



Suscetibilidade de populações de *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) a cipermetrina em granjas de frango de corte no Estado do Paraná

Jeferson de Andrade

**SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO ESTADO DE SÃO
PAULO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO BIOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANIDADE, SEGURANÇA ALIMENTAR
E AMBIENTAL NO AGRONEGÓCIO**

**SUSCETIBILIDADE DE POPULAÇÕES DE *Alphitobius diaperinus* (PANZER, 1797)
(COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) A CIPERMETRINA, EM GRANJAS DE
FRANGO DE CORTE NO ESTADO DO PARANÁ**

JEFERSON DE ANDRADE

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio. Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

São Paulo
2021

JEFERSON DE ANDRADE

**SUSCETIBILIDADE DE POPULAÇÕES DE *Alphitobius diaperinus* (PANZER, 1797)
(COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) A CIPERMETRINA, EM GRANJAS DE
FRANGO DE CORTE NO ESTADO DO PARANÁ**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental
no Agronegócio.

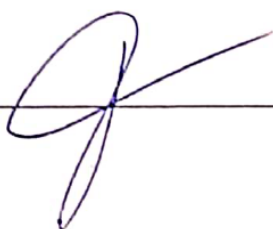
Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade
no Agroecossistema

Orientador: Dra. Ana Eugênia Carvalho Campos
Coorientador: Dr. Mário Eidi Sato

São Paulo
2021

Eu **Jeferson de Andrade**, autorizo o Instituto Biológico (IB-APTA), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, a disponibilizar gratuitamente e sem ressarcimento dos direitos autorais, o presente trabalho acadêmico de minha autoria, no portal, biblioteca digital, catálogo eletrônico ou qualquer outra plataforma eletrônica do IB para fins de leitura, estudo, pesquisa e/ou impressão pela Internet desde que citada a fonte.

Assinatura: _____



Data 03 / 12 / 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo
Núcleo de Informação e Documentação – IB

Andrade, Jeferson de.

Suscetibilidade de populações de *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) a cipermetrina, em granjas de frango de corte no estado do Paraná. / Jeferson de Andrade. - São Paulo, 2021.

62 p.

doi: 10.31368/PGSSAAA.2021D.JA013

Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico (São Paulo). Programa de Pós-Graduação.

Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

Linha de pesquisa: Manejo integrado de pragas e doenças em ambientes rurais e urbanos.

Orientador: Ana Eugênia de Carvalho Campos.

Versão do título para o inglês: Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* populations (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) to cypermethrin in broiler chicken farms, in the state of Paraná.

1. Controle químico 2. Resistência 3. Piretroide 4. Cascudinho 5. Avicultura
I. Andrade, Jeferson de II. Campos, Ana Eugênia de Carvalho III. Sato, Mário Eidi IV. Instituto Biológico (São Paulo) V. Título.

IB/Bibl./2021/013

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Jeferson de Andrade

Título: Suscetibilidade de populações de *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) a cipermetrina, em granjas de frango de corte no estado do Paraná.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio do Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo para a obtenção de qualificação de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio.

Aprovado em: ___/___/___

Banca Examinadora

Dr. (a) _____ Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Dr. (a) _____ Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Dr. (a) _____ Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

RESUMO

ANDRADE, Jeferson. Suscetibilidade de populações de *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) a cipermetrina, em granjas de frango de corte no estado do Paraná. 2021. 60 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 2021.

O cascudinho, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera, Tenebrionidae), é considerado uma das mais importantes pragas na avicultura de corte que se desenvolvem na cama de frango. É responsável por manter e veicular diversos microrganismos patogênicos, causar alteração da conversão alimentar, provocar disfunções ou infecções gastrointestinais nas aves, além de proporcionar prejuízos menores, como a redução no consumo de ração de frango e danos aos galpões aviários. O controle dessa praga é considerado complexo, além disso, com a utilização repetitiva de inseticidas tem se observado no Brasil e ao redor do mundo, o surgimento de populações resistentes. Dessa forma, esse estudo teve como objetivo avaliar a suscetibilidade de *A. diaperinus* a cipermetrina em sete diferentes localidades nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná. Larvas e adultos foram coletados em campo e expostos a concentrações de 0,025 a 25 µg i.a./cm² de cipermetrina em bioensaios. Observou-se variação na suscetibilidade dos cascudinhos a cipermetrina nas diferentes localidades. Em larvas foram registrados valores de CL₅₀ distintos, variando de 1,37 a 287,08 µg i.a./cm² e razão de resistência entre 6,3 e 209,1 e em adultos CL₅₀ variando de 2,15 a 392,94 µg i.a./cm² e razão de resistência entre 1,2 a 182,4. Populações de Cascavel, Salgado Filho e Palotina apresentaram níveis de resistência muito altos, uma população de Nova Aurora apresentou alta resistência e uma população de Palotina, resistência moderada ao inseticida. Cipermetrina é um dos poucos produtos registrados e o principal inseticida utilizado para o controle de cascudinhos na avicultura no Brasil, porém, o uso contínuo e indiscriminado deste ingrediente ativo ameaça significativamente o futuro do controle químico desta praga. Portanto, um manejo de resistência mais criterioso, com a adoção de outras práticas associadas, é fundamental para estender a vida útil das ferramentas de controle, especialmente os inseticidas químicos.

