oriundo de revisões ou trabalhos inespecíficos com a espécie, sendo que no presente estudo houve a detecção de mais duas espécies, *P. elegans* e *Subulura* sp. A primeira já havia registro para outras espécies e famílias de primatas do Novo Mundo como *Leontopithecus rosalia* (cativeiro e vida livre), *L. chrysomelas* (cativeiro e vida livre), *L. chrysopygus* (cativeiro), *L. caissara* (cativeiro), *Callicebus cupreus* (vida livre), *Callithrix geoffroyi* (cativeiro); *Callithrix. penicillata* (vida livre), *C. jacchus* (vida livre), *C. kuhlii* (vida livre), híbridos de *Callithrix* sp. (vida livre), *Cebus albifrons* (vida livre), *Saguinus leucopus* (vida livre e cativeiro); *S. mystax* (cativeiro). (Machado-Filho, 1950; Yamaguti, 1963; Chen *et al.* 2000; Melo 2004; Pissinatti *et al.* 2007; Muller 2007; Falla *et al.* 2015).

Este é o primeiro registro do gênero *Subulura* para *S. bicolor*, mas ele já foi registrado para as espécies do gênero *Callithrix* e *Sapajus*, além de registros para outros vertebrados como ariranhas, roedores, lagartos, aves silvestres e domésticas (Vicente *et al.* 1992, 1997; Vicente 2000; Muniz-Pereira 2009; Caetano & Vieira, 2015).

Há relatos de que em períodos de gravidez e lactação as fêmeas adultas de humanos, chimpanzés e animais domésticos ficam mais suscetíveis a helmintos e protozoários, provavelmente por conta da condição hormonal, a qual provoca uma queda na imunidade da fêmea (Martínez-Mota *et al.*, 2017).

Neste estudo duas das três fêmeas grávidas que foram encontradas, estavam com uma grande quantidade de helmintos, a indicação deste estado de alto índice de parasitos sugere-se talvez não apenas a seu estado imunológico como também por conta de seu posicionamento no grupo, uma vez que fêmeas alfa ocupam uma posição importante dentro de uma hierarquia de dominância, em algumas espécies de primatas as fêmeas alfa ocupam um papel central, mantendo contato com vários indivíduos do grupo, podendo receber mais contatos de um número maior de indivíduos do que outras de menor posição na hierarquia do grupo, uma das maneiras de se relacionar é na prática da catação ou limpeza, esses contatos associados com alterações hormonais podem ser um importante diferencial nas taxas de infecção. Elas tanto podem estar dando suporte à manutenção desses parasitos dispersando uma grande quantidade de ovos no ambiente por conta de sua alta carga parasitária, como podem estar se infectando por consequência desse comportamento e estrutura social em sua rede de contatos no grupo (MacIntosh *et al.*, 2012; Martínez-Mota *et al.*; 2017).

Alguns trabalhos relatam correlação dos parasitas com a umidade, outros já não encontraram diferenças significativas de acordo com a sazonalidade. Martinez-Mota *et al* (2017), encontraram menor riqueza de parasitas durante a estação chuvosa. E Chapman *et al.* (2010) detectaram maiores índices de infecção por parasitas em hospedeiros que viviam em locais mais úmidos; enquanto Rondón *et al* (2017), apesar de não terem observado padrões claros quanto à sazonalidade nos parasitas, indicaram maior prevalência na estação seca. O presente estudo não detectou relação entre pluviosidade e infestação por helmintos em *S. bicolor*, apesar do mês de janeiro ter concentrado os maiores índices de infestação. A incidência de muitos parasitas varia de acordo com as estações, devido a viabilidade dos estágios dos parasitas dependerem da temperatura e da umidade, a sazonalidade pode interferir na interação parasita-hospedeiro, visto que a fenologia varia com a sazonalidade, alterando assim a oferta de certos alimentos na dieta dos hospedeiros, a escassez de alimentos pode gerar competição e estresse e comprometer seu estado nutricional levando a diminuição da resposta imunológica (Altizer *et al*, 2006; Muller, 2007; Chapman *et al*, 2010), entretanto não encontramos uma relação significativa no caso de *S. bicolor*.

