

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**CONTROLE BIOLÓGICO DE ANCYLOSTOMA CANINUM DE CÃES UTILIZANDO
O FUNGO DUDDINGTONIA FLAGRANS**

Helbert Ananias Valverde
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

HELBERT ANANIAS VALVERDE

**CONTROLE BIOLÓGICO DE ANCYLOSTOMA CANINUM DE CÃES UTILIZANDO
O FUNGO DUDDINGTONIA FLAGRANS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Jackson Victor de Araujo

Coorientadora: Lorendane M de Carvalho

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

V215c
2024 Valverde, Helbert Ananias, 1994-
Controle biológico de *Ancylostoma caninum* de cães
utilizando o fungo *Duddingtonia flagrans* / Helbert Ananias
Valverde. – Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (53 f.)

Inclui anexo.

Orientador: Jackson Victor de Araújo.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Veterinária, 2024.

Referências bibliográficas: f. 44-52.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.748>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Cães - Doenças. 2. Fungos nematófagos. 3. *Ancylostoma*
- Controle biológico. 4. Helmintíase. 5. Parasitologia veterinária.
I. Araújo, Jackson Victor de, 1962-. II. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Veterinária. Programa de
Pós-Graduação em Medicina Veterinária. III. Título.

CDD 22. ed. 636.70896

HELBERT ANANIAS VALVERDE

**CONTROLE BIOLÓGICO DE ANCYLOSTOMA CANINUM DE CÃES UTILIZANDO
O FUNGO DUDDINGTONIA FLAGRANS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 25 de outubro de 2024.

Assentimento:

Helbert Ananias Valverde
Autor

Jackson Victor de Araujo
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 25/11/2024 às 08:59:40 e pelo orientador em 25/11/2024 às 09:01:43. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **EYR6.2UDT.2802** e clique no botão 'Validar documento'.

À minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao orixá Íròkò pela irradiação.

Ao Sr. Zé Malandro da Encruzilhada e ao Caboclo Pena Verde pelo cuidado diário.

Aos animais.

Aos meus pais.

Ao Prof. Dr. Jackson, pelo apoio durante toda a pesquisa.

À Profa. Dra. Lorendane, pelo treinamento e orientação.

À Rosi, que sempre me ajudou, desde o início do curso.

Ao Prof. Marcos Pasqua, o Mestre de Acupuntura, in memoriam, que foi o meu maior incentivador.

À vó Helena, não há palavras para descrever a sua importância na formação do meu caráter.

Ao Pai Odair, à Mãe Halicy e à Cleusa.

Aos estatísticos Ítalo e Vinicius.

À Júlia por me ajudar na estrutura da dissertação.

Aos colegas do grupo do Prof. Jackson, pela parceria nas idas a Viçosa.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

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

RESUMO

VALVERDE, Helbert Ananias, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2024. **CONTROLE BIOLÓGICO DE *Ancylostoma caninum* DE CÃES UTILIZANDO O FUNGO *Duddingtonia flagrans***. Orientador: Jackson Victor de Araujo. Coorientadora: Lorendane Millena de Carvalho.

O controle das parasitoses intestinais nos animais é um dos grandes desafios enfrentados pela medicina veterinária moderna. A presença de parasitos com potencial zoonótico implica riscos significativos à saúde pública, uma vez que determinados grupos populacionais, como idosos, imunossuprimidos e crianças, estão mais suscetíveis a infecções. Nesse contexto, a utilização de organismos biológicos, como fungos helmintófagos, surge como uma alternativa promissora, visando reduzir a carga parasitária em ambientes onde cães convivem e, conseqüentemente, minimizar os riscos à saúde humana. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia do fungo *Duddingtonia flagrans* no controle da carga parasitária intestinal de cães. Neste estudo, foram utilizados 19 cães adultos, machos e fêmeas, sem raça definida, com idade superior a um ano e peso médio de 11 kg, variando de 2 a 25 kg. Os cães foram divididos em dois grupos e mantidos em canis separados, cada um com aproximadamente 20 m² de área. O primeiro grupo, denominado controle, foi alimentado com uma dieta composta de farinha de arroz e caldo de carne, enquanto o segundo grupo recebeu o tratamento com *Duddingtonia flagrans*, administrado na dose de 1,0 g por animal por dia, utilizando o produto Bioverm®, que contém 106 clamidósporos do fungo por grama. Todos os animais tiveram acesso à água e ração comercial. Para avaliação da carga parasitária, foi utilizado o método de flotação fecal em solução saturada de NaCl. As coletas de fezes foram realizadas semanalmente, e os resultados mostraram que o grupo controle apresentou uma carga parasitária significativamente maior no solo em comparação ao grupo tratado em alguns pontos de coleta. Apenas ovos e larvas de *Ancylostoma* spp. foram encontrados. No grupo que recebeu o fungo *Duddingtonia flagrans*, observou-se um leve atraso no aumento da carga parasitária, sugerindo uma ação do fungo em retardar o desenvolvimento das larvas de nematoides no ambiente, enquanto no grupo controle o aumento foi registrado a partir da sexta semana. Contudo, embora tenha ocorrido uma redução temporária na carga parasitária no grupo tratado, o produto não eliminou completamente a

infestação. Esses resultados indicam que, embora o uso de *D. flagrans* ofereça potencial para o controle biológico de parasitas intestinais, ainda são necessárias pesquisas adicionais para aprimorar sua eficácia e elucidar melhor os mecanismos de ação do fungo em ambientes naturais.

Palavras-chave: fungos nematófagos, ancylostoma, bioverm, helmintofago, larva; migrans cutânea, verminose.

ABSTRACT

VALVERDE, Helbert Ananias, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2024. **BIOLOGICAL CONTROL OF *Ancylostoma caninum* IN DOGS USING THE FUNGUS *Duddingtonia flagrans***. Adviser: Jackson Victor de Araujo. Co-adviser: Lorendane Millena de Carvalho.

The control of intestinal parasitic infections in animals is one of the significant challenges faced by modern veterinary medicine. The presence of zoonotic parasites poses notable public health risks, particularly for vulnerable populations such as the elderly, immunocompromised individuals, and children, who are more susceptible to infections. In this context, the use of biological organisms, such as nematophagous fungi, emerges as a promising alternative aimed at reducing parasitic loads in environments where dogs reside, thereby minimizing risks to human health. The objective of this study was to evaluate the efficacy of the fungus *Duddingtonia flagrans* in controlling the intestinal parasitic load in dogs. This study involved 19 adult dogs, both male and female, of mixed breed, aged over one year with an average weight of 11 kg, ranging from 2 to 25 kg. The dogs were divided into two groups and housed in separate kennels, each approximately 20 m². The control group was fed a diet consisting of rice flour and meat broth, while the treated group received *Duddingtonia flagrans* at a dose of 1.0 g per animal per day, using the product Bioverm®, which contains 106 chlamydospores of the fungus per gram. All animals had access to water and commercial dog feed. The fecal flotation method in saturated NaCl solution was employed to assess parasitic load, with fecal samples collected weekly. The results indicated that the control group exhibited a significantly higher parasitic load in the soil compared to the treated group at certain sampling points. Only eggs and larvae of *Ancylostoma* spp. were identified. In the group treated with *Duddingtonia flagrans*, a slight delay in the increase of parasitic load was observed, suggesting the fungus may retard nematode larval development in the environment, while in the control group, this increase was noted from the sixth week. However, despite the temporary reduction in parasitic load in the treated group, the product did not completely eliminate the infestation. These findings suggest that while *D. flagrans* shows promise as a biological control agent for intestinal parasites, additional research is needed to improve its efficacy and clarify the mechanisms through which the fungus operates in natural settings.

Keywords: nematophagous fungi, ancylostoma, bioverm, helminthophage, cutaneous larva migrans, helminthiasis.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
1.1. CRIAÇÃO DE CÃES NO BRASIL	12
1.2. PARASITOSSES DE ANIMAIS DE COMPANHIA E SAÚDE HUMANA.....	12
1.3. CONTROLE DA VERMINOSE CANINA	16
1.4. FUNGOS COMO CONTROLADORES BIOLÓGICOS DE HELMINTOS	18
1.4.1. <i>Duddingtonia flagrans</i>	22
1.5. VIABILIDADE DO PROJETO.....	24
2. OBJETIVOS.....	28
2.1. OBJETIVO GERAL	28
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
3. MATERIAIS E MÉTODOS	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
REFERÊNCIAS.....	44

1. INTRODUÇÃO

Os cães apareceram na história da humanidade como animais domesticados desde o início da civilização, e são considerados os animais de estimação que mais convivem com o homem, mas quando são acometidos por parasitoses podem prejudicar tanto outros animais quanto a espécie humana (LEITE *et al.*, 2004). Essa ligação emocional estabelecida entre as espécies pode trazer benefícios físicos e psicológicos, além de melhorar a integração social de pessoas que apresentem doenças imunossupressoras, idosos, crianças e até pessoas com necessidades especiais (MCNICHOLAS *et al.*, 2005; PARSLOW; JORM, 2003). Com o crescimento do número de animais errantes no país, o que está associado ao fácil acesso destes aos locais de lazer, como praças públicas, têm aumentado o risco de infecção por zoonoses, especialmente para as crianças, o que eleva a situação a um caso de saúde pública (SCAINI *et al.*, 2003). A infecção por *Toxocara canis* na espécie humana leva à síndrome de larva migrans visceral e o *Ancylostoma* sp. causa a síndrome de larva migrans cutânea, popularmente conhecida como bicho geográfico (NUNES *et al.*, 2000) pode eventualmente causar lesões viscerais (FAN, 2020).

Vários parasitos de cães e gatos como *Toxoplasma gondii*, *Dipylidium caninum*, *Ancylostoma caninum*, *Strongyloides stercoralis*, *Toxocara canis*, *Giardia intestinalis*, *Dirofilaria immitis* *Echinococcus spp.* são importantes, não apenas sob o ponto de vista médico veterinário, mas também sob o contexto de saúde pública.. Alguns deles, como *Lynxacarus radovskyi* em gatos e *Rangelia vitalii* em cães, são pouco conhecidos pela maioria dos médicos veterinários que trabalham no Brasil. Isto dificulta uma abordagem no sentido de promover a Saúde Única (DANTAS-TORRES; OTRANTO, 2014).

As infecções intestinais por helmintos estão entre os parasitas mais comuns em cães e gatos em todo o mundo. Os ancilostomídeos (*Rhabditida*: *Ancylostomatidae*), tricurídeos (Trichocephalida: *Trichuridae*) tênias (Cyclophyllidea: *Dipylidiidae*) e os ascarídeos (Ascaridida: *Ascarididae*, *Toxocaridae*) estão entre os helmintos intestinais mais prevalentes em cães e gatos no Brasil. Em relação ao gênero *Toxocara*, *T. canis* e *T. cati* são os ascarídeos mais difundidos e que mais comumente infectam os cães e gatos no Brasil. Esses parasitos também foram identificados em canídeos e felídeos selvagens no Brasil (DANTAS-TORRES, 2020).

A ancilostomose, também conhecida como ancilostomíase e necatoríose são uma parasitose intestinal muito comum, provocada pelos nematóides da família Ancylostomidae: *Ancylostoma duodenale* ou *Necator americanus*. Outras espécies de ancilostomídeos, como o *Ancylostoma braziliense* ou *Ancylostoma caninum*, apesar de comumente provocar infecção intestinal em gatos e cães, podem infectar o homem por meio de larvas migrans (COLELLA; BRADBURY; TRAUB 2021; GRENCIS; HONS; COOPER, 1996).

O controle biológico de parasitas intestinais é realizado por meio de uso de antagonistas naturais disponíveis no meio ambiente, visando diminuir a população de agentes nematoides que infectam os animais. Como regra de manutenção dos sistemas biológicos, na natureza, toda a população é regulada por antagonistas de forma espontânea, já que na ausência de controladores naturais no ambiente, um determinado organismo poderia incidir em um desequilíbrio natural, causado por sua superpopulação. Por isso, a utilização e combinação de diversas espécies de fungos helmintófagos que atacam as formas infectantes dos parasitos tem sido amplamente estudada e se apresenta cada vez mais como uma alternativa de alta viabilidade no controle de nematoides, principalmente em ruminantes (WALLER; FAEDO, 1996; BRAGA; ARAÚJO, 2014), já que se encaixa em uma metodologia de controle biológico ecologicamente correto.

Apesar dos avanços em tecnologia e na área da saúde, saneamento e das condições de vida no mundo todo, os parasitos de uma forma geral, e os parasitos intestinais em especial, ainda se encontram entre os maiores causadores de infecções e enfermidades, tanto nas espécies animais quanto no homem (SOHSTEN; DA SILVA, 2015). Com relação aos animais de companhia, as parasitoses apresentam grande importância clínica, em razão do convívio próximo entre o homem e os pets, o que torna necessário conhecer a ocorrência dos parasitos para possibilitar a adoção de medidas sanitárias educativas e preventivas (DOS SANTOS *et al.*, 2007). Dessa forma, este trabalho buscou avaliar o controle biológico de nematoides intestinais de cães por meio da utilização do fungo *Duddingtonia flagrans*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CRIAÇÃO DE CÃES NO BRASIL

O Brasil é o quinto maior país do mundo e o maior da América do Sul em extensão territorial, tendo dimensões continentais. Atualmente, existe uma população estimada em 203,1 milhões de pessoas (IBGE, 2022). A população tem um grande número de animais de estimação, sendo contada como a segunda maior população de cães e gatos do mundo, com 52,2 e 22,1 milhões, respectivamente. O país também possui o terceiro maior mercado mundial de produtos para animais de estimação (ABINPET, 2024).

Segundo dados do IBGE de pesquisa realizada em 2020, no Brasil, a população canina domiciliada já alcançava o patamar de 52,2 milhões. Em 2013, 44,3% dos domicílios do país possuíam pelo menos um cachorro, o equivalente a 28,9 milhões de unidades domiciliares. Considerando as diversas mazelas sociais que se estendem em diversos pilares da vida dos brasileiros, na grande maioria destes domicílios as questões de saúde animal ou ficam em segundo plano ou são totalmente negligenciadas devido à escassez de recursos financeiros, falta de informação e de estrutura em cidades de pequeno, médio ou grande porte. Isso faz com que a população canina no Brasil sirva como hospedeira primária de um número considerável de parasitas, afetando assim a saúde e bem-estar dos animais. Endoparasitas, como protozoários, cestóides, trematódeos e nematoides e também os ectoparasitas, como pulgas, piolhos, ácaros e carrapatos, são comumente encontrados parasitando esses animais. Embora alguns parasitas de cães sejam específicos na escolha do hospedeiro, como *Aelurostrongylus abstrusus*, *Angiostrongylus vasorum* e *Trichodectes canis*, alguns helmintos podem facilmente parasitar outras espécies e até os seres humanos (DANTAS-TORRES; OTRANTO, 2014).

2.2. PARASITOSSES DE ANIMAIS DE COMPANHIA E SAÚDE HUMANA

Os cães domésticos são hospedeiros de vários patógenos zoonóticos e, devido à sua estreita associação com as pessoas, podem ser fontes de infecções humanas (MACPHERSON, 2005). A demografia, a ecologia e o comportamento dos cães são, portanto, relevantes no estudo de doenças que podem ser transmitidas por eles, e a descrição da população canina numa comunidade pode ajudar a avaliar o potencial

de transmissão, os riscos zoonóticos e a otimização de programas de intervenção (BUTLER; BINGHAM, 2000).