PALAVRAS-CHAVE: controle químico, resistência, inseticida piretroide, cascudinho, avicultura

ABSTRACT

ANDRADE, Jeferson. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* populations (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) to cypermethrin in broiler chicken farms, in the state of Paraná. 2021. 60 p. Dissertation (Master Degree in Health, Food and Environmental Security in Agribusiness) – Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 2021.

The lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera, Tenebrionidae), is considered one of the most important pests in broiler poultry which develop in the litter. It is responsible for maintaining and transmitting various pathogenic microorganisms, cause feed conversion changes, dysfunctions, or gastrointestinal infections, in addition to cause lesser losses, such as reduction in chicken feed intake and damage to poultry houses structures. The control of this pest is considered complex, besides the fact that the repetitive use of insecticides has been leading to the selection of resistant populations in Brazil and around the world. Thus, this study aimed to evaluate the susceptibility of *A. diaperinus* to cypermethrin in seven different locations in the Western and Southwestern Mesoregions of the State of Paraná. Larvae and adults were collected in the field and exposed to cypermethrin concentrations of 0.025 to 25 $\mu\text{g a.i./cm}^2$ in bioassays. Variation in the susceptibility of lesser mealworm to cypermethrin was observed for the different locations. In larvae, distinct LC_{50} values ranging from 1.37 to 287.08 $\mu\text{g a.i./cm}^2$ and resistance ratios between 6.3 and 209.1 were observed and, in adults, LC_{50} ranging from 2.15 to 392.94 $\mu\text{g a.i./cm}^2$ and resistance ratios between 1.2 and 182.4. Populations from Cascavel, Salgado Filho and Palotina showed very high resistance levels, a population from Nova Aurora presented high resistance and a population from Palotina, moderate resistance to the insecticide. Cypermethrin is considered one of the few registered compounds and the main insecticide used for the control of the lesser mealworm in Brazilian aviary, however, the continuous and indiscriminate use of this active ingredient significantly threatens the future of the chemical control of this pest. Therefore, a more careful insecticide resistance management, with the adoption of other associated practices is essential to extend the useful life of control tools, especially chemical insecticides.

KEYWORDS: chemical control, resistance, pyrethroid insecticide, lesser mealworm, poultry

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por mostrar sempre o caminho certo, dando-me força e por superar mais um desafio em minha vida.

Ao Instituto Biológico e a todo o Programa de Pós-graduação, por conceder a oportunidade da realização do meu Mestrado.

À Prof.^a Dra. Ana Eugênia de Carvalho Campos pela orientação, dedicação, apoio, incentivo e paciência.

Da mesma forma, ao Prof. Dr. Mário Eidi Sato pela coorientação, colaboração e ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

À empresa BASF e equipe do laboratório de P&SS por ceder estruturas e apoio necessário para a condução dos experimentos.

Aos membros da banca examinadora, cujo respectivos questionamentos melhoraram a qualidade do trabalho.

Em especial a minha esposa Daniele pela amizade, compreensão, companheirismo e estímulo nos momentos de dedicação a esse trabalho.

E por último, mas não menos importante a minha família e meus pais Clemente e Rosilene e à minha irmã Caroline, pois sem eles para mim nada teria se concretizado.

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

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Adulto de *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera, Tenebrionidae). **Fonte:** Próprio autor, 2020. 18
- Figura 2.** Ciclo de vida de *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera, Tenebrionidae). **Fonte:** próprio autor, 2020. 19
- Figura 3.** Cidades das coletas: dois estabelecimentos em Cascavel (CAS), dois estabelecimentos em Salgado Filho (SAL), dois estabelecimentos em Palotina e um estabelecimento em Nova Aurora. Área de coletas correspondentes a Mesorregiões oeste e sudeste do Paraná (linha de delimitação laranja), contemplando as URS de Cascavel (lilás), URS de Francisco Beltrão (rosa) e URS de Toledo (verde). **Fonte:** ADAPAR (2020); Próprio autor. 28
- Figura 4.** Coleta dos cascudinhos (larvas e adultos) realizado diretamente na cama de frango. **Fonte:** Arquivo pessoal. 29
- Figura 5.** Microambiente de criação e manutenção em laboratório das populações de *Alphitobius diaperinus*. **Fonte:** Próprio autor. 30
- Figura 6.** Microambiente de criação de *Alphitobius diaperinus* mantidos em laboratório para criação. 30
- Figura 7.** Aplicação do inseticida cipermetrina em diferentes concentrações sobre as placas de Petri. 31
- Figura 8.** Separação prévia de adultos e larvas de *Alphitobius diaperinus*. 32
- Figura 9.** Adultos (A) e larvas (B) de *Alphitobius diaperinus* transferidos em placas de Petri tratadas. 33
- Figura 10.** Esquema de fornecimento de alimento e água para *Alphitobius diaperinus* nas placas tratadas após 24 horas de exposição. **Fonte:** Próprio autor. 33
- Figura 11.** Mortalidade média corrigida por Abbott de adultos e larvas de *Alphitobius diaperinus* de diferentes populações coletadas nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná após 7 dias expostos a concentração de 25µg de cipermetrina por cm² (concentração usual de campo). Letras iguais indicam médias que não diferiram entre si (Tukey, p ≤ 0, 05). **Fonte:** Próprio autor. 41