Quando comparamos o número de parasitas entre machos e fêmeas de *S. bicolor*, não detectamos diferença significativa, porém não houve a possibilidade de detectar o *status* hierárquico dos saúns amostrados, o que pode ser um fator relevante nas diferenças de níveis hormonais e de estresse dentro do grupo (Macintosh *et al*, 2012; Sapolsky, 2005), uma vez que o comportamento do hospedeiro pode ser modulado por hormônios sexuais, assim como já citado acima com a fêmea a respeito das fases em que apresenta imunidade baixa, o macho também pode ter alterações imunológicas por conta de estresse pela competição por território e acasalamento, sugerindo assim a possibilidade de elevar os índices de prevalência de parasitas também (Nunn & Altizer, 2006; Seivwright *et al*, 2005; Muller, 2007).

Comparando o número de parasitas dos animais “saudáveis” com os “animais doentes” a diferença foi significativa. O que é bastante esperado se considerarmos que animais doentes ou mantidos em cativeiro têm maior chance de estarem em estresse por longos períodos e com isso baixarem sua imunidade.

Prostenorchis elegans foi a espécie mais prevalente nos resultados obtidos. Além de ocorrer em outros primatas, mostrando uma relação mais ampla taxonomicamente. Wenz *et al* (2010) observaram que duas espécies de *Saguinus* (*S. fuscicollis* e *S. mystax*) que viviam nas proximidades de habitações humanas tiveram maior prevalência de *P.*

elegans do que os que habitavam em florestas mais distantes do contato humano. Provavelmente se deva ao fato de seus hospedeiros intermediários serem também artrópodes comuns nesses ambientes, sendo que os exemplares de *S. bicolor* aqui analisados estavam em situação semelhante e a espécie inclui em sua dieta grande quantidade de artrópodes (Gordo et al, 2017).

A riqueza de parasitas deste estudo foi de apenas duas espécies, daí pressupõe-se duas explicações, uma é a de que as taxas de transmissão e a manutenção de infecções por parasitas podem ser menores em populações isoladas e que vivem em fragmentos (Bush *et al* 2013; Bordes *et al*, 2015). E a outra possibilidade, que ainda prevalece na teoria da ecologia do parasito, é a de que a diversidade de parasitos diminui em hospedeiros em estado de ameaça (Lafferty & Kuris 2005; Altizer *et al* 2007; Lafferty, 2012). No caso dos exemplares de *S. bicolor* aqui estudados, as duas situações se encaixam.

Dada a alta complexidade da relação parasita hospedeiro, tendo em vista que envolve diversos fatores, tais como sazonalidade, fenologia, comportamento, tanto do parasita como do hospedeiro, seja intermediário, seja definitivo e hormônios indicadores de estresse, todos podem sofrer alterações por conta de atividades humanas, assim, no que diz respeito a espécies ameaçadas como é o caso de *Saguinus bicolor*, é fundamental a continuidade dos estudos relacionados com seus parasitas e o entorno dessa relação, incluindo grupos de ambientes menos perturbados.

6. Referências

- ALTIZER, S, DOBSON, A, HOSSEINI, P, HUDSON, P, M. PASCUAL, P. ROHANI. 2006. Seasonality and the dynamics of infectious diseases. *Ecol. Lett.*, 9, pp. 467-484.
- ALTIZER, S., C. L. NUNN, Y P. LINDENFORS. 2007. Do threatened hosts have fewer parasites? A comparative study in primates. *Journal of Animal Ecology* 76:304-314.
- ALVARES, C. A., J. L. STAPE, P. C. SENTELHAS, J. L. M. GONÇALVES, and G. SPAROVEK. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22: 711–728.
- AMATO, J. F. R.; BOEGER, W. A; AMATO, S. B. 1991. Protocolos para laboratório: coleta e processamento de parasitos de pescado. Imprensa Universitária, UFRRJ. Rio de Janeiro.
- AMIN, O. M. 1985. Classification. In *Biology of the Acanthocephala*, D. W. T. Crompton and B. B. Nickol (eds.). Cambridge University Press, London, U.K., p. 27–72
- AMIN, O. M. 2013. Classification of the Acanthocephala. *Folia Parasitologica* 60: 273–305
- BACCARO, F. B., DRUCKER, D., VALE, J., OLIVEIRA, M. L., MAGALHÃES, C., LEPSCH-CUNHA, N., MAGNUSSON, W. E. 2011. Reserva Ducke. In OLIVEIRA, M. L., BACCARO, F. B., BRAGA-NETO, R., MAGNUSSON, W. E. (Org.). *Reserva Ducke - A biodiversidade Amazônica através de uma grade* (pp. 17). 2ed. Manaus: Editora INPA
- BARRETO, A. L. 1919. “Sobre as espécies brasileiras da sub-familia Subulurinae Travassos, 1914.” *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.*, Vol. XI., pp. 10–70. (W.L. 13465.)
- BERBUDI, A., AJENDRA, J., WARDANI, APF, HOERAUF, A.; HÜBNER, M. P. 2016. Helminthos parasitas e seu impacto benéfico no diabetes tipo 1 e tipo 2. *Diabetes Metab Res Rev*, 32: 238 - 250. doi: 10.1002 / dmr.2673

BODMER, R. E., LOZANO E. P., 2001. Rural Development and Sustainable Wildlife Use in Peru. *Conservation Biology*, 15: 1163-1170.