Dentre as principais verminoses que atacam cães e gatos, temos uma divisão destes parasitas em dois filos: os Platelmintos; vermes de corpo achatado dorso-ventralmente (platy: chato; helminto: verme) entre suas classes estão a Cestoda, como exemplo de cestódeos: *Dipylidium caninum*, uma espécie de tênias, é um exemplo clássico de cestódeo. Já os nematelmintos, ou nematoides, são vermes de corpo cilíndrico e alongado. Exemplos incluem *Ancylostoma* spp. e *Toxocara* spp. Os parasitas desta classe têm o corpo achatado, por isso é conhecido popularmente por esse nome, o mais comum é a tênia. Os cistos (chamados cistos hidáticos) se desenvolvem em tênias adultas no intestino do animal e eles, infectados, liberam os ovos de tênia em suas fezes (BALK *et al.*, 2023).

As infecções intestinais por helmintos estão entre os parasitas dominantes em cães e gatos em todo o mundo, inclusive no Brasil. Os ancilostomídeos (Rhabditida: *Ancylostomatidae*), tricurídeos (Trichocephalida: *Trichuridae*), tênias (Cyclophyllidea: *Dipylidiidae*) e os ascarídeos (Ascaridida: *Ascarididae*, *Toxocaridae*) estão entre os helmintos intestinais mais prevalentes em cães e gatos no Brasil.

Diferentes espécies, incluindo *Toxocara canis* (em cães), *Toxocara cati* (em gatos), *Toxascaris leonina* (em cães e gatos) e *Lagochilascaris minor* (em cães e gatos), podem ser encontradas em cães, gatos ou ambos, no Brasil. No entanto, *T. canis* e *T. cati* são de longe os ascarídeos mais difundidos e prevalentes que infectam cães e gatos, respectivamente. Esses parasitas também foram relatados em uma variedade de canídeos e felídeos selvagens no Brasil (DANTAS-TORRES, 2020).

Toxocara canis e *T. cati* são parasitas importantes para cães e gatos, causando doenças clínicas não apenas em seus hospedeiros primários, mas também em humanos, especialmente crianças. O nível de contaminação ambiental por ovos de *Toxocara* em praças públicas, parques e praias é muito elevado em algumas regiões brasileiras, provavelmente também devido às grandes populações de cães e gatos errantes existentes neste país. Como consequência, o nível de exposição ao *Toxocara* spp. em humanos, conforme determinado por testes sorológicos, é incrivelmente elevado na maioria das regiões brasileiras, chegando a ultrapassar 70%, conforme relatado recentemente entre pacientes (18 anos ou mais) encaminhados para uma unidade básica de saúde em uma área rural da cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul (DANTAS-TORRES, 2020).

Ancylostoma caninum e *Toxocara canis* pertencem à classe Nematoda e possuem corpo cilíndrico. A Ancilostomose Canina é uma verminose que provém do parasita *Ancylostoma caninum*, que se aloja no intestino e se alimenta do sangue do animal, causando, principalmente, anemia e fraqueza. *Trichuris vulpis* possuem uma extremidade mais grossa que a outra e estes parasitas provocam a tricuriase, infecção que causa dor, distensão abdominal e diarreia, às vezes sanguinolenta. Esses parasitas produzem ovos que se alojam nas fezes de animais infectados, e esses ovos possuem a capacidade de viver no solo por muito tempo (BALK *et al.*, 2023).

O *Ancylostoma caninum* ou ancilostomídeo canino é relatado na literatura como um dos nematoides gastrointestinais generalizados mais significativos na população canina. Este parasita continua ocupando o topo no ranking como um dos endoparasitas mais identificados nos cães e sua prevalência permanece consistente ao longo dos anos (DRAKE; CAREY, 2019; SWEET *et al.*, 2021). Em um estudo retrospectivo analisando resultados de flutuação fecal de cães de 10 laboratórios de diagnóstico veterinário nos EUA, ovos de *Ancylostomatidae* foram encontrados em 5,63% dos casos de acordo com Sobotytk *et al.* (2021). Da mesma forma, os pesquisadores demonstraram um aumento de 47% na prevalência anual de *A. caninum* de 2012 a 2018 em um extenso estudo de mais de 39 milhões de amostras fecais. Este aumento na prevalência enfatiza a necessidade de controle eficaz e tratamento de *A. caninum* (DRAKE; CAREY, 2019).

Ancylostoma caninum é um parasita hematófago que provoca diversas patologias em hospedeiros definitivos. As principais condições induzidas por esse parasita incluem anemia ferropriva e enterite, mas outros sinais clínicos incluem hipoalbuminemia, hematoquezia e/ou melena (EPE, 2009; EVASON *et al.*, 2024). Esses parasitas picam e fixam-se na mucosa intestinal e sugam um tampão de tecido em sua cápsula bucal para se alimentar de sangue e tecido (JIMENEZ CASTRO *et al.*, 2019; EVASON *et al.*, 2024). Este parasita também tem potencial zoonótico, pois está implicado na larva migrans cutânea (BOWMAN *et al.*, 2010). As vias de transmissão incluem oral, percutânea, ingestão de hospedeiros paratênicos e transmamários para filhotes neonatais. Larvas de *Ancylostoma caninum* podem encistar em tecidos somáticos em condições hipobióticas.

Dirofilaria immitis e *D. repens* são nematóides que têm canídeos como principal hospedeiro definitivo, no entanto, são capazes de infectar uma gama mais ampla de hospedeiros vertebrados, incluindo humanos (SIMÓN *et al.*, 2012). Estes nematoides

são normalmente encontrados em países com climas temperados e tropicais e são endêmicos em toda a Europa e nas regiões do sudeste da Ásia e África (CDCP, 2022).

A dirofilariose está se espalhando entre cães e humanos na Europa (ALSARRAF *et al.*, 2021). Na Europa, a dirofilariose humana é causada principalmente por *D. repens* e o número de infecções humanas notificadas tem aumentado (GENCHI *et al.*, 2011). *Dirofilaria immitis* é uma espécie de nematoide parasito zoonótico transmitido por mosquitos, causador da dirofilariose canina e nas Américas está presente em todos os países e territórios, exceto Chile e Uruguai (HENNESSEE *et al.* 2022).

Os vermes adultos habitam o hospedeiro definitivo, onde liberam microfilárias na corrente sanguínea. Essas microfilárias são então transmitidas ao hospedeiro intermediário, um díptero da família *Culicidae*, durante o repasto sanguíneo. Dentro do mosquito, as microfilárias se desenvolvem em larvas infecciosas de terceiro estágio (L3). A transmissão de volta ao hospedeiro definitivo ocorre quando um mosquito infectado realiza seu repasto sanguíneo. Entre os culicídeos que podem atuar como hospedeiros intermediários, estão os gêneros *Aedes*, *Anopheles* e *Culex* (SIMÓN *et al.*, 2012).

Além das infecções transmitidas por mosquitos, a equinococose é uma doença zoonótica negligenciada (OMS, 2010) causada pela infecção pelo estágio larval (metacestóide) de tênias do gênero *Echinococcus* (ECKERT; DEPLAZES, 2004). Os tipos mais comuns de equinococose são cística e alveolar, causadas por *E. granulosus* e *E. multilocularis*, respectivamente (Organização Mundial da Saúde/Organização Mundial de Saúde Animal, 2001). Os ciclos de vida de *E. granulosus* e *E. multilocularis* envolvem dois hospedeiros mamíferos. O cestóide adulto habita o intestino delgado de um hospedeiro definitivo (geralmente um canídeo) e produz ovos que são liberados no meio ambiente (ECKERT; DEPLAZES, 2004) e podem então ser ingeridos por um hospedeiro intermediário. No caso de *E. granulosus* o hospedeiro intermediário é geralmente uma ovelha, mas pode incluir outras espécies herbívoras (YILDIZ *et al.*, 2024; Organização Mundial de Saúde/Organização Mundial de Saúde Animal, 2001). No caso de *E. multilocularis*, pequenos mamíferos, incluindo ratazanas (por exemplo, *Arvicola* spp.) (HOFER *et al.*, 2000), pika (*Ochotona* spp.) (SCHANTZ *et al.* 2003) e lebre tibetana (*Lepus oiostolus*) (XIAO *et al.*, 2004) podem atuar como hospedeiros intermediários. Se o hospedeiro intermediário for consumido por um hospedeiro definitivo, o ciclo estará completo. Os humanos também podem

ingerir inadvertidamente ovos expelidos pelo hospedeiro definitivo e desenvolver equinococose cística ou alveolar (DEPLAZES; ECKERT, 2001).

Embora várias espécies de canídeos selvagens possam ser hospedeiros de *E. granulosus*, e lobos cinzentos, *Canis lupus* (ABDYBEKOVA; TORGERSON, 2012) e *E. multilocularis*, por ex. raposa vermelha, *Vulpes vulpes* (ZIADINOV *et al.*, 2010), cães domésticos infectados, *Canis familiaris*, são considerados os que representam o maior risco de infecção humana (BUDKE *et al.*, 2005).

A dipilidiose é uma doença subestimada causada pelo cestóide *Dipylidium caninum*. A transmissão deste parasita é complexa, pois envolve um hospedeiro invertebrado intermediário (pulga ou piolho), que posteriormente precisa ser ingerido pelos hospedeiros definitivos, normalmente carnívoros, mas ocasionalmente humanos, para que a infecção se desenvolva (BOWMAN, 2014; GOPINATH *et al.*, 2018). Em ambos os casos, a infecção é assintomática ou os sinais ou sintomas clínicos são inespecíficos e, conseqüentemente, o diagnóstico, tratamento e prevenção adequados são desafiadores. As alterações climáticas, o aumento da urbanização e o aumento do número de animais de estimação, tanto aqueles com relações estreitas com os seus proprietários como também animais abrigados ou vadios, podem afetar a prevalência e a endemicidade dos hospedeiros intermediários (ABDULLAH *et al.*, 2019; RUST, 2017). Se não houver um controle eficaz dos ectoparasitas, a prevalência dos patógenos que eles transmitem, como o *D. caninum*, também poderá aumentar. Este fato sublinha a importância de sensibilizar a comunidade médica, e a população em geral, para a necessidade de uma maior suspeição clínica deste cestóide, bem como dos métodos adequados de diagnóstico, tratamento e prevenção.

2.3. CONTROLE DA VERMINOSE CANINA

As verminoses em cães são causadas por diferentes vermes, também chamados de helmintos, que se instalam no organismo do animal. A melhor forma de evitá-las é por meio da aplicação de vermífugos. Estes parasitas, em sua maioria, são contraídos por via oro-fecal, alojando-se no intestino dos animais causando desde desconfortos até sérios danos à saúde dos animais. Independente da raça, tamanho ou idade do seu cão, quadros de verminose podem comprometer seriamente a saúde do animal, e, em caso de negligência, além da contribuição para disseminação dos

vermes pela contaminação de áreas comuns, pode evoluir para um quadro clínico mais grave (HALECHE *et al.*, 2024).

As doenças gastrointestinais são alterações gástricas e/ou intestinais, que ocorrem no organismo do hospedeiro, levando o animal a apresentar diversos sintomas e complicações. Essas doenças são bem comuns em cães ou gatos e dependendo do caso e das causas, o diagnóstico pode ser mais complexo. Suas origens são diversas, como: resultado da ingestão de alimentos inadequados, gastrite medicamentosa, presença de parasitas, falta de enzimas digestivas, doenças virais e bacterianas. Como consequência das alterações gastrointestinais, pode ocorrer a redução da digestão e absorção alimentar, alterando assim o fluxo do trato digestivo. Além disso, causam desconfortos e sérios problemas de saúde, se não tratados com precaução (BALK *et al.*, 2023).

Haja vista que vermes, e tantos outros parasitas podem levar o seu animal a óbito, a administração de vermífugos com frequência somada a uma rotina de vacinação contra doenças infecciosas são de extrema importância para manter a saúde do animal. Também há que se considerar as boas práticas para evitar a contaminação ambiental seja ela em áreas abertas de acesso comum (praças, canis demais locais abertos) ou local de acesso restrito do animal. Em praças e locais abertos, é recomendável sempre que possível evitar o contato do animal com fontes de contaminação (fezes espalhadas por gramados, pavimentos ou solo), bem como o recolhimento das fezes do animal para que, em caso de parasitoses, a taxa de disseminação para outros animais seja reduzida. O local de vivência e descanso do animal deve estar sempre limpo e desinfetado evitando o acúmulo de fezes. Outros aspectos como alimentação adequada e higiene do animal devem ser sempre observados e mantidos. A interação e/ou convívio com animais vadios ou cujo histórico clínico e de vermifugação seja desconhecido também deve ser evitado (BALK *et al.*, 2023).

Embora a resistência anti-helmíntica não seja considerada tão comum em pequenos animais (VON SAMSON-HIMMELSTJERNA *et al.*, 2021), poucos estudos foram realizados para investigar este tema para a maioria dos parasitas. Quanto ao *A. caninum*, as evidências sugerem que as corridas de galgos em fazendas no sul dos EUA são a origem dos ancilostomídeos. Acredita-se que a resistência ao *Lostoma caninum* tenha surgido nestas condições devido ao clima subtropical, ao solo arenoso das pistas de corrida, ao uso não seletivo e rotineiro de anti-helmínticos, e a alta

densidade e movimento constante desses cães, todos os quais criam condições para a transmissão da ancilostomose, bem como uma seleção com intensa pressão por alelos resistentes a medicamentos (JIMENEZ CASTRO *et al.*, 2019). A indústria de corridas de galgos tem diminuído rapidamente nas últimas décadas, e desde o seu desaparecimento, muitos grupos de resgate de galgos trabalham diligentemente para adotar esses cães. As crescentes preocupações nesse sentido têm inserido esses cães em ambientes domesticados, o que contribui para a disseminação de *Ancylostoma caninum* para outras populações de canídeos, incluindo canídeos selvagens, cães de caça e animais de estimação (JIMENEZ CASTRO *et al.*, 2019).

Após o tratamento anti-helmíntico, as larvas presas irrompem para repovoar o intestino delgado, onde se desenvolvem em adultos (EPE, 2009; EVASON *et al.*, 2024). Assim, a interação entre a domesticação dos cães e o tratamento anti-helmíntico pode influenciar diretamente a dinâmica da infestação por *A. caninum* nas populações caninas.

Esta característica única da patogenicidade do *A. caninum* é conhecida como “larva vazamento” sendo frequentemente associada a infecções persistentes por ancilostomídeos. Nos últimos anos, houve um aumento significativo nos casos de infecções por ancilostomídeos que são refratárias ao tratamento. O FDA, (*Food and Drug Administration*) aprovou medicamentos anti-helmínticos para tratamento de ancilostomose, tais como: febantel, fenbendazol, moxidectina, milbemicina oxima e pirantel. Ainda assim, concluiu-se que algumas populações de *A. caninum* são resistentes à múltiplos anti-helmínticos, sendo os mais comuns: benzimidazóis, macrocíclicos, lactonas e pirantel (HESS *et al.*, 2010; JIMENEZ CASTRO *et al.*, 2019; KITCHEN *et al.*, 2015). Esta tendência coincide com dados de outras espécies resistentes à anti-helmínticos descritas em vários nematóides em cavalos e outras espécies ruminantes (COLES *et al.*, 2006; KAPLAN, 2020; NIELSEN, 2022).