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Localização geográfica, data e identificação dos *Alphitobius diaperinus* (larvas e adultos) coletados em granjas de frangos nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná usados para caracterizar a suscetibilidade ao inseticida cipermetrina..... 35
- Tabela 2.** Histórico de inseticidas e frequência de uso para controle químico de *Alphitobius diaperinus* nos sete estabelecimentos de coleta das Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná nos últimos cinco anos..... 36
- Tabela 3.** Massa corporal de larvas e adultos de cascudinhos coletados nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná e em comparação com a valores da população laboratorial de referência. 37
- Tabela 4.** Mortalidade média após 7 dias de adultos de *Alphitobius diaperinus* coletados nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná expostos a diferentes concentrações de cipermetrina ($\mu\text{g i.a./cm}^2$). **Fonte:** Próprio autor..... 38
- Tabela 5.** Mortalidade média após 7 dias de larvas de *Alphitobius diaperinus* coletados nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná expostos a diferentes concentrações de cipermetrina ($\mu\text{g i.a./cm}^2$). **Fonte:** Próprio autor..... 39
- Tabela 6.** Avaliação da progressão média da mortalidade de adultos e larvas de *Alphitobius diaperinus* ao longo de 7 dias coletados nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná ao longo dos intervalos de observação. 39
- Tabela 7.** Concentração resposta de cipermetrina (CL_{50} ; 0,025, 0,125, 0,25, 2,5, 12,5 e $25\mu\text{g i.a./cm}^2$) de larvas e adultos de *Alphitobius diaperinus* coletados nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná. 42
- Tabela 8.** Níveis de resistência à cipermetrina de larvas e adultos de *A. diaperinus* coletados nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná. 44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 Geral.....	13
2.2 Específicos.....	13
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 Importância econômica da avicultura de corte no Brasil.....	14
3.2 Sistema de produção intensivo e biossegurança.....	15
3.3 Importância dos cascudinhos na avicultura de corte.....	17
3.4 Controle dos cascudinhos.....	20
3.5 Resistência a inseticidas em cascudinhos.....	24
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.1 Coleta de indivíduos em campo e manutenção em laboratório.....	28
4.2 Bioensaio de contato residual.....	31
4.2 Análise dos dados.....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1 Censo informativo e identificação das populações de <i>Alphitobius diaperinus</i>	35
5.2 Característica dos cascudinhos coletados.....	37
5.3 Mortalidade das populações de <i>Alphitobius diaperinus</i> expostos à cipermetrina.....	37
5.4 Suscetibilidade das populações de <i>Alphitobius diaperinus</i> à cipermetrina.....	42
6. CONCLUSÕES.....	48
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXO A – FORMULÁRIO: CENSO INFORMATIVO DE COLETA.....	62

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a produção de frangos de corte é considerada uma atividade econômica muito importante e em expansão no Brasil, sendo a proteína de frango a mais consumida no país (RODRIGUES et al., 2014; ABPA, 2021). A cadeia produtiva do frango é responsável pela manutenção de cerca de 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos no país, além de ser economicamente muito importante para os EUA, União Europeia e Índia (MONITOR, 2016; ABPA, 2021).

Em nível mundial, o Brasil é o segundo maior produtor e o maior exportador de carne de frango. Presente em todo território nacional, a produção de carne de frango tem maior importância na Região Sul do Brasil (SINDIAVIPAR, 2020; ABPA, 2021).

O sucesso deste setor no cenário econômico está relacionado a diversas razões, tais como, melhor beneficiamento das linhagens e insumos, aplicação de tecnologias na produtividade, biossegurança, manejo mais assertivo, além do sistema de produção integrada (RODRIGUES et al., 2014; MONITOR, 2016).

O sistema de criação de frangos busca por condições favoráveis ao desenvolvimento massivo das aves, tais quais suas estruturas demandam ambientes bem controlados. No entanto, o sistema de confinamento dificulta os programas de biossegurança que precisam de forma direta e indireta prevenir, diminuir ou solucionar os problemas gerados na produção de animais, associados à contaminação por agentes patogênicos (AVILA et al., 2007; KNEIPP, 2014; MORAIS, 2016).