BORDES, F., S. MORAND, S. PILOSOFF, J. CLAUDE, B. R. KRASNOV, J. F. COSSON, Y. CHAVAL, A. RIBAS, K. CHAISIRI, K. BLASDELL, V. HERBRETEAU, S. DUPUY, AND A. TRAN. 2015. Habitat fragmentation alters the properties of a host-parasite network: rodents and their helminths in South-East Ásia. *Journal of Animal Ecology*, 84:1253-1263.

BRUMPT, R.; URBAIN, A. Une curieuse épizootie vermineuse à acanthocéphales, devenue endémique à la singerie du Muséum. Mesures prophylatiques efficaces prises pour en arrêter lès mètfaits. *C.R. Acad. Sci. Paris*, v.206, p.1927-1930, 1938.

BUSH, S. E., M. REED, AND S. MAHER. 2013. Impact of forest size on parasite biodiversity: implications for conservation of hosts and parasites. *Biodiversity and Conservation* 22:1391-1404.

CAETANO, D. L. F. & VIEIRA, F. E. G. 2015. Primeira ocorrência de *Subulura brumpti* (Lopez-Neyra, 1922) Cram, 1926 (Nematoda) no ceco de *Gallus gallus domesticus*, L. no sul do Brasil. *Arquivos de Pesquisa Animal*, v.1, n.1, p.1 – 4.

CAMERON, T. 1930. The Species of *Subulura* Molin in Primates. *Journal of Helminthology*, 8(1), 49-58.

CAMPOS, I.B.; GORDO, M., VIDAL, M.D.; 2017. análise de viabilidade populacional (avp) de *saguinus bicolor*. In: Leandro Jerusalinsky; Renata Bocorny Azevedo; Marcelo Gordo. (Org.). Plano de Ação Nacional para a Conservação do Sauim-de-coleira - Série Espécies Ameaçadas n 29. 1ed.Brasilia: ICMBio, v. 1, p. 45-58.

CATENACCI L.S., COLOSIO A.C., OLIVEIRA L.C., DE VLEESCHOUWER K.M., MUNHOZ A.D., DEEM S.L. & PINTO J.M. 2016. Occurrence of *Prosthenorchis*

elegans in free-living primates from the Atlantic Forest of southern Bahia, Brazil. J. Wildl. Dis. 52:364-368.

CHAPMAN, C. A., SPEIRS, M.L., HODDER, S.A.; ROTHMAN, J. M. 2010, Colobus monkey parasite infections in wet and dry habitats: implications for climate change. African Journal of Ecology, 48: 555-558.

COLWELL, R. K., R. R. DUNN, AND N. C. HARRIS. 2012. Coextinction and persistence of dependent species in a changing world. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 43:183-203.

COMBES C. 1996. Parasites, biodiversity and ecosystem stability. In: Biodiversity and Conservation 5:953-962.

CORRÊA P., BUENO C., SOARES R., VIEIRA F. M, MUNIZ-PEREIRA L. C., 2016. Checklist of helminth parasites of wild primates from Brazil. Revista Mexicana de Biodiversidad. Vol 87, 3º edição, 908-918.

CUCKLER, A., & ALICATA, J. 1944. The Life History of *Subulura brumpti*, a Cecal Nematode of Poultry in Hawaii. Transactions of the American Microscopical Society, 63(4), 345-357. doi:10.2307/3223308.

DASZAK P., CUNNINGHAM A., A, HYATT AD. 2000. Emerging Infectious Diseases of Wildlife-Threats to Biodiversity and Human Health. Science 287:443-449.

DIESING, K.M. 1850. Systema Helminthum, Vol. I, Vindobonae, Wilhelmum Braumüller.

DIESING. K.M. 1851. Systema Helminthum, Vol. II, Vindobonae, Wilhelmum Braumüller.

