

## **RESSALVA**

**Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de 17/06/2028.**

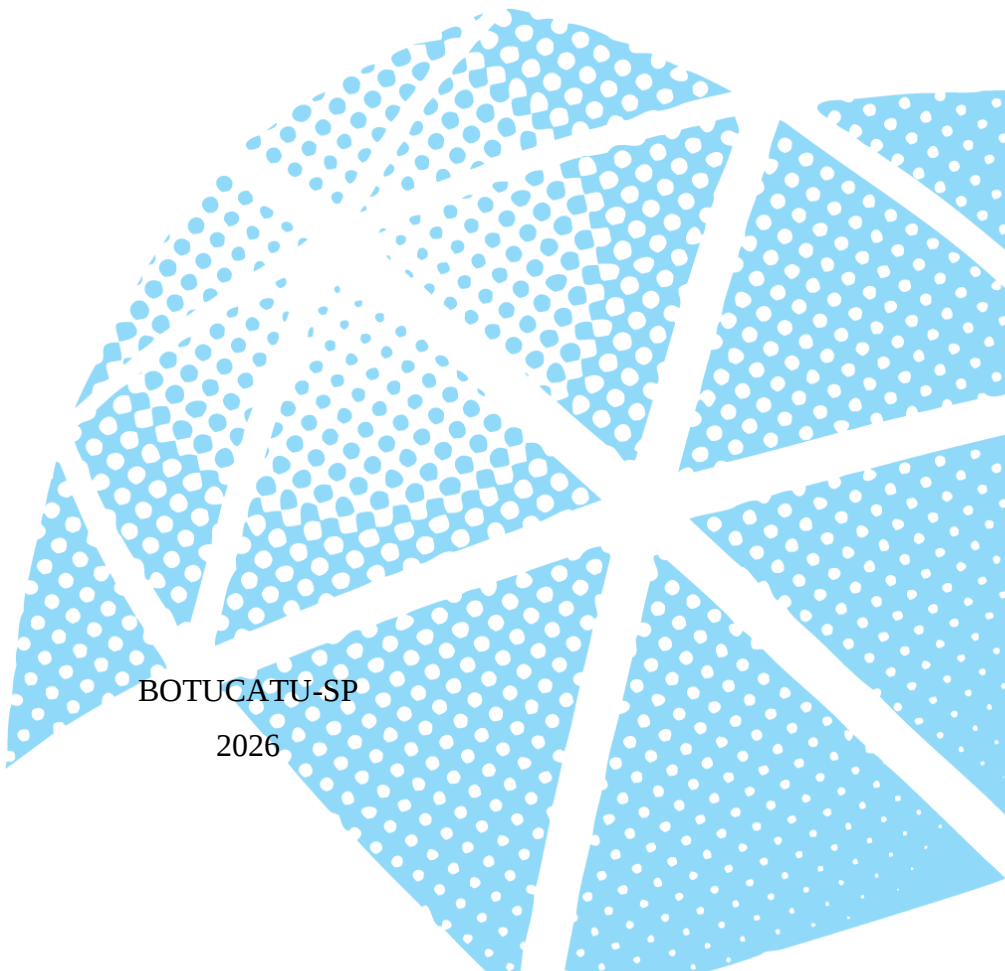
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA FACULDADE DE  
MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

*Duddingtonia Flagrans E Pochonia Chlamydosporia*  
**UTILIZADOS NA MODULAÇÃO AMBIENTAL DO**  
*Ascaridia Galli* EM GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM  
**SISTEMA LIVRE DE GAIOLA**

CLÁUDIO HENRIQUE GONÇALVES BARBOSA

BOTUCATU-SP

2026



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA FACULDADE DE  
MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

*Duddingtonia flagrans* E *Pochonia chlamydosporia*  
UTILIZADOS NA MODULAÇÃO AMBIENTAL DO  
*Ascaridia galli* EM GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM  
SISTEMA LIVRE DE GAIOLA

CLÁUDIO HENRIQUE GONÇALVES BARBOSA

Tese apresentada junto ao Programa de Pós-  
Graduação em Medicina Veterinária da  
FMVZ/Unesp- Botucatu para obtenção do  
título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Lúcio  
Andreatti Filho.

BOTUCATU-SP

2026

## FICHA CATALOGRÁFICA

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B238d | <p>Barbosa, Cláudio Henrique Gonçalves</p> <p>Duddingtonia Flagrans E Pochonia Chlamydosporia UTILIZADOS NA MODULAÇÃO AMBIENTAL DO Ascaridia Galli EM GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMA LIVRE DE GAIOLA / Cláudio Henrique Gonçalves Barbosa. -- Botucatu, 2026 89 p.</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu</p> <p>Orientador: Raphael Lúcio Andreatti Filho</p> <p>1. Fungos nematófagos. 2. galinhas poedeiras. 3. ascariase. 4. ornitopatologia. 5. parasitologia veterinária. I. Título.</p> |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

## IMPACTO CIENTÍFICO E ECONÔMICO

O controle sanitário de helmintoses intestinais representa um dos principais desafios econômicos e ambientais da avicultura moderna, especialmente em sistemas extensivos e orgânicos, nos quais o uso de anti-helmínticos químicos é limitado ou indesejável. A elevada prevalência de aves - de vida livre ou de produção- parasitadas, especialmente pelo *Ascaridia galli*; pode resultar prejuízos subclínicos relacionados à redução de imunidade e comprometimento do desempenho produtivo e, em casos graves, culminar em morte das aves. Esse impacto é mais evidente em sistemas de produção familiar ou de subsistência, em razão do número reduzido de aves seja pela falha de assistência técnica aos produtores. A utilização de biocontroladores, a exemplo os fungos nematófagos *Duddingtonia flagrans* e *Pochonia chlamydosporia*, representa uma alternativa sustentável com potencial de reduzir os custos bem como aprimorar a integridade do ambiente. Do ponto de vista social, a adoção de estratégias de controle biológico fortalece práticas alinhadas aos princípios da produção sustentável e do bem-estar animal, levando em consideração a segurança dos alimentos, aspectos cada vez mais valorizados pelo consumidor e por mercados nacionais e internacionais.