Para evitar o contato direto das aves com o piso dos galpões aviários, são utilizados como substrato a palha de arroz ou maravalha, conhecidos por cama de frango. A cama cumpre diversas funções dentro dos aviários, mas sobretudo, proporcionam melhor bem-estar às aves e simplificam o manejo (AVILA; MAZZUCO; FIGUEIREDO, 1992; AVILA et al., 2007; COBB-VANTRESS, 2008; ARBOR-ACRES, 2014).

As condições ambientais ofertadas às aves adjuntas à presença da cama de frango nos alojamentos permitiram o desenvolvimento bem sucedido de *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797), um coleóptero cosmopolita conhecido como cascudinho dos aviários (MENDES; POVALUK, 2017).

Uma vez estabelecido, multiplica-se rapidamente, sendo habitualmente encontrado em elevadas populações. No atual sistema confinado de produção de aves, *A. diaperinus* representa uma das principais pragas. O cascudinho pode acarretar prejuízos na avicultura de forma direta

e indireta. É responsável por manter e transmitir diversos microrganismos patogênicos, dentre eles, vírus, bactérias, fungos, helmintos e até mesmo protozoários (KARUNAMOORTHY et al., 1994; CHERNAKI-LEFFER et al., 2002; GOLVEA, 2014). O cascudinho também contribui para a desuniformidade do lote por causar alteração da conversão alimentar, e provocar disfunções ou infecções gastrointestinal nas aves, além de proporcionar prejuízos secundários, tais como, consumo do próprio alimento fornecido às aves e danos físicos às instalações (MORAIS, 2016).

Há diversas estratégias de controle cultural, físico ou biológico do cascudinho com aplicabilidade em uso ou sendo desenvolvidas, porém, são geralmente fundamentadas no uso de inseticidas químicos. O manejo dos cascudinhos é desafiador, pois há dificuldades no emprego das medidas, devido às condições ambientais dos galpões, características físico-químicas da cama de frango, presença das aves, além da biologia adaptada da praga (ALVES et al., 2006; FOGAÇA, 2017; FERREIRA, 2018).

Os hábitos crípticos desse inseto diminuem a eficiência das aplicações, pois são realizadas apenas nas superfícies de parede, piso ou propriamente na cama. No entanto, os indivíduos se abrigam nas frestas e fendas do ambiente e muitas vezes, quando os galpões possuem o piso direto ao solo, há favorecimento às larvas, que constroem pequenas galerias, ficando protegidas das ações de controle. O fenômeno beneficia a reincidência das populações infestantes ao longo do tempo, com a substituição dos lotes e trocas de camas (ALVES et al., 2004; UEMURA et al., 2008; MARTINS; ALVES; MAMPRIM, 2016). Além disso, devido a utilização repetitiva de inseticidas tem se observado a perda gradativa da eficiência dos produtos disponíveis atualmente. Nesse sentido, resistência de populações de *A. diaperinus* a inseticidas, especialmente piretroides e organofosforados, tem sido relatada ao redor do mundo (OLIVEIRA, 2016; ALVES et al., 2017).

No Brasil, há casos reportados de baixa suscetibilidade de *A. diaperinus* a cipermetrina e diclorvós no Sul do país, Região com a maior representatividade e importância na cadeia produtiva de aves (CHERNAKI-LEFFER et al. 2011; HICKMANN et al. 2018).

Dessa forma, é importante o monitoramento, a caracterização e confirmação da resistência dessa praga aos inseticidas no setor, uma vez que tais informações auxiliarão nas estratégias a serem adotadas para o manejo integrado do cascudinho, que é uma das pragas de ambiente mais significativa na avicultura.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Determinar a suscetibilidade de populações de *A. diaperinus* ao inseticida cipermetrina em granjas de frango de corte de distintas Unidades Regionais de Sanidade Agropecuária (URS) nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná em diferentes

2.2 Específicos

- Em granjas de frangos de corte obter amostras de larvas e adultos de *A. diaperinus* diretamente das camas de frango e estabelecer as populações em laboratório;
- Realizar censo informativo junto aos produtores ou técnicos responsáveis pelos estabelecimentos sobre as características dos aviários, infestações de cascudinhos, histórico e percepção do controle;
- Submeter as populações amostrais de *A. diaperinus* estabelecidas em laboratório a concentrações exploratórias de cipermetrina para determinação da suscetibilidade;
- Estimar a Razão de Resistência (RR) para as diferentes populações coletadas nas granjas de frangos de corte;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Importância econômica da avicultura de corte no Brasil

De maneira pouco representativa, até os primórdios da década de 1960 a atividade de avicultura de corte era desenvolvida de forma independente, principalmente no estado de São Paulo (CANEVER, et al., 1997; PROCÓPIO; LIMA, 2019). No entanto, em meados da mesma década, iniciou-se o processo de integração vertical na produção de aves de corte no estado de Santa Catarina, modelo que se expandiu gradativamente em todo território brasileiro e tornou o setor competitivo e de referência em termos de coordenação e cooperação entre os agentes econômicos relacionados à cadeia produtiva. Atualmente, cerca de 90% de toda a produção nacional de frangos de corte é feita sob o sistema de integração (agroindústrias-avicultores) (SANTOS FILHO, et al., 2011; LUZ; PEDROSO, 2016; PROCÓPIO; LIMA, 2019).