DIESING. K.M. 1856. Zwanzig Arten von Cephalocotylen Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, 12, pp.23-38

DONALDSON, M. R., N. J. BURNETT, D. C. BRAUN, C. D. SUSKI, S. G. HINCH, S. J. COOKE, AND J. T. KERR. 2016. Taxonomic bias and international biodiversity conservation research. *FACETS* 1:105-113.

ECKERT KA, HAHN NE, GENZ A, 2006. Coprological Surveys of *Alouatta pigra* at Two Sites in Belize. *International Journal of Primatology* 27(1): 227-238.

ERKENSWICK, G. A.; WATSA, M.; GOZALO, A. S.; *et al.* 2019. A multiyear survey of helminths from wild saddleback (*Leontocebus weddelli*) and emperor (*Saguinus imperator*) tamarins. *Am J Primatol.* e23063.

EPSTEIN JH, PRICE JT. 2009. The Significant but Understudied Impact of Pathogen Transmission from Humans to Animals. *Mount Sinai Journal of Medicine* 76: 448-445.

ESTRADA, A., P. A. GARBER, A. B. RYLANDS, C. ROOS, E. FERNANDEZ-DUQUE, A. DI FIORE, K. A. NEKARIS, V. NIJMAN, E. W. HEYMANN, J. E. LAMBERT, F. ROVERO, C. BARELLI, J. M. SETCHELL, T. R. GILLESPIE, R. A. MITTERMEIER, L. VERDE ARREGOITIA, M. DE GUINEA, S. GOUVEIA, R. DOBROVOLSKI, S. SHANEE, N. SHANEE, S. A. BOYLE, A. FUENTES, K. C. MACKINNON, K. R. AMATO, A. L. S. MEYER, S. WICH, R. W. SUSSMAN, R. PAN, I. KONE, AND B. LI. 2017. Impending extinction crisis of the world's primates: why primates matter. *Science Advances* 3: e1600946.

FALLA A., BRIEVA C. BLOOR P. 2015. Mitochondrial DNA diversity in the acanthocephalan *Prosthenorchis elegans* in Colombia based on cytochrome c oxidase I (COI) gene sequence. *Int. J. Parasitol.* 4(4):401-407

FARIAS, I.P.; SANTOS, W.G.; GORDO, M.; HRBEK, T. 2015. Effects of Forest Fragmentation on Genetic Diversity of the Critically Endangered Primate, the Pied Tamarin (*Saguinus bicolor*): Implications for Conservation. *Journal of Heredity*, Vol. 106, Special Issue.

GARCÍA, J. P., D. M. RAMIREZ, C.A. HERNANDEZ. 2007. *Prosthenorchis* sp. Entitíes grises (*Saguinus leucopus*). Revisión De Tema. Revista CES. Medicina Veterinaria y Zootecnia. Volumen 2. Número 1. ISSN 1900-9607.

GASCON, C. E BIERREGAARD, R. JR. 2001. The Biological Dynamics of Forest Fragments Project: The Study Site, Experimental Design and Research Activity. Em: Lessons from Amazonia: The Ecology of a Fragmented Forest, R. Jr. Bierregaard, C. Gascon, T. Lovejoy e R. Mesquita (eds.), pp.31–46, Yale University Press, New Haven.

GRAHAM, G. L. 1960. Parasitism in monkeys. Ann. N.y. Acad. Sci., v.85, p.842-860.

GOMES, A., OLIFIERS, N., SOUZA, J., BARBOSA, H., D'ANDREA, P., & MALDONADO, A. 2015. A new acanthocephalan species (archiacanthocephala: oligacanthorhynchidae) from the crab-eating fox (*cerdocyon thous*) in the brazilian pantanal wetlands. The Journal of Parasitology, 101(1), 74-79. Retrieved January 20, 2020, from www.jstor.org/stable/24626056

GORDO, M., FIGUEIREDO, L.; VIDAL, M. D.; SPIRONELLO, W. R. 2008. Primatas. In: Reserva Ducke, a Biodiversidade Amazônica Através de uma Grade, M. L. Oliveira, F. B. R. Baccaro, R. Braga-Neto and W. E. Magnusson (eds.), pp. 39–49. Attema Design Editorial, Manaus, AM, Brazil.

GORDO, M., CALLEIA, F. O.; VASCONCELOS, S. A., LEITE, J. J. F.; FERRARI, S. F. 2013. The challenges of survival in a concrete jungle: conservation of the pied tamarin (*Saguinus bicolor*) in the urban landscape of Manaus, Brazil. In: Primates in Fragments: Complexity and Resilience, L. K. Marsh and C. A. Chapman (eds.), pp.357–370. Springer, New York.