2.4. FUNGOS COMO CONTROLADORES BIOLÓGICOS DE HELMINTOS

Com relação à distinção; os fungos helmintófagos estão divididos em três grupos, conforme suas principais características:

(1) Os endoparasitas – Vistos principalmente como esporos, e às vezes, como clamidósporos (esporos resistentes) que são liberados no momento da desintegração do nematóide. Apesar de sua atividade infecciosa, não produzem micélio fúngico

extenso, proporcionando a produção de tubos de liberação de esporos, conídios e conidióforos, que uma vez ingeridos, desenvolverão hifas responsáveis por absorver o conteúdo interno do nematóide. A maioria dos fungos endoparasitas são obrigatoriamente parasitas, possuindo uma gama restrita de hospedeiros. Por isso, seu uso e produção *in vitro* são menores; com tendência a mercados mais limitados, já que, sua produção em escala industrial é de alto custo. Além disso, eles não são capazes de crescer no solo, tornando-os impossíveis de serem apostos como inóculos para o controle de um nematóide alvo no meio ambiente. Outro ponto de grande importância é a sua dependência da água corrente, que tende a ser o principal fator limitante para uso rotineiro em condições laboratoriais como controladores biológicos de organismos (STIRLING; WEST, 1991).

(2) Predadores – Este grupo inclui as principais espécies de fungos nematófagos, os gêneros *Arthrobotrys*, *Duddingtonia* e *Monacrosporium*. Sua principal característica é a produção de armadilhas que podem ser diferenciadas em seis tipos: (a) hifas adesivas não diferenciadas; (b) ramificações de hifas sofrendo anastomose, formando pesadas redes tridimensionais; (c) ramificações adesivas, que, por vezes, podem se unir formando uma rede adesiva bidimensional simples; (d) nódulos adesivos; (e) anéis de constrição; e (f) anéis não constritivos. Porém, os tipos de armadilha mais encontrados em fungos predadores são aqueles compostos por redes adesivas (BRAGA *et al.*, 2008).

Assim, Yang *et al.* (2007) chamaram a atenção para a evolução de aspecto temporário desses organismos, relacionando a produção destas armadilhas como uma “grande situação” para provar este fato. Esses autores descobriram por meio de seus estudos em análise filogenética que as armadilhas adesivas estão em um estágio altamente diferenciado. O desenvolvimento de dispositivos de captura é uma grande prova da evolução positiva de adaptação. Este grupo de fungos predadores é o mais estudado e, portanto, o mais utilizado para o controle biológico de nematóides que parasitam o gado, reduzindo efetivamente a população em condições laboratoriais e de campo. Além disso, seu potencial de industrialização é muito maior, tornando este fato muito vantajoso para sua utilização em larga escala (LARSEN, 1999).

Evidências de sua atividade têm sido rotineiramente testadas em experimentos *in vitro* e *in vivo*, e os resultados apontam para um caminho promissor, tendo em vista que estes estudos forneceram um nível profundo de compreensão das

particularidades e características das espécies de cada gênero de fungo investigado (BRAGA *et al.*, 2008).

(3) Fungos ovicidas ou oportunistas – São aqueles que parasitam ovos, cistos e fêmeas de nematóides. Este grupo de fungos vem sendo estudado há muito tempo, e as primeiras pesquisas mostraram resultados promissores na redução das populações de nematóides e helmintos (LYSEK, 1976; LOPEZ-LLORCA *et al.*, 2008; KERRY, 2000). Araújo e Maia (1992, 1993), Araújo e Salcedo (1995) e Braga *et al.* (2007) foram pioneiros ao destacar a versatilidade em parasitar a grande maioria dos ovos de helmintos, tanto em animais quanto humanos. Em outro contexto, os experimentos de Braga *et al.* (2008, 2009, 2012) revelaram grande potencial para diminuir as populações de parasitas de humanos e animais que se desenvolveram a partir de ovos no ambiente. Neste sentido, os fungos ovicidas estão sendo amplamente estudados, dada a importância das particularidades biológicas de cada parasita.

Fresenius iniciou as pesquisas em 1852 com o *Arthrobotrys oligospora*, dando início aos primeiros estudos com fungos nematófagos. Naquela época, sua capacidade de predação passou despercebida, mas foi proposta mais tarde, por Zopf em 1888. Até 1937, os conhecimentos sobre estes fungos eram extremamente limitados, quando Dreschsler publicou seu extenso trabalho com informações mais detalhadas sobre algumas espécies e outras 15 que ainda eram desconhecidas. Isso desencadeou uma série de estudos, que começaram a demonstrar a capacidade destes organismos em reduzir substancialmente a quantidade de formas infecciosas de helmintos no ambiente (BRAGA *et al.*, 2008).

Porém, para Araújo *et al.* (2004) e Zhang *et al.* (2013) a aplicação eficaz de agentes de biocontrole no campo requer uma compreensão abrangente sobre ecologia e genética da população de fungos helmintófitos em ambientes naturais, trazendo abertura para um vasto campo de pesquisa. Jackson e Miller (2006) trouxeram uma importante abordagem para o uso de fungos nematófagos como potenciais “biocontroladores” de populações de helmintos. Esses autores afirmam categoricamente a existência de pontos fracos e fortes neste meio de controle biológico, possibilitando inferências sobre o real uso desses organismos em formulações comerciais, o que amplia ainda mais as discussões sobre o assunto. Neste sentido, apesar do grande número de espécies de fungos; a maioria dos estudos de fungos nematófagos têm se concentrado em espécies predadoras

pertencentes a gêneros *Arthrobotrys*, *Duddingtonia* e *Monacrosporium* (ARAÚJO *et al.*, 2004).

Diversos estudos que utilizam fungos no controle biológico de verminoses de animais domésticos e humanos foram desenvolvidos nas últimas décadas. Essas pesquisas têm nos trazido importantes contribuições no entendimento sobre as particularidades de diferentes tipos de fungos. De modo geral, os estudos mais recentes demonstram que muitas classes de fungos atuam em todas as classes de helmintos. Em consonância a este fato, muitos estudiosos defendem que tais classes, não deveriam ser denominadas apenas como nematófagos, mas também helmintóforos. Resquícios de ação enzimática documentadas por estes estudos também demonstram seus principais mecanismos de ação, bem como potenciais efeitos de seus metabólitos que poderiam ser sintetizados como moléculas bioativas (ARAÚJO *et al.*, 2004).

Apesar de ainda existirem diversas barreiras culturais quanto à utilização de fungos para estudos deste tipo, é importante ressaltar que o impacto dessas pesquisas no meio ambiente é mínimo e estas pesquisas já nos trouxeram muitos fatos e conhecimentos valiosos sobre o mecanismo de interação destes organismos com os seus “alvos” (KERRY, 2000; ARAÚJO *et al.*, 2013).

Pesquisas recentes apontam para a busca por substâncias derivadas de fungos helmintóforos demonstrando seu efeito ovicida e/ou atividade larvicida, sendo assim uma premissa global o avanço destes estudos. Extratos brutos derivados de fungos nematóforos de grupos predadores e ovicidas reduzem consideravelmente a quantidade de larvas de nematóides gastrointestinais, impedindo a eclosão dos seus ovos, uma vez que foi demonstrado que agem com proteases extracelulares e outras enzimas. Além disso, a atividade dessas enzimas começou a ser explorada em relação à sua possível interação com o exoesqueleto dos artrópodes, surgindo como um método alternativo de controle de carrapatos (ARAÚJO *et al.*, 2004).

Portanto, barreiras culturais com relação a estudos que fazem uso da cultura de fungos precisam ser quebradas, haja vista que estas formas de vida são importantes aliadas prontas para serem utilizadas na luta contra os helmintos parasitas gastrointestinais tão prejudiciais para a saúde humana e animal (KERRY, 2000; ARAÚJO *et al.*, 2013).

Os fungos helmintóforos apresentam-se como inimigos naturais de helmintos parasitas gastrointestinais. Eles podem ser encontrados em diversos ambientes e

demonstram sua eficácia como agentes de biocontrole (KERRY, 2000; ARAÚJO *et al.*, 2013). Além disso, uma abundância de recursos naturais antagonistas de helmintos, incluindo protozoários, bactérias, vírus, ácaros, besouros e fungos, já foram descritos como biocontroladores lógicos (GRONVOLD *et al.*, 1996). Entretanto, os fungos helmintófagos vêm mostrando um maior potencial como bioagentes de controle, atraindo a atenção dos pesquisadores por sua atuação como ‘carnívoros e/ou comedores’ de nematóides, uma habilidade que foi reconhecida no final do século XIX (VAN OOIJ, 2011; YANG *et al.*, 2011; WARD *et al.*, 2012).

Os fungos helmintófagos são organismos recicladores importantes, cosmopolitas, ocorrem em ambientes naturais como: o solo. Em especial; solos agrícolas e em todos os tipos de matéria orgânica em decomposição. No ambiente, estes fungos tem uma vasta importância biológica, uma vez que desempenham um papel na reciclagem de carbono, nitrogênio e outros elementos que se originam da degradação do nematóide (VAN OOIJ, 2011).

De acordo com Saxena e Mittal (1995), o fungo pode coexistir no ambiente de duas maneiras: seja como agente saprofítico ou como parasita. Além disso, esses organismos imóveis possuem paredes celulares semelhantes às das plantas, especialmente no que diz respeito a aspectos químicos e estruturais de sua composição. Em relação à sua suplementação, dado o fato de também serem parasitas obrigatórios, esses fungos podem se alimentar de uma variedade de helmintos de vida livre ou podem até mesmo viver de matéria orgânica, alimentando-se como saprófitas (WALLERE FAEDO, 1996; LARSEN, 1999).

Van Ooij (2011) menciona que existem mais de 700 espécies de ‘fungos carnívoros de nematóides’. No sentido de ‘pluralidade’ de suas atividades predatórias, esta informação se torna relevante.

2.4.1. *Duddingtonia flagrans*

Duddingtonia flagrans tem como característica principal sua grande capacidade de produção de clamidósporos. Estes, permanecem em atividade após a ingestão pelos bovinos, sendo eliminados nas fezes, formando colônias que irão preda os nematóides por meios de hifas adesivas. É a espécie mais estudada no controle de nematodioses gastrintestinais em animais domésticos. Uma das características deste fungo que o diferencia dos demais, é a sua capacidade de suportar a passagem pelo

trato gastrointestinal dos ruminantes, devido ao seu grande número de estruturas de resistência esféricas (clamidósporos) de parede grossa. Após sua passagem pelo trato gastrointestinal, produz estruturas em forma de anéis constritores e não constritores, hifas botões e redes tridimensionais adesivas ao longo do micélio. Os clamidósporos de *Duddingtonia flagrans* ao serem eliminados nas fezes, podem dar origem a hifas conidióforos e conídios, apresentando formatos que variam entre elíptica e ovóide (KERRY, 2000; ARAÚJO *et al.*, 2013).

O aprisionamento do nematódeo às redes tridimensionais é seguido pela penetração das hifas na cutícula do nematóide ocorrendo assim a digestão dos conteúdos internos da larva. Neste processo, em sua fase inicial o nematóide se mantém aderido ao fungo por meio de uma substância fibrilar adesiva rica em fosfatase ácida, a qual também é responsável pela degradação da cutícula. Esse processo de degradação ocorre em média de 1 hora, desaparecendo após a finalização. A fase final de penetração da cutícula é resultado de força mecânica, então, quanto maior a motilidade dos nematóides no bolo fecal, maior será o estímulo para que o fungo produza filamentos de armadilha (ARAÚJO *et al.*, 2004).

Ao ser administrado aos cães pela alimentação, os clamidósporos presentes no fungo atravessam o trato gastrointestinal sem causar danos ao animal, sendo eliminados nas fezes. Uma vez no ambiente, esses clamidósporos se ativam e começam a capturar as larvas de nematoides, reduzindo a população desses parasitas no solo e, conseqüentemente, a reinfecção nos animais (ARAÚJO *et al.*, 2004).

A dosagem de esporos do fungo *D. flagrans* é diversificada, considerando tanto as regiões onde são utilizadas como a espécie animal a ser tratado. A dosagem correta para garantir o equilíbrio do controle biológico deve considerar também o nível inicial de larvas no ambiente e a carga parasitária no animal. O fungo *Duddingtonia flagrans* é capaz de reduzir significativamente larvas infectantes de parasitos presentes no ambiente no ambiente, o que pode levar à uma redução da carga parasitária dos animais. Portanto, quando utilizado de maneira responsável e estratégica, este fungo é uma ferramenta biológica eficaz para ser empregado em um controle integrado de nematóides parasitos de animais (KERRY, 2000; ARAÚJO *et al.*, 2013).

Estudos demonstram que o uso de fungos nematofágicos, como o *D. flagrans*, tem se mostrado promissor no controle de parasitas intestinais em cães. A aplicação

do fungo em áreas com alta carga de larvas infectantes pode reduzir significativamente a contaminação do ambiente, minimizando assim o risco de reinfecção dos animais. Os esporos do fungo atuam como agentes biológicos que capturam e parasitam larvas de nematoides, diminuindo a população desses parasitas no ambiente. Ao serem aplicados de forma sistemática, esses fungos podem contribuir para um manejo mais sustentável das infecções parasitárias em cães, oferecendo uma alternativa viável aos tratamentos químicos tradicionais (YANG *et al.*, 2007).

A eficácia do *D. flagrans* está ligada à sua capacidade de se desenvolver em diferentes condições ambientais, sendo importante entender as variáveis que afetam seu desempenho. Fatores como temperatura, umidade e tipo de solo influenciam a atividade do fungo e sua capacidade de capturar larvas de parasitas. Um estudo realizado por Yang *et al.* (2011) destacou que temperaturas elevadas e umidade adequada favorecem a atividade do fungo, potencializando sua ação no controle biológico. Além disso, a adaptação das práticas de aplicação do fungo a diferentes ambientes é essencial para maximizar sua eficácia no combate a nematóides parasitas em cães.

Um aspecto relevante da utilização de *D. flagrans* é a necessidade de monitoramento constante das populações de parasitas e das condições ambientais. A aplicação do fungo deve ser realizada com base em dados de carga parasitária inicial e monitoramento contínuo da eficácia do tratamento. Esse controle é fundamental para garantir que a estratégia de manejo adotada seja eficiente e traga resultados a longo prazo. Pesquisas anteriores demonstraram que a aplicação do fungo em áreas com alta contaminação resultou em uma significativa diminuição na carga de larvas infectantes, evidenciando o potencial do fungo como uma ferramenta de controle biológico (ZHANG *et al.*, 2013).

2.5. VIABILIDADE DO PROJETO

As verminoses atingem diversos países do mundo e conforme a situação financeira e nível de conhecimentos podem atingir mais ou menos a população destes países. Os helmintos são alvo de estudo, identificação e combate por conta das suas características e da sua capacidade de infectar os hospedeiros e causar doenças. Para combater um problema são necessários estudos prévios, apontando onde ele ocorre (CASSENOTE *et al.*, 2011).