Contudo, a partir de 2000, houve extraordinária evolução da avicultura de corte brasileira, iniciando a década com produção anual de 5,9 milhões de toneladas e fechando a década notavelmente com um marco de 11,2 milhões de toneladas no ano de 2010, registrando um crescimento acumulado na produção de carne de frango de 89,8% em 10 anos (RODRIGUES et al., 2014; VOILÀ; TRICHES, 2015; ABPA, 2021).

Os avanços em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, principalmente nas áreas de genética, nutrição, manejo e ambiência, associados às mudanças nos padrões alimentares dos seres humanos e o processo de globalização econômica (abertura dos mercados), tornou expressivo o setor de produção de frangos de corte (TRAVASSOS; COELHO, 2017; SOUZA, 2017).

Atualmente, a produção de frangos de corte é considerada uma atividade econômica muito importante e em contínua expansão no Brasil. Isto ocorre devido a fácil acessibilidade à carne de frango, que é a segunda proteína mais consumida no mundo e a mais consumida no país, com média nos últimos 10 anos de 43,2 kg/ano por habitante brasileiro. Em 2020 o consumo *per capita* das principais proteínas animais no Brasil foi de 45,27 kg (carne de frango), 38,0 kg (carne bovina) e 16,0 kg (carne suína) (RODRIGUES et al., 2014; ABIEC, 2020; ABPA, 2021).

Além disso, a cadeia produtiva de frango é responsável pela manutenção de cerca de 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos no país e é economicamente muito importante para os EUA, União Europeia e Índia. Mesmo ao longo da pandemia de COVID-19, em 2020, foram aproximadamente 13 mil novos postos de trabalho adicionados ao setor de Avicultura (MONITOR, 2016; ABPA, 2021).

Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (2021), mundialmente, o Brasil é o maior exportador (4,23 mil toneladas / 2020) e ocupa o terceiro lugar como maior produtor de carne de frango atualmente. Os EUA em 2020 ainda lideraram o primeiro lugar, com produção de 20,2 milhões de toneladas de carne de frango, seguido pela China com 14,6 milhões de toneladas. Já o abate brasileiro, no acumulado de 2020, atingiu a marca dos 13,8 milhões de toneladas, seguida pela União Europeia (EU) que atingiu 12,2 milhões de toneladas de carne de frango (ABPA, 2021).

Presente em todo território nacional, a produção de carne de frango tem maior importância na Região Sul do Brasil, que foi responsável, em 2020, por 64,37% da produção brasileira. O Estado do Paraná é o líder nacional da produção, com 35,47%, seguido por Santa Catarina e Rio Grande do Sul com 14,88% e 14,02%, respectivamente (ABPA, 2021). Além disso, a Região Sul também é a maior exportadora de frango no país, sendo responsável por 80,03% de toda carne de frango brasileira exportada no ano de 2020. O Paraná é o maior exportador de carne de frango do Brasil, fechando o ano de 2020 com um volume de 1,64 mil toneladas. Os principais mercados consumidores do frango brasileiro no ano de 2020 foram, China, Japão, Emirados Árabes e Arábia Saudita, sendo que alguns desses países foram líderes mundiais na importação de frangos e derivados (ABPA, 2021; SINDIAVIPAR, 2021).

O Paraná é um estado privilegiado no ramo da agroindústria, pois possui as maiores empresas do país, além do sistema bem desenvolvido das cooperativas que se estabeleceram no Estado. Na avicultura de corte, a expressiva integração da cadeia produtiva, e a agroindústria de esmagamento da soja teve função importante como direcionadora da industrialização na avicultura, sobretudo para as cooperativas que agregaram valor às suas produções de milho e soja (TOBOLO; COSTA, 2015; WIERSBITZKI, 2017).

O sistema de integração entre produtores e frigoríficos no setor avícola foi um fator fundamental para que a avicultura tenha se tornado um dos mais importantes setores do agronegócio nacional. Através deste sistema, a produção brasileira teve um grande aumento da produtividade, tornando a avicultura brasileira uma das melhores no mundo (TOBOLO; COSTA, 2015; WIERSBITZKI, 2017).