GORDO, M., SUBIRÁ, R. J.; VIDAL, M. D., RÖHE F.; SPIRONELLO, W. R., VALENTE, L. M., OLIVEIRA, J. B., PISSINATTI, A., WORMELL, D.; JERUSALINSKY, L. 2017. Contextualização do sauim-de-coleira. In: Plano de Ação Nacional para a Conservação do Sauim-de-Coleira, L. Jerusalinsky, R. B. Azevedo and M. Gordo (eds), Série Espécies Ameaçadas (29), pp.25–44. Instituto Chico Mendes de

Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Ministério de Meio Ambiente (MMA), Brasília.

GORDO, M.; LAGROTERIA, D.; RÖHE, F.; JERUSALINSKY, L.; AZEVEDO, R. B.; VIDAL, M. D.; HRBEK, T.; FARIAS, I. P.; RYLANDS, A. B.; 2019. Pied Tamarin. *Saguinus bicolor* Spix, 1823. In: SCHWITZER, C., MITTERMEIER, R.A., RYLANDS, A.B., CHIOZZA, F., WILLIAMSON, E.A., BYLER, D., WICH, S., HUMLE, T., JOHNSON, C., MYNOTT, H., AND MCCABE, G. (eds.). 2019. Primates in Peril: The World's 25 Most Endangered Primates 2018–2020. IUCN SSC Primate Specialist Group, International Primatological Society, Global Wildlife Conservation, and Bristol Zoological Society, Washington, DC. 130pp. p. 82-85

GORDO, M. 2012. Ecologia e Conservação do sauí-de-coleira, *Saguinus bicolor* (Primates; Callitrichidae). Tese, Universidade Federal do Pará (UFPA).

GORDO, M. 2008. *Saguinus bicolor*. In: Angelo Barbosa Monteiro Machado, Gláucia Moreira Drummond, Adriano Pereira Paglia. (Org.). Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. 1 ed. Brasília: MMA, v. 2, p. 750-751.

HADDAD, N. M., L. A. BRUDVIG, J. CLOBERT, K. F. DAVIES, A. GONZALEZ, R. D. HOLDT, T. E. LOVEJOY, J. O. SEXTON, M. P. AUSTIN, C. D. COLLINS, W. M. COOK, E. I. DAMSCHEN, R. M. EWERS, B. L. FOSTER, C. N. JENKINS, A. J. KING, W. F. LAURANCE, D. J. LEVEY, C. R. MARGULES, B. A. MELBOURNE, A. O. NOCHOLLS, J. L. ORROCK, D. SONG, AND J. R. TOWNSHEND. 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances* 20: e1500052.

HALLAN, J. 2007: Family Subuluridae. Version of 2007-AUG-07. Retrieved 2008-NOV-05.

HOSONUMA, N., M. HEROLD, V. DE SY, R. S. DE FRIES, M. BROCKHAUS, L. VERCHOT, A. ANGELSEN, AND E. ROMIJN. 2012. An assessment of deforestation

and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters* 7:044009.

HAUKISALMI, V., HENTTONEN, H., & TENORA, F. 1988. Population dynamics of common and rare helminths in cyclic vole populations. *Journal of Animal Ecology*, 57, 807– 825. <https://doi.org/10.2307/5094>

INGLIS, W. G. 1958. THE COMPARATIVE ANATOMY OF THE SUBULUMD HEAD (NEMATODA): WITH A CONSIDERATION OF ITS SYSTEMATIC IMPORTANCE. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 130: 577-604.

JERUSALINSKY, L., AZEVEDO, R. B., GORDO, M. 2017. Plano de Ação Nacional para a Conservação do sauim-de-Coleira. 1 ed. Brasilia. ICMBio.. 207p.

JOHNSON, C. N., A. BALMFORD, B. W. BROOK, J. C. BUETTEL, M. GALETTI, L. GUANGCHUN, AND J. M. WILMSHURST. 2017. Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene. *Science* 356:270-275.

LAFFERTY, K. D., AND A. M. KURIS. 2005. Parasitism and environmental disturbances. Pp. 113-123, in *Parasitism and Ecosystems* (Thomas, F., F. Renaud, and J. F. Guégan, eds.). Oxford University Press. Oxford, United Kingdom.

LAFFERTY, K. D. 2012. Biodiversity loss decrease parasite diversity: theory and patterns. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 367:2814-2827.

LEENDERTZ FH, PAULI G, MAETZ-RENSING K, BOARDMAN W, NUNN C, ELLERBROK H, JENSEN SA, JUNGLEN S, BOESCH C. 2006. Pathogens as drivers of population declines: The importance of systematic monitoring in great apes and other threatened mammals. *Biological Conservation* 131: 325 –337.

MACHADO FILHO, DA. 1950. Revisão do gênero *Prosthenorchis* Travassos, 1915 (Acanthocephala). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, v. 48, p. 495-544.

MACINTOSH, A. J., JACOBS, A., GARCIA, C., SHIMIZU, K., MOURI, K., HUFFMAN, M. A., & HERNANDEZ, A. D. 2012. Monkeys in the Middle: Parasite Transmission through the Social Network of a Wild Primate. PLoS ONE 7(12): e51144. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051144>

MALEK, M., HASELI, M., MOBEDI, I., GANJALI, M. R. 2007. Parasites as heavy metal bioindicators in the shark *Carcharhinus dussumieri* from the Persian Gulf. *Parasitology* 134 (7): 1053-1056. doi: 10.1017/S0031182007002508

MARTÍNEZ-MOTA, R., GARBER, P. A., PALME, R., GILLESPIE, T. R. 2017. Os efeitos relativos da condição reprodutiva, estresse e sazonalidade nos padrões de parasitismo em fêmeas de macacos negros selvagens (*Alouatta pigra*). *Am J Primatol.* 79: e22669.

MIRZA, MB. 1936. Proceedings of the Indian Academy of Sciences - Seção B. 3: 125.

MORRIS, R. J. 2010. Anthropogenic impacts on tropical forest biodiversity: a network structure and ecosystem functioning perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 365:3709-3718.

MULLER, B. 2007. Determinants of the diversity of intestinal parasite communities in sympatric New World primates (*Saguinus mystax*, *Saguinus fuscicollis*, *Callicebus cupreus*). Tierärztliche Hochschule Hannover.

MULLER B., MÄTZ-RENSING K., YAMACITA J.G.P. & HEYMANN E.W. 2010. Pathological and parasitological findings in a wild red titi monkey, *Callicebus cupreus* (Pitheciidae, Platyrrhini). *Eur. J. Wildl. Res.* 56:601-604.

MUNIZ-PEREIRA, L.C., F.M. VIEIRA, J.L. LUQUE. 2009. Checklist of helminth parasites of threatened vertebrate species from Brazil. *Zootaxa*, 2123, pp. 1-45

NERY, L. C. R.; LOROSA, E. S.; FRANCO, A. M. R. 2004. Feeding Preference of the Sand Flies *Lutzomya umbratilis* and *L. spathotrichia* (Diptera: Psychodidae,

Phlebotominae) in an Urban Forest Patch in the City of Manaus, Amazonas, Brazil. 2004. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 99(6):571- 574.

NIELSEN, D.H. 1980 *Prosthenorchis elegans* infection in a primate colony. American Association of Zoo Veterinarian. In: BENNET, B. T., ABEE C. R., HENRICKSON R., Nonhuman Primates in Biomedical Research: Diseases. American College of Laboratory – Animal Medical Series. p. 113–116.

NUNN, C. & ALTIZER, S. 2006. Defesas do hospedeiro: o sistema imunológico e as contra-estratégias comportamentais. Em Doenças Infecciosas em Primatas: Comportamento, Ecologia e Evolução: Imprensa da Universidade de Oxford.

NUNN CL, ALTIZER S, JONES K. E., W. SECHREST. 2003. Comparative tests of parasites species richness in primates. American Naturalist 162:597–614.

OLIVEIRA, A. R., HIURA, E., GUIÃO-LEITE, F. L., FLECHER, M. C., BRAGA, F. R., SILVA, L. P. C., SENA, T. S., TAYSE, D. 2017. Pathological and parasitological characterization of *Prosthenorchis elegans* in a free-ranging marmoset *Callithrix geoffroyi* from the Brazilian Atlantic Forest, 37(12), 1514-1518.

PEDERSEN AB, JONES K. E., NUNN C. L., ALTIZER S. 2007. Infectious Diseases and Extinction Risk in Wild Mammals. Conservation Biology 21(5):1269–1279.

PÉREZ, J.; PEÑA, J.; SOLER-TOVAR, D. 2013 Gusano de cabeza espinosa (*Prosthenorchis elegans*) en el tití gris (*Saguinus leucopus*): Reporte de caso. Primates colombianos em peligro de extinción. Asociación Primatológica Colombiana. s/v, p.139-50.

PERES, C. A., NASCIMENTO, H. S. 2006. Impact of game hunting by the Kayapo' of south-eastern Amazonia: implications for wildlife conservation in tropical forest indigenous reserves. Biodiversity and Conservation. 15:2627–2653.

PETNEY, TN, AND ANDREWS, RH 1998. Comunidades multiparasitas em animais e humanos: frequência, estrutura e significado patogênico. *International Journal for Parasitology*, 28 (3),377-393.

PINTO R.M., M. KNOFF, D.C. GOMES, D. NORONHA. 2011. Nematodes from mammals in Brazil: an updating Neotropical Helminthology, 5, pp. 139-183.

PISSINATTI L., PISSINATTI A., BURITY C.H.F., MATTOS JR D.G. & TORTELLY R. 2007. Ocorrência de Acanthocephala em *Leontopithecus* (Lesson, 1840), cativos: aspectos clinicopatológicos, Callitrichidae-Primates. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoo.* 59:1473-1477.

PRICE, P.W. 1980. *Evolutionary biology of parasites*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

PÜTTKER, T., Y. MEYER-LUCHT, AND S. SOMMER. 2008. Effects of fragmentation on parasite burden (nematodes) of generalist and specialist small mammal species in secondary forest fragments of the coastal Atlantic Forest, Brazil. *Ecological Research* 23:207-215.

JEAN-CLAUDE QUENTIN. 1969. Cycle biologique de *Subulura williaminglisi* Quentin, 1965 Ontogénese des structures céphaliques. Valeur phylogénétique de ce caractère dans la classification des Nématodes Subuluridae. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* 44 (4) 451-483.

RIBEIRO, E. M. S., V. ARROYO-RODRÍGUEZ, B. A. SANTOS, M. TABARELLI, AND I. R. LEAL. 2015. Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the Brazilian caatinga vegetation. *Journal of Applied Ecology* 52:611-620.

ROCHA, B. M. 2014. Taxonomia de nematóides parasitos de primatas neotropicais, *Callithrix penicillata* (Geoffroy, 1812) (primata: callitrichidae), *Alouatta guariba* (Humboldt, 1812) (primata: atelidae) e *Sapajus apella* (Linnaeus, 1758) Grooves, 2005

(primata: cebidae), do Estado de Minas Gerais. Dissertação. Universidade Federal de Juiz de Fora.

RONDÓN, S., ORTIZ, M., LEÓN, C., GALVIS, N., LINK, A., GONZÁLEZ, C. 2017. Seasonality, richness and prevalence of intestinal parasites of three neotropical primates (*Alouatta seniculus*, *Ateles hybridus* and *Cebus versicolor*) in a fragmented forest in Colombia, International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife, Volume 6, Issue 3, Pages 202-208, ISSN 2213-2244

SANTOS, L.S.; PEREIRA, H. S., GORDO, M. 2017. Simpatría entre populações humanas e de sauím-de-coleira (*Saguinus bicolor*) em fragmentos florestais de Manaus, Amazonas. Neotropical Primates. 23(2): 25-32.

SALES I.S., RUIZ-MIRANDA C.R. & SANTOS C.P. 2010. Helminths found in marmosets (*Callithrix penicillata* and *Callithrix jacchus*) introduced to the region of occurrence of golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*) in Brazil. Vet. Parasitol. 171:123-129

SAPOLSKY, M. R. 2005. The Influence of Social Hierarchy on Primate Health. Science. Vol. 308. Ed. 5722, pp. 648-652. Doi: 10.1126.

SEIVWRIGHT L. J., REDPATH S. M., MOUGEOT F., LECKIE F., HUDSON P.J. 2005. Interações entre mecanismos intrínsecos e extrínsecos em uma espécie cíclica: a testosterona aumenta a infecção do parasita no galo vermelho. Proc Biol Sci. 272 (1578): 2299-2304.

SHANEE, N., MENDOZA, A. P., SHANEE, S. 2015. Diagnostic overview of the illegal trade in primates and law enforcement in Peru. American journal of primatology. 79. 10.1002/ajp.22516.