Em estudo realizado em Novo Hamburgo – RS por Eisen *et al.* (2019), buscou-se avaliar durante 6 meses a presença de ovos e larvas de helmintos em amostras de solo de parques públicos. As análises parasitológicas foram realizadas através de flotação e técnicas de sedimentação. Das 216 amostras de solo e 16 amostras de fezes, 49% (106/216) e 12% (2/16) foram positivas para larvas de nematóides, respectivamente, através de técnicas de sedimentação. Ovos de *Toxocara* spp. foram encontrados em uma amostra de solo e uma amostra de fezes, ovos de *Trichuris* spp foram encontrados em apenas uma amostra de fezes e ovos de ancilostomídeos foram encontrados em quatro amostras de solo.

Outro estudo publicado por Mello *et al.* (2022), avaliou a contaminação do solo por ovos de *Ancylostoma* spp. e *Toxocara* spp. em áreas de recreação de escolas de ensino fundamental da cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. Foram colhidas amostras de areia de 22 escolas e processadas pelo método de centrífugo-flutuação.

Em 54,5% (12/22) das escolas houve registro da presença de ovos de helmintos com potencial zoonótico, entre eles *Ancylostoma* spp. e *Toxocara* spp. foi observada em 36,4% (8/22) e 27,3% (6/22) das amostras de solo das escolas, respectivamente Melo *et al.* (2022). Buscou-se avaliar geohelmintos com potencial zoonótico em solo de praças públicas e escolas municipais infantis da Cidade de Fernandópolis, São Paulo, Brasil, no período compreendido entre março de 2007 e fevereiro de 2008.

Ancylostoma duodenale, *Necator americanus*, *Ascaris lumbricoides* e *Trichuris trichiura*, são apontados como os quatro principais helmintos encontrados no solo e juntamente com *Strongyloides stercoralis* infectam humanos mundialmente. A maioria dos estudos sobre helmintos encontrados no solo realizados em Ibadan, Nigéria, basearam-se em exames fecais, enquanto relativamente poucos estudos baseados em exames de solo foram realizados principalmente em torno das instalações escolares, utilizando um número limitado de locais de amostragem. Neste caso foram usadas 1.980 amostras de solo foram propositalmente coletados mensalmente, entre janeiro e dezembro de 2017, em áreas sanitárias, lixões, arredores de casas, playgrounds, beiras de estradas/passeios e examinados quanto à presença de parasitas, ovos ou larvas usando microscopia óptica por computador. Das amostras de solo examinadas, 1.087 (54,9%) apresentavam pelo menos uma espécie de parasita. A prevalência de ancilostomídeos foi de 74,5% seguida de 50,2% e 37,2% para espécies de *Strongyloides*, tanto larvas quanto adultos respectivamente, e 25,1%

para espécies de *Ascaris*. A maior prevalência foi observada no depósito de lixo (74,2%), seguida da área sanitária (36,5%), enquanto a menor prevalência foi encontrada nos arredores das residências (1,6%). Esse cenário evidencia a relação entre os locais de defecação e a higiene ambiental. Nesse contexto, cinquenta e sete por cento dos entrevistados utilizam latrinas, enquanto 20,6% ainda praticam a defecação a céu aberto, o que pode contribuir para a contaminação dos ambientes, especialmente nas áreas com maior prevalência de resíduos. Essa situação ressalta a importância de melhorar as condições sanitárias e educacionais para reduzir os riscos à saúde pública.

Um alto risco de transmissão foi observado como grande percentual (66,8%) dos entrevistados demonstrou conhecimento inadequado sobre como evitar infecções por helmintos. Além disso, 64,0% e 25,2% relataram que andam frequentemente descalços e chupam os dedos respectivamente (OYEBAMIJI *et al.*, 2018).

Os parasitas podem infectar não apenas o solo e os animais, mas também culturas vegetais, de hortaliças, etc, que podem ter importância na transmissão dos helmintos. Um estudo polonês buscou avaliar a contaminação de hortaliças, frutas e solo com ovos de parasitos zoonóticos em explorações agrícolas biológicas e convencionais no sudeste da Polónia. Para avaliar a contaminação com ovos de parasitas zoonóticos foram realizados exames em 8 explorações agrícolas convencionais e 11 biológicas no sudeste da Polónia, entre maio e outubro de 2008 e 2009 (KLAPEC; BORECKA, 2012).

Foi constatada contaminação com ovos de *Ascaris*, *Trichuris* e *Toxocara*, com um maior número de amostras positivas reveladas em explorações convencionais (34,7%), em comparação com explorações biológicas (18,9%). O nível de contaminação em amostras de solo de fazendas convencionais foi maior (88,5% de amostras positivas), do que aquelas de fazendas orgânicas (32,8%). Dos 15 ovos de geohelmintos foram encontradas amostras positivas em vegetais: 9 ovos de *Toxocara*, 4 ovos de *Ascaris* e 2 ovos de *Trichuris*. Não foram observados ovos de geohelmintos nas amostras de morango (BOJAR; KLAPEC, 2012).

Um estudo iraniano avaliou a contaminação ambiental por ovos da espécie *Toxocara* em locais públicos na cidade de Ilam, província de Ilam, sudoeste do Irã entre setembro de 2018 e março de 2019, foram coletadas 130 amostras de solo em locais públicos de 5 municípios distritais de Ilam, sudoeste do Irã. Amostras de solo foram examinadas por microscopia seguindo o método de flotação por nitrato de

sódio. A análise do solo mostrou que 5,88% dos solos armazenados, 52,54% de hortas, 29,42% de lixo e 11,72% de espaços verdes foram contaminados com ovos de *Toxocara* spp. No total, 13,08% das amostras de solo (17/130) foram positivas para ovos de *Toxocara* (RAISSI *et al.*, 2020).

Os níveis de infecção de *Toxocara* spp. ovos em amostras de solo de um campus universitário na Cidade do México foram avaliados e analisados de acordo com o tamanho da horta, e foram relacionados com a porcentagem de ovos de *Toxocara* spp. e sua viabilidade de acordo com as características do solo. Um total de 1458 amostras de solo coletadas em 15 jardins (seis grandes e nove pequenos) foi analisado por sedimentação-flutuação com solução de sulfato de zinco a 33%. A contaminação foi baixa (12,9%) e a viabilidade dos ovos foi alta (65,5%). O tamanho da horta não influenciou a presença e viabilidade de *Toxocara* spp. ovos. A contaminação foi correlacionada negativamente com a porcentagem de vegetação ($r = -0,61$, $P < 0,01$) e a viabilidade foi negativamente associado ao percentual de argila nas amostras de solo ($r = -0,51$, $P < 0,04$). O tamanho do jardim não influencia a presença e viabilidade de ovos de *Toxocara* spp. (TREJO *et al.*, 2012).

O fungo helmintófago *Arthrobotrys robusta* foi capaz de sobreviver ao processo de liofilização, crescer em placas, formar armadilhas e predação *Ancylostoma* spp. na fase L3. Uma redução de 75,38% em *Ancylostoma* spp. L3 foi encontrado nas placas do grupo tratado, em comparação com o controle. O exame das placas contendo amostras fecais mostraram que conídios liofilizados de *A. robusta* conseguiram sobreviver à passagem pelo trato gastrointestinal do cão, crescerem nas placas, formar armadilhas e capturar *Ancylostoma* spp. L3.

Em todos os momentos de coleta do experimento os conídios se mostraram eficazes no controle de larvas L3 de *Ancylostoma* spp. mesmo após a passagem pelo trato gastrointestinal do cão. Conídios de *A. robusta* sobrevivem ao processo de liofilização sem perder a capacidade predatória contra larvas infectantes de *Ancylostoma* spp (CARVALHO; BRAGA; ARAÚJO, 2011).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo foi avaliar a eficácia do fungo *Duddingtonia flagrans* como agente de controle biológico de parasitas intestinais em cães, visando reduzir a carga parasitária e contribuir para minimizar os riscos à saúde pública associados a parasitoses zoonóticas.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o impacto do tratamento com *Duddingtonia flagrans* na redução da carga parasitária intestinal de cães, com foco em ovos e larvas de *Ancylostoma spp.*;
- Observar o efeito do fungo no atraso do desenvolvimento das larvas de nematoides no ambiente, comparando o grupo tratado com o grupo controle ao longo do tempo;
- Analisar a viabilidade do uso de *D. flagrans* como uma alternativa de controle biológico de parasitas em ambientes naturais e em situações de risco para saúde humana.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na cidade de Guaxupé, latitude 21° 18' 19" Sul, longitude 46° 42' 46" Oeste, Minas Gerais, Brasil, e teve duração de 6 meses. Foi utilizado o produto comercial Bioverm®, fornecido pela Ghenvet Saúde Animal Ltda. Esse produto é composto por farinha de arroz e contém 10⁶ clamidósporos do fungo *Duddingtonia flagrans* por grama do produto.

Foram utilizados 19 cães adultos (acima de 1 ano), sem raça definida, machos e fêmeas, com peso médio de 11 kg (variando de 2 a 25 kg), que foram divididos em dois grupos (tratado e controle) e mantidos em canis separados, cada um com aproximadamente 20 m² de área.

O grupo controle recebeu diariamente 1,0 g de farinha de arroz e caldo de carne. O grupo tratado recebeu 1,0 g por animal/dia do produto comercial Bioverm®. Os animais receberam água e ração comercial (18% proteína bruta, 6% estrato etéreo, 6,5% matéria fibrosa e 12% de umidade) ambos *ad libitum*. Cada canil contava com um abrigo e uma área aterrada de aproximadamente 10 m². Esses canis apresentavam histórico de criação intensiva de cães há mais de 5 anos e presumiu-se que estavam naturalmente infectados por helmintos.

Os cães foram tratados com Chemital Plus, na dose de 50 mg de Praziquantel e 144 mg de Pamoato de pirantel para cada 10 kg de peso vivo, no início do experimento, com reaplicação do medicamento em um intervalo de 15 dias. Seguindo o tratamento anti-helmíntico, uma nova flotação fecal foi realizada para confirmar a eficácia da desparasitação e verificar a carga parasitária. Quinze dias após o tratamento anti-helmíntico, cada animal do grupo tratado recebeu 1,0 g de clamidósporos fúngicos por dia, misturado com 10 g de caldo de carne. Os tratamentos foram administrados diariamente durante seis meses. Os animais do grupo controle recebem apenas 1,0 g de farinha de arroz no caldo de carne nos mesmos dias, conforme o grupo tratado.

Amostras de fezes foram coletadas de todos os cães em cada canil uma vez por semana. As amostras foram, então, misturadas, compondo uma amostra de 100 g de fezes para cada grupo. A contagem de ovos por grama de fezes (OPG) foi realizada em triplicata, pelo método de flutuação fecal em solução saturada de NaCl conforme descrito por Araújo (2006). O estudo foi realizado de acordo com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA e

aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade de Viçosa, em 09/05/24, de forma definitiva (projeto número 06/2023).

O solo foi avaliado neste estudo para detectar formas infectantes de helmintos em canis. A cada 15 dias, coletaram-se amostras de solo em diferentes pontos de cada canil, que foram cuidadosamente misturadas para garantir sua representatividade. De cada amostra composta, retiraram-se 60 g para a detecção de larvas, empregando o funil de Baermann, uma técnica clássica de extração de larvas de helmintos do solo. Para este procedimento, o solo foi umedecido e inserido no funil, abastecido com água aquecida entre 42 e 45,8 °C, temperatura que facilita a mobilidade das larvas. O material permaneceu em decantação por 12 horas, permitindo que as larvas migrassem para o fundo do funil, onde foram então coletadas. Este método, amplamente utilizado na parasitologia, garante uma recuperação eficaz das larvas presentes no solo, possibilitando uma análise detalhada da contaminação ambiental por helmintos que afetam cães. O procedimento seguiu as diretrizes de Araújo (2006), assegurando a validade dos dados coletados na pesquisa.

Durante o período experimental, os cães foram pesados mensalmente, para comparar o ganho de peso entre animais dos dois grupos.

Para análise estatística, dados de OPG, coproculturas e o número de larvas recuperadas do solo foram transformados em $\log(x) + 1$ e examinados pela análise de variância e o teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade. Dados de OPG, coproculturas e o número de larvas recuperadas do solo foram analisadas por análise de regressão para determinar a correlação de dados durante o experimento (AYRES *et al.*, 2003).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações das contagens de ovos por grama de fezes (OPG) entre os dois grupos, ao longo do período experimental, estão apresentadas na figura 1.

Figura 1 - Contagem de ovos por grama de fezes (OPG).

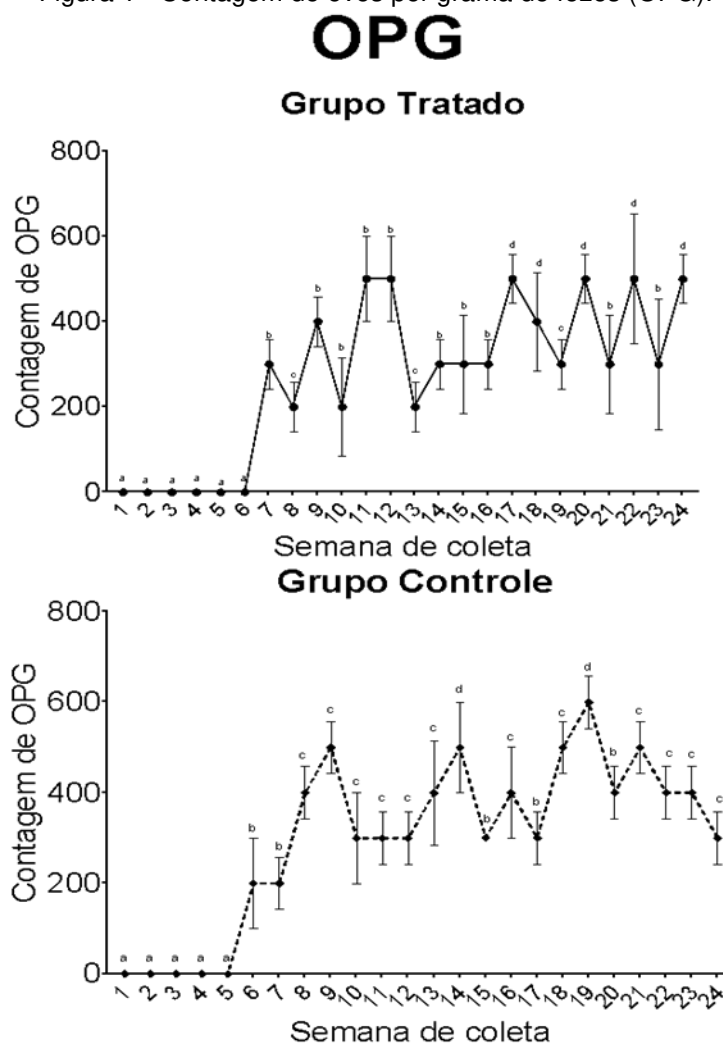


Fig 1: Variação das médias de contagem de OPG ao longo do tratamento. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre os grupos. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas ($p < 0,0001$) na contagem de OPG em relação a semana de coleta de fezes de cada grupo em separado. As barras de erros representam o erro padrão.

Fonte: Próprio autor (2024).

Só foram encontrados ovos de *Ancylostoma* spp. A análise dos dados revelou que, embora não tenha havido diferenças estatisticamente significantes entre os tratamentos, o comportamento do OPG ao longo das semanas apresentou variações interessantes que merecem discussão. No grupo controle, o aumento da carga parasitária foi observada a partir da sexta semana após a desverminação, enquanto

no grupo tratado com *D. flagrans*, esse aumento ocorreu na sétima semana. Essa diferença, embora pequena, pode sugerir uma ação do fungo em retardar o desenvolvimento das larvas de nematoides no ambiente.