## SCIENTIFIC AND ECONOMIC IMPACT

The sanitary control of intestinal helminth infections constitutes one of the major economic and environmental challenges in contemporary poultry production, particularly in extensive and organic systems, where the use of chemical anthelmintics is either restricted or undesirable. The high prevalence of parasitized hens — whether free-ranging or intensively managed— especially involving *Ascaridia galli*, may lead to subclinical losses associated with impaired immune responses and reduced productive performance, in severe cases, may result in mortality. These impacts are particularly pronounced in small-scale or subsistence production systems, both due to flock size constraints and limited availability of technical guidance to producers. In this context, the application of biological control agents, such as the nematophagous fungi *Duddingtonia flagrans* and *Pochonia chlamydosporia*, represents a sustainable alternative with potential to reduce costs while improving environmental sustainability. From a social perspective, the adoption of biological control strategies reinforces production systems aligned with the principles of sustainable and animal welfare, while also addressing safety of food concerns that are increasingly valued by consumers and both domestic and international markets.

**Autor:** Cláudio Henrique Gonçalves Barbosa

**Título:** *Duddingtonia flagrans* E *Pochonia chlamydosporia* UTILIZADOS NA MODULAÇÃO AMBIENTAL DO *Ascaridia galli* EM GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMA LIVRE DE GAIOLA

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Raphael Lúcio Andreatti Filho

**Presidente da banca examinadora**

Departamento de Clínica Veterinária- Serviço de Ornitopatologia

FMVZ - UNESP - Botucatu/SP

Prof. Dr. Adriano Sakai Okamoto

**Membro da banca examinadora**

Departamento de Clínica Veterinária- Serviço de Ornitopatologia

FMVZ - UNESP - Botucatu/SP

Prof. Dr. Alexandre Hataka

**Membro da banca examinadora**

Departamento de Clínica Veterinária- Serviço de Patologia Animal

FMVZ - UNESP - Botucatu/SP

Prof. Dr. Edir Nepomuceno da Silva

**Membro da banca examinadora**

Professor aposentado - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)- Campinas/SP

Prof. Dr. Humberto Eustáquio Coelho

**Membro da banca examinadora**

Serviço de Patologia Animal-Universidade de Uberaba (UNIUBE)- Uberaba/MG

Botucatu/SP aos 17 de junho de 2026

“Ciência, meus doutos colegas, é 93% transpiração, 6% eletricidade, 4% evaporação e 11% de um bom café quente [...]. É assim que nós, pesquisadores - que também somos sonhadores de sonhos - ampliamos o conhecimento humano.”<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Paráfrase inspirada em *A Fantástica Fábrica de Chocolates* (Roald Dahl, 1964) e no poema *Ode*, de Arthur O'Shaughnessy (1873).

## DEDICATÓRIA

Aos meus *Anjos da Guarda*, Maria ‘Elô’ Teixeira e Gabriella ‘Yemanjá’ Ribeiro, que, assim como **C**Am e ja**FÉ** ao lado de Noé edificaram a obra esquadrinhada pelo Criador, mantiveram-me a prumo ao longo destes anos de lapidação do espírito científico. À memória de Katarina (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Criador do Universo, cuja vontade me concedeu a coragem necessária para concluir essa jornada, força para ultrapassar os obstáculos e sabedoria em minhas decisões. Ao nosso padroeiro São Francisco de Assis por me mostrar que, mesmo que a nossa fé nos homens esteja abalada, devemos sempre pensar no bem maior para os animais.

À tia Cleuza minha mãe - colosso de resiliência e eterna inspiração, a quem dedico cada passo que trilhei, trilho e trilharei na minha vida - agradeço por cada sacrifício feito para que eu pudesse concluir mais esta etapa da minha jornada. Muito obrigado!

A toda equipe de professores, residentes e técnicos dos Serviços de Ornitopatologia e Patologia Veterinária da FMVZ/Unesp-Botucatu, que muito me ensinaram ao longo desses anos em que pude desfrutar diretamente da sua companhia. Agradeço aos funcionários do Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária-FMVZ-Unesp/Botucatu e a toda a instituição pela oportunidade de cursar mais um ponto alto da minha formação acadêmica.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (código de financiamento 001), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a GhenVet/Cinergis Saúde e Nutrição animal pelo apoio financeiro sem o qual não poderia concluir, talvez sequer, começar essa empresa. À Nutriz- Nutrição Animal pela disponibilidade.

Agradeço a todos e a cada um daqueles que, direta ou indiretamente, me ajudaram e apoiaram nessa fase impar da minha vida.

Agradeço especialmente ao prof. Dr. Raphael Lucio Andreatti Filho, mais que um orientador, um amigo sábio e forte, que me manteve no compasso ao longo deste marco singular da minha formação profissional.

E, por último mas não menos importante, agradeço a todos os irmãos que a vida me deu.

*Non nobis Domine, non nobis, sed nomine tuo ad gloriam.*

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

**Tabela 1:** Median values (and Q3–Q1) of *Ascaridia galli* eggs per litter volume (eggs/cm<sup>3</sup>) and percentage values of fecal egg count reduction test (FECRT) according to experimental groups treated with the fungi *Duddingtonia flagrans* and *Pochonia chlamydosporia*.....37

**Tabela 2:** Mean body weight ( $\pm$  standard deviation) and age of laying hens from the experimental groups. treated with the fungi *Duddingtonia flagrans* and *Pochonia chlamydosporia*.....42

**Tabela 3:** Productive performance and egg quality indices of the experimental groups, infected with *Ascaridia galli* and treated with the fungi *Duddingtonia flagrans* and *Pochonia chlamydosporia*, after 19 weeks of evaluation.....42

### CAPÍTULO 3

**Tabela 4:** Mean body weight (g) of chickens eight weeks after infection with 500 embryonated *Ascaridia galli* eggs, total number of free parasites recovered from the small intestine, and infection establishment rate.....65

**Tabela 5:** Oviposition rate of female *Ascaridia galli* recovered from the experimentally groups (G1 and G2) how was infected with 500 embrionated eggs of the parasite and maintained at 37°C for 48 hours in Enriched Simplified Medium (ESM).....65

**Tabela 6:** Sexual characteristics and morphometric measurements of *Ascaridia galli* specimens recovered from commercial laying hens two months after trickle infection infection with 500 *A. galli* embrionated eggs.....66

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

**Figura 1:** Photomicrograph showing *Ascaridia galli* eggs surrounded by hyphae of the fungi *Duddingtonia flagrans* and *Pochonia chlamydosporia*.....**38**

**Figura 2:** Photomicrograph showing *Ascaridia galli* eggs at different developmental stages surrounded by hyphae of *Duddingtonia flagrans* and *Pochonia chlamydosporia*.....**38**

**Figura 3:** Duodenal histomorphometry (villi and crypts) of laying hens experimentally infected with *Ascaridia galli* and treated with *Duddingtonia flagrans* and *Pochonia chlamydosporia* during the 10-month experimental period.....**43**

**Figura 4:** Jejunal histomorphometry (villi and crypts) of laying hens experimentally infected with *Ascaridia galli* and treated with *Duddingtonia flagrans* and *Pochonia chlamydosporia* during the 10-month experimental period.....**45**

**Figura 5:** Ileal histomorphometry (villi and crypts) of laying hens experimentally infected with *Ascaridia galli* and treated with *Duddingtonia flagrans* and *Pochonia chlamydosporia* during the 10-month experimental period.....**46**

### CAPÍTULO 3

**Figura 6:** Classification of the developmental stages of *Ascaridia galli* eggs obtained through natural oviposition by female parasites recovered from commercial laying hens.....**67**

**Figura 7:** Correlation graph between the body weight of infected chickens and *Ascaridia galli* parasite burden.....**68**

**Figura 8:** Microscopic characteristics demonstrating the sexual dimorphism of *Ascaridia galli*.....**69**

## SÚMÁRIO

### CAPÍTULO 1

|                                                                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                               | <b>4</b>  |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                                                                                                    | <b>8</b>  |
| 2.1 Evolução da avicultura de postura e seus impactos na sanidade avícola.....                                                                          | 8         |
| 2.2 <i>Ascaridia galli</i> : aspectos biológicos, epidemiológicos e sanitários.....                                                                     | 10        |
| 2.3 Resistência anti-helmíntica e desafios no controle de <i>Ascaridia galli</i> .....                                                                  | 13        |
| 2.4 Modelos experimentais de infecção por <i>Ascaridia galli</i> : aplicações e variações metodológicas.....                                            | 13        |
| 2.5 Aspectos biológicos e classificação dos fungos nematófagos.....                                                                                     | 16        |
| 2.6 <i>Duddingtonia flagrans</i> e <i>Pochonia chlamydosporia</i> : características biológicas e aplicabilidade no controle ambiental de helmintos..... | 17        |
| 2.7 Ambivalência da aplicação de fungos nematófagos no controle ambiental de helmintos.....                                                             | 20        |
| <b>3. OBJETIVOS.....</b>                                                                                                                                | <b>21</b> |
| 3.1 Objetivo geral.....                                                                                                                                 | 21        |
| 3.2 Objetivos específicos.....                                                                                                                          | 21        |
| <b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                                                                                               | <b>22</b> |

### CAPÍTULO 2

|                                                                                                                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>TRABALHO CIENTÍFICO 1- <i>Duddingtonia flagrans</i> and <i>Pochonia chlamydosporia</i> as biocontrol agents of helminthiasis in experimentally infected laying hens.....</b> | <b>31</b> |
| 4.1 Abstract.....                                                                                                                                                               | 31        |
| 4.2 Resumo.....                                                                                                                                                                 | 31        |
| 4.3 Introduction.....                                                                                                                                                           | 32        |
| 4.4 Ethical aspects.....                                                                                                                                                        | 33        |
| 4.5 Materials and methods.....                                                                                                                                                  | 34        |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 4.6 Results and discussion..... | 36 |
| 4.7 Conclusion.....             | 46 |
| 4.8 Acknowledgements.....       | 47 |
| 4.9 References.....             | 47 |

### **CAPÍTULO 3**

#### **TRABALHO CIENTÍFICO 2-Population dynamics of *Ascaridia galli* in cage free laying hens under experimental infection and evaluation of parasites under *ex vivo* conditions.....**

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 4.10 Abstract.....                                             | 51 |
| 4.11 Resumo.....                                               | 52 |
| 4.12 Introduction.....                                         | 53 |
| 4.13 Materials and methods.....                                | 54 |
| 4.13.1 Ethical aspects.....                                    | 54 |
| 4.13.2 Experimental desing and animals.....                    | 54 |
| 4.13.3 Housing and management condicions.....                  | 55 |
| 4.13.4 Obitaining and preparation of <i>A. galli</i> eggs..... | 55 |
| 4.13.5 Experimental infection.....                             | 56 |
| 4.13.6 Necropsy and parasite recovery.....                     | 56 |
| 4.13.7 Morphometry and parasite processing.....                | 57 |
| 4.13.8 Statistical analisys.....                               | 57 |
| 4.14 Results and discussion.....                               | 58 |
| 4.15 Conclusion.....                                           | 62 |
| 4.16 References.....                                           | 62 |
| 4.17 Tables.....                                               | 65 |
| 4.18 Figure legends.....                                       | 67 |

### **CAPÍTULO 4**

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 5. DISCUSSÃO GERAL.....      | 71 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 76 |

#### **ANEXOS.....**

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| ANEXO A- Atestado de aprovação do CEUA..... | 77 |
|---------------------------------------------|----|

BARBOSA, C. H. G. *Duddingtonia flagrans* e *Pochonia chlamydosporia* utilizados na modulação ambiental do *Ascaridia galli* em galinhas poedeiras criadas em sistema livre de gaiola. Botucatu, 2026. 89f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista

## RESUMO

O manejo sanitário é um importante gargalo na produção avícola, quer seja em sistemas convencionais, extensivos ou orgânicos. O principal helminto que infecta as aves é o *Ascaridia galli*, nematoide quimóforo responsável por prejuízos produtivos e sanitários. O uso recorrente e inadvertido de anti-helmínticos químicos nos variados sistemas de produção gera resistência por parte dos parasitas, elevados custos com a administração e descarte de resíduos farmacológicos, o que reforça a necessidade de estratégias alternativas e sustentáveis de controle e contenção de verminoses. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar se a suplementação dietética com os fungos nematófagos *Duddingtonia flagrans* e *Pochonia chlamydosporia* atuariam como biomoduladores ambientais contra o *A. galli* em galinhas poedeiras comerciais experimentalmente infectadas. Foram utilizadas 130 aves distribuídas aleatoriamente em quatro grupos experimentais: controle negativo, controle positivo e dois grupos tratados, diferenciados pelo início da administração do tratamento (uso profilático e terapêutico). As aves dos grupos infectados receberam, por gavagem, 500 ovos embrionados de *A. galli*, fracionados em quatro doses. O tratamento contínuo consistiu na adição dos clamidósporos dos fungos à ração, na concentração de  $10^5$  UFC/g de cada espécie de fungos. O experimento foi dividido em três momentos: período pré-patente, início de postura e pico de produção. Ao longo do estudo, foram realizadas coletas semanais de fezes para contagem de ovos por grama (OPG) e também da cama ( $O/cm^3$ ), necropsias seriadas para recuperação de parasitas livres no intestino e morfometria das vilosidades e criptas intestinais. Adicionalmente, foram analisados parâmetros zootécnicos das aves e de qualidade dos ovos. O modelo de infecção experimental foi adequado para a manutenção do parasitismo ao longo dos meses do estudo. O tratamento não resultou em redução estatisticamente significativa da carga parasitária ambiental porém foi percebido efeito biológico nos grupos tratados.

**Palavras-chave:** Controle biológico; ascaríase; Fungos nematófagos

BARBOSA, C. H. G. *Duddingtonia flagrans* and *Pochonia chlamydosporia* applied in the environmental modulation of *Ascaridia galli* in cage free laying hens. Botucatu, 2026. 89f. PhD Thesis – School of Veterinary Medicine and Animal Science, Botucatu Campus, São Paulo State University (UNESP).

### ABSTACT

The sanitary management of poultry production represents a major bottleneck in conventional, extensive, and organic systems. The main helminth infecting poultry is *Ascaridia galli*, a chyme-feeding nematode responsible for productive and sanitary losses. The recurrent and often inappropriate use of chemical anthelmintics across production systems contributes to the development of drug resistance in target parasites, increases production costs, and leads to the presence of pharmaceutical residues in the environment, thereby reinforcing the need for alternative and sustainable strategies for the control and containment of helminth infections. Thus, the present study aimed to evaluate whether supplementation with the nematophagous fungi *Duddingtonia flagrans* and *Pochonia chlamydosporia* would act as environmental biomodulators against *A. galli* in experimentally infected commercial laying hens. A total of 130 birds were randomly allocated into four experimental groups: a negative control, a positive control, and two treated groups, differentiated by the onset of treatment administration (prophylactic and therapeutic use). Hens in the infected groups were orally inoculated by gavage with 500 embryonated *A. galli* eggs, administered in four divided doses. Continuous treatment consisted of the incorporation of fungal chlamydospores into the feed at a concentration of  $10^5$  CFU/g for each fungal species. The experiment was divided into three phases: prepatent period, onset of lay, and peak production. Throughout the study, weekly fecal samples were collected for Egg per Gram counts (EPG), as well as litter samples (eggs/cm<sup>3</sup>). Serial necropsies were performed to recover free intestinal parasites and to assess intestinal villus and crypt morphometry. Additionally, zootechnical performance parameters and egg quality were evaluated. The experimental infection model proved adequate to maintain parasitism throughout the study period. Although treatment did not result in a statistically significant reduction in environmental parasite burden, a biological effect was observed in the treated groups.

**Keywords:** Biological control; Ascariidiasis; Nematophagous fungi

# **CAPÍTULO 1**

## 1. INTRODUÇÃO

A avicultura industrial constitui uma das cadeias produtivas mais eficientes na transformação de insumos vegetais em proteína animal de alto valor biológico, desempenhando papel estratégico na segurança alimentar global (GUIMARÃES et al., 2026). O crescimento populacional mundial e a crescente demanda por alimentos acessíveis e nutritivos impulsionaram significativamente a expansão da produção avícola nas últimas décadas. Nesse contexto, a carne de frango e os ovos das galinhas destacam-se como importantes fontes de proteína de elevada digestibilidade, além de vitaminas e minerais essenciais à alimentação humana (LOZANO et al., 2019; FEYERA et al., 2022a). Paralelamente à sua importância nutricional, a produção avícola também exerce papel socioeconômico relevante, uma vez que o setor, em franca expansão, demanda elevada mão de obra e contribui expressivamente para a geração de empregos diretos e indiretos (RAMOS et al., 2011).

A avicultura industrial de postura ocupa posição de destaque nesse cenário, especialmente em função do crescimento contínuo do consumo de ovos. Segundo dados do Relatório anual da ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal (2026), a produção brasileira de ovos aumentou de 39,5 para 62,3 bilhões de unidades produzidas em 2025, acompanhada de consumo *per capita* brasileiro de aproximadamente 288 ovos/habitante/ano, o maior registrado na série histórica nacional. Esses resultados consolidam o Brasil entre os maiores produtores mundiais de ovos de galinha e reforçam a importância da avicultura de postura para a segurança alimentar dos brasileiros, considerando que a maior parte da produção nacional é destinada ao abastecimento do mercado doméstico. Além disso, quando comparada a outras cadeias de produção de proteína animal, como a bovinocultura e a suinocultura, a avicultura apresenta maior eficiência na conversão alimentar e menor emissão de gases de efeito estufa, contribuindo simultaneamente para a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento econômico (PAULA et al., 2025).

Segundo Guimarães et al. (2026), o crescimento da avicultura de postura brasileira está diretamente relacionado à modernização dos sistemas produtivos, à elevada

competitividade econômica do setor e ao aumento do consumo interno. Paralelamente, mudanças no perfil do consumidor têm impulsionado a busca por alimentos produzidos sob condições associadas ao bem-estar animal e à sustentabilidade ambiental (YANG et al., 2025). Nesse contexto, os sistemas de criação de galinhas poedeiras alternativos ao modelo convencional em gaiolas, ganharam destaque nos últimos anos, especialmente os sistemas livres de gaiolas - *cage free*.

Tradicionalmente, a avicultura de postura comercial é realizada em sistemas de gaiolas, caracterizados pelo alojamento das aves em alta densidade animal, permitindo maior controle ambiental, facilidade de manejo e elevada eficiência produtiva. Entretanto, esse modelo vem sendo amplamente questionado devido às restrições impostas à expressão de comportamentos naturais das aves, como locomoção, exploração ambiental, empoleiramento e banhos de areia (LAY et al., 2011). Em contrapartida, os sistemas *cage free* permitem que as aves permaneçam soltas dentro dos galpões, com acesso à cama, ninhos e poleiros, enquanto os sistemas *free range* incluem ainda acesso ao ambiente externo (YANG et al., 2025).

A crescente adoção desses sistemas alternativos está associada às demandas da sociedade por modelos produtivos considerados mais éticos e sustentáveis. Em 2012, a União Europeia proibiu a utilização de sistemas convencionais de gaiolas para galinhas poedeiras, impulsionando mudanças estruturais importantes na cadeia produtiva avícola. Outros países também estudam adaptações legislativas semelhantes, embora ainda existam desafios relacionados à viabilidade econômica, adaptação estrutural e eficiência produtiva desses modelos em larga escala (YANG et al., 2025). Segundo Guimarães et al. (2026), sistemas alternativos favorecem a expressão de comportamentos naturais das aves e promovem melhorias relacionadas ao conforto térmico, qualidade dos ovos e bem-estar animal. Os autores observaram ainda maior taxa de postura e melhores parâmetros de qualidade interna dos ovos em aves mantidas em sistemas alternativos quando comparadas às aves criadas em sistemas convencionais.

Apesar dos benefícios relacionados ao bem-estar animal, os sistemas livres de gaiolas também apresentam desafios importantes. Entre os principais problemas descritos

na literatura especializada destacam-se as fraturas ósseas, o canibalismo, o arrancamento de penas e a maior complexidade no manejo sanitário das aves (PAULA et al., 2025). Além disso, a maior interação das galinhas com a cama e com o ambiente favorece a exposição a agentes infecciosos e parasitários, especialmente helmintos gastrintestinais transmitidos por via fecal-oral (SILVA et al., 2017; YANG et al., 2025). Assim, embora sistemas extensivos e *cage free* reduzam determinadas limitações comportamentais impostas pelos sistemas convencionais, esses modelos aumentam o contato das aves com patógenos ambientais.

As helmintoses gastrintestinais constituem um dos principais entraves sanitários da avicultura alternativa e orgânica (YANG et al., 2025). Höglund et al. (2023) corroboram com Poletti et al. (2021) os quais destacaram que o parasitismo por nematoides está associado à redução do desempenho produtivo, diminuição do ganho de peso, piora da conversão alimentar e aumento dos custos relacionados ao tratamento, profilaxia e reposição de animais. Em estudo conduzido na região Sul do Brasil, Silva et al. (2018) observaram prevalência de helmintoses superior a 90% das amostras avaliadas em propriedades avícolas de postura submetidas a diferentes sistemas de produção, ressaltando a importância de medidas profiláticas adequadas, especialmente em sistemas extensivos.

Os nematoides representam os principais agentes envolvidos nas endoparasitoses de aves domésticas (VALADÃO et al., 2020). Entre as espécies de maior relevância destacam-se *Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum* e espécies do gênero *Capillaria* (KASSAW et al., 2025). Ritu et al. (2024) em seu estudo epidemiológico conduzidos em aves de subsistência, observaram elevada prevalência de ascaridíase, frequentemente associada à maior exposição ambiental das aves e ao contato com artrópodes e moluscos terrestres que podem atuar como vetores mecânicos do parasito.

O controle convencional dessas parasitoses baseia-se predominantemente na utilização de anti-helmínticos sintéticos. Entretanto, o uso contínuo e indiscriminado desses compostos favorece o desenvolvimento de resistência parasitária, além de representar risco de contaminação ambiental e a possível presença de resíduos em produtos de origem animal (ZIRINTUNDA et al., 2022; VALADÃO et al., 2020). Segundo Silva et al. (2017),

a resistência anti-helmíntica constitui atualmente um dos principais desafios sanitários da produção animal moderna, especialmente em sistemas orgânicos e alternativos de criação.

Nesse cenário, torna-se cada vez mais evidente a necessidade de estratégias sustentáveis de controle parasitário (FIORILLA et al., 2024). A utilização de agentes de biocontrole e biomodulação ambiental surgem como alternativa promissora para redução da pressão de infecção ambiental, especialmente em sistemas *cage free* e orgânicos (LOZANO et al. 2022). Estudos recentes reforçam que o desenvolvimento de métodos integrados de controle sanitário, associados ou não ao uso racional de anti-helmínticos químicos, representa uma abordagem necessária para a manutenção da sustentabilidade e da eficiência produtiva na avicultura moderna (SILVA et al., 2018; HÖGLUND et al., 2023; FERREIRA et al., 2025).

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J. V.; BRAGA, F. R.; SILVA, A. R.; ARAUJO, J. M.; TAVELA, A. O. *In vitro* evaluation of the effect of the nematophagous fungi *Duddingtonia flagrans*, *Monacrosporium sinense*, and *Pochonia chlamydosporia* on *Ascaris suum* eggs. **Parasitol. Res.**, [s. l.], v.102, n.4, p.787–790, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório ABPA 2026**. São Paulo: ABPA, 2026. 60 p. Disponível em: <https://abpa-br.org/>. Acesso em: 07 de março 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16437**: Avicultura - produção, classificação e identificação do ovo caipira, colonial ou capoeira. Rio de Janeiro, 2016.

BRAGA, F. R.; ARAÚJO, J. V.; CAMPOS, A. K.; CARVALHO, R. O.; SILVA, A. R.; TAVELA, A. O.; MACIEL, A. S. Observação in vitro da ação dos isolados fúngicos *Duddingtonia flagrans*, *Monacrosporium thaumasium* e *Verticillium chlamydosporium* sobre ovos de *Ascaris lumbricoides* (Lineu, 1758). **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, [s. l.], v.40, n.3, p.356–358, 2007.

BRAGA, F. R.; ARAÚJO, J. V.; ARAUJO, J. M.; FRASSY, L. N.; TAVELA, A. O.; SOARES, F. E. F.; CARVALHO, R. O.; QUEIROZ, L. M.; QUEIROZ, J. H. *Pochonia chlamydosporia* fungal activity in a solid medium and its crude extract against eggs of *Ascaridia galli*. **J. Helminthol.**, [s. l.], v.86, n.3, p.348–352, 2012.

BRAGA, F. R.; FERRAZ, C. M.; SILVA, E. N.; ARAÚJO, J. V. Efficiency of the Bioverm® (*Duddingtonia flagrans*) fungal formulation to control in vivo and in vitro of *Haemonchus contortus* and *Strongyloides papillosus* in sheep. **3 Biotech**, [s. l.], v.10, n.2, p.5, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 56, de 6 de novembro de 2008**. Estabelece os procedimentos gerais de Recomendações de

Boas Práticas de Bem-Estar para Animais de Produção e de Interesse Econômico – REBEM. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 7 nov. 2008. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 64, de 18 de dezembro de 2008.** Aprova o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 dez. 2008. Seção 1.

CARMO, T. A.; MENA, M. O; CIPRIANO, I. A.; FAVARE, G. M.; GUELPA, G. J.; PINTO, S. C.; AMARANTE, A. F. T.; ARAÚJO, J. V.; SOUTELLO, R. V. G. Biological control of gastrointestinal nematodes in horses fed with grass in association with nematophagus fungi *Duddingtonia flagrans* and *Pochonia chlamydosporia*. **Bio. Control**, [s. l.], v.182, p.7, 2023.

FERDUSHY, T.; NEJSUM, P.; ROEPSTORFF, A.; THAMSBORG, S. M.; KYVSGAARD, N. C. *Ascaridia galli* in chickens: intestinal localization and comparison of methods to isolate the larvae within the first week of infection. **Parasitol. Res.**, [s. l.], v.111, n.6, p.2273–2279, 2012.

FERREIRA, I. A. F.; FONSECA, J. S.; VIEIRA, I. S.; CARVALHO, L. M.; ARAÚJO, J. V. Nematophagous Fungus: *Pochonia chlamydosporia* and *Duddingtonia flagrans* in the Control of Helminths in Laying Hens (*Gallus gallus domesticus*) Genus Hy-line Brown - Evaluation and Effectiveness. **Insights Vet. Sci.**, [s. l.], v.9, n.1, p.001–007, 2025.

FEYERA, T.; SHIFAW, A. Y.; RUHNKE, I.; SHARPE, B.; ELLIOTT, T.; WALKDEN-BROWN, S. W. *Ascaridia galli* challenge model for worm propagation in young chickens with or without immunosuppression. **Vet. Parasitol.**, [s. l.], v.301, p.11, 2022a.

FEYERA, T.; SHARPE, B.; ELLIOTT, T.; SHIFAW, A. Y.; RUHNKE, I.; WALKDEN-BROWN, S. W. Anthelmintic efficacy evaluation against different developmental stages of *Ascaridia galli* following individual or group administration in artificially trickle-infected chickens. **Vet. Parasitol.**, [s. l.], v.301, p.11, 2022b.

FEYERA, T.; ELLIOTT, T.; SHARPE, B.; RUHNKE, I.; SHIFAW, A.; WALKDEN-BROWN, S. W. Evaluation of *in vitro* methods of anthelmintic efficacy testing against *Ascaridia galli*. **J. Helminthol.**, [s. l.], v.96, p.12, 2022c.

FIORILLA, E.; OZELLA, L.; SIRRI, F.; ZAMPIGA, M.; PISCITELLI, R.; TARANTOLA, M.; PONZIO, P.; MUGNAI, C. Effects of housing systems on behaviour and welfare of autochthonous laying hens and a commercial hybrid. **Appl. Anim. Beha. Sci.**, [s. l.], v.274, p.9, 2024.

FONSECA, J. S.; ALTOÉ, L. S. C.; CARVALHO, L. M.; SOARES, F. E.; BRAGA, F. R. D. F.; ARAÚJO, J. V. Nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* to control parasitic diseases in animals. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, [s. l.], v.107, n.12, p.3859–3868, 2023.

GROVES, P. J. Impact of parasites on Australian laying hen welfare. **Ani. Prod. Sci.**, [s. l.], v.61, n.10, p.1031–1036, 2021.

GUIMARÃES, L. L.; ARAÚJO, L. F.; GOMES, L. S. R.; BATISTA, J. S.; FERREIRA, P. K. F.; CHAVES, F. A. L.; JUNIOR, J. L. S.; MENDONÇA, M. A. F. RUFINO, J. P. F. Alternative management strategy to promote welfare in laying hen production systems during the Amazonian summer. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 78, n. 2, p.1-11, 2026.

HAO, L.; GUO, Y.; WANG, X.; GAO, M.; LIU, T.; MA, Y.; ZHANG, Y.; LI, Q.; WANG, R.; YOU, X. Preparation and application of biocontrol formulation of nematode-trapping fungus-*Duddingtonia flagrans*. **Vet. Parasitol.**, [s. l.], v.327, p.7, 2024.

HAO, L.; ZHAO, F.; GUO, Y.; MA, Y.; LI, Z.; WANG, W.; LUO, H.; WANG, R. Antagonistic activity of *Pochonia chlamydosporia* against three helminth eggs and characterization of its serine protease. **Vet. Parasitol.**, [s. l.], v.334, p.8, 2025.

HÖGLUND, J.; DAŞ, G.; TARBIAT, B.; GELDHOF, P.; JANSSON, D. S.; GAULY, M. *Ascaridia galli* - An old problem that requires new solutions. **Int. J. Parasitol.: Drugs Drug Resist.**, [s. l.], v.23, p.9, 2023.

JUNCO, M.; IGLESIAS, L. E.; SAGÜÉS, F.; ZEGBI, S.; GUERRERO, I.; SAUMELL, C. A. A review of the use of *Duddingtonia flagrans* as a biological controller of strongylid nematodes in horses. **Parasitol. Res.**, [s. l.], v.122, n.2, p.357–368, 2023.

KASSAW, S.; BAYLIE, M.; MULAW, A.; AYELE, A. Chicken gastrointestinal helminths parasites: Coprological prevalence, spatial distribution, and morph-anatomical species identification in South Gondar zone, north West Ethiopia. **Vet. Parasitol.: Reg. Stud. Reports**, [s. l.], v.62, p.9, 2025.

KATAKAM, K. K.; NEJSUM, P.; KYVSGAARD, N. C.; JØRGENSEN, C. B.; THAMSBORG, S. M. Molecular and parasitological tools for the study of *Ascaridia galli* population dynamics in chickens. **Avian Pathol.** v. 39, n.10 p.81-85, 2010.

LAY, D. C.; FULTON, R. M.; HESTER, P. Y.; KARCHER, D. M.; KJAER, J. B.; MENCH, J. A.; MULLENS, B. A.; NEWBERRY, R. C.; NICOL, C. J.; O’SULLIVAN, N. P.; PORTER, R. E. Hen welfare in different housing systems. **Poult. Sci.**, [s. l.], v.90, n.1, p.278–294, 2011.

LI, S.; WANG, D.; GONG, J.; ZHANG, Y. Individual and Combined Application of Nematophagous Fungi as Biological Control Agents against Gastrointestinal Nematodes in Domestic Animals. **Pathogens**, [s. l.], v.11, n.2, p.172, 2022.

LOZANO, J.; ANA, A.; SALINERO, A. P.; LUX HOPPE, E. G.; GOMES, L.; PAZ-SILVA, A.; REBELO, M. T.; MADEIRA DE CARVALHO, L. Gastrointestinal Parasites of Free-Range Chickens – A Worldwide Issue. **BUASVMCN-VM**, [s. l.], v.76, n.2, p.110–117, 2019.

LOZANO, J.; ALMEIDA, C.; OLIVEIRA, M.; PAZ-SILVA, A.; CARVALHO, L. M. Biocontrol of Avian Gastrointestinal Parasites Using Predatory Fungi: Current Status, Challenges, and Opportunities. **Parasitol.**, [s. l.], v.2, n.1, p.37–44, 2022.

MADEIRA DE CARVALHO, L. M.; ARAÚJO, J. V.; BRAGA, F. R.; ARAÚJO, J. M.; GILLESPIE, A. Eficácia do fungo nematófago *Duddingtonia flagrans* no controlo biológico da estrongilidose equina no Ribatejo. **Revi. Port. Cienc. Vet.**, Lisboa, v. 102, n. 563-564, p. 233-247, 2007.

PAULA, P. D.; MOREIRA, J.; ALMEIDA, A. A.; VALENTIM, J. K. Sistema cage-free na avicultura brasileira: produtividade e tendências da indústria. **Vet. Zootec.**, v. 32, p. 14, 2025.

PERMIN, A.; BOJESSEN, M.; NANSEN, P.; BISGAARD, M.; FRANDSEN, F.; PEARMAN, M. *Ascaridia galli* populations in chickens following single infections with different dose levels. **Parasitol. Res.**, [s. l.], v.83, n.6, p.614–617, 1997.

POLETTI, B.; VIEIRA, M.M.; IPARRAGUIRRE, D. et al. Controle de endoparasitoses em galinhas no sistema orgânico de produção. **Suinocultura & Avicultura do básico à zootecnia de precisão**, cap.10, p.154-166, 2021.

RAMOS, L. D. S. N.; LOPES, J. B.; SILVA, S. M. M. D. S.; SILVA, F. E. S.; RIBEIRO, M. N. Desempenho e histomorfometria intestinal de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade recebendo melhoradores de crescimento. **R. Bras. Zootec.**, [s. l.], v.40, n.8, p.1738–1744, 2011.

RITU, S. N.; LABONY, S. S.; HOSSAIN, Md. S.; ALI, Md. H.; HASAN, M. M.; NADIA, N.; SHIRIN, A.; ISLAM, A.; SHOHANA, N. N.; ALAM, Md. M.; DEY, A. R.; ALIM, Md. A.; ANISUZZAMAN. *Ascaridia galli*, a common nematode in semiscavenging indigenous chickens in Bangladesh: epidemiology, genetic diversity, pathobiology, *ex vivo* culture, and anthelmintic efficacy. **Poult. Sci.**, [s. l.], v.103, n.3, p.11, 2024.

RODRIGUES, J. A.; ROQUE, F. L.; ÁLVARES, F. B. V.; SILVA, A. L. P. D.; LIMA, E. F. D.; SILVA FILHO, G. M. D.; FEITOSA, T. F.; ARAÚJO, J. V. D.; BRAGA, F. R.; VILELA, V. L. R. Efficacy of a commercial fungal formulation containing *Duddingtonia flagrans* (Bioverm®) for controlling bovine gastrointestinal nematodes. **Rev. Bras. Parasitol. Vet.**, [s. l.], v.30, n.2, p.6, 2021.

SENNA, T. **Avaliação do controle biológico como uma nova estratégia no combate a helmintos de pinguins de magalhães (*Spheniscus magellanicus*) com fungos nematófagos**. 2015. 42f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Vila Velha, Vila Velha.

SHARMA, N.; HUNT, P. W.; HINE, B. C.; MCNALLY, J.; SHARMA, N. K.; IQBAL, Z.; NORMANT, C.; ANDRONICOS, N. M.; SWICK, R. A.; RUHNKE, I. Effect of an artificial *Ascaridia galli* infection on egg production, immune response, and liver lipid reserve of free-range laying hens. **Poult. Sci.**, [s. l.], v.97, n.2, p.494–502, 2018.

SHARMA, N.; HUNT, P. W.; HINE, B. C.; RUHNKE, I. The impacts of *Ascaridia galli* on performance, health, and immune responses of laying hens: new insights into an old problem. **Poult. Sci.**, [s. l.], v.98, n.12, p.6517–6526, 2019.

SHIFAW, A.; RUHNKE, I.; ELLIOTT, T.; SHARPE, B.; FEYERA, T.; WALKDEN-BROWN, S. W. *Ascaridia galli* eggs obtained from fresh excreta, worm uteri or worms cultured in artificial media differ in embryonation capacity and infectivity. **Vet. Parasitol.**, [s. l.], v.310, p.10, 2022.

SHOHANA, N. N.; RONY, S. A.; ALI, Md. H.; HOSSAIN, Md. S.; LABONY, S. S.; DEY, A. R.; FARJANA, T.; ALAM, M. Z.; ALIM, Md. A.; ANISUZZAMAN. *Ascaridia galli* infection in chicken: Pathobiology and immunological orchestra. **Imm. Inflamm. Dis.**, [s. l.], v.11, n.9, p.11, 2023.

SILVA, M. E. D.; SILVEIRA, W. F. D.; BRAGA, F. R.; ARAÚJO, J. V. D. Nematicide activity of microfungi (*Orbiliales*, *Orbiliaceae*) after transit through gastrointestinal tract of “*Gallus gallus domesticus*”. **Rev. Bras. Saud. Prod. Anim.**, [s. l.], v.18, n.1, p.1–9, 2017.

SILVA, G. S.; ROMERA, D. M.; CONHALATO, G. S.; SOARES, V. E.; MEIRELES, M. V. Helminth infections in chickens (*Gallus domesticus*) raised in different production systems in Brazil. **Vet. Parasitol.: Reg. Stud. Reports.**, [s. l.], v.12, p.55–60, 2018.

STEPHEN, K.; AJANUSI, O. J.; SULEIMAN, M. M.; ORAKPOGHENOR, O.; OGWIJI, M. *In vitro* and *in vivo* anthelmintic effects of *Sterospermum kunthianum* (Cham-Holl) leaf extract against *Ascaridia galli* in experimentally infected broiler chickens. **J. Parasit. Dis.**, [s. l.], v.46, n.1, p.152–158, 2022.

TARBIAT, B.; JANSSON, D. S.; TYDÉN, E.; HÖGLUND, J. Comparison between anthelmintic treatment strategies against *Ascaridia galli* in commercial laying hens. **Vet. Parasitol.**, [s. l.], v.226, p.109–115, 2016.

THAPA, S.; THAMSBORG, S. M.; WANG, R.; MEYLING, N. V.; DALGAARD, T. S.; PETERSEN, H. H.; MEJER, H. Effect of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* on soil content of ascarid eggs and infection levels in exposed hens. **Parasites Vectors**, [s. l.], v.11, n.1, p.11, 2018.

UENO, H. & GONÇALVES, P.C. **Manual para Diagnóstico de Helmintoses de Ruminantes**, 4ed. Tokio - Japão. Japan International Cooperation Agency, 1998. 159p.

VALADÃO, M. C.; MILLENA DE CARVALHO, L.; VIEIRA, Í. S.; NEVES, P. H.; FERREIRA, V. M.; CAMPOS, A. K.; ELIAS DE FREITAS SOARES, F.; FERRAZ, C. M.; RIBEIRO VILELA, V. L.; BRAGA, F. R.; ARAÚJO, J. V. Germination capacity of the *Pochonia chlamydosporia* fungus after its passage through the gastrointestinal tract of domestic chickens (*Gallus gallus domesticus*). **Exp. Parasitol.**, [s. l.], v.216, p.17, 2020.

VALADÃO, M. C.; VIEIRA, Í. S.; CARVALHO, L. M. D.; NEVES, P. H.; MAGALHÃES, R. T.; CAMPOS, A. K.; ARAÚJO, J. V. D. Gastrointestinal helminth parasites of *Gallus gallus* raised in extensive system in the city of Viçosa, Minas Gerais, Brazil. **Braz. J. Vet. Med.**, [s. l.], v.43, n.1, p.6, 2021.

VIDAL, M. L. B.; FONSECA, J. D. S.; VIEIRA, Í. S.; ALTOÉ, L. S. C.; CARVALHO, L. M. D.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, I. V. F.; ARAÚJO, J. V. D. Interaction Between *Duddingtonia flagrans* and *Pochonia chlamydosporia* for the Biological Control of Bovine Gastrointestinal Nematodes. **Microorganisms**, [s. l.], v.14, n.1, p.13, 2025.

YANG, Q.; LANGFORD, F.; VIGORS, B.; ZHAO, R.; DWYER, C. M. From cages to cage-free: A qualitative exploration of Chinese egg producers views on the opportunities and challenges to adopting cage-free egg production systems in China. **Anim. Welf.**, [s. l.], v.34, p.13, 2025.

YAZWINSKI, T. A.; HÖGLUND, J.; PERMIN, A.; GAULY, M.; TUCKER, C. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP): Second edition of guidelines for evaluating the efficacy of anthelmintics in poultry. **Vet. Parasitol.**, [s. l.], v.305, p.11, 2022.

ZLOCH, A.; KUCHLING, S.; HESS, M.; HESS, C. In addition to birds age and outdoor access, the detection method is of high importance to determine the prevalence of gastrointestinal helminths in laying hens kept in alternative husbandry systems. **Vet. Parasitol.**, [s. l.], v.299, p.10, 2021.