Edited by Foxit Reader
Copyright(C) by Foxit Corporation,2005-2010
For Evaluation Only.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

TAYNARA STOPASSOLI DA COSTA

# CONTROLE DE CASCUDINHO *Alphitobius diaperinus* (Panzer) EM CAMA DE AVIÁRIO PERANTE EXPOSIÇÃO A MICRO-ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS
2018

TAYNARA STOPASSOLI DA COSTA

# CONTROLE DE CASCUDINHO *Alphitobius diaperinus* (Panzer) EM CAMA DE AVIÁRIO PERANTE EXPOSIÇÃO A MICRO-ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, como requisito parcial à obtenção do título de Zootecnista.

Orientador: Prof. Dr. Eng. Marco Antonio Possenti.
Coorientadora: MSc. Isabela Lopes dos Santos.

DOIS VIZINHOS
2018

Ministério da Educação
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**
Campus Dois Vizinhos
**Curso de Zootecnia**

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

## TERMO DE APROVAÇÃO TCC

# CONTROLE DE CASCUDINHO *Alphitobius diaperinus* (Panzer) EM CAMA DE AVIÁRIO PERANTE EXPOSIÇÃO A MICRO-ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Autora: Taynara Stopassoli da Costa.
Orientador: Prof. Dr. Eng. Marco Antonio Possenti.
Coorientadora: MSc. Isabela Lopes dos Santos.

TITULAÇÃO: Zootecnista.

APROVADA em 27 de Novembro de 2018.

MSc. Isabela Lopes dos Santos

Prof. Dr. Jaime Augusto de Oliveira

Prof. Dr. Eng. Marco Antonio Possenti
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

À DEUS em primeiro lugar, por estar presente comigo em todos os momentos, principalmente, nos difíceis. A ele toda honra e toda glória!

Ao Professor Marco Antonio Possenti, pela orientação, amizade, paciência, confiança e ensinamentos ao longo deste período. Agradeço pelo incentivo e ajuda durante minha vida acadêmica, pelas longas conversas e conselhos que levarei ao longo da vida como ensinamentos vindos não apenas de um orientador, mas sim de um grande amigo.

Á minha coorientadora Isabela Lopes dos Santos, pela orientação, paciência, conselhos e ensinamentos que foram de suma importância nessa fase. E ao professor Jaime Augusto de Oliveira pela orientação, ensinamentos e amizade.

Á Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos e a todos os professores, os quais não mediram esforços para repassarem seus conhecimentos durante minha vida acadêmica. O meu muito obrigada!

Á minha amiga Isabela Letícia Petry, amiga de longa data que sempre esteve presente em todos os momentos da minha vida, e se fez fundamental nessa fase, me ajudando, acalmando e aconselhando. Aos meus amigos de Dois Vizinhos, principalmente, André, Daniel, Karen, Laila, Luana, Samira, Soraia, que foram muito importantes nessa caminhada.

Aos meus avós, sogros, tios, tias e primos, pela torcida e orações.

Ao meu namorado Junior que sempre esteve presente em todos os momentos difíceis e de alegria, me incentivando e não me deixando desanimar. Obrigada por todo apoio, compreensão, paciência e parceria ao longo desses anos, você foi de suma importância nessa caminhada.

E por fim, mas não menos importante, à MINHA FAMÍLIA. Minha mãe Noeli, meu irmão Pedro Luiz e meu padrasto Evandro, por todo incentivo e ajuda, por estarem ao meu lado nos momentos de alegria e de aflição durante essa jornada, não me deixando desanimar, ajudando no que fosse possível. Sem vocês nada disso seria possível e não teria tamanha importância.

**Muito Obrigada!**

## RESUMO

COSTA, Taynara Stopassoli. Controle de Cascudinho *Alphitobius diaperinus* (Panzer) em cama de aviário perante exposição a micro-ondas eletromagnéticas. 2018. 43 f. Trabalho (Conclusão de Curso) – Programa de Graduação em Bacharelado em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

A produção brasileira de carne de frango tem aumentado gradativamente nos últimos anos, com isso o aprimoramento do sistema produtivo é de suma importância para dar qualidade ao produto final e agilidade no processamento do mesmo. Porém um dos problemas encontrados com frequência nos aviários é a alta incidência de *Alphitobius diaperinus* (Panzer), conhecido como cascudinho de aviário, sendo um dos principais vetores de agentes patogênicos causadores de doenças. Desse modo, é de extrema importância o controle deste inseto no meio de produção, que atualmente conta com métodos químicos, físicos e biológicos para realizar a descontaminação do ambiente. No presente trabalho, avaliou-se a ação das micro-ondas eletromagnéticas por meio de três tratamentos considerando tempo de exposição iniciando com 5 segundos e aumento gradativo, utilizando 100%, 80% e 50% da potência total do forno, dividindo os tratamentos em três proporções distintas sendo: espessura fina, intermediária e profunda da cama do aviário, com valores respectivos de 10, 15 e 20 cm. Os resultados de mortalidade dos indivíduos em fase larval e adulta, foram obtidos apenas quando os mesmos estiveram expostos a irradiação com duração de 15 segundos referente as espessuras de cama, considerando 100% do potencial de irradiação. Para complementar o estudo foram realizados testes para atingir 100% da taxa de mortalidade dos indivíduos nas duas fases do ciclo de vida avaliados. Utilizou-se 100% do potencial de irradiação para se obter o tempo mínimo de exposição atingindo: 30 segundos para espessura de 10 cm, 45 segundos com 15 cm e 65 segundos com 20 cm.



**Palavras chaves:** *Alphitobius diaperinus* (Panzer), controle de cascudinho, cama aviária, micro-ondas eletromagnéticas e tratamentos.

## ABSTRACT

COSTA, Taynara Stopassoli. Control of cascudinho *Alphitobius diaperinus* (Panzer) in poultry litter before exposure to electromagnetic microwaves. 2018. 43 f. Work (Completion of Course) – Graduate Program in Bachelor of Animal Science, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

The Brazilian production of chicken meat has gradually increased in recent years, so the improvement of the production system is of paramount importance to give quality to the final product and agility in its processing. However, one of the problems frequently found in aviaries is the high incidence of Alphitobius diaperinus (Panzer), known as birdwatcher, being one of the main vectors of disease-causing pathogens. Therefore, it is extremely important to control this insect in the production environment, which currently has chemical, physical and biological methods to perform environmental decontamination. In the present work, the action of the electromagnetic microwaves was evaluated by means of three treatments considering time of exposition starting with 5 seconds and gradual increase, using 100%, 80% and 50% of the total power of the furnace, dividing the treatments in three distinct proportions being: thin, intermediate and deep thickness of the aviary bed, with respective values of 10, 15 and 20 cm. Mortality results of larval and adult individuals were obtained only when they were exposed to irradiation with a duration of 15 seconds referring to bed thicknesses, considering 100% of irradiation potential. To complement the study, tests were performed to reach 100% of the mortality rate of the individuals in the two phases of the life cycle evaluated. 100% of the irradiation potential was used to obtain the minimum exposure time: 30 seconds for thickness of 10 cm, 45 seconds for 15 cm and 65 seconds for 20 cm.



**Keywords:** *Alphitobius diaperinus* (Panzer), lesser mealworm control, poultry litter, microwave electromagnetic and treatments.

**SUMÁRIO**

**1. INTRODUÇÃO ..... 8**

**2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA ..... 10**

**3. OBJETIVOS ..... 12**
3.1 OBJETIVO GERAL ..... 12
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 12

**4. PRESSUPOSTOS BÁSICOS ..... 13**

**5. REVISÃO DE LITERATURA ..... 14**
5.1 PRODUÇÃO AVÍCOLA ..... 14
5.2 *Alphitobius diaperinus* (Panzer) ..... 15
5.3 MICRO-ONDAS ELETROMAGNÉTICAS ..... 18

**6. MATERIAIS E MÉTODOS ..... 20**

**7. RESULTADOS E DISCUSSÃO ..... 25**
7.1 DISTRIBUIÇÃO DE CALOR ..... 25
7.2 RESULTADO COM VARIAÇÃO DAS POTÊNCIAS ..... 27
7.3 QUANTO AOS RESULTADOS OBTIDOS COM TEMPO DE EXPOSIÇÃO DE 5 E 10 SEGUNDOS ..... 28
7.4 QUANTO OS RESULTADOS OBTIDOS NO TRATAMENTO COM ESPESSURA FINA COM EXPOSIÇÃO DE 15 SEGUNDOS ..... 29
7.5 QUANTO OS RESULTADOS OBTIDOS NO TRATAMENTO COM ESPESSURA INTERMEDIÁRIA COM EXPOSIÇÃO DE 15 SEGUNDOS ..... 30
7.6 QUANTO OS RESULTADOS OBTIDOS NO TRATAMENTO COM ESPESSURA PROFUNDA COM EXPOSIÇÃO DE 15 SEGUNDOS ..... 32
7.7 QUANTO OS RESULTADOS OBTIDOS NO TRATAMENTO COM ESPESSURA FINA ..... 33
7.8 QUANTO OS RESULTADOS OBTIDOS NO TRATAMENTO COM ESPESSURA INTERMEDIÁRIA ..... 35
7.9 QUANTO OS RESULTADOS OBTIDOS NO TRATAMENTO DE ESPESSURA PROFUNDA ..... 36
7.10 QUADRO RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS ..... 37

**8. CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 39**

**9. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS ..... 40**
REFERÊNCIAS ..... 41

# 1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho será abordado sobre a produção avícola e um dos principais problemas enfrentado no dia a dia dos produtores e das empresas deste setor produtivo, o *Alphitobius diaperinus* (Panzer). Contudo, a partir deste tópico, em todos os momentos que for referido a este coleóptera, será citado como cascudinho de aviário, como popularmente é conhecido.

Decorrente do processo de modernização do sistema de produção avícola e da grande demanda do mercado interno e externo, o Brasil encontra-se em primeiro lugar no ranking de exportação e segundo maior produtor com cerca de 13,05 milhões de toneladas produzidas, tendo o estado do Paraná como seu maior produtor de frango nacional, com uma contribuição de 34,32% na produção total do país. O país conquistou o primeiro lugar no ranking de exportação no ano de 2004, após um surto de Influenza aviária, que atingiu o mercado produtor de aves. Porém, se manteve ileso a esta pandemia graças às medidas sanitárias adotadas (ABPA, 2018).

Atualmente, os problemas sanitários causam sérios prejuízos dentro do mercado, principalmente quando se refere ao mercado de exportação. Isto caracteriza a importância dos cuidados sanitários durante todo o procedimento de produção, que condiz desde a postura e incubação dos ovos, até a descontaminação e desinfecção do galpão, após cada saída dos lotes de frango para abate.

Há muitos anos, o principal problema encontrado pelos produtores e empresas deste setor agropecuário, é o cascudinho de aviário. Ele é responsável por causar enormes prejuízos como a danificação nas instalações, influência negativa nos índices zootécnicos, assim como, ser um dos principais vetores de agentes patogênicos transmissores de doenças, como: Newcastle, Gumboro e Salmonelose (CARDOSO; TESSARI, 2015).

Para que se possa ter um controle da incidência desse inseto após a saída de cada lote os produtores apostam no uso de métodos químicos, físicos ou biológicos. O método químico age para tornar o ambiente inadequado para o desenvolvimento do inseto (WOLF et al., 2014). O método físico que consiste no uso da fermentação da cama (SILVA, 2012). E o biológico no qual utiliza-se

fungos, nematoides ou hormônios para inibir o crescimento do mesmo (SOUZA et al., 2009).

Um novo método alternativo para o controle do cascudinho na cama do aviário é o uso de micro-ondas eletromagnéticas. Segundo estudos relatam que decorrente do aquecimento e tempo de exposição a irradiação, pode ocorrer a ruptura do conteúdo citoplasmático dos microrganismos, o que consequentemente levará os indivíduos à morte (WAYLAND; MOORE; BAUGH, 2007).

Com isso o trabalho tende a proporcionar aos produtores e empresas melhorias no processo de descontaminação da cama aviária. Promovendo melhores taxas de mortalidade do cascudinho, consequentemente evolução positiva dos índices zootécnicos de produção.

Além disso, serve como base para o possível desenvolvimento de um equipamento que possa ser utilizado neste processo produtivo visando o combate a esta e outras pragas e doenças. O uso de ondas eletromagnéticas, embora já tenha sido testado em outros processos, pode ser extremamente útil e viável para o avicultor.

## 2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A avicultura de corte é implacavelmente importante por produzir uma das proteínas animais mais consumidas no mundo. O Brasil é o primeiro do ranking de exportação e segundo maior produtor mundial de carne frango com mais de 13 milhões de toneladas produzidas anualmente (ABPA, 2018). Porém este setor agropecuário sofre, não somente com a influência do mercado externo, mas também, com alguns problemas no meio de produção. Um dos principais problemas sendo responsável por dores de cabeça não somente para os produtores, assim como, para as empresas, é o cascudinho de aviário.

Para as aves o período crítico de vida se concentra do quarto ao vigésimo dia de vida, devido o hábito de ciscar (SOUZA et al., 2009). Sendo que ao ingerirem o cascudinho, principalmente na fase adulta pode ocorrer lesões no trato gastrointestinal, ocasionando susceptibilidade para a entrada de agentes patogênicos (JAPP, 2008). Alguns dos efeitos negativos na produção são: vocalização e estresse no período de alimentação, fezes aguadas, podendo ainda, ter a presença de larvas na sua composição, entre outros, levando a índices zootécnicos insatisfatórios (JAPP; BICHO; SILVA, 2010).

Além dos prejuízos já citados, outro grande problema enfrentado com a alta incidência de cascudinho é a transmissão de enfermidades, pois, esse inseto é vetor de agentes patogênicos transmissores de: Aspergilose, Coccidiose, bacterioses, viroses e parasitoses. Dentre estas, as principais doenças transmitidas por agentes patogênicos advindo do cascudinho são: a doença de Newcastle, Gumboro e a bactéria *Salmonella* que possui capacidade infecciosa, tanto para animais como para humanos (CARDOSO; TESSARI, 2015).

A danificação das instalações é outro aspecto a ser considerado como importante e de caráter influenciável no faturamento da atividade. Atualmente, são utilizados três métodos afim de diminuir a incidência de infestação de cascudinho: o método químico que age para tornar o ambiente inadequado para o desenvolvimento do inseto (WOLF et al., 2014); o método físico que consiste no uso da fermentação da cama (SILVA, 2012); e o biológico no qual utiliza-se fungos, nematoides ou hormônios para inibir o crescimento do mesmo (SOUZA et

al., 2009).

Outra alternativa a ser estudada para fins de descontaminação é o uso de micro-ondas eletromagnéticas. O uso da temperatura como tratamento térmico de esterilização, proporciona a destruição de microrganismos patogênicos de maneira rápida por meio do processo físico da atuação nas moléculas seguida da ruptura de suas ligações internas (WAYLAND; MOORE; BAUGH, 2007).

Mas, para que este processo se torne eficiente a intensidade do efeito de tratamento térmico realizado com micro-ondas se dá pelo tempo e exposição térmica. Sendo que esse método de descontaminação se torna viável decorrente do aquecimento do substrato e não do forno em si (OLIVEIRA; PINELLI; SILVA, 2012).

A aplicação das micro-ondas eletromagnética no meio de produção, pode ser efetivado com desenvolvimento de uma máquina que venha a percorrer todo o aviário. Realizando a descontaminação decorrente da mortalidade dos insetos presentes na cama, visto que este equipamento tende a permanecer fixo nos aviários.

Nesse contexto, há a necessidade de desenvolver mais pesquisas sobre o método de controle de cascudinhos com o uso de micro-ondas eletromagnéticas. Levando em consideração fatores que podem influenciar sua eficiência, como: tempo de exposição, potência de radiação, distância de feixe e espessura da cama aviária, assim como a distribuição dos indivíduos no substrato (cama).

# 3. OBJETIVOS

## 3.1 OBJETIVO GERAL

Testar um novo método de tratamento para cama aviária com exposição a micro-ondas eletromagnéticas sob um dado período de tempo, considerando a potência e diferentes espessuras de camada da cama.

## 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma revisão literária a respeito da produção avícola, e seus principais desafios de produção com foco no cascudinho e a possível utilização de micro-ondas eletromagnéticas para seu controle;
- Avaliar o tempo ideal para ação das micro-ondas eletromagnéticas no processo de mortalidade do cascudinho presente na amostra da cama do aviário;
- Avaliar a taxa de mortalidade do cascudinho em fase larval e adulta, após período de exposição a micro-ondas eletromagnéticas em forno micro-ondas;
- Avaliar a eficiência da irradiação de micro-ondas eletromagnéticas em diferentes espessuras da camada de cama do aviário, considerando como fina, intermediária e profunda, com respectivas medidas de 10, 15 e 20 cm;
- Proporcionar uma base para estudos sobre o possível desenvolvimento de equipamentos responsáveis pela irradiação das micro-ondas eletromagnéticas sobre a cama.

## 4. PRESSUPOSTOS BÁSICOS

- O cascudinho é responsável pela danificação das instalações avícolas. Este coleóptera possui o hábito de escavação de túneis para empupar, destruindo as instalações;
- Cama aviária como habitat ideal do cascudinho. Devido a composição rica de matéria orgânica e ração, somado com a umidade e temperatura, a cama aviária se torna o ambiente ideal para proliferação e manutenção do cascudinho;
- Perdas econômicas e financeiras provocada pela ação do cascudinho no sistema digestivo das aves. Perante o hábito de ciscar das aves podem realizar a troca do consumo de ração balanceada pela ingestão de cascudinho adulto, provocando lesões na parede do trato gastrointestinal, tornando-as aves susceptíveis a doenças;
- Demanda de manejo acentuado com tratamentos químicos e físicos no ambiente interno do aviário. Alguns tratamentos adotados para eliminação e/ou redução da incidência de cascudinho podem provocar resíduos na carcaça das aves e maior exigência de mão de obra para realização do manejo, com efeitos prejudiciais para a saúde do avicultor, apontando este sistema de tratamento como invasivo e com considerável expressão na redução dos índices de infestação;
- A espessura da cama do aviário interfere no tratamento de micro-ondas eletromagnéticas. A espessura tende a aumentar o tempo de exposição a irradiação, podendo ainda, dificultar a ação das micro-ondas nos patógenos na fase adulta e os de último estágio larval, decorrente de estarem presentes no local mais profundo da cama do aviário.

# 5. REVISÃO DE LITERATURA

Neste item, será abordada uma breve revisão de literatura sobre a produção avícola e o principal coleóptera que afeta o sistema, consequentemente uma suposta alternativa para controle do mesmo. Tendo em vista, que o trabalho tem o intuito de evoluir para pesquisas mais aplicadas, voltadas ao desenvolvimento de uma máquina para auxiliar o produtor rural e as empresas no combate do cascudinho.

## 5.1 PRODUÇÃO AVÍCOLA

A avicultura de corte é um dos setores agropecuários que mais cresce. Isso se dá devido a forma em que ela se constituiu com a integração das unidades produtivas e a indústria, bem como, com o avanço da tecnologia aplicada a campo, que visa aumentar a produtividade. Resultante da expansão do mercado comercial e das cidades, a avicultura industrial teve seu processo de modernização consolidado na década de 70. A qual, foi impulsionada pelos investimentos em genética, nutrição e sanidade, ganhando assim abertura e globalização dos seus produtos, se tornando competitiva dentro do mercado interno e externo (ZEN et al., 2014).

De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (2018), atualmente o Brasil encontra-se entre os maiores produtores e exportadores de carne de frango, ocupando o primeiro lugar no ranking de exportação desde 2004. Nesse mesmo ano a produção avícola mundial enfrentou um surto de influenza aviária, e nosso país permaneceu ileso a essa pandemia, garantindo a conquista na primeira posição no ranking de exportação.

De acordo com o relatório anual da ABPA (2018), o Brasil apresenta uma evolução no mercado de exportação desde 2006, sendo que no ano de 2017 exportou mais de 4 mil toneladas de carne, obtendo um faturamento superior a 7 bilhões de dólares. Dentro da cadeia produtiva nacional, o Paraná é destaque como maior produtor contribuindo com cerca de 34,32**%** da produção total,

seguido de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Segundo SINDIAVIPAR (2018) o Paraná no ano de 2017 moveu aproximadamente 2 mil toneladas de carne para exportação, gerando um faturamento de mais de 2 bilhões de dólares para o Brasil. Os principais importadores da carne de frango paranaense são Arábia Saudita, China e Emirados Árabes.

Apesar da conquista do mercado externo o Brasil encontra-se vulnerável as condições mercadológicas. Diante disso, as questões de oscilação de preço, e possíveis quedas no consumo e encomendas, podem vir a causar sérios prejuízos e problemas no setor de produção, que tenderia a uma drástica redução. Contudo, com o crescente desenvolvimento da avicultura industrial e dos investimentos em biosseguridade, estima-se que até o ano de 2025 a produção anual atinja 17 milhões de toneladas de carne, com crescimento gradativo de 3% ao ano (WIERSBITZKI, 2017).

Atualmente, as enfermidades que atingem as aves do sistema de produção causam dores de cabeça não somente ao produtor, mas também, as empresas podendo ser destacado: doença de Newcastle, Salmonelose, Laringotraqueíte infecciosa, Gumboro, Bronquite infecciosa e Influenza aviária. Porém dentre estas e outras, o principal problema do setor produtivo que desencadeia prejuízos econômicos financeiros e é considerado como vetor de agentes transmissor de inúmeras enfermidades, é conhecido popularmente como cascudinho de aviário (JAENISCH.; TREVISOL; ESTEVES, 2011).

## 5.2 *Alphitobius diaperinus* (Panzer)

Segundo Paiva (2000), o *A. diaperinus* (Panzer) é um besouro do Filo *Arthropoda*, da Classe *Insecta*, da Ordem *Coleoptera* e pertencente à Família *Tenebrionidae*, originário do continente Africano, conhecido como cascudinho de aviário, e é responsável por inúmeros problemas dentro do setor de avicultura. O período considerado mais crítico se dá entre o quarto ao vigésimo dia de vida das aves, devido possuírem o hábito de ciscar durante essa fase da vida (SOUZA et al., 2009).

Devido as ótimas condições de alimento, umidade e temperatura proporcionados pelo galpão e a cama do aviário, o cascudinho costuma usufruir-se destes benefícios para realizar seu ciclo de reprodução e atuação no ambiente. Este ciclo costuma ocorrer entre 50 a 70, dias dependendo das condições favoráveis de desenvolvimento, estando ligado diretamente a média de temperatura de 27°C, e umidade relativa de 80% como condição ótima (JAPP; BICHO; SILVA, 2010).

A fase de eclosão dos ovos ocorre cinco dias após a postura, eclodindo uma larva com característica esbranquiçada com cerca de 1,5 mm de comprimento. Esta fase larval dura aproximadamente 38 dias quando atingem a coloração marrom escura e um tamanho de 13,8 mm de comprimento. As larvas podem passar por um processo de desenvolvimento de até 11 estágios larvais para advir a ecdise e empupamento durante cinco dias. A emersão dos adultos de coloração branca ocorre após quatro dias do período de estágios larvais, adquirindo a coloração comum de marrom. O processo de reprodução dos adultos começa com 20 dias após emergência (JAPP; BICHO; SILVA, 2010; SILVA et al., 2006).

É comum encontrar as pupas e adultos a cerca de 10 cm de profundidade do solo, mais específico embaixo de comedouros e bebedouros, devido ser o ambiente que proporciona os recursos favoráveis de desenvolvimento para os mesmos (JAPP; BICHO; SILVA, 2010). O comportamento alimentar do cascudinho baseia-se na matéria orgânica (ração, fezes, carcaça de animais, etc.) presente no ambiente, costuma-se encontrá-los durante o dia na superfície da cama aviária, nas colunas da instalação e nos equipamentos, principalmente, em comedouros devido a concentração de ração (FOGAÇA, 2015).

A presença deste coleóptera no ambiente de produção gera prejuízos econômicos financeiros, pois, afeta diretamente as aves, com redução no consumo de ração balanceada decorrente do hábito de ciscar. Segundo Fogaça (2015) as aves ao ingerirem o cascudinho principalmente na fase adulta, podem gerar lesões no trato gastrointestinal ocasionando a susceptibilidade para entrada de patógenos. Outros efeitos negativos na produção são: vocalização e estresse no período de alimentação, fezes aguadas, podendo ainda, ter a presença de larvas na sua composição, entre outros, levando a índices zootécnicos insatisfatórios (JAPP; BICHO; SILVA, 2010).

Além dos prejuízos já citados, outro grande problema enfrentado com a incidência do cascudinho é a transmissão de enfermidades, pois esse inseto é vetor de agentes patogênicos, podendo transmitir: Aspergilose, Coccidiose, bacterioses, viroses e parasitoses. As principais doenças transmitidas por agentes patogênicos advindos do cascudinho são: a doença de Newcastle e Gumboro que causam a imunossupressão nas aves levando-as a morte. A bactéria *Salmonella*, responsável pelas enfermidades de Pulorose, Tifo e Paratifo aviários, com capacidade infecciosa em animais e no homem (CARDOSO; TESSARI, 2015).

Para diminuir a incidência do cascudinho e sua atuação no meio de produção, atualmente os produtores e empresas apostam na utilização de métodos de controle. Este métodos de controle atuam em conjunto para que se obtenha melhores resultados, tornando o ambiente inadequado para a proliferação dos insetos. Os métodos utilizados são:

Métodos como o tratamento químico que consiste no uso de cal hidratado ou virgem, sulfato de alumínio, gesso agrícola, organofosforados e piretroídes, entre outros, que agem criando um ambiente inadequado para o desenvolvimento do cascudinho. Porém estes métodos podem deixar resíduos na carcaça dos frangos, tornando-se um empecilho no processo de exportação. Além disso, o procedimento do tratamento possui poucos resultados positivos quando se diz respeito ao uso em locais de difícil acesso dos reagentes, como por exemplo as colunas do galpão, o qual não se tem 100% de acesso para realizar a esterilização no ambiente do aviário (WOLF et al., 2014).

Assim como o método químico, o físico atua no ambiente por meio da atuação térmica. Um exemplo é o processo de fermentação da cama, que conta com o auxílio de equipamentos ou ainda é feita por meio do enleiramento da cama, como convencionalmente é realizado (SILVA, 2012).

Há também o método de controle biológico utilizando fungos, nematoides ou hormônios, que atuam inibindo o crescimento e desenvolvimento do cascudinho. Porém este método, comparado com o químico se torna pouco utilizado, sendo considerado como inviável, fazendo com que o procedimento de esterilização química seja a mais usada (SOUZA et al., 2009).

Além dos métodos já existentes e aplicados no campo avícola, um dos possíveis recursos a serem utilizados afim de promover esterilização na cama do aviário, é uso de micro-ondas eletromagnéticas (WAYLAND; MOORE; BAUGH,

2010). Tendo em vista, no presente trabalho o intuito de instigar a pesquisa com direcionamento para o desenvolvimento de uma máquina que atue nos aviários, auxiliando os produtores no processo de descontaminação da cama.

## 5.3 MICRO-ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Segundo Nesso e Lembo (2012), a utilização de micro-ondas eletromagnéticas no processo de esterilização e descontaminação de ambientes e utensílios, tem sido estudada como uma alternativa fácil, para promover maior eficiência e segurança do processo. O uso da temperatura como tratamento de esterilização, proporciona a destruição de microrganismos de maneira rápida por meio do processo físico da atuação nas moléculas seguida da ruptura de suas ligações internas (PEREIRA, 2007).

Oliveira; Pinelli e Silva (2012) dizem que, decorrente do aquecimento por micro-ondas a atividade molecular tende aumentar levando a inativação dos microrganismos, promovendo a desnaturação de proteínas e ácidos nucleicos, ocorrendo o rompimento da membrana/estrutura intracelular com extravasamento de lipídios. Mas para que a eliminação dos microrganismos ocorra de maneira eficiente o uso do micro-ondas está ligado com a quantidade e tempo de emissão da irradiação eletromagnética.

Em virtude dos níveis sobre o efeito que acontecem desde a transferência de energia até o momento que se atinge a temperatura desejada, pode ocorrer o rompimento da parede celular com liberação do conteúdo citoplasmático dos microrganismos. Contudo a intensidade do efeito de tratamento térmico realizado com micro-ondas se dá pelo tempo de exposição térmica, o qual torna viável o método de desinfecção decorrente do aquecimento do substrato e não do forno em si (OLIVEIRA; PINELLI; SILVA, 2012).

Atualmente, o sistema industrial se detém na utilização de fornos micro-ondas para promover o aquecimento dos materiais/amostras, tendo as micro-ondas eletromagnéticas atuando de maneira uniforme e eficiente (PEREIRA, 2007). Mas, para que isso aconteça a irradiação emitida pode variar em uma faixa de frequência entre 300 a 300.000 MHz, com comprimentos variando de 1 mm a

10 cm.

Além destas variações, segundo o regulamento da comissão Federal de Comunicação e das Leis Internacionais de Rádio, existe apenas quatro frequências permitidas de uso doméstico, industrial e científico, sendo elas, 915, 2450, 5800 e 22125 MHz. Os fornos micro-ondas comerciais utilizados para estes fins usufruem de micro-ondas de 2450 MHz, com faixa de potência entre 600 a 700W, porém os mais modernos podem chegar a 1.100W (SOUZA; NOGUEIRA; RASSINI, 2002).

O principal responsável pela origem das micro-ondas é um dispositivo chamado magnetron, sendo uma válvula capaz de produzir os feixes que serão transferidos para a cavidade do forno. O magnetron possui uma área chamada espaço de interação onde se tem presente um ânodo (pólo positivo) e um cátodo (pólo negativo), que funcionam juntamente com ímãs (OLIVEIRA; PINELLI; SILVA, 2012).

A presença de um campo elétrico contínuo faz com que por meio do cátodo ocorra a liberação de elétrons de maneira acelerada. As ondas eletromagnéticas formadas, são enviada por meio do guia de ondas, responsável pela transmissão das micro-ondas até o ventilador metálico, localizado no topo do forno, que leva as micro-ondas para a cavidade, sendo o espaço interno do forno onde ocorre o processo de emissão das ondas diretamente no conteúdo a ser aquecido (SOUZA; NOGUEIRA; RASSINI, 2002).

A propagação das micro-ondas eletromagnéticas após sua geração advindas do magnetron, se dá em linha reta ao longo do guia de ondas de maneira polarizada até a cavidade do aparelho. Durante este processo algumas ondas emitidas podem não serem absorvidas, o que prejudica a atuação homogênea e uniforme, causando assim a chamada zona fria, esta que irá interferir no processo de descontaminação da matéria (OLIVERIA; PINELLI; SILVA, 2012).

## 6. MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir, o procedimento metodológico adotado para realização da pesquisa, considerando os seguintes passos:

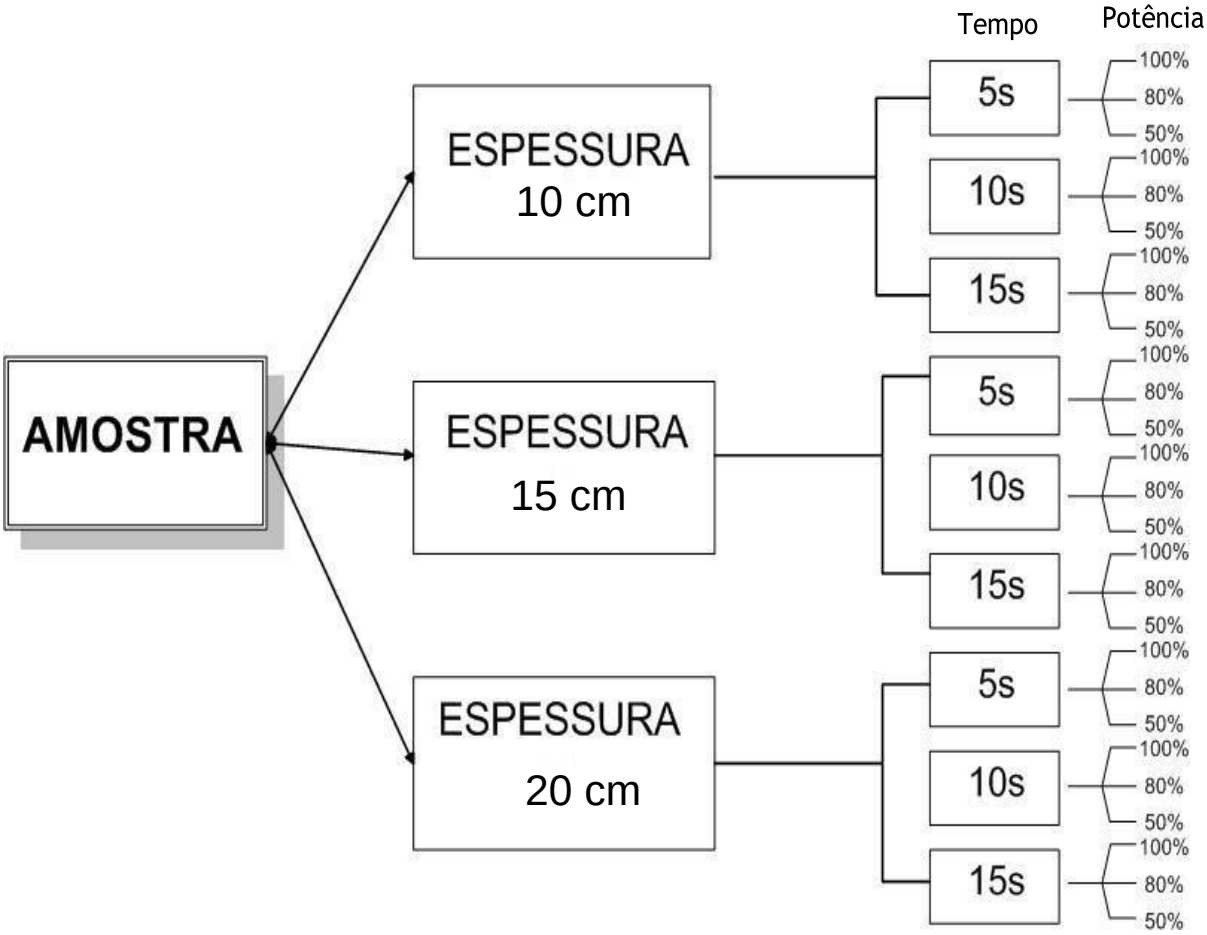
- **Pesquisa bibliográfica**: realizou-se primeiramente uma pesquisa bibliográfica frente a artigos científicos, livros, anais de congressos, dissertações e teses, bem como, a consulta direta junto a professores ligados à área sobre o tema de estudo;
- **Aplicação da proposta**: o presente experimento foi realizado no Laboratório de Bromatologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos, com a utilização do forno micro-ondas doméstico, responsável por emitir as micro-ondas eletromagnéticas. As amostras de cama aviária com o cascudinho foram provenientes do aviário comercial, localizado na fazenda experimental do campus;
- **Tratamentos realizados**: o experimento contou com o delineamento experimental fatorial 3X3 que consiste: uso de 3 proporções distintas de espessura de cama, sendo: fina com 10 cm; intermediária com 15 cm e profunda com 20 cm. A determinação das medidas de espessura da cama, foram estabelecidas de acordo com as médias de espessuras observadas durante os lotes de produção anteriores. Para cada espessura realizou-se 3 tratamentos, sendo com: (i) 5 segundos, (ii) 10 segundos e (iii) 15 segundos de exposição. Cada tratamento foi submetido a exposição de micro-ondas eletromagnéticas com potência de: 100%, 80% e 50%. Todos os tratamentos contaram com 3 repetições, afim de se ter maior número de amostragem, tornando os dados mais confiáveis e considerando a possível perda de amostras. Além disso, foi utilizado a câmera termográfica para verificar a temperatura e distribuição de calor no recipiente e nas amostras, sendo tirada uma foto pré e pós processo de exposição;
- **Coleta das amostras***:* As amostras foram coletadas no aviário comercial da universidade. A qual foi feita no box de alojamento dos pintainhos, em específico debaixo dos comedouros, em decorrência de ser o local com maior incidência de infestação do cascudinho. A coleta ocorreu aos 16 dias de alojamento, sendo o período intermediário da produção dos frangos, momento

em qual o produtor consegue visualizar nitidamente o nível de infestação do inseto. Para realizar a coleta das amostras contamos com uma caixa plástica transparente, para que se obtivesse uma boa quantidade de amostra e não ocorresse problemas com perdas;

- **Descrição do procedimento**: Após a coleta das amostras, as mesmas foram transportadas imediatamente para o Laboratório de Bromatologia da universidade, onde ocorreu a exposição as micro-ondas eletromagnéticas, contando com o auxílio do forno micro-ondas doméstico e da câmera termográfica para verificar temperatura e distribuição do calor nas amostras. As amostras foram transferidas para os recipientes de teste e posicionadas unitariamente no forno micro-ondas (ELECTROLUX, modelo ME28S) com frequência de potência de 2450 MHz. O forno conta com uma capacidade para 28 litros e com regulador de potência. O tempo inicial considerado foi de 5 segundos, com aumento gradativo e verificação de taxa de mortalidade em fase larval e adulta ao final de cada processo de exposição;
- **Contagem da população**: Ao final de cada processo de exposição foi realizado a contagem dos indivíduos vivos e mortos, considerando cascudinho em fase larval e adulta. Para se realizar a contagem, transferiu-se a amostra para outro recipiente plástico, afim de proporcionar a melhor visibilidade dos insetos, bem como separando-os em vivos e mortos seguindo suas fases: adulta ou larval, evitando ainda que os indivíduos vivos viessem a fugir do local do experimento. Após a contagem, os resultados obtidos foram tabelados e submetidos a análise de conteúdo.
- **Análise dos dados:** Os dados foram analisados por meio da quantificação de insetos vivos e mortos, referente as fases: adulta e larval. Ocorrendo também a observação da distribuição da temperatura e do calor, dos indivíduos, etc. Com os dados obtidos, utilizou-se gráficos para ilustrar e verificar o desempenho dos resultados.

A figura 1 representa o esquema geral da metodologia desenvolvida no experimento, tendo um delineamento experimental fatorial 3X3 que consiste no uso de 3 proporções distintas de espessura de cama, sendo: fina com 10 cm; intermediária com 15 cm e profunda com 20 cm. Para cada espessura realizou-se 3 tratamentos, sendo com: 5 segundos, 10 segundos e 15 segundos de exposição. Cada tratamento foi submetido a exposição de micro-ondas eletromagnéticas com potência de: 100%, 80% e 50%.

**Figura 1 -** Esquema da metodologia a ser desenvolvida no projeto sobre controle de cascudinho *Alphitobius diaperinus* (Panzer) em cama de aviário perante exposição a micro-ondas eletromagnéticas.




A seguir as figuras 2, 3 e 4 são referentes a algumas etapas realizadas durante o experimento. A figura 2 apresenta uma imagem real de como foi coletado a imagem térmica das análises.

**Figura 2 -** Uso da câmera termográfica para verificar a distribuição de calor.

Essa imagem foi tirada a 1 metro de distância com auxílio da câmera termográfica (FLIER, modelo E40), tendo o intuito de verificar a temperatura, distribuição do calor e consequentemente os principais pontos de zona fria, que serviram como subsídio para escape dos indivíduos como forma de sobrevivência. Este procedimento foi realizado pré e pós tratamento com ação das micro-ondas eletromagnéticas, para realização de possíveis comparações referente ao aquecimento do substrato.

**Figura 3 -** Realização da exposição das amostras a irradiação eletromagnética.

A figura 3 é referente a representação do recipiente utilizado para o tratamento a exposição de micro-ondas eletromagnéticas representando o processo adotado para todos os tratamentos, os quais foram colocados de maneira unitária no

forno micro-ondas para receber a irradiação das micro-ondas. Refere-se ao tratamento com 10 cm de espessura, sendo utilizado um pote em formato oval para representação da medida sugerida no tratamento. Para os outros dois tratamentos utilizou-se um pote retangular com medidas de 12x13,4x18 cm, posicionando horizontalmente para realizar o tratamento com 15 cm de espessura, e posicionando longitudinalmente para o tratamento com 20 cm de espessura.

**Figura 4 -** Separação dos indivíduos vivos e mortos em fase adulta e larval.

A figura 4 é a representação do processo abordado para separação dos indivíduos após receberam o tratamento de irradiação. O procedimento adotado para a separação dos indivíduos vivos e mortos em fase larval e adulta, consistiu no uso de 4 recipientes plásticos utilizados no laboratório. Ou seja, a contagem ocorreu de maneira fácil e rápida devido o método utilizado, no qual facilitou a verificação da quantidade de indivíduos vivos e mortos segundo as duas fases testadas.

# 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

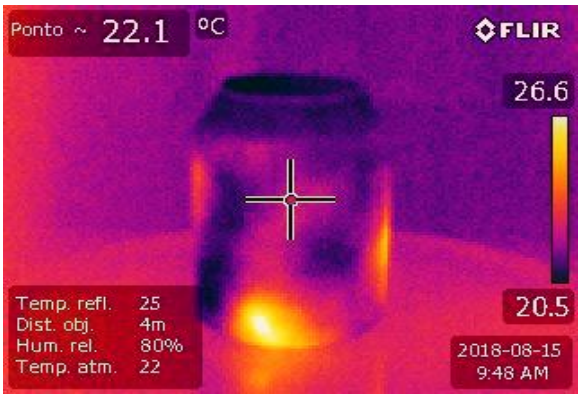
## 7.1 DISTRIBUIÇÃO DE CALOR

A propagação das micro-ondas eletromagnéticas é considerada como fator principal durante a realização dos tratamentos do experimento, devido a sua forte atuação no processo de aquecimento do substrato contido no recipiente de teste. Problemas como falhas de distribuição ou absorção das micro-ondas irradiadas, falta de homogeneidade no processo de distribuição, entre outros, influenciam diretamente nos resultados do trabalho.

No experimento realizado foi observado por meio das imagens termográficas a formação de zonas frias, ocorrendo independente do tempo de exposição ou espessura da cama. Esses fatos demonstram falhas de distribuição ou absorção das micro-ondas irradiadas, falta de homogeneidade no processo de distribuição, ausência do movimento de rotação da amostra, entre outros.

A seguir as figuras 5, 6, 7 e 8 ilustram a distribuição de calor referente a cada tratamento.

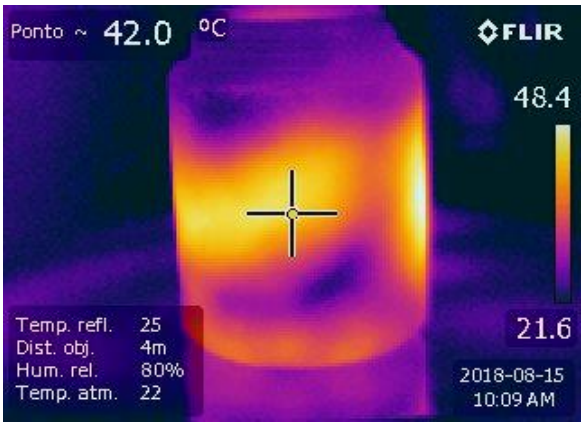
**Figura 5 -** Imagem termográfica da cama de aviário com espessura de 10 cm, submetida a radiação eletromagnética no período de 10 segundos.




Na figura 5 observa-se pouca distribuição do calor, se fazendo presente na base lateral e inferior do recipiente. Porém esta presença se dá com baixa intensidade, chegando a níveis máximos de temperatura de 26.6°C o que proporciona resultados negativos na taxa de mortalidade dos insetos, decorrente do baixo aquecimento do substrato.

As zonas frias presente na maior parte do recipiente apresentam uma temperatura média de 20.5°C. Ou seja, serve como escape de sobrevivência para os indivíduos prejudicando no objetivo geral do trabalho, que é causar mortalidade dos insetos.

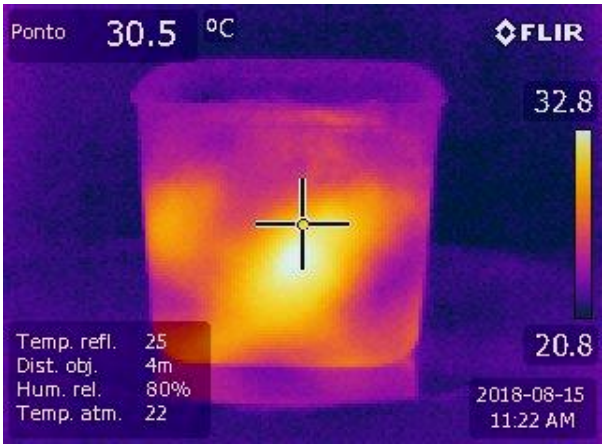
**Figura 6 -** Imagem termográfica referente a amostra de cama de aviário com espessura de 10 cm, submetida a radiação eletromagnética no período de 15 segundos.




A figura 6 apresenta melhor distribuição do calor, ocorrendo de maneira mais uniforme quando comparado com a figura 5. Isso leva a índices positivos na taxa de mortalidade dos indivíduos em fase larval e adulta, decorrente da redução das zonas frias e aumento das zonas de calor.

Observa-se uma variação de temperatura de 48.4°C nos pontos de maior aquecimento, sendo observado como a parte intermediária do recipiente e 21.6°C nos locais denominados de zona fria. Essa evolução na distribuição do calor é devido o aumento no tempo de exposição, o que leva o substrato sofrer durante mais tempo a ação das micro-ondas eletromagnéticas, consequentemente ocorrendo o aumento de aquecimento como um todo.

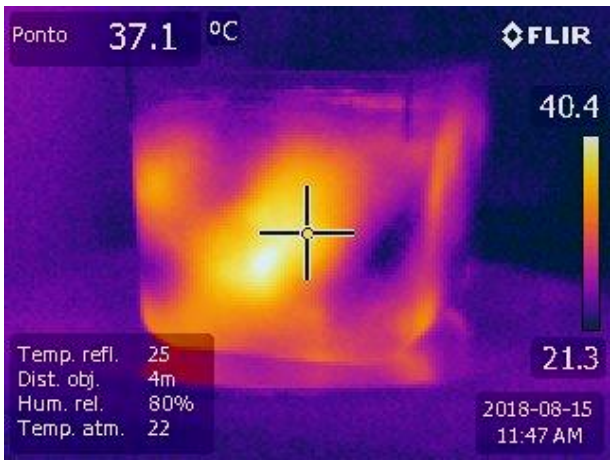
**Figura 7 -** Imagem termográfica referente a amostra de cama de aviário com espessura de 15 cm, submetida a radiação eletromagnética no período de 15 segundos.



Na figura 7 observa-se que apesar da boa distribuição de calor, ainda há a presença de vários pontos de zona fria. Isso tende a promover a redução da taxa de mortalidade dos indivíduos, decorrente do favorecimento de locais para escape do aquecimento, principalmente quando falamos em indivíduos na fase larval.

Neste tratamento observou-se que a maioria das larvas estavam presentes na parte superior do recipiente, sendo justificado devido a formação da zona fria neste local. Tendo em vista que a temperatura máxima atingida foi de 32.8°C nos locais mais aquecidos e com a mínima de 20.8°C.

**Figura 8 -** Imagem termográfica referente a amostra de cama de aviário com espessura de 20 cm, submetida a radiação eletromagnética no período de 15 segundos.




Considerando o aumento da espessura utilizada, observa-se na figura 8 boa distribuição de calor. Ocorrendo menores locais de zonas frias e com aumento na temperatura, atingindo máxima de 40.4°C e mínima de 21.3°C.

Essa distribuição de calor apresentada na figura 8 proporciona boas taxas de mortalidade dos insetos. Favorecendo os resultados de maneira positiva e efetivando a hipótese do uso de micro-ondas eletromagnéticas como técnica de descontaminação da cama aviária.

## 7.2 RESULTADO COM VARIAÇÃO DAS POTÊNCIAS

O equipamento micro-ondas utilizado para o experimento é de uso doméstico, e disponibiliza a função de regulação do potencial de irradiação desejado. Utilizou-se durante o experimento uma variação de potencial de irradiação para cada tratamento, sendo considerado: 100%, 80% e 50%. Porém apenas com o

uso de 100% do potencial obteve-se índices de mortalidade.

No caso do potencial de irradiação de 80% e 50%, acredita-se que a ausência do eixo rotatório presente no interior do equipamento possa ser um fator atrelado aos resultados negativos. Afinal o eixo rotatório é responsável por promover a melhor distribuição das micro-ondas eletromagnéticas, favorecendo o processo de absorção.

Além disso, o tempo de exposição pode ser considerado como insuficiente no processo de aquecimento do substrato (cama) testado. Levando consequentemente a baixa temperatura e desuniformidade na distribuição do calor, resultando na ausência de índices de mortalidade nestes potenciais de irradiação.

## 7.3 QUANTO AOS RESULTADOS OBTIDOS COM TEMPO DE EXPOSIÇÃO DE 5 E 10 SEGUNDOS

Com os dados obtidos no experimento, observou-se mortalidade de indivíduos na fase adulta e larval, somente a partir dos 15 segundos de exposição à irradiação, não ocorrendo mortalidade em ambas as fases nos tratamentos com 5 e 10 segundos de exposição. Isso pode ser justificado devido ao baixo período de exposição ou ainda decorrente da distribuição de calor desuniforme, apresentando pontos de aquecimento apenas na base inferior e lateral do recipiente.

Além disso um dos fatores que podem estar atrelados ao resultado, é o hábito de escavação de tuneis para os indivíduos efetuarem o empupamento. Este hábito é realizado como estratégia de abrigo para o processo de ecdise, ocorrendo a transformação em pupa e consequentemente ao indivíduo adulto.

Segundo Franco (2001), o uso de micro-ondas eletromagnéticas provoca mortalidade no inseto *Sitophilus oryzae*, conhecido como gorgulho de arroz, pertencente a ordem coleóptera. Este autor encontrou efeitos significativos quando os insetos foram expostos a irradiação durante 10 segundos, sem a presença de substrato no recipiente de teste, cessando o aparecimento e proliferação de indivíduos adultos.

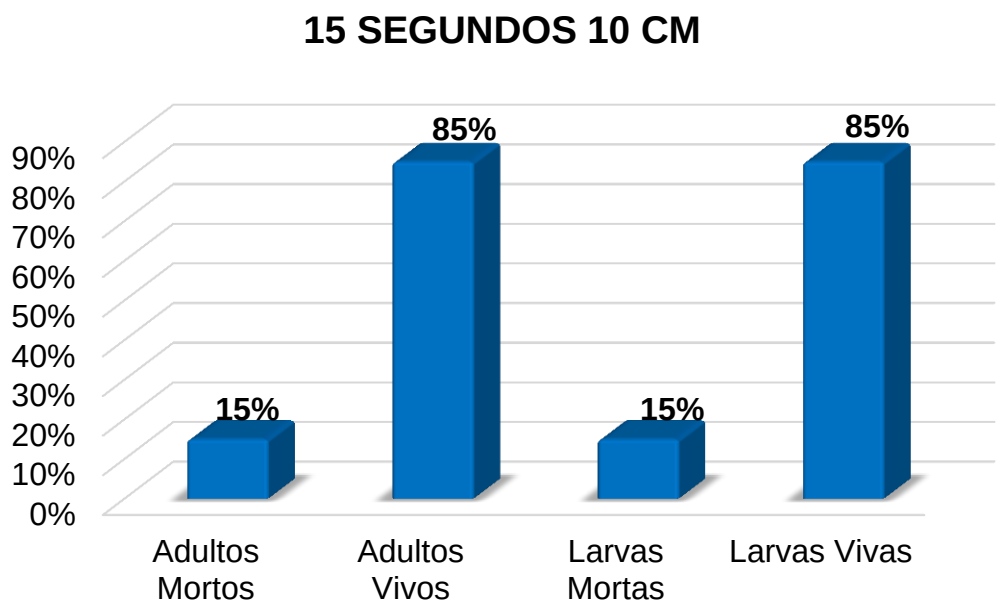
Porém, neste experimento referente ao uso de micro-ondas eletromagnéticas com intuito de controle do cascudinho, os resultados não tiveram

êxito na taxa de mortalidade. De acordo com os dados obtidos com as imagens termográficas, a temperatura se manteve em máxima de 26.6°C e mínima de 20.5°C entre as zonas quentes e frias, respectivamente, indicando que os indivíduos podem ter recorrido aos locais menos aquecidos, como forma de sobrevivência. Portanto, é necessário realizar e aprimorar testes com períodos de exposição de 5 e 10 segundos.

## 7.4 QUANTO OS RESULTADOS OBTIDOS NO TRATAMENTO COM ESPESSURA FINA COM EXPOSIÇÃO DE 15 SEGUNDOS

O tratamento expressou resultados positivos de acordo com gráfico 1, apontando 15% na taxa de mortalidade dos indivíduos em fase adulta e larval. Apesar do baixo índice de mortalidade perante a população testada, o resultado pode ter sido influenciado por alguns fatores como: umidade, distribuição dos indivíduos dentro do recipiente, baixo aquecimento do substrato (cama), temperatura, entre outros.

**Gráfico 1:** Tempo de 15 segundos de exposição dos indivíduos em fase larval e adulta com 100% do potencial de radiação do micro-ondas, em uma espessura de cama com 10 cm.




Os resultados obtidos demonstram a importância do experimento, pois neste caso a espessura de cama com 10 cm eventualmente se faz presente logo nos primeiros lotes de produção. Sendo assim, os índices de mortalidade obtidos em

ambas as fases aumentam as expectativas referente a melhores resultados quando se tem o aumento gradativo do tempo de exposição, ou ainda o aumento na potência do equipamento utilizado.

Vadivambal, Jayas e White (2008) realizaram estudos para determinar a taxa de mortalidade da Traça-indiana-da-farinha *(Plodia interpunctella)* em cevada armazenada, exposta a micro-ondas nas fases de: ovo, larva, pupa e adulta. Os autores concluíram que, com o aumento gradativo do tempo de exposição ocorria acréscimo na taxa de mortalidade dos indivíduos nas fases adulta e larval. Porém, não apresentou diferença estatisticamente significativa nos resultados, quando comparado a fase larval e adulta do inseto, durante o tempo de 14 segundos. Para alcançar a mortalidade dos insetos, a temperatura atingida durante o processo de aquecimento foi entre 52-55 ºC.

No tratamento realizado com tempo de exposição de 15 segundos a irradiação em espessura de 10 cm, não se efetivou diferenças quantitativas referente as fases larval e adulta, assim como no trabalho citado acima, tendo em vista os fatores que influenciam no tratamento. Os resultados de Vadivambal, Jayas e White (2008) utilizando a traça-indiana-da-farinha a temperatura necessária para ocorres mortalidade foi de 52-55°C, enquanto, no presente tratamento a temperatura atingida foi entre 21.6°C nas zonas mais frias e máxima de 48.4°C nos locais mais quentes.

Este aquecimento se fez mais presente na parte intermediária do recipiente, dificultando os indivíduos de evadir-se da zona de calor. Justificando os resultados positivos de 15% na taxa de mortalidade em ambas as fases, apresentando ainda baixa interferência em relação ao fator de suceptibilidade na fase larval.

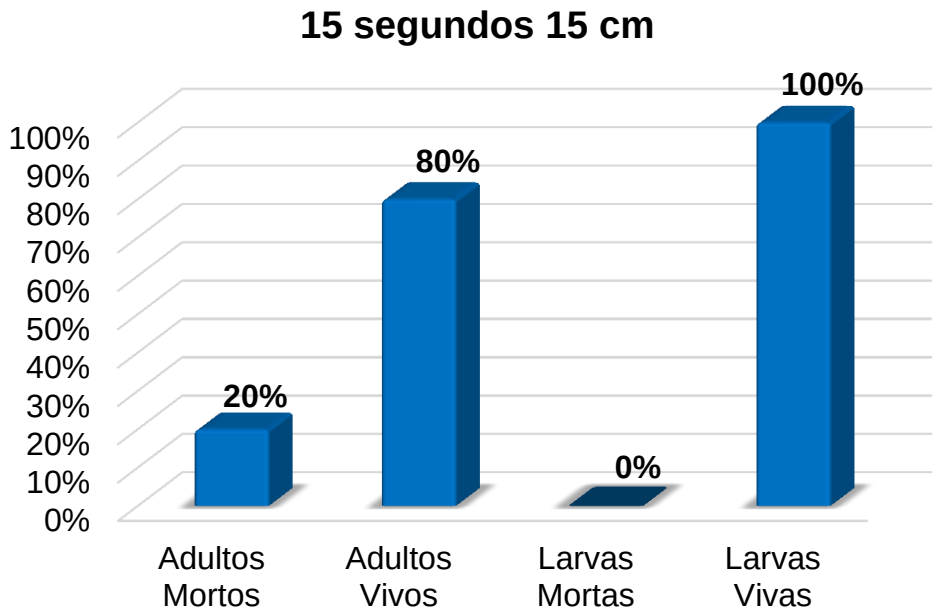
## 7.5 QUANTO OS RESULTADOS OBTIDOS NO TRATAMENTO COM ESPESSURA INTERMEDIÁRIA COM EXPOSIÇÃO DE 15 SEGUNDOS

Os resultados obtidos no tratamento chamaram atenção devido os resultados sem êxito na fase larval (gráfico 2). Apesar disso levanta-se a hipótese da ocorrência de possíveis modificações no conteúdo celular dos insetos nesta fase. Isso pode ser observado em experimentos realizados com outros insetos que

receberam a irradiação de micro-ondas eletromagnéticas.

Esta hipótese foi apresentada no experimento realizado por Lu et. al. (2011), que buscou resultados do efeito da irradiação e de estruturas condutoras de calor sobre o besouro-castanho *(Tribolium castaneum),* pertencente a mesma ordem coleóptera que o cascudinho. No experimento conclui-se que os efeitos térmicos ocorridos nas células levaram a uma desordem nas mesmas, devido o efeito das micro-ondas eletromagnéticas ocorrer de dentro para fora, atingindo primeiramente o conteúdo celular presente nos insetos. Já externamente os efeitos observados foram praticamente nulos, não ocorrendo alterações nos indivíduos (SANTOS, 2012 apud LU et al., 2011).

**Gráfico 2:** Tempo de 15 segundos de exposição dos indivíduos em fase larval e adulta com 100% do potencial de radiação do micro-ondas, em uma espessura de cama com 15 cm.




Observando os resultados nulos na taxa de mortalidade larval, se faz necessário novos estudos para análises no conteúdo celular, para averiguar se há ou não ocorrência de desordem das células após o tratamento térmico. Porém não descartamos possível influência dos fatores correlacionados ao processo, principalmente nesta fase larval.

Durante o procedimento de contagem dos insetos, observou-se que as larvas, em grande maioria, encontravam-se na parte superior do substrato (cama), onde se teve a formação da zona fria, podendo ser um indicativo aos resultados obtidos nesta fase. Porém considerando, o hábito de escavação dos insetos em ambas as fases, pressupõem-se que os mesmos se evadiram dos locais mais

aquecidos como forma de defesa e sobrevivência.

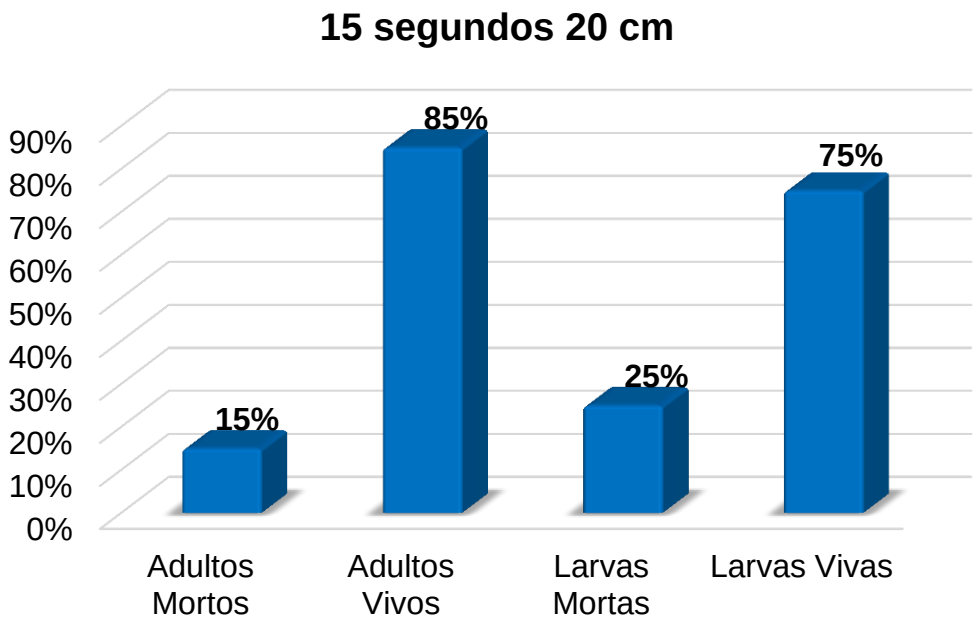
Contudo, obteve-se aumento no índice de mortalidade dos indivíduos na fase adulta, apresentando cerca de 20%, que caracteriza um bom indicativo. Com isso, possivelmente se tem redução do processo de ovoposição e consequentemente queda na proliferação de novos indivíduos.

Em relação a temperatura, se manteve entre 20.8 - 32.8°C, considerando as zonas mais frias e quentes respectivamente, durante o processo de aquecimento. Lembrando que a espessura de 15 cm representa a profundidade de cama encontrada na maioria dos aviários comerciais.

## 7.6 QUANTO OS RESULTADOS OBTIDOS NO TRATAMENTO COM ESPESSURA PROFUNDA COM EXPOSIÇÃO DE 15 SEGUNDOS

O gráfico 3, aponta os resultados positivos obtidos no tratamento, considerando que a espessura se faz presente na maior parte do processo de desenvolvimento do lote. Sendo importante os testes realizados, devido a ocorrência de altos índices de desenvolvimento de cascudinho nas condições atreladas a este tratamento.

**Gráfico 3:** Tempo de 15 segundos de exposição dos indivíduos em fase larval e adulta com 100% do potencial de radiação do micro-ondas, em uma espessura de cama com 20 cm.



Apesar da queda na taxa de mortalidade dos insetos em fase adulta, destaca-se os resultados obtidos em fase larval, sendo importante para atenuação da proliferação de indivíduos. Além disso, destaca-se que a hipótese da mortalidade de larvas, decorrente da susceptibilidade ao processo é devido a perda de umidade ou dissecação das mesmas.

Franco (2001) ao realizar estudos com micro-ondas eletromagnéticas para controle de ovos, larvas e pupas do inseto conhecido como gorgulho de arroz (*Sitophilus oryzae L.*), concluiu que os ovos são mais resistentes em relação a fase de larva e pupa. Isso ocorreu devido ao processo de contato com a irradiação desencadear movimentação das moléculas, obtendo calor e levando a perda de umidade, destacando que os ovos apresentam uma cobertura de proteção ao contrário das larvas e pupas.

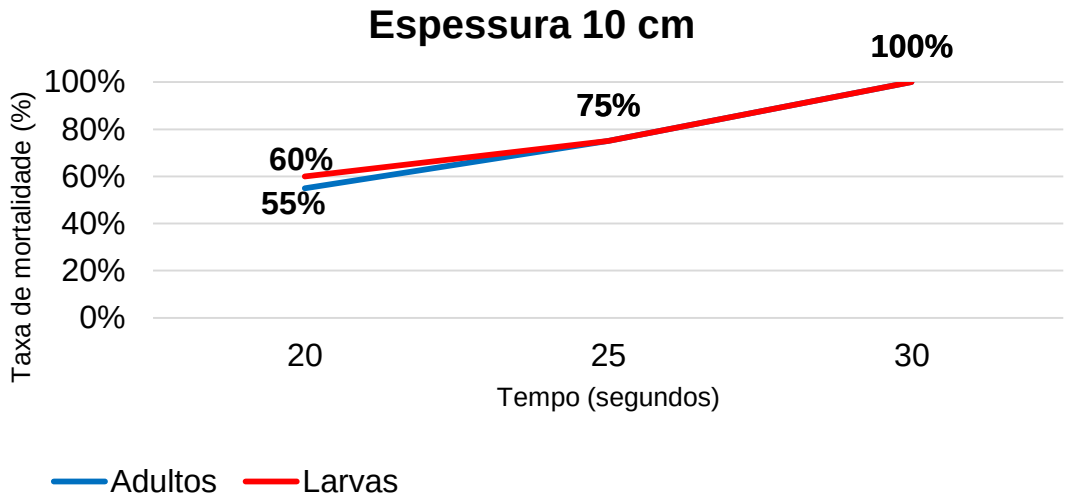
Além disso, seus estudos comprovam que os insetos em fase adulta são mais resistentes a irradiação eletromagnética. Este fato se deu pela diferença significativa na taxa de mortalidade de indivíduos, comparando a testemunha com os demais testes realizados. Tornando-se então, uma justificativa quanto ao tratamento do uso de micro-ondas eletromagnéticas em espessura de 20 cm, no qual obteve-se diferença entre os índices de mortalidade apresentando: 15% em fase adulta e 25% na larval.

Neste tratamento ocorreu uma variação térmica entre 20.8 - 32.8°C, com uma maior distribuição de aquecimento na parte intermediária e inferior do recipiente. Este fator levou a formação de um aglomerado de indivíduos adultos na parte superior do recipiente, ocorrendo desvio da zona de calor como estratégia de sobrevivência, justificando a taxa de mortalidade alcançada.

## 7.7 QUANTO OS RESULTADOS OBTIDOS NO TRATAMENTO COM ESPESSURA FINA

Além dos tratamentos propostos e discutidos no decorrer do trabalho, foram realizados testes complementares referentes ao tempo mínimo de exposição para obter 100% de mortalidade dos indivíduos nas fases larval e adulta.

**Gráfico 4:** Taxa de mortalidade (%) dos indivíduos em fase larval e adulta, seguindo o aumento gradativo de tempo (segundos) de exposição, referindo-se a 100% do potencial de radiação do micro-ondas, em uma espessura de cama com 10 cm.




O Gráfico 4 apresenta os resultados obtidos com o crescimento gradativo do tempo até alcançar a mortalidade dos insetos em ambas as fases. Os resultados apontam uma divergência de 5% na taxa de mortalidade entre a fase larval e adulta, considerando aspectos quantitativos nos índices. Podendo ser caracterizada pela possível interferência dos fatores já mencionados anteriormente.

Mas o principal empasse e fator atrelado aos índices de mortalidade refere-se ao potencial de irradiação do equipamento. O micro-ondas que auxiliou na realização do experimento possui baixo potencial de irradiação, o que leva a interferência direta no tempo de exposição ocasionando um aumento do mesmo para efetivar 100% da taxa de mortalidade.

Além disso, a espessura também interfere na absorção das micro-ondas eletromagnéticas. Decorrente desta dificuldade, obteve-se a presença de diversos pontos de zona fria durante o processo de aquecimento. Além disso, a ausência do eixo rotatório do equipamento pode estar atrelado ao aumento do tempo de exposição e a dificuldade de absorção/penetração das micro-ondas.

Vadivambal, Jayas e White (2008) realizaram experimentos afim de obter 100% de mortalidade do besouro-castanho (*Tribolium castaneum)* em todos os estágios de vida, utilizando um teor de umidade de 14%. Os resultados remeteram a necessidade de 28 segundos de tempo de exposição quando utilizado 500 W, e a umidade não foi taxada como fator principal na determinação da taxa de mortalidade dos insetos em fase larval.

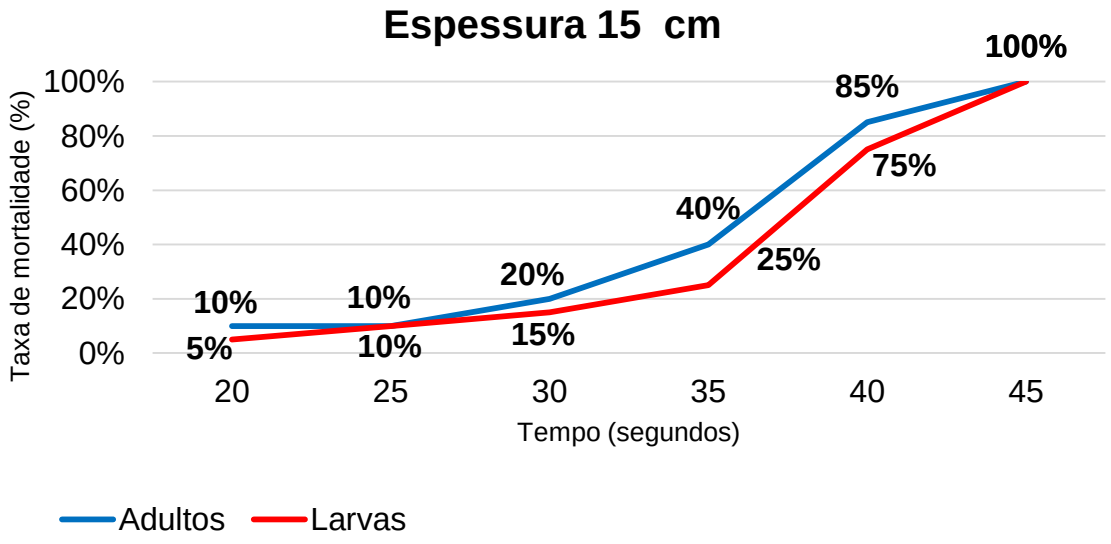
Como demonstrado no Gráfico 4, houve a necessidade de 30 segundos de exposição para ocorrer 100% de mortalidade dos insetos em fase larval e adulta. Esses dados simbolizam uma redução no período de exposição quando comparado com o trabalho realizado por Vadivambal, Jayas e White (2008). Entretanto, é necessário novos experimentos afim de reduzir o tempo de exposição, abordando possivelmente um aumento no potencial de irradiação para que se possa averiguar melhores índices na taxa de mortalidade.

## 7.8 QUANTO OS RESULTADOS OBTIDOS NO TRATAMENTO COM ESPESSURA INTERMEDIÁRIA

Como já mencionado, a espessura de 15 cm representa a profundidade de cama encontrada na maioria dos aviários comerciais. Se fazendo presente até mesmo em boa parte do processo de desenvolvimento do lote, devido os procedimentos de manejo da cama.

No gráfico 5 os dados coletados demonstraram a necessidade do aumento no tempo de exposição, decorrente do acréscimo de 5 cm de cama, comparado com o tratamento anterior, representado no gráfico 4. Considerando a relação direta entre taxa de mortalidade, potencial e tempo de irradiação.

**Gráfico 5:** Taxa de mortalidade (%) dos indivíduos em fase larval e adulta, seguindo o aumento gradativo de tempo (segundos) de exposição, referindo-se a 100% do potencial de radiação do micro-ondas, em uma espessura de cama com 15 cm.



Vale ressaltar que durante este tratamento os cascudinhos em fase adulta apresentaram taxa de mortalidade superior a fase larval. Indicando que o hábito de escavação está atrelado aos resultados, de acordo com as observações feitas durante o processo de contagem dos indivíduos. Tendo em vista, que aos 40 segundos de exposição a cama apresentou-se quase completamente aquecida, proporcionando o aumento nos índices de mortalidade em ambas as fases.

Franco (2001) realizou experimentos com o uso do micro-ondas doméstico, visando o controle do gorgulho de arroz (*Sitophilus oryzae L.*). No qual obteve 100% de mortalidade na fase adulta aos 180 segundos de exposição a irradiação. Sendo que, para a fase larval exigiu tempo de exposição entre 180 a 240 segundos, conforme o estágio dos insetos.

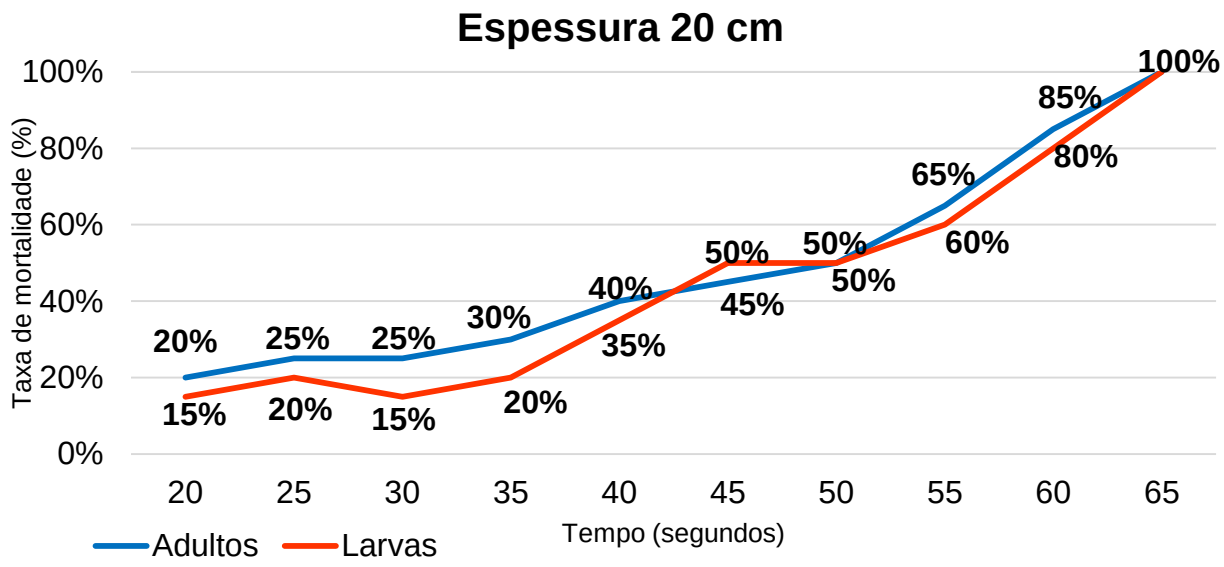
No gráfico 5 demonstra que aos 45 segundos, 100% dos insetos em ambas as fases estavam mortos. Isto é decorrente da drástica redução dos pontos com zona fria, o que evita locais de escape para os indivíduos. Os insetos ao receberem o tratamento térmico, em tese tiveram a ruptura do conteúdo citoplasmático, ocorrendo extravasamento do líquido e consequentemente a morte.

## 7.9 QUANTO OS RESULTADOS OBTIDOS NO TRATAMENTO DE ESPESSURA PROFUNDA

De acordo com estudos o acréscimo na espessura da cama leva ao aumento previsto de tempo de irradiação. Isto se confirma no gráfico 6, sendo necessário 65 segundos de exposição a irradiação, quando referido ao tratamento com espessura de 20 cm. Considerando que a espessura testada se faz presente em vários lotes de produção, devido ao manejo realizado na cama.

Pelos resultados do gráfico 6, observa-se que a taxa de mortalidade dos insetos adultos teve um crescimento variando entre 5% a 10% até os 50 segundos de exposição à irradiação, seguindo variações até a chegada ao índice de 85% de mortalidade aos 60 segundos. Entretanto, isto pode estar relacionado a fatores como: a distribuição dos indivíduos e/ou do calor, questões relacionadas ao hábito de escavação e de escape das zonas de calor como forma de sobrevivência.

**Gráfico 6:** Taxa de mortalidade (%) dos indivíduos em fase larval e adulta, seguindo o aumento gradativo de tempo (segundos) de exposição, referindo-se a 100% do potencial de radiação do micro-ondas, em uma espessura de cama com 20 cm.




Franco (2001) apresentou resultados de indução a letalidade nos insetos conhecidos como gorgulho de arroz, em fase adulta somente aos 160 segundos. Porém ocorrendo início dos efeitos deletérios como redução na longevidade e reprodução, logo aos 80 segundos.

Os índices apresentados no gráfico 6, apontam uma taxa letal dos indivíduos aos 65 segundos de exposição. Tendo em vista, que no caso da fase larval a importância da mortalidade, repercute a redução no desenvolvimento dos insetos para a fase adulta.

## 7.10 QUADRO RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS

No quadro 1, está representado um resumo sobre os resultados obtidos no decorrer dos experimentos, com respectivamente suas justificativas. Considerando apenas os resultados atrelados as espessuras testadas com 10 cm, 15 cm e 20 cm, utilizando potências de 100%, 80% e 50%.

Quadro 1 – resumo dos dados da contagem de cascudinhos em fase larval e adulta, submetidos a diversos tempos de exposição a micro-ondas, com potência de 100% de irradiação, em espessuras de cama de 10, 15 e 20 cm.

| Tratamentos | Potência | Resultados obtidos |
|---|---|---|
| **Espessura de 10 cm** | 100% | Aos 15 segundos de exposição a irradiação, houve 15% de mortalidade de indivíduos em fase larval e adulta. Ocorrendo aquecimento principalmente, na região intermediária do recipiente de teste, o que dificultou a saída dos insetos para locais de zona fria. Destacando ainda, que com 30 segundos de exposição obteve-se 100% de mortalidade dos indivíduos em fase larval e adulta. |
| | 80% | Infelizmente não houve êxito nos tratamentos. Podendo ser justificado pelo baixo tempo de exposição a irradiação ou até mesmo devido as condições atreladas ao equipamento utilizado, como por exemplo: potencial de irradiação, ausência do eixo rotatório, entre outros. |
| | 50% | |
| **Espessura de 15 cm** | 100% | Apesar da ausência de mortalidade de insetos na fase larval, ocorreu um aumento na taxa de mortalidade de indivíduos adultos. Com isso, tende a ocorrer possíveis reduções no processo de ovoposição consequentemente, queda na proliferação de novos indivíduos. Tendo em vista, que com 45 segundos de exposição ao tratamento térmico, ocorreu 100% de mortalidade dos insetos em fase larval e adulta. |
| | 80% | Infelizmente não houve êxito nos tratamentos. Podendo ser justificado devido as condições atreladas ao equipamento utilizado, como por exemplo: potencial de irradiação, ausência do eixo rotatório, entre outros. Tendo em vista, problemas relacionados com a distribuição de calor no substrato, o que pode ter interferido diretamente nos resultados. |
| | 50% | |
| **Espessura de 20 cm** | 100% | Neste tratamento, com 15 segundos de exposição observou-se aumento da taxa de mortalidade dos indivíduos em fase larval, para 25%. Durante o procedimento de contagem dos indivíduos, observou-se a aglomeração de insetos na fase adulta na parte superior do recipiente, justificando os 15% obtidos na taxa de mortalidade, devido ao fato dos mesmo supostamente terem realizado o desvio da zona de calor, como forma de sobrevivência. Necessitou-se de 65 segundos de exposição a irradiação para que se atingisse 100% na taxa de mortalidade dos indivíduos em fase larval e adulta. |
| | 80% | Infelizmente não houve êxito nos tratamentos. Podendo ser justificado devido as condições atreladas ao equipamento utilizado, como por exemplo: potencial de irradiação, ausência do eixo rotatório, entre outros. Tendo em vista, problemas relacionados com a distribuição de calor no substrato, o que pode ter interferido diretamente nos resultados. |
| | 50% | |

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cama aviária é um dos principais componentes do processo de produção de frangos de corte, sendo assim, é fundamental ter esse material em condições adequadas para promover bons resultados na criação das aves. Os testes laboratoriais do uso de micro-ondas eletromagnéticas como método auxiliar no tratamento de cama mostrou resultados promissores. O método demonstrou alguns resultados positivos na mortalidade de cascudinhos, apesar dos tempos de exposição à irradiação e a potência máxima do equipamento utilizado.

De acordo com os resultados obtidos no experimento, pode-se concluir que:

- A fase larval é a mais susceptível aos efeitos de irradiação, quando se tem uma boa distribuição dos indivíduos no meio e com redução dos locais com zonas frias que favorecem o escape como fonte de sobrevivência.
- Já a fase adulta considerando os bons índices de mortalidade, não se apresentou altamente resistente como alguns trabalhos apontavam.

Sobre o tempo de exposição referente as espessuras, com 100% de potencial de irradiação:

- **10 cm:** ocorreu letalidade total dos indivíduos em fase larval e adulta aos 30 segundos de exposição;
- **15 cm:** aos 45 segundos obteve-se 100% de mortalidade dos indivíduos;
- **20 cm:** demandou de 65 segundos de exposição a irradiação, para efetuar 100% da taxa de mortalidade dos insetos

Em decorrência das mudanças nos processos de tratamento da cama, tem se buscado métodos que provocam menos impactos, como a resistência dos insetos a inseticidas. Com os resultados obtidos no experimento, é notório o potencial do uso de micro-ondas eletromagnéticas como tratamento auxiliar. Entretanto, é necessário novos testes laboratoriais para redução do tempo de exposição, melhor distribuição dos pontos de calor, além realizar ajustes na potência de irradiação, para assim alcançar máxima eficiência na mortalidade de cascudinhos de aviário.

## 9. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Considerando a importância deste trabalho referente ao uso das micro-ondas eletromagnéticas como recurso para o processo de descontaminação da cama aviária, faz-se necessário novos estudos para aplicar o conhecimento nesta nova área de tecnologia de produção. Sugere-se como futuros trabalhos para complementação de pesquisa:

- Ampliação do número de dados referente a taxa de mortalidade dos insetos em fase larval e adulta;
- Utilizar diferentes marcas de equipamentos, com o intuito de comparação dos resultados obtidos verificando se haverá diferenças no desempenho dos mesmos;
- Aumento do potencial de irradiação das micro-ondas eletromagnéticas, afim de promover possíveis reduções no tempo de exposição;
- Verificação da interferência da distância do feixe responsável pela irradiação.

## REFERÊNCIAS

ABPA. Relatório Anual da ABPA. **Associação Brasileira de Proteína Animal**. Pág. 29-65. 2018. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais/2018> Acesso em 31 de outubro de 2018.

CARDOSO, A. L. S. P.; TESSARI E. N. C. Salmonellas aviárias: revisão. **Revista Eletrônica Nutritime**,. v. 12, n. 03, p. 4049 – 4069. Maio/Junho de 2015.

FRANCO, J. G. **Efeitos da radiação microondas nas diferentes fases do ciclo evolutivo de *itophilus oryzae* (linné, 1793) coleoptera, curculionidae e, arroz, visando o seu controle**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências da Tecnologia Nuclear) - Autarquia Associada a Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

FOGAÇA, I. **Controle alternativo da volatilização de amônia e do cascudinho, *Alphitobius diaperinus* (coleoptera: tenebrionidae), em cama de frango**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, 2015.

JAPP, A. K. **Influência do Alphitobius diaperinus (panzer, 1997) (coleoptera, tenebrionidae) no desempenho zootécnico de frangos de corte e avaliação da terra diatomácea como estratégia para o seu controle**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias, área de coordenação em produção animal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

JAPP, A. K.; BICHO, C. de L.; SILVA, A. V. F. Importância e medidas de controle para *Alphitobius diaperinus* em aviários. **Ciência rural**, v. 40, n. 07, p. 1668–1673. 2010.

JAENISCH F. R. F.; TREVISOL I. M.; ESTEVES P. A. Sanidade avícola contribui para o crescimento da produção de aves. **Revista Sonho, Desafio e Tecnologia - 35 Anos de Contribuições da Embrapa Suínos e Aves,** Cap. 14. p. 353-72. 2011.

NESSO N.; LEMBO T. O uso do forno de micro-ondas como agente antimicrobiano de alguns utensílios domésticos. **Journal of the Health Sciences Institute,** p. 315-317. Junho de 2012.

OLIVEIRA, A. C. M.; PINELLI, L. A. P.; SILVA, R. H. B. T. Influência da posição e tempo de irradiação sobre a capacidade de desinfecção em forno de micro-ondas. **Revista portuguesa de estomatologia, medicina dentaria e cirurgia maxilofacial**, v. 53, N. 02. p. 90–95. 2012.

PEDROSO-DE-PAIVA D. Controle de moscas e cascudinhos: desafios na produção agrícola. SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA. Concórdia – Santa Catarina. Abril de 2000. **Anais eletrônico.** Concórdia – Santa Catarina, 2000. Disponívelem:<docsagencia.cnptia.embrapa.br/suíno/anais/anais65_pedrosodepaiva.pdf>.

PEREIRA M. G. R. **Efeito da radiação de micro-ondas**. 2007.

SANTOS K. M. S. P. **EFEITO DA RADIAÇÃO MICRO-ONDAS NAS DIFERENTES FASES DO CICLO BIOLÓGICO DE Zabrotes subfasciatus (Boh.,1833) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE: BRUCHINAE) EM FAVA (Phaseolus lunatus,L.).** 2012. Dissertação (Mestrado de Agronomia. Área de Concentração: Produção Vegetal. Universidade Federal do Pauí. TERESINA, PI. 2012

SILVA et al. Ação do fungo *Beauveria bassiana*, isolado 986, sobre o ciclo biológico do cascudinho *Alphitobius diaperinus* em laboratório. **Ciência Rural**, v. 36, n. 06. Santa Maria Nov./Dec. 2006.

SILVA V. S. Métodos e segurança sanitária na reutilização de cama de aviários. **Embrapa Suínos e Aves - Capítulo em livro científico (ALICE).** Março. 2012.

SINDIAVIPAR. **Exportação de frango no ano de 2017**. Disponível em: <https://www.sindiavipar.com.br/index.php?modulo=8&acao=detalhe&cod=177308>. Acessado em 18 de outubro de 2018.

SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. D. A.; RASSINI, J. B. Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de micro-ondas doméstico. **Circular Técnica MAPA**, v. 33, p. 1–9. São Paulo. 2002.

SOUZA, L. M. et al. Controle de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) EM INSTALAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE. **Archives of Veterinary Science**, v.14, n. 4, p. 214-220. 2009.

VADIVAMBAL, R.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G. **Determination of mortality of different life stages of Tribolium castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae) in stored barley using microwaves. Journal of Economic Entomology**. v. 101, n. 3, p. 1011-1021, jun. 2008.

WAYLAND, J. R; MOORE P.; BAUGH P. Electromagnetic control of pathogens in poultry production facilities. **United States Patent Application Publication.** Maio 2007.

WIERSBITZKI, T. S. **Frango de corte: uma análise do mercado brasileiro de 2006 a 2015**. Ijuí – Rio Grande do Sul. UNIJUÍ - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2017.

WOLF, J. et al.. Métodos físicos e cal hidratada para manejo do cascudinho dos aviários. **Ciência Rural,** v. 44, n. 01, p. 161–166. 2014.

ZEN, S. et al. Evolução da avicultura no brasil. **Informativo CEPEA. Análise Trimestral. Custo de Produção Avícola.** Ano 1. Edição 1. 4° Trimestre de 2014. São Paulo