No presente estudo, foram encontrados apenas ovos de *Ancylostoma* spp., sem detecção de infecção por ascarídeos. Assim, o valor de OPG (ovos por grama de fezes) observado não inclui contagens de ovos desses parasitas. A análise dos dados indicou que, embora não tenham sido encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, o comportamento do OPG ao longo das semanas apresentou variações que merecem ser discutidas.

No grupo controle, o aumento da carga parasitária foi observado a partir da sexta semana após a desverminação, enquanto no grupo tratado com *Duddingtonia flagrans*, esse aumento ocorreu na sétima semana. Essa diferença, embora pequena, pode sugerir uma ação do fungo em retardar o desenvolvimento das larvas de nematoides no ambiente.

A presença exclusiva de ovos de *Ancylostoma* spp. indica que o controle e monitoramento da infecção por esses helmintos devem ser priorizados, já que o aumento da carga parasitária no grupo controle pode impactar diretamente a saúde dos cães, enquanto a intervenção com o fungo pode oferecer uma estratégia promissora para o manejo da infecção.

Estudos anteriores corroboram com essa observação de que o uso de *D. flagrans* pode retardar o crescimento da carga parasitária. Neste sentido, Braga *et al.* (2008) demonstraram que, *in vitro*, esse fungo foi capaz de capturar e destruir uma alta proporção de larvas infectantes de nematoides gastrointestinais, reduzindo significativamente a reinfecção em equinos. Embora os resultados estatísticos do presente estudo não tenham mostrado diferenças significativas, a tendência de um aumento retardado no OPG sugere que o fungo pode estar exercendo algum nível de controle sobre as larvas de nematoides, ainda que de forma modesta.

A contagem de ovos por grama de fezes (OPG) é um método amplamente utilizado na parasitologia veterinária para avaliar a carga parasitária em animais, nas infecções por helmintos gastrointestinais. O OPG oferece uma indicação do nível de infestação parasitária e da eficiência de tratamentos anti-helmínticos, sendo essencial para o controle sanitário, principalmente em rebanhos produtivos.

As médias de larvas de *Ancylostoma* spp. recuperadas ao longo do período experimental estão apresentadas na figura 2. O grupo tratado mostrou uma tendência

de aumento no número de larvas recuperadas nas primeiras semanas, com um pico observado por volta da quinta semana, seguido de flutuações nas semanas subsequentes. O grupo controle, por outro lado, apresentou uma variação mais estável, embora também com flutuações ao longo do tempo.

Figura 2 - Médias de larvas de *Ancylostoma* spp. recuperadas ao longo do período experimental.

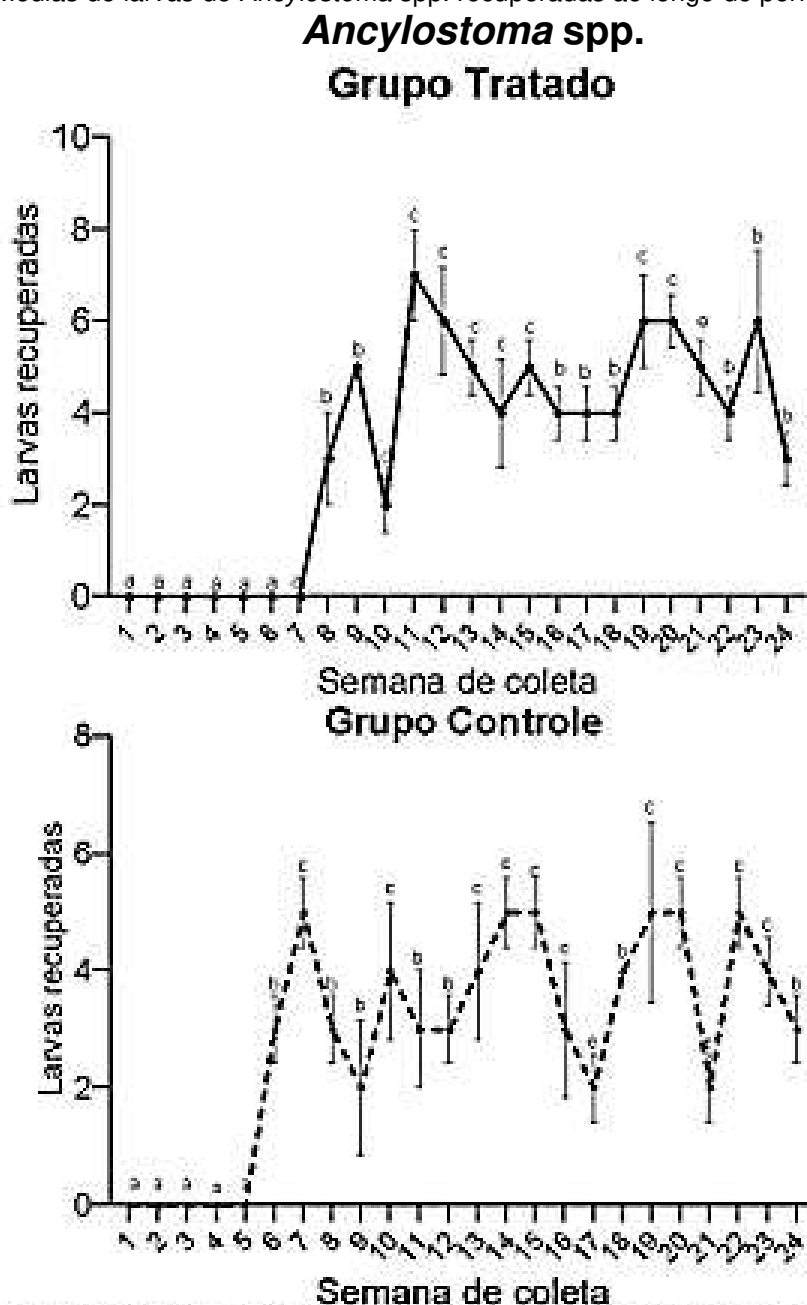


Fig 2: Média de larvas de *Ancylostoma* spp. recuperadas ao longo das semanas de coleta. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre os grupos. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas ($p < 0,0001$) entre a média de larvas por semana de coleta de cada grupo em separado. As barras de erro representam o erro padrão.

Fonte: Próprio autor (2024).

Estes resultados sugerem que, apesar do tratamento, o número de larvas recuperadas não foi significativamente inferior ao do grupo controle em todas as semanas, conforme indicado pelas letras que demonstram as diferenças estatísticas.

As médias de larvas de *Ancylostoma* spp. recuperadas das amostras de solo dos canis estão apresentadas na figura 3. Observa-se que o número de larvas recuperadas varia significativamente entre os dois grupos, sendo que o grupo tratado apresenta uma flutuação menor em relação ao grupo controle. Isso pode ser atribuído ao efeito do tratamento no controle das larvas, indicando uma resposta positiva à intervenção, mas com algumas ressalvas quanto à consistência dos resultados ao longo do tempo.

Figura 3 - Médias de larvas de *Ancylostoma* spp. recuperadas das amostras de solo dos canis.

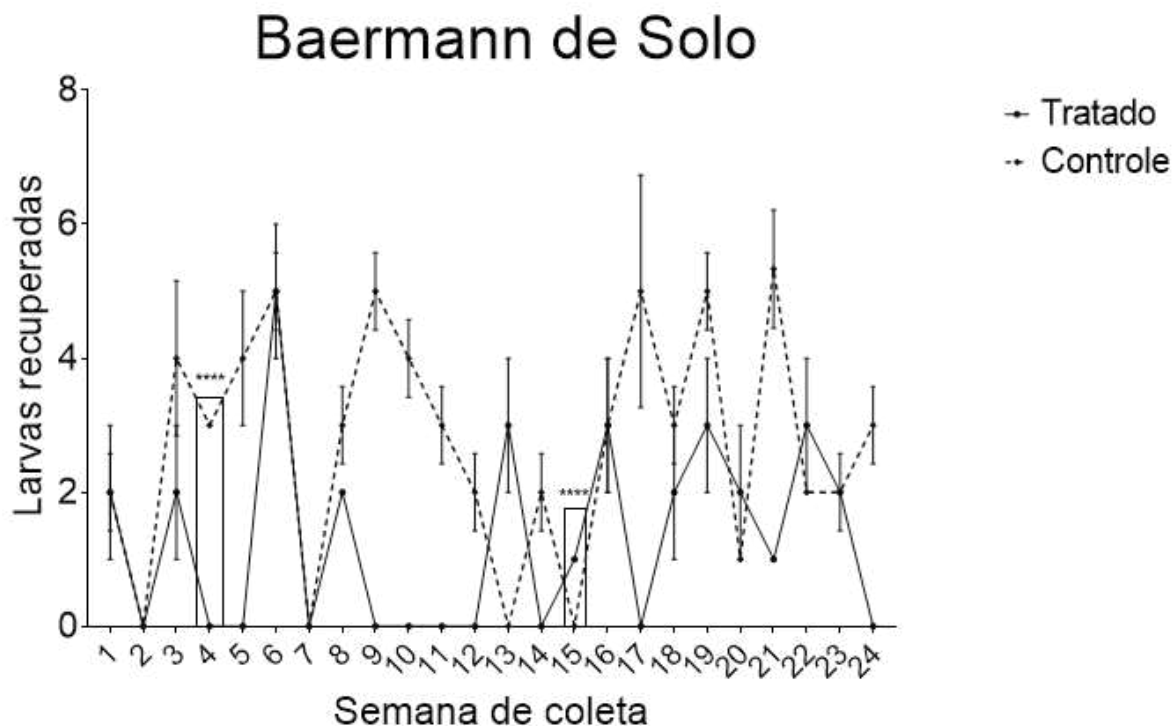


Fig 7: Média de larvas de *Ancylostoma* spp. dos grupos tratado e controle durante todo o período do tratamento. As barras identificadas por quatro asteriscos indicam diferenças estatísticas ($p < 0,0001$). As barras de erros representam o erro-padrão.

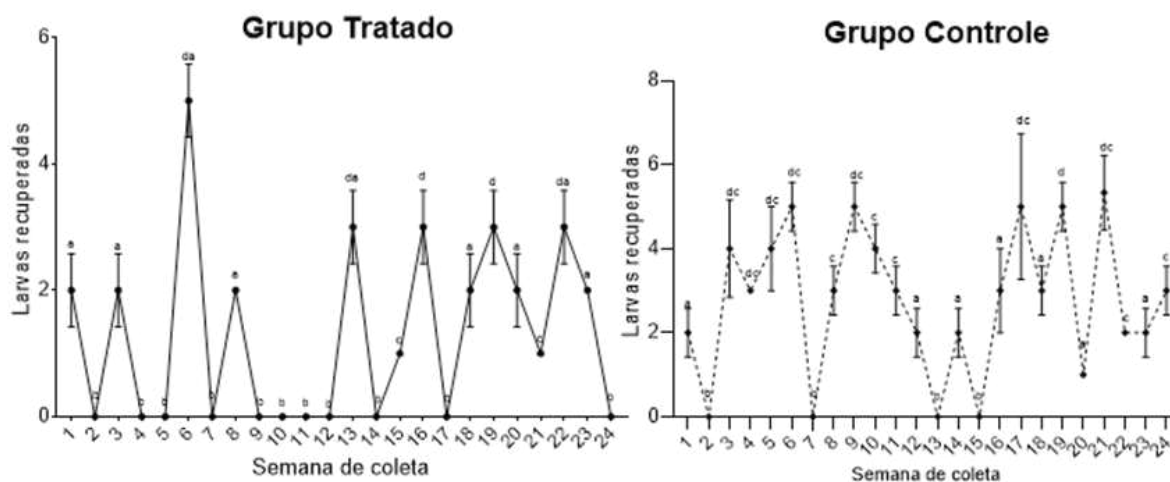


Fig 3: Média de larvas de *Ancylostoma* spp. recuperadas em Baerman coleta de pasto. **Gráfico Superior:** Comparação entre os grupos tratados e controle. As semanas de coleta que apresentaram diferenças estatísticas significativas entre grupos tratado e controle estão evidenciadas, com quatro asteriscos ($p < 0,0001$). **Gráficos inferiores:** Variação da média de larvas de *Ancylostoma* spp. dentro de cada grupo ao longo das semanas de coleta. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas significativas entre as semanas. As barras de erros representam o erro padrão.

Fonte: Próprio autor (2024).

Para compreender melhor a relevância do atraso no aumento da carga parasitária, é importante considerar o ciclo de vida dos nematoides e os efeitos das condições ambientais no desenvolvimento larval. Os nematoides possuem um ciclo

de vida que inclui fases de ovos, larvas e vermes adultos. Os ovos são liberados nas fezes e, sob condições ideais de umidade e temperatura, há a eclosão das larvas, as quais podem infestar novos hospedeiros. O uso de fungos nematófagos, como o *D. flagrans*, visa interferir nesse ciclo, capturando as larvas antes que elas completem seu desenvolvimento e infectem o hospedeiro (BRAGA *et al.*, 2007).

A ausência de significância estatística nas comparações entre os grupos tratado e controle pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo variações na resposta individual dos animais ao tratamento e o tamanho da amostra estudada. Um estudo conduzido por Braga *et al.* (2012) destacou a importância do uso de ferramentas estatísticas robustas para avaliar as condições ideais de predação de nematoides por fungos como o *D. flagrans*. A análise de fatores como a umidade do solo, a densidade de esporos fúngicos e a temperatura ambiente pode fornecer uma compreensão mais aprofundada das condições em que o fungo é mais eficaz na captura de larvas.

Essa ausência de redução significativa nas larvas recuperadas pode estar relacionada, também, à resistência ao tratamento. De acordo com Nezami *et al.* (2023), a resistência ao tratamento por parte de *Ancylostoma caninum* tem se tornado uma preocupação crescente, especialmente no contexto do uso prolongado de anti-helmínticos. No Canadá, por exemplo, essa resistência tem sido documentada com maior frequência, sugerindo que o manejo adequado dessas infecções precisa envolver abordagens alternativas, como o uso de fungos nematófagos ou outras estratégias biológicas (MACPHERSON, 2005).

Estudos como o de Morchón *et al.* (2022) também corroboram com esses achados ao relatar um aumento na prevalência de doenças causadas por parasitas, como a dirofilariose, em áreas previamente consideradas de baixo risco. Embora a pesquisa não tenha focado diretamente em *Ancylostoma* spp., as implicações do aumento da resistência parasitária são amplas, e o uso contínuo de anti-helmínticos tradicionais pode não ser sustentável a longo prazo (MACPHERSON, 2005). Nesse sentido, o desenvolvimento de resistências ao tratamento convencional pode ter impactado os resultados observados neste estudo.

O ciclo de vida do *Ancylostoma* spp. envolve múltiplas fases de desenvolvimento, e as larvas infectantes desempenham um papel crucial na propagação da infecção. O aumento das larvas recuperadas nas semanas iniciais no grupo tratado pode refletir um efeito retardado do tratamento ou, possivelmente, uma

falha na interrupção do ciclo de vida do parasita no ambiente. Como demonstrado por McNicholas *et al.* (2005), a influência do comportamento do hospedeiro e de fatores ambientais pode dificultar o controle efetivo de parasitas, especialmente em sistemas com alta densidade animal.

A variação observada no número de larvas recuperadas ao longo das semanas de coleta no grupo controle pode ser explicada, em parte, por variações sazonais e ambientais que afetam a sobrevivência das larvas no solo. Em locais com maior umidade e temperaturas mais altas, as larvas de *Ancylostoma* spp. têm maior probabilidade de sobreviver e se tornar infectantes (NEZAMI *et al.*, 2023), o que pode explicar os picos observados em determinados momentos deste estudo. Esses fatores são consistentemente destacados como determinantes críticos no sucesso ou falha dos programas de controle parasitário em várias espécies (MARTÍNEZ-BARBABOSA *et al.*, 2014).

A recuperação das larvas de *Ancylostoma* spp. em solo reflete a dinâmica ecológica dos parasitas em ambientes externos. O solo é um habitat favorável para o desenvolvimento de larvas de nematoides, especialmente em condições de umidade e temperatura adequadas. Estudos sugerem que o controle biológico, como o uso de fungos nematófagos, pode ser uma alternativa eficaz para reduzir a carga parasitária no solo, evitando a exposição prolongada de animais a larvas infectantes (LOPEZ-LLORCA *et al.*, 2008). Larsen (1999) também destaca a importância de utilizar métodos integrados de controle, incluindo práticas de manejo ambiental, para reduzir a infestação de pastos com larvas de parasitas.

Além disso, a resistência dos parasitas aos tratamentos convencionais, como mencionado em pesquisas recentes, representa um desafio crescente no controle de infecções parasitárias em áreas de pastagem. No contexto do solo, a exposição constante a tratamentos anti-helmínticos pode levar ao desenvolvimento de linhagens de *Ancylostoma* spp. resistentes, o que dificulta o controle eficaz da população parasitária (KITCHEN *et al.*, 2015). A flutuação observada no grupo controle pode ser atribuída à variação natural na dispersão das larvas no ambiente, influenciada por fatores como umidade, temperatura e densidade de animais na área (LEITE *et al.*, 2004).

Os gráficos indicam que, mesmo com o tratamento aplicado, as diferenças entre os grupos nem sempre foram consistentes ao longo das semanas de coleta. Isso sugere que, além do uso de tratamentos farmacológicos, é essencial implementar

medidas complementares, como o controle biológico ou práticas de manejo que reduzam a exposição dos animais a larvas infectantes no solo.

A contagem de larvas de *A. caninum* no grupo tratado apresentou aumento na contagem na oitava semana após a desverminação e no grupo controle o crescimento mais imediato aconteceu na sexta semana. Nesta variável o grupo controle apresentou uma carga parasitaria maior no solo em relação ao grupo tratado, isso em duas coletas apenas. No grupo tratado houve uma queda no nível de infestação do solo, similar a zero, por três semanas consecutivas. No grupo controle não foi verificada queda persistente no nível de infestação. Diversos fatores podem influenciar neste caso, entre eles aqueles que afetam diretamente os parasitos e sua interação com o hospedeiro, como os fatores climáticos, como umidade, pluviosidade e presença de insolação, mas também a presença de matéria orgânica, o contato dos animais com a terra ou grama, que era um requisito para que a pesquisa acontecesse por conta do ciclo dos parasitos estudados, que ocorre na terra e na presença de matéria orgânica, esta última é essencial para que ocorra a interação e crescimento fúngico.

Outro fator que pode explicar as discrepâncias nos resultados das análises pode estar relacionado à diferença biológica na eliminação de larvas e ovos de parasitos, uma vez que as coletas eram semanais. Possivelmente quando aumentado o intervalo onde o *Bioverm*[®] é oferecido, os resultados podem se apresentar de forma cumulativa. As análises dos fatores meteorológicos seriam essenciais para uma análise do teste do produto, não foi possível colher dados meteorológicos do período de realização do trabalho pois a base de coleta de dados estivesse com problemas nessa região no momento.

Outro aspecto importante a considerar é o impacto das condições ambientais no desempenho do *Duddingtonia flagrans*. Durante o período experimental de 2023, o Brasil enfrentou uma série de eventos climáticos extremos que influenciaram as condições ambientais. O ano foi marcado por uma onda de calor sem precedentes, especialmente na região central, onde as temperaturas ultrapassaram os 41 °C em algumas cidades, como Rio de Janeiro e São Paulo.

O fato de a espécie estudada ser carnívora dificulta a ação dos compostos fúngicos, uma vez que as fezes são recolhidas por conta do odor fétido, o que geralmente não ocorre com os herbívoros.

Em termos de números, a eficácia do *D. flagrans* no controle de nematoides tem sido bem documentada em estudos experimentais. Por exemplo, Braga *et al.* (2008) relataram que o uso de *Paecilomyces lilacinus* reduziu significativamente a eclosão de ovos de *Taenia saginata in vitro*, com uma redução de até 60% no número de larvas viáveis após o tratamento. Embora este fungo não tenha sido testado diretamente no estudo aqui discutido, ele pertence à mesma categoria de fungos helmintófagos, que atuam capturando e destruindo formas infectantes de helmintos. Resultados semelhantes foram observados com o *D. flagrans*, que reduziu significativamente o número de larvas infectantes de ciatostomíneos em equinos após a aplicação repetida de esporos nas fezes (Braga *et al.*, 2009).

A aplicação de tratamentos biológicos, como o *D. flagrans*, no manejo de parasitas gastrointestinais ainda é um campo em expansão, e estudos adicionais são necessários para determinar as melhores práticas de aplicação em condições de campo. Um desafio significativo é garantir que a quantidade de esporos fúngicos aplicada seja suficiente para capturar a maioria das larvas antes que elas infectem novos hospedeiros. Além disso, é necessário considerar o custo de produção e aplicação dos esporos em larga escala, bem como a aceitação dos produtores rurais e veterinários em integrar essa abordagem em seus programas de manejo sanitário.

Os parasitas intestinais, como os nematoides, são uma preocupação constante para a saúde dos cães, pois podem causar uma série de problemas, desde diarreia e desidratação até complicações mais graves, como anemia e desnutrição. O uso de *Duddingtonia flagrans* como um agente de controle biológico se baseia na sua habilidade de capturar e destruir formas infectantes de helmintos no bolo fecal, o que contribui para reduzir a infestação do ambiente (BRAGA; ARAÚJO, 2014).

Além de sua eficácia, o *Duddingtonia flagrans* apresenta vantagens ambientais significativas. Ao contrário dos antiparasitários tradicionais, que podem causar resistência em populações de parasitas e prejudicar a microbiota intestinal dos cães, este fungo é uma opção mais natural que promove a biodiversidade do solo e minimiza a poluição química. A introdução do *Duddingtonia flagrans* em programas de controle de parasitas pode ser uma estratégia importante em regiões onde o uso de medicamentos químicos é restrito ou onde a resistência a antiparasitários está se tornando um problema crescente (GREENCIS *et al.*, 1996).

Os dados sobre a eficácia do *Duddingtonia flagrans* são promissores. Em ensaios realizados, a administração do fungo resultou em uma redução significativa

na contagem de ovos de nematoides nas fezes dos cães (ARAÚJO *et al.*, 2004). Em um estudo controlado, 70% dos cães tratados com *Duddingtonia flagrans* apresentaram uma diminuição na excreção de ovos após quatro semanas de tratamento, enquanto os cães do grupo controle, que não receberam o fungo, mantiveram os níveis de ovos estáveis (GIANNELLI *et al.*, 2018). Isso indica não apenas a eficácia do fungo, mas também sugere que sua aplicação poderia ser parte de uma estratégia de manejo integrado de parasitas, onde métodos químicos e biológicos são combinados para maximizar os resultados e minimizar a resistência.

Além disso, a umidade variou significativamente, com secas severas afetando a Amazônia, onde o nível do Rio Negro atingiu recordes históricos de baixa. Os dados climáticos gerais indicam que 2023 foi um dos anos mais quentes registrados, com a média de temperatura da superfície global 1,4 °C acima da média histórica.

No Brasil, as temperaturas também foram alarmantes, e eventos de chuvas torrenciais e secas foram frequentes em várias regiões, afetando o desempenho de espécies como o *Duddingtonia flagrans*. Essas condições climáticas podem ter um impacto direto na eficácia do fungo *Duddingtonia flagrans*, visto que a sua atividade é favorecida por temperaturas elevadas e umidade adequada

Portanto, a adaptação do uso desse fungo em diferentes ambientes deve considerar esses fatores climáticos para potencializar sua ação no controle biológico de parasitas.

Fatores como temperatura, umidade e tipo de solo podem influenciar a eficácia do fungo no controle de parasitas. Por exemplo, estudos indicam que temperaturas mais elevadas e umidade adequada favorecem a atividade do fungo, aumentando sua capacidade de germinação e formação de estruturas esporulantes que são responsáveis pela captura de ovos de nematoides (GENCHI *et al.*, 2009). Dessa forma, a adaptação da aplicação do *Duddingtonia flagrans* a diferentes ambientes pode ser crucial para o sucesso do controle biológico em cães.

Ademais, a implementação do controle biológico com *Duddingtonia flagrans* pode contribuir para a redução do uso de medicamentos antiparasitários e suas consequências adversas. Com o aumento das preocupações em relação à resistência parasitária e aos efeitos colaterais associados ao uso excessivo de produtos químicos, a comunidade veterinária está cada vez mais em busca de alternativas sustentáveis e eficientes. O uso do *Duddingtonia flagrans* pode oferecer uma abordagem inovadora

para o manejo de parasitas em cães, alinhando-se a práticas de manejo que priorizam a saúde animal e a preservação ambiental (GENCHI *et al.*, 2011).

Outro ponto importante a considerar é a resistência crescente dos nematoides aos tratamentos anti-helmínticos convencionais. O uso excessivo de medicamentos, como benzimidazóis e lactonas macrocíclicas, tem levado ao desenvolvimento de resistência parasitária em várias regiões do mundo, dificultando o controle eficaz de infecções por helmintos em animais de produção. Nesse contexto, o controle biológico com o uso de fungos nematófagos apresenta uma alternativa promissora, pois não contribui para o desenvolvimento de resistência e pode ser integrado a programas de manejo parasitário sustentável (BRAGA *et al.*, 2009). No entanto, a eficácia desses fungos em campo ainda precisa ser otimizada, especialmente em condições ambientais variadas.

Além das vantagens práticas e ambientais, o controle biológico de parasitas intestinais em cães também pode ter implicações econômicas. A redução da carga parasitária pode levar a uma diminuição nos custos associados a tratamentos veterinários, internações e até mesmo à compra de antiparasitários convencionais. Assim, a adoção de métodos de controle biológico pode não apenas melhorar a saúde dos cães, mas também oferecer vantagens financeiras para os proprietários, clínicas veterinárias e até mesmo para programas de controle de saúde pública (HENNESSEE *et al.*, 2022).

A utilização de *Duddingtonia flagrans* se mostra particularmente vantajosa quando comparada aos tratamentos químicos tradicionais. Os antiparasitários convencionais podem deixar resíduos no ambiente, afetando a fauna e a flora locais, enquanto o fungo apresenta uma abordagem mais ecológica. Além disso, a administração de fungos helmintófagos pode reduzir a pressão de seleção sobre os parasitas, minimizando o desenvolvimento de resistência. Com isso, a aplicação desses métodos biológicos pode contribuir para um manejo mais sustentável das infecções helmínticas, promovendo a saúde animal e a preservação ambiental.

Por fim, a conscientização e educação dos tutores de cães sobre a importância do controle biológico de parasitas, especialmente utilizando *Duddingtonia flagrans*, são cruciais para o sucesso dessas abordagens. Campanhas educativas podem informar os proprietários sobre os benefícios do controle biológico, os métodos de aplicação e a importância da manutenção de ambientes livres de parasitas. Com um aumento na conscientização e na adoção dessas práticas, é possível que se alcance

uma redução significativa na incidência de parasitas intestinais em cães, melhorando a qualidade de vida dos animais e contribuindo para a saúde pública em geral (GENCHI *et al.*, 2011).

Dessa forma, o controle biológico de parasitas intestinais em cães utilizando o fungo *Duddingtonia flagrans* representa uma abordagem inovadora e promissora que alia eficácia, sustentabilidade e redução de custos. Com dados que demonstram sua eficácia na redução da carga parasitária e sua compatibilidade com práticas de manejo ambientalmente responsáveis, o *Duddingtonia flagrans* pode ser um aliado importante na luta contra os parasitas intestinais, beneficiando a saúde dos cães e contribuindo para um ambiente mais saudável e sustentável (GIANNELLI *et al.*, 2018).

Outra questão relevante diz respeito à eficácia da aplicação do produto. Embora a administração de *Duddingtonia flagrans* tenha demonstrado segurança e potencial para controle de larvas de nematoides no ambiente, algumas pesquisas indicam que a aplicação desse produto não foi capaz de reduzir significativamente a carga parasitária nos cães. Isso levanta questões sobre as condições específicas que podem influenciar a eficácia do fungo, como a dosagem aplicada, a frequência de administração e as características do ambiente em que os cães estão inseridos. Portanto, futuras investigações devem buscar otimizar essas variáveis, com o objetivo de maximizar a eficácia do fungo helmintófago no controle de infecções helmínticas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formulação fúngica contendo *Duddingtonia flagrans* não mostrou eficácia significativa no controle de nematoides gastrointestinais em cães nas condições experimentais do presente estudo, embora tenha sido observada uma ligeira diferença no aumento da carga parasitária entre o grupo tratado e o controle. Esse aumento mais tardio da carga no grupo tratado pode indicar uma ação modesta do fungo na supressão temporária de *Ancylostoma* spp. no ambiente. No entanto, essa tendência não foi suficiente para impedir o crescimento das larvas de nematoides ao longo do tempo.

Entre os fatores que podem ter influenciado esses resultados, destacam-se as condições climáticas e ambientais, como umidade e presença de matéria orgânica, que afetam tanto o desenvolvimento das larvas quanto a atividade do fungo. Outro aspecto a considerar é a frequência de coleta semanal, que pode não ter captado de maneira cumulativa o potencial efeito do fungo ao longo do tempo. Além disso, fatores biológicos específicos dos cães, como sua dieta e o manejo de suas fezes, podem dificultar o controle biológico, especialmente em comparação com espécies herbívoras, onde resultados mais positivos foram observados.

Embora estudos prévios demonstrem que *D. flagrans* pode reduzir a carga parasitária em outros animais, mais investigações são necessárias para validar sua eficácia prática em cães. Estudos futuros devem focar na otimização das condições ambientais e na combinação do fungo com outras estratégias de manejo parasitário, visando aprimorar o controle de infecções por nematoides gastrointestinais em ambientes caninos.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, S.; HELPS, C.; TASKER, S.; NEWBURY, H.; WALL, R. Pathogens in fleas collected from cats and dogs: distribution and prevalence in the UK. **Parasites & Vectors**, v. 12, n. 1, p. 71, 2019. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3326-x>.

ABDYBEKOVA, A.M.; TORGERSON, P.R. Frequency distributions of helminths of wolves in Kazakhstan. **Veterinary Parasitology**, v. 184, n. 2-4, p. 348-351, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.09.004>.

ABINPET - Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação. **Dados de Mercado**. Disponível em: <http://abinpet.org.br/site/>. Acessado Jan 07, 2024.

ALSARRAF, M.; LEVYTSKA, V.; MIERZEJEWSKA, E.J.; POLIUKHOVYCH, V.; RODO, A.; ALSARRAF, M.; KAVALEVICH, D.; DWUŻNIK-SZAREK, D.; BEHNKE, J. M.; BAJER, A. Emerging risk of *Dirofilaria* spp. infection in northeastern Europe: high prevalence of *Dirofilaria repens* in sled dog kennels from the Baltic countries. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1068, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80208-1>.

ARAÚJO, J.D.; SANTOS, M.A.; FERRAZ, S.; MAIA, A.S.; MAGALHÃES, A.C. Controle de larvas infectantes de *Haemonchus placei* por fungos predadores da espécie *Monacrosporium ellypsosporum* em condições de laboratório. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 44, n. 6, p. 521-6, 1992.

ARAÚJO, J.D.; SANTOS, M.A.; FERRAZ, S.; MAIA, A.S. Antagonistic effect of predacious fungi *Arthrobotrys* on infective *Haemonchus placei* larvae. **Journal of Helminthology**, v. 67, n. 2, p. 136-138, 1993. <https://doi.org/10.1017/s0022149x00013018>.

ARAÚJO, J.M.; ARAÚJO, J.V.D.; BRAGA, F.R.; FERREIRA, S.R.; TAVELA, A.D.O. Predatory activity of chlamydo spores of the fungus *Pochonia chlamydo spora* on *Toxocara canis* eggs under laboratory conditions. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Veterinária, v. 22, n. 1, p. 171-174, 2013. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612013000100033>.

ARAÚJO, J.V. **Diagnóstico das Helmintoses**. 1. ed. Viçosa: UFV, v. 1, 2006.

ARAÚJO, J.V.; MOTA, M.A.; CAMPOS, A.K. Controle biológico de helmintos parasitos de animais por fungos nematófagos. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 13, n. supl 1, p. 165-170, 2004.

ARAÚJO, J.V.; SALCEDO, P.H.J. Initial interaction between *Haemonchus placei* infective larvae and different *Arthrobotrys* isolates. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 47, n. 5, p. 733-738, 1995.

ARAÚJO, J.V.D.; GUIMARÃES, M.P.; CAMPOS, A.K.; Sá, N.C.D.; SARTI, P.; ASSIS, R.C.L. Control of bovine gastrointestinal nematode parasites using pellets of the

nematode-trapping fungus *Monacrosporium thaumasium*. **Ciência Rural**, v. 34, p. 457-463, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000200019>.

AYRES, M.; AYRES, J.R.M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.S. **Aplicações estatísticas nas áreas de ciências biológicas**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá: Brasília CNPq, p. 290. 2003.

BALK, J.D.; MITCHELL, N.D.; HUGHES, J.; NAUTO, P.S.; ROSSI, J.; RAMIREZ-BARRIOS, R. Multiple anthelmintic drug resistant *Ancylostoma caninum* in foxhounds. **International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance**, v. 22, p. 102-106, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2023.07.001>.

BOJAR, H.; KLAPEC, T. Contamination of soil with eggs of geohelminths in recreational areas in the Lublin region of Poland. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 19, n. 2, p. 267-270, 2012.

BOWMAN, D.D. Class Cestoda. In: Bowman, D.D. **Georgi's Parasitology for Veterinarians**. St Louis, Missouri: Saunders Elsevier, p. 137–155, 2014.

BOWMAN, D.D.; MONTGOMERY, S.P.; ZAJAC, A.M.; EBERHARD, M.L.; KAZACOS, K.R. Hookworms of dogs and cats as agents of cutaneous larva migrans. **Trends in parasitology**, v. 26, n. 4, p. 162-167, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2010.01.005>.

BRAGA, F.R.; ARAÚJO, J.V.; ARAUJO, J.M.; CARVALHO, R.O.; SILVA, A.R. Efeito do fungo *Paecilomyces lilacinus* sobre ovos de *Taenia saginata*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 41, n. 6, p. 686–688, 2008. <https://doi.org/10.1590/s0037-86822008000600026>.

BRAGA, F.R.; ARAÚJO, J.V.; ARAUJO, J.M.; SILVA, A.R.; CARVALHO, R.O.; CAMPOS, A.K. Avaliação *in vitro* do fungo predador de nematoides *Duddingtonia flagrans* sobre larvas infectantes de ciatostomíneos de equinos (Nematoda: *Cyathostominae*). **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 18, p. 83–85, 2009. <https://doi.org/10.4322/rbpv.018e1018>.

BRAGA, F.R.; ARAÚJO, J.V.; CAMPOS, A.K.; ARAUJO, J.M.; SILVA, A.S.; CARVALHO, R.O.; TAVELA, A.O. *In vitro* evaluation of the action of the nematophagous fungi *Duddingtonia flagrans*, *Monacrosporium sinense* and *Pochonia chlamydosporia* on *Fasciola hepatica* eggs. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 24, p. 1559–1564, 2008. <https://doi.org/10.1007/s00436-007-0852-9>.

BRAGA, F.R.; ARAÚJO, J.V.; CAMPOS, A.K.; CARVALHO, R.O.; SILVA, A.R.; TAVELA, A.O. Observação *in vitro* da ação dos isolados fúngicos *Duddingtonia flagrans*, *Monacrosporium thaumasium* e *Verticillium chlamydosporium* sobre ovos de *Ascaris lumbricoides* (Lineu, 1758). **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 40, p. 356–358, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822007000300024>.

BRAGA, F.R.; ARAÚJO, J.V.; SOARES, F.E.F.; ARAUJO, J.M.; FERREIRA, S.R.; QUEIROZ, J.H. Use of statistical tools in the study of the conditions of predation of

Duddingtonia flagrans versus *Panagrellus* sp. **Biochemistry Sciences and Technology** v. 22, n. 5, p. 559–565, 2012. <https://doi.org/10.1080/09583157.2012.670198>.

BRAGA, F.R.; DE ARAÚJO, J.V. Nematophagous fungi for biological control of gastrointestinal nematodes in domestic animals. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 98, p. 71–82, 2014. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5366-z>.

BUDKE, C.M.; CAMPOS-PONCE, M.; QIAN, W.; TORGERSON, P. R. A canine purgation study and risk factor analysis for echinococcosis in a high endemic region of the Tibetan plateau. **Veterinary Parasitology**, v. 127, n. 1, p. 43–49, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.08.024>.

BUTLER, J.R.A; BINGHAM, J. Demography and dog-human relationships of the dog population in Zimbabwean communal lands. **Veterinary Record**, v. 147, n. 16, p. 442–446, 2000. <https://doi.org/10.1136/vr.147.16.442>.

CARVALHO, R.O.; BRAGA, F.R.; ARAÚJO, J.V. Viability and nematophagous activity of the freeze-dried fungus *Arthrobotrys robusta* against *Ancylostoma* spp. infective larvae in dogs. **Veterinary Parasitology**, Viçosa, v. 176, n. 2-3, p. 236-239, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.10.051>.

CASSENOTE, A.J.F.; NETO, J.M.P.; LIMA-CATELANI, A.R.A.; FERREIRA, A.W. Contaminação do solo por ovos de geo-helminhos com potencial zoonótico na municipalidade de Fernandópolis, Estado de São Paulo, entre 2007 e 2008. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Fernandópolis, v. 44, p. 371-374, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822011005000026>.

CDCP - Centers for Disease Control and Prevention. **Monkeypox cases by age and gender, race/ethnicity, and symptoms** [cited 2022 Dec 1]. <https://www.cdc.gov/poxvirus/monkeypox/response/2022/demographics.html>.

COLELLA, V.; BRADBURY, R.; TRAUB, R. *Ancylostoma ceylanicum*. **Trends in Parasitology**, v. 37, n. 9, p. 844-845, set. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2021.04.013>.

COLES, G.C.; JACKSON, F.; POMROY, W.E.; PRICHARD, R.K.; VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G.; SILVESTRE, A.; TAYLOR, M.A.; VERCRUYSSSE, J. The detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. **Veterinary parasitology**, v. 136, n. 3-4, p. 167-185, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.11.019>.

DANTAS-TORRES, F. Toxocara prevalence in dogs and cats in Brazil. **Advances in Parasitology**, v. 109, p. 715-741, 2020. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.028>.

DANTAS-TORRES, F.; OTRANTO, D. Dogs, cats, parasites, and humans in Brazil: opening the black box. **Parasites & Vectors**, v. 7, n. 1, p. 22, 2014. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-22>.

DEPLAZES, P.; ECKERT, J. Veterinary aspects of alveolar echinococcosis--a zoonosis of public health significance. **Vet Parasitol.**, v. 98, n. 1-3, p. 65-87, 2001. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(01\)00424-1](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(01)00424-1).

DOS SANTOS, F.A.G.; YAMAMURA, M.H.; VIDOTTO, O.; de CAMARGO, P.L. Ocorrência de parasitos gastrintestinais em cães (*Canis familiaris*) com diarréia aguda oriundos da região metropolitana de Londrina, Estado do Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 2, p. 257-267, 2007.

DRAKE, J.; CAREY, T. Seasonality and changing prevalence of common canine gastrointestinal nematodes in the USA. **Parasites & vectors**, v. 12, n. 1, p. 1-7, 2019. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3701-7>.

ECKERT, J.; DEPLAZES, P. Biological, epidemiological, and clinical aspects of echinococcosis, a zoonosis of increasing concern. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 17, n. 1, p. 107–135, 2004. <https://doi.org/10.1128/CMR.17.1.107-135.2004>.

EISEN, A.K.A.; DEMOLINER, M.; OLIVEIRA, K.G.; TROIAN, E.A.; MALLMANN, L.; FILIPPI, M.; ALMEIDA, P.R.; SPILKI, F.R. Soil contamination of a public park by human and canine mastadenovirus, as well as hookworms and *Toxocara* spp. eggs. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 61, p. 1-8, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1678-9946201961060>.

EPE, C. Intestinal nematodes: biology and control. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 39, n. 6, p. 1091–1107, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2009.07.002>.

EVASON, M.; DEBESS, E.; CULWELL, N.; OGEER, J.; LEUTENEGGER, C. Hookworm Anthelmintic Resistance: Novel Fecal Polymerase Chain Reaction *Ancylostoma caninum* Benzimidazole Resistance Marker Detection in a Dog. **J Am Anim Hosp Assoc.**, v. 60, n. 2, p. 87-91, 2024. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-7366>.

FAN, C.K. Pathogenesis of cerebral toxocariasis and neurodegenerative diseases. **Adv Parasitol**, v. 109, p. 233-259, 2020. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.008>.

GENCHI, C.; KRAMER, L.H.; RIVASI, F. Dirofilarial infections in Europe. **Vector-Borne and Zoonotic Diseases**, v. 11, n. 10, p. 1307-1317, 2011. <https://doi.org/10.1089/vbz.2010.0247>.

GENCHI, L.C.; RINALDI, M.; MORTARINO, M.; GENCHI, G.; CRINGOLI, G. Climate and *Dirofilaria* infection in Europe. **Veterinary Parasitology**, v. 163, n. 4, p. 286-292, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.03.026>.

GENCHI, M.; MORTARINO, L.; RINALDI, G.; CRINGOLI, G.; TRALDI, M.; GENCHI. Changing climate and changing vector-borne disease distribution: the example of *Dirofilaria* in Europe. **Veterinary Parasitology**, v. 176, n. 4, p. 295-299, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.01.012>.

GIANNELLI, A.M.; IONICĂ, C.; MAIA, D.; MODRÝ, F.; MONTARSI, F.; KRÜCKEN, E.; PAPADOPOULOS, D.; PETRIĆ, M.; PFEFFER, S.; SAVIĆ, D.; OTRANTO, S.; POPPERT, C.; SILAGHI. Recent advances on *Dirofilaria repens* in dogs and humans in Europe. **Parasites & Vectors**, v. 11, p. 1-21, 2018. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3205-x>.

GOPINATH, D.; MEYER, L.; SMITH, J.; ARMSTRONG, R. Topical or oral fluralaner efficacy against flea (*Ctenocephalides felis*) transmission of *Dipylidium caninum* infection to dogs. **Parasit Vectors**, v. 11, n. 1, p. 557, 2018. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3140-x>.

GRENCIS, R.K.; HONS, B.S.; COOPER, E.S. Enterobius, Trichuris, Capillaria, And Hookworm Including *Ancylostoma caninum*. **Parasitic Diseases of the Liver and Intestines**, Manchester, v. 25, n. 3, p. 579, 1996. [https://doi.org/10.1016/s0889-8553\(05\)70264-8](https://doi.org/10.1016/s0889-8553(05)70264-8).

GRONVOLD, J.; HENRIKSEN, S.A.; LARSEN, M.; NANSEN, P.; WOLSTRUP, J. Aspects of biological control with special reference to arthropods, protozoans and helminths of domesticated animals. **Veterinary Parasitology**, v. 64, n. 1-2, p. 47–64, 1996. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(96\)00967-3](https://doi.org/10.1016/0304-4017(96)00967-3).

HALECHE, I.; GUILANE, A.; BOUTELLIS, A.; MEDROUH, B.; SAIDI, F.; KERNIF, T.; ZIAM, H. Microscopic and molecular prevalence and associated risk factors with *Toxocara* and *Blastocystis* infection in dogs and cats in Mitidja, Algeria. **Parasitol Res**, v. 123, n. 5, p. 216, 2024. <https://doi.org/10.1007/s00436-024-08240-y>.

HENNESSEE, I.; SHELUS, V.; MCARDLE, C.E.; WOLF, M.; SCHATZMAN, S.; CARPENTER, A.; ...; GOLD, M.D.; California Department of Public Health Monkeypox Pediatric Working Group; CDC Monkeypox Pediatric Working Group. Epidemiologic and clinical features of children and adolescents aged <18 years with monkeypox—United States, May 17–September 24, 2022. **MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report**, v. 71, p. 1407–11, 2022. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7144a4>.

HESS, L.B.; MILLWARD, L.M.; RUDINSKY, A.; VINCENT, E.; MARSH, A. Combination hookworms of dogs and cats as agents of cutaneous larva migrans. **Trends in Parasitology**, v. 26, n. 4, p. 162–167, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2010.01.005>.

HOFER, S.; GLOOR, S.; MÜLLER, U.; MATHIS, A.; HEGGLIN, D.; DEPLAZES, P. High prevalence of *Echinococcus multilocularis* in urban red foxes (*Vulpes vulpes*) and voles (*Arvicola terrestris*) in the city of Zurich, Switzerland. **Parasitology**, v. 120, n. 2, p. 135–142, 2000. <https://doi.org/10.1017/s0031182099005351>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro**, 2022.

JACKSON, F.; MILLER, J. Alternative approaches to control—Quo vadit? **Veterinary Parasitology**, v. 139, n. 4, p. 371–384, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.04.025>.

JIMENEZ CASTRO, P.D.; HOWELL, S.B.; SCHAEFER, J.J.; AVRAMENKO, R.W.; GILLEARD, J.S.; KAPLAN, R.M. Multiple drug resistance in the canine hookworm *Ancylostoma caninum*: an emerging threat?. **Parasites & vectors**, v. 12, p. 1-15, 2019. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3828-6>.

KAPLAN, R.M. Biology, epidemiology, diagnosis, and management of anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes of livestock. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 36, n.1, p. 17–30, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.12.001>.

KERRY, B.R. Rhizosphere interactions and the exploitation of microbial agents for the biological control of plant-parasitic nematodes. **Annual Review of Phytopathology**, v. 38, n. 1, p. 423-441, 2000. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.38.1.423>.

KITCHEN, S.; RATNAPPAN, R.; HAN, S.; LEASURE, C.; GRILL, E.; IQBAL, Z.; GRANGER, O.; KLINTEBJERG, E.K.; PETERSEN, N.Y.; PSHENICHNAYA, L.A.; ERMAKOVA, S.A.; NAGORNY, C.S.; LARSEN, P. Periorbital *Dirofilaria repens* imported to Denmark: a human case report. **IDCases**, v. 2, n. 1, p. 25-26, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.idcr.2014.12.001>.

KŁAPEĆ, T.; BORECKA, A. Contamination of vegetables, fruits and soil with geohelminths eggs on organic farms in Poland. **Ann Agric Environ Med**, v. 19, n. 3, p. 421-5, 2012.

LARSEN, M. Biological control of helminths. **International Journal for Parasitology**, v. 29, n. 1, p. 139–146, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(98\)00185-4](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(98)00185-4).

LEITE, L.C.; LP, M.; CÍRIO, S.M.; DINIZ, J.M.F.; SILVA, M.A.N.; LUZ, E.; ... VERONESI, E.M. Endoparasitas em cães (*Canis familiaris*) na cidade de Curitiba–Paraná–Brasil (Enteroparasites in dogs (*Canis familiaris*) from Curitiba, Paraná, Brasil). **Archives of Veterinary Science**, v. 9, n. 2, p. 95-99, 2004.

LOPEZ-LLORCA, L.V.; MACIÁ-VICENTE, J.G.; JANSSON, H.B. Mode of action and interactions of nematophagous fungi. In: CIANCIO, A.; MUKERJI, K.G. (Ed.) Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes. **Springer**, Dordrecht, p. 51–76, 2008. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6063-2_3.

LYSEK, H. Classification of ovicide fungi according to type of ovicidity. **Acta Universitatis Palackianae Olomucensis**, v. 76, n. 1, p. 9–13, 1976.

MACPHERSON, C.N.L. Human behaviour and the epidemiology of parasitic zoonoses. **International Journal for Parasitology**, v. 35, n. 11-12, p. 1319–1331, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2005.06.004>.

MARTÍNEZ-BARBABOSA, I.; QUIROZ, M.G.; GONZÁLEZ, L.A.R.; PRESAS, A.M.F.; CÁRDENAS, E.M.G.; VENEGAS, J.M.A.; ... GAONA, E. Dipilidiasis: una zoonosis poco estudiada. **Revista Latinoamericana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio**, v. 61, n. 2, p. 102–107, 2014.

MCNICHOLAS, J.; GILBEY, A.; RENNIE, A.; AHMEDZAI, S.; DONO, J. A.; ORMEROD, E. Pet ownership and human health: A brief review of evidence and issues. **BMJ Publishing Group**, v. 331, n. 7527, p. 1252-1254, 2005. <https://doi.org/10.1136/bmj.331.7527.1252>.

MELLO, C.C.S.D.; NIZOLI, L.Q.; FERRAZ, A.; CHAGAS, B.C.; AZARIO, W.J.D.; MOTTA, S.P.D.; VILLELA, M.M. Contaminação do solo de praças de recreação de escolas de ensino fundamental por ovos de *Ancylostoma* spp. e *Toxocara* spp. no extremo sul do Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 31, p. e019121, 2022. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612022003>.

MORCHÓN, J.A.R.; MONTOYA-ALONSO, I.; RODRÍGUEZ-ESCOLAR, E.; Carretón. What has happened to heartworm disease in Europe in the last 10 years? **Pathogens**, v. 11, n. 9, p. 1042, 2022. <https://doi.org/10.3390/pathogens11091042>.

NEZAMI, R.; BLANCHARD, J.; GODOY, P. Compte rendu The canine hookworm *Ancylostoma caninum*: A novel threat for anthelmintic resistance in Canada. **Canadian Veterinary Journal**, v. 64, n. 4, p. 372-375, 2023.

NIELSEN, M.K. Anthelmintic resistance in equine nematodes: current status and emerging trends. **International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance**, v. 20, p. 76–88, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2022.10.005>.

NUNES, C.M.; PENA, F.C.; NEGRELLI, G.B.; ANJO, C.G.; NAKANO, M.M.; STOBBE, N.S. Ocorrência de larva migrans na areia de áreas de lazer das escolas municipais de ensino infantil, Araçatuba. **Revista de Saúde Pública**, n. 34, p. 656-658, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102000000600015>.

OMS - Organização Mundial de Saúde. The Control of Neglected Zoonotic Diseases. **WHO headquarters**, Geneva, Switzerland, 2010.

OMS - Organização Mundial de Saúde/ Organização Mundial para a Saúde Animal. **WHO/OIE manual on Echinococcosis in Humans and Animals: a Public Health Problem of Global Concern** (ed. Eckert, J.; Gemmell, M.A.; Meslin, F.X.; Pawłowski, Z.S.). Paris, France, 2001.

OYEBAMIJI, D.A.; EBISIKE, A.N.; EGEDE, J.O.; HASSAN, A.A. Knowledge, attitude and practice with respect to soil contamination by Soil-Transmitted Helminths in Ibadan, Southwestern Nigeria. **Parasite Epidemiology and Control**, v. 3, n. 4, p. 1-10, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.parepi.2018.e00075>.

PARSLOW, R.A.; JORM, A.F. Pet ownership and risk factors for cardiovascular disease: another look. **Medical Journal of Australia**, v. 179, n. 9, p. 466–468, 2003. <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2003.tb05649.x>.

RAISSI, V.; RAIESI, O.; ETEMADI, S.; FIROOZEH, F.; GETSO, M.; HADI, A.M.; ZIBAEI, M. Environmental soil contamination by *Toxocara* species eggs in public places of Ilam, Iran. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 27, n. 1, p. 15-18, 2020. <https://doi.org/10.26444/aaem/118130>.

RUST, M.K. The Biology and Ecology of Cat Fleas and Advancements in Their Pest Management: A Review. **Insects**, v. 8, n. 4, p. 118, 2017. <https://doi.org/10.3390/insects8040118>.

SAXENA, G.; MITTAL, T. Trap formation by conidia of nematode-trapping *Monacrosporium thaumasium* spp. **Mycological Research**, v. 7, p. 839–840, 1995.

SCAINI, C.J.; TOLEDO, R.N.D.; LOVATEL, R.; DIONELLO, M.A.; GATTI, F.D.A.; SUSIN, L.; SIGNORINI, V.R.M. Contaminação ambiental por ovos e larvas de helmintos em fezes de cães na área central do Balneário Cassino, Rio Grande do Sul. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 36, n. 5, p. 617–619, 2003. <https://doi.org/10.1590/s0037-86822003000500013>.

SCHANTZ, P.M.; WANG, H.; QIU, J.; LIU, F.J.; SAITO, E.; EMSHOFF, A.; ITO, A.; ROBERTS, J.M.; DELKER, C. Echinococcosis on the Tibetan Plateau: prevalence and risk factors for cystic and alveolar echinococcosis in Tibetan populations in Qinghai Province, China. **Parasitology**, v. 127, n. S1, p. S109–S120, 2003. <https://doi.org/10.1017/S0031182003004165>.

SIMÓN, M.; SILES-LUCAS, R.; MORCHÓN, J.; GONZÁLEZ-MIGUEL, I.; MELLADO, E.; CARRETÓN, J.A.; MONTOYA-ALONSO, J.A. Human and animal dirofilariasis: the emergence of a zoonotic mosaic. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 25, n. 3, p. 507–544, 2012. <https://doi.org/10.1128/CMR.00012-12>.

SOBOTYK, C.; UPTON, K.E.; LEJEUNE, M.; NOLAN, T.J.; MARSH, A.E.; HERRIN, B.H.; BORST, M.M.; PICCIONE, J.; ZAJAC, A.M.; CAMP, L.E.; PULASKI, C.N.; STARKEY, L.A.; VON SIMSON, C.; VEROCAI, G.G. Retrospective study of canine endoparasites diagnosed by fecal flotation methods analyzed across veterinary parasitology diagnostic laboratories, United States, 2018. **Parasites & Vectors**, v. 14, n. 1, p. 439, 2021. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04960-7>.

SÖHSTEN, A.L.; DA SILVA, A.V. Toxocaríase humana: risco de infecção alimentar? **Veterinária e Zootecnia**, v. 22, n. 4, p. 501–512, 2015.

STIRLING, G.R.; WEST, L.M. Fungal parasites of root-knot nematodes eggs from tropical and subtropical regions of Australia. **Australasian Plant Pathology**, v. 20, p. 149–154, 1991. <https://doi.org/10.1071/APP9910149>.

SWEET, S.; HEGARTY, E.; MCCRANN, D.J.; COYNE, M.; KINCAID, D.; SZLOSEK, D. A 3-year retrospective analysis of canine intestinal parasites: fecal testing positivity by age, U.S. geographical region and reason for veterinary visit. **Parasites & Vectors**, v. 14, p. 1-9, 2021. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04678-6>.

TREJO, C.A.C.; NUÑEZ, C.R.; CONTRERAS, A.C.G.; BARRERA, G.E.M. Soil contamination by *Toxocara* spp. eggs in a University in Mexico City. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 21, p. 298-300, 2012. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612012000300022>.

VAN OOIJ, C. Fungal pathogenesis: hungry fungus eats nematode. **Nature Reviews Microbiology**, v. 9, n. 11, p. 766–767, 2011. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2674>.

VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G.; THOMPSON, R.A.; KRÜCKEN, J.; GRANT, W.; BOWMAN, D.D.; SCHNYDER, M.; DEPLAZES, P. Spread of anthelmintic resistance in intestinal helminths of dogs and cats is currently less pronounced than in ruminants and horses – yet it is of major concern. **International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance**, v. 17, p. 36–45, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2021.07.003>.

WALLER, P.J.; FAEDO, M. The prospect for biological control of the free-living stages of nematode parasites of livestock. **International Journal for Parasitology**, v. 26, n. 8-9, p. 915–925, 1996. [https://doi.org/10.1016/s0020-7519\(96\)80064-6](https://doi.org/10.1016/s0020-7519(96)80064-6).

WARD, E.; KERRY, B.R.; MANZANILLA-LÓPEZ, R.H.; MUTUA, G.; DEVONSHIRE, J.; KIMENJU, J.; HIRSCH, P.R. The *Pochonia chlamydosporia* serine protease gene *vcp1* is subject to regulation by carbon, nitrogen and pH: implications for nematode biocontrol. **PLOS ONE**, v. 7, n. 4, p. e35657, 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035657>.

XIAO, N.; LI, T.; QIU, J.; NAKAO, M.; CHEN, X.; NAKAYA, K.; YAMASAKI, H.; SCHANTZ, P.M.; CRAIG, P.S.; ITO, A. The Tibetan hare *Lepus oiostolus*: a novel intermediate host for *Echinococcus multilocularis*. **Parasitology Research**, v. 92, p. 352–353, 2004. <https://doi.org/10.1007/s00436-003-1048-6>.

YANG, J.; Tian, B.; LIANG, L.; ZHANG, K.Q. Extracellular enzymes and the pathogenesis of nematophagous fungi. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 75, p. 21–31, 2007. <https://doi.org/10.1007/s00253-007-0881-4>.

YANG, J.; WANG, L.; JI, X.; FENG, Y.; LI, X.; ZOU, C.; XU, J.; REN, Y.; MI, Q.; WU, J.; LIU, S.; LIU, Y.; HUANG, X.; WANG, H.; NIU, X.; LI, J.; LIANG, L.; LUO, Y.; JI, K.; ZHOU, W.; YU, Z.; LI, G.; LIU, Y.; LI, L.; QIAO, M.; FENG, L.; ZHANG, K.Q. Genomic and proteomic analyses of the fungus *Arthrobotrys oligospora* provide insights into nematode-trap formation. **PLOS Pathogens**, v. 7, n. 9, p. e1002179, 2011. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002179>.

YILDIZ, R.; AYDEMIR, S.; HALIDI, A.G.; UNLU, A.H.; YILMAZ, H. Investigation of Mitochondrial Cytb Gene Region of Both *Echinococcus granulosus* Eggs from Dogs and *Cystic Echinococcosis* Isolates Obtained from Sheep and Cattle by Molecular Methods. **Iran J Parasitol.**, v. 19, n. 2, p. 247-254, 2024. <https://doi.org/10.18502/ijpa.v19i2.15860>.

ZHANG, Y.; QIAO, M.; XU, J.; CAO, Y.; ZHANG, K.Q.; YU, Z.F.Y. Genetic diversity and recombination in natural populations of the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys oligospora* from China. **Ecology and Evolution**, v. 3, n. 2, p. 312–325, 2013. <https://doi.org/10.1002/ece3.450>.

ZIADINOV, I.; DEPLAZES, P.; MATHIS, A.; MUTONOVA, K.; ABDYKERIMOV, K.; NURGAZIEV, R.; TORGERSON, P.R. Frequency distribution of *Echinococcus multilocularis* and other helminths of foxes in Kyrgyzstan. **Veterinary Parasitology**, v. 171, n. 3-4, p. 286–292, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.04.006>.

ANEXO I

CERTIFICADO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA

Campus Universitário – Viçosa, MG, Brasil, 36570-900 – Telefone: (31) 3612-2315

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada “Eficácia do controle biológico de vermes nematódeos utilizando os fungos *Duddingtonia flagrans* em Guaxupé – MG – Brasil”, registrada com o nº 06/2023, sob a responsabilidade do Professor Jackson Victor de Araújo do Departamento de Veterinária, encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 08/10/2008, do Decreto nº 6.899, de 15/07/2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA, e após o envio do relatório final foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Viçosa, em 09/05/2024, de forma definitiva.

Finalidade	Pesquisa
Vigência da autorização	Definitiva
Espécie/linhagem/raça	Cachorro – <i>Canis lupus familiaris</i>
Nº de animais/sexo	6 machos - 12 fêmeas
Peso/Idade	11 kg/4 anos
Origem	Animais de tutores

CERTIFICATE

We certify that the proposition entitled “Efficacy of biological control of nematode worms using *Duddingtonia flagrans* fungi in Guaxupé – MG – Brazil”, registered with the number 06/2023, under the responsibility of Professor Jackson Victor de Araújo from the veterinary department is in accordance with the precepts of Law 11,7794, of 10/08/2008, Decree 6,899, of 07/15/2009, and the rules issued by Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – CONCEA, and after sending the final report, it was definitively approved by the Ethics Committee on the Use of Animals (CEUA) of the Federal University of Viçosa, on 05/09/2024.

Purpose	Research
Validity of authorization	Definitive
Specie/Lineage/Breed	Dog – <i>Canis lupus familiaris</i>
Number of animals/Sex	6 males - 12 females
Weight/Age	11 kg/4 years
Origin	pet owners


 Fabricio Luciani Valente
 Coordenador

Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/UFV

Documento assinado eletronicamente
 FABRICIO LUCIANI VALENTE
 CPF: 000.000.000-0000
 Verifique em: <https://portal.trf.gov.br>