SILVA, F. M., NAIFF, R.D., MARCILI, A., GORDO, M., D’AFFONSECA NETO, J.A., NAIFF, M.F., FRANCO, A.M.R., CAMPANER, M., VALENTE, V., VALENTE, S.A., CAMARGO, E.P., TEIXEIRA, M.M.G., MILES, M.A. 2008. Infection rates and genotypes of *Trypanosoma rangeli* and *T. cruzi* infecting free-ranging *Saguinus bicolor*

(Callitrichidae), a critically endangered primate of the Amazon Rainforest. *Acta Tropica* (107), 168–173.

SOBROZA, T. V.; CERQUEDA, L. S.; SIMÕES, P. I.; GORDO, M. 2017. Vocal Repertoire and Its Behavioral Contexts in the Pied Tamarin, *Saguinus bicolor*. *Int J Primatol.* 38:642–655.

SOLÓRIO, M. R. 2015. Levantamento de agentes infecciosos nas sub-populações de sauím-de-coleira (*Saguinus bicolor*) na cidade de Manaus, Estado de Amazonas. Tese de doutorado. Biblioteca Digital USP. São Paulo.

STONER KE. 1996. Habitat preferences and seasonal patterns of activity and foraging in two troops of mantled howling monkeys (*Alouatta palliata*) in a rainforest in northeastern Costa Rica. *International Journal of Primatology* 17:1-30.

STRONA, G. 2015. Past, present and future of host-parasite coextinctions. *International Journal for Parasitology, Parasites and Wildlife* 4:431-441.

STUNKARD, H. 1965. New Intermediate Hosts in the Life Cycle of *Prosthenorchis elegans* (Diesing, 1851), an Acanthocephalan Parasite of Primates. *The Journal of Parasitology*, 51(4), 645-649. doi:10.2307/3276251.

STUART, M.; PENDERGAST, V.; RUMFELT, S.; PIERBERG, S.; GREENSPAN, L.; GLANDER, K.; CLARKE, M. 1998. Parasites of wild Howlers (*Alouatta* spp.). *International Journal of Primatology*, v.19, n. 3, 493-512.

TAVELA A.O., FUZESSY L.F., SILVA V.H.D., JUNIOR M.C., SILVA I.O.; SOUZA V.B. 2013. Helminths of wild hybrid marmosets (*Callithrix* sp.) living in an environment with high human activity. *Revta Bras. Parasitol. Vet.* 22:391-397.

TRAVASSOS, L. 1965. Contribuição para o Inventário Crítico da Zoologia no Brasil. Fauna helmintológica: considerações preliminares – cestódeos. Publicações Avulsas do Museu Nacional, Rio de Janeiro.

TURTON, J. A. 1976. IgE, parasites, and allergy. *The Lancet*. 308 (7987): 686. doi: 10.1016/S0140-6736 (76) 92492-2

VAN CLEAVE, H. 1923. A Key to the Genera of Acanthocephala. *Transactions of the American Microscopical Society*, 42(4), 184-191. doi:10.2307/3221591.

VICENTE, J. J., PINTO, R. M., & FARIA, Z. 1992. *Spirura delicata* sp. n. (Spiruridae, Spirurinae) from *Leontocebus mystax* (Callitrichidae) and a check list of other nematodes of some brazilian primates. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 87, 305–308.

VICENTE, J. J., RODRIGUES, H. O., GOMES, D. C., & PINTO, R. M. 1997. Nematóides do Brasil. Parte V: Nematóides de mamíferos. *Revista Brasileira de Zoologia*, 14, 1–452.

VICENTE, J. J.; VAN SLUYS, M.; FONTES, A. F. e KIEFER, M. C. 2000. *Subulura lacertilia* sp.n. (Nematoda, Subuluridae) parasitando o lagarto brasileiro *Tropidurus nanuzae* Rodrigues (Lacertilia, Tropiduridae). *Rev. Bras. Zool.*, Curitiba, v. 17, n. 4, p. 1065-1068.

VIDAL, M. D.; GORDO, M.; ROHE, F. 2018. *Saguinus bicolor* (Spix, 1823). In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (Org.). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II Mamíferos. 1ed. Brasília: ICMBio, v. 1, p. 244-249.

VIDAL, M.D. 2003. Influência de componentes da estrutura da floresta no uso do habitat, tamanho de grupos e densidade do sauíim-de-Coleira (*Saguinus bicolor* – Callitrichidae) em floresta de terra firme na Amazônia Central. Dissertação de Mestrado, INPA/UFAM, Manaus, AM.

YAMAGUTI, S. 1963. *Systema Helminthum*. The Acanthocephala of Vertebrates (Vol. V). New York: Interscience Publishers.