3.2 Sistema de produção intensivo e biossegurança

A eficiência da avicultura brasileira está relacionada a diversas razões, tais como, beneficiamento das linhagens e insumos, aplicação de tecnologias de automatização produtiva, controle das condições sanitárias de criação, capacitação no manejo, além do sistema de produção integrada (RODRIGUES et al., 2014; MONITOR, 2016).

A excelência tecnológica em genética, manejo, nutrição e ambiência, nos últimos anos, garantiram o aperfeiçoamento dos apontadores zootécnicos, impactando na redução de 40% na conversão alimentar (capacidade de transformação de alimento em peso/carne), aumentando o peso médio final de 1,6 kg para 2,4 kg, maior aumento na produtividade por m², redução da mortalidade em 30% e sobretudo a redução da idade de abate de 63 dias para 42 dias (LOPES, 2019; PAGANELA, 2019).

O sistema intensivo de criação de frangos busca por condições mais próximas de favorecer o desenvolvimento acentuado das aves, no entanto, além de produzir um ambiente antagônico ao comportamento social e hábitos naturais das aves, o confinamento de animais propicia o desenvolvimento de diversas doenças, além de possibilitar a instalação de pragas, como roedores, moscas e outras que estão relacionadas diretamente a biossegurança na avicultura (PICOLI, 2004; MORAIS, 2016).

A biosseguridade em avicultura preza pela proteção das aves contra agentes biológicos infecciosos, tais como bactérias, vírus, fungos, parasitas, protozoários, bem como de agentes capazes de transmitir doenças às aves dentro do sistema de produção, além de, conseqüentemente, sustentar a segurança alimentar ao longo da cadeia (KNEIPP, 2016; DUARTE et al., 2018).

O alojamento dos frangos necessita atender às condições nutricionais, fisiológicas e ambientais ideais para o desenvolvimento sadio das aves. As estruturas demandam condições ambientais bem controladas para favorecer o crescimento das aves, bem como, desfavorecer o desenvolvimento de microrganismos patogênicos (AVILA et al., 2007; DUARTE et al., 2018; PAULINO et al., 2019).

Um tópico de importância fundamental para o manejo de aviários em sistemas de produção avícola é a utilização de um substrato autodenominado de cama de frango, que é aplicado sobre o piso dos galpões. O substrato da cama é composto principalmente de palha de arroz ou maravalha, porém pode ser preparado com outros materiais como casca de amendoim, casca de coco, areia, espiga de milho triturada, feno, etc. (GONÇALVEZ et al., 2019).

O substrato utilizado está muito relacionado à localidade da instalação e disponibilidade de insumo regional, além do material que deve ser adequado para as aves, ser biodegradável e livre de contaminantes. A cama do aviário desempenha importante papel no controle da

temperatura, absorção da água, diluição e/ou incorporação de uratos e excretas, penas, resto de ração e deve proporcionar o máximo de conforto e bem-estar às aves (AVILA et al., 2007; COBB-VANTRESS, 2008; ARBOR-ACRES, 2014; GONÇALVEZ et al., 2019).

A reutilização de cama de frango em mais de um lote de aves é uma prática comum na avicultura, especialmente com a finalidade de diminuir os custos de matéria-prima. Esse reaproveitamento da cama proporciona ocasionalmente maior agregação de nutrientes na cama, possibilitando a aplicação como biofertilizante, o que estabiliza ou diminui os impactos ambientais associados ao seu uso e descarte (FUKAYAMA, 2009; VIRTUOSO et al., 2015; GONÇALVEZ et al., 2019). Atualmente no Brasil ao longo de um ano, as camas são reutilizadas, em média, com seis diferentes lotes de frangos. Somente são trocadas fora do planejamento anual, caso ocorra alguma adversidade sanitária (ABREU; ABREU et al., 2000; PANATO et al., 2018).

A cama de frango deve ser manejada apropriadamente para desempenhar seu papel, além de prevenir a propagação de microrganismos e pragas, garantido a biosseguridade dos aviários (HERNANDES et al., 2002; GONÇALVEZ et al., 2019).

No entanto, as condições ambientais proporcionadas às aves, associadas à presença da cama no alojamento, permitem o desenvolvimento e à multiplicação, com êxito, de bactérias e outros microrganismos, além de insetos, como *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) conhecido popularmente como cascudinho dos aviários (MENDES; POVALUK, 2017).

3.3 Importância dos cascudinhos na avicultura de corte

Originária da África Ocidental, a espécie *A. diaperinus* tem distribuição cosmopolita e foi introduzida em diversos países por meio de alimentos contaminados, sendo comumente encontrado em farinhas e grãos, sendo originalmente considerado uma praga secundária de grãos armazenados (Figura 1) (FOGAÇA et al. 2017; HONG et al., 2020). Esse inseto em seu meio natural, como outros seres vivos, apresenta papéis benéficos, como ser detritívoro, contribuinte para a ciclagem do solo, além de participar da cadeia trófica. Nesse sentido, há diversas linhas de estudos e inclusive a prática da incorporação desse inseto na alimentação humana e sobretudo animal, devido aos ricos valores proteicos (SOUSA, 2018).



Figura 1. Adulto de *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera, Tenebrionidae). **Fonte:** Próprio autor, 2020.

Alphitobius diaperinus (Coleoptera, Tenebrionidae) é capaz de se proliferar com eficiência na cama dos aviários, sendo encontrado comumente em elevadas populações. Os indivíduos vivem sobre a superfície e/ou na cama, em frestas dos pisos e paredes, no solo e ao redor das estruturas, conseguindo desenvolver todo o ciclo no mesmo ambiente (FOGAÇA, 2016; ARTHUR, 2018; HONG et al., 2020).

Os cascudinhos, como todos os coleópteros, possuem as peças bucais do tipo mastigador e com mandíbulas bem desenvolvidas, permitindo assim, hábito alimentar e habitat bem variados, pois se alimentam de todos os tipos de material vegetal e animal, sendo considerados indivíduos onívoros (RUMBOS; PANTAZIS; ATHANASSIOU, 2019). Nos aviários, alimentam-se da ração, excremento e matéria orgânica em decomposição, e até mesmo de aves debilitadas ou mortas que estejam sobre a cama (PINTO, 2010; FOGAÇA, 2017; LOPES, 2019).

A duração do ciclo de vida do cascudinho pode variar muito e pode ter muitas ou poucas gerações ao longo do ano, sendo mediadas principalmente pelas condições ambientais e disponibilidade de alimento (PINTO, 2010; MENDES; POVALUK, 2017; GEHRING et al., 2020).

Normalmente o ciclo biológico do cascudinho se completa ao redor de 60 dias em temperaturas médias de 27°C. As fêmeas adultas iniciam a postura entre seis a dez dias após o acasalamento e ovipõem centenas de ovos na cama do aviário. A eclosão das larvas ocorre de três a dez dias, em temperaturas de 18 a 37°C. A cada ovo eclode uma larva esbranquiçada, com 1,5mm de comprimento, em média. A fase larval ocorre por cerca de 38 dias, podendo passar por até 11 estágios e atingir em média 10mm de comprimento e coloração marrom escura. Por consequência as larvas sofrem ecdise e empupam por um período de quatro a 14

dias. Logo após, adultos emergem e podem viver mais de um ano, dependendo das condições ambientais (Figura 2) (DUNFORD; KAUFMAN, 2010; ARTHUR, 2018; RUMBOS; PANTAZIS; ATHANASSIOU, 2019).

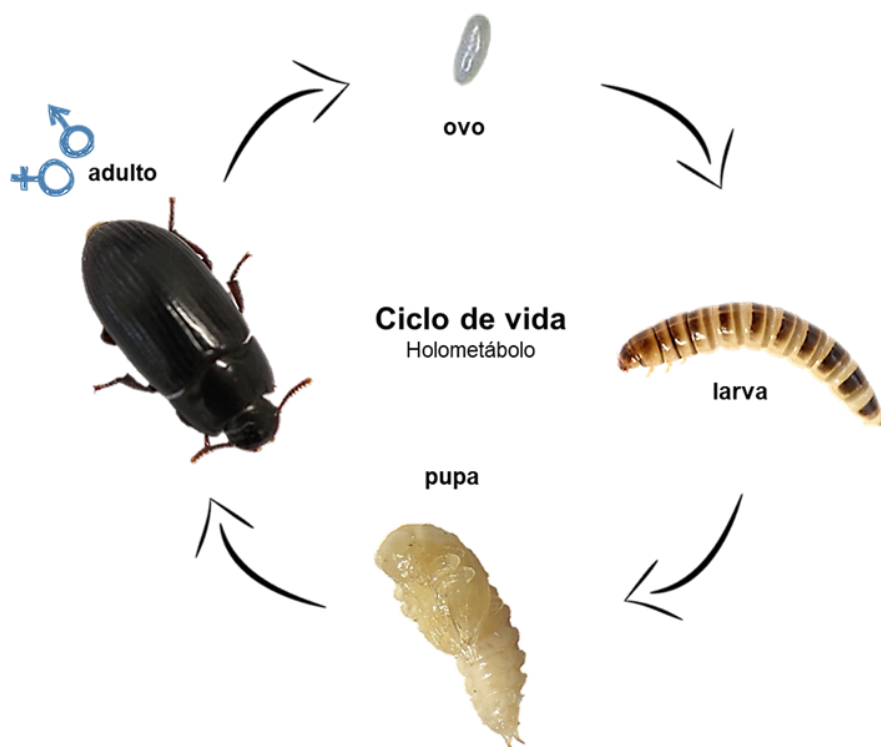


Figura 2. Ciclo de vida de *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera, Tenebrionidae). **Fonte:** próprio autor, 2020.

São muito flexíveis aos fatores abióticos extremos e podem sobreviver desde invernos rigorosos a altas temperaturas. Por ser altamente adaptável, o cascudinho torna-se uma praga de difícil controle no aviário (PINTO, 2010; MENDES; POVALUK, 2017; GEHRING et al., 2020).

O cascudinho pode proporcionar prejuízos na avicultura pela participação indireta na transmissão de doenças, atuando como possível veículo e reservatório de diversos patógenos, como o vírus da leucose aviária, vírus da Doença de Gumboro, Coronavírus, Rotavírus, bactérias como *Micrococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Corynebacterium* spp., *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris*, *Paracolobactrum intermedium*, *Escherichia coli*, *E. intermedia*, *E. freundii*, *Serratia marcescens*, *Klebsiella aerobacter*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* spp., fungos como *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. repens*, *A. candidus*, *Penicillium* spp., *Candida* spp. e protozoários como *Eimeria* spp. (CHERNAKI-LEFFER, 2002; GOLVEA, 2014; GEHRING et al., 2020).

É extremamente difícil estabelecer modelos de estudos para compreender a relevância do papel dos vetores mecânicos como o dos cascudinhos. No entanto, é evidenciada a participação desses insetos dentro do aviário como importantes protagonistas na manutenção dos microrganismos entre as rotações dos lotes, favorecendo assim a contaminação persistente nas instalações de produção (CRIPPEN et al., 2018; SOARES, et al., 2019). Ademais, podem contaminar carcaças na etapa do abatedouro quando é feita a extração do papo e moela (VITTORI, et al., 2007).

Além da capacidade de transmissão mecânica de microrganismos, o cascudinho contribui para a desuniformidade do lote por causar alteração da conversão alimentar, pois as aves trocam a ração pelos insetos, resultando em perda de peso. Larvas e adultos ao serem ingeridos podem causar obstrução intestinal e/ou causar micro lesões (descamação e petéquias) no trato digestivo e interferir na absorção de nutrientes, bem como facultar em infecções gastrointestinais (JAPP, 2008; ARTHUR, 2018).

Em altas infestações, adultos e larvas podem perfurar a pele das aves (alimentam-se do exsudato sanguíneo) proporcionando infecções cutâneas, podem estressar os frangos e proporcionar desperdício da ração, além de causar danos físicos às instalações (MORAIS, 2016; ARTHUR, 2018). Dada a importância sanitária e econômica, torna-se fundamental o controle desta praga nos ambientes aviários.

3.4 Controle do cascudinho

A complexidade das condições internas das instalações, biologia e comportamento da praga, bem como a presença das aves, tornam as medidas de controle mais restritivas e são aspectos que propiciam baixa eficiência nos métodos de controle utilizados (RODRIGUES, 2019; SZCZEPANIK et al., 2020). Nesse sentido, apenas o emprego de medidas como, remoção e/ou substituição de partes úmidas da cama (cascão), remoção do excesso de esterco e retirada de aves mortas, não são suficientes para redução significativa das populações infestantes (RODRIGUES, 2019).

Devido à influência negativa sobre as aves nos galpões, normalmente as medidas curativas de controle são efetuadas durante o vazio sanitário entre os lotes de frango que são geralmente fundamentadas no uso de inseticidas, principalmente químicos sintéticos à base de piretroides e organofosforados (ALVES, et al., 2006; FERREIRA, 2018; SOUZA et al., 2020; SZCZEPANIK et al., 2020).

Normalmente, os inseticidas químicos são empregados sistematicamente no vazio

sanitário no interior dos galpões com equipamentos de aspersão ou atomização. As aplicações são dirigidas às superfícies do piso, paredes, colunas, frestas e até mesmo teto e forro, quando necessário. Como medida complementar, os produtos também podem ser aplicados nos perímetros externos das instalações (PANZARDI et al., 2019).

No entanto, outras estratégias curativas têm sido utilizadas e/ou estudadas em paralelo ao método de controle principal, como os métodos físicos. Embora a cal hidratada (hidróxido de cálcio) ou virgem (óxido de cálcio), no Brasil, sejam aplicadas na cama de frango exclusivamente para o manejo de microrganismos, estudos na Polônia evidenciaram mediana mortalidade de adultos e especialmente de larvas expostos a superfícies pintadas com cal virgem, correlacionando a mortalidade observada com a capacidade desse calcário de causar pequena abrasão à cutícula dos insetos (DZIK; MITUNIEWICZ, 2020).

Outra prática não direcionada aos cascudinhos, mas que exerce impacto nas populações infestante são os métodos de enleiramento e enlonamento, prática de fermentação da cama para redução da carga bacteriana na cama, que eleva a temperatura, pH e voláteis como amônia, acima dos níveis críticos para a sobrevivência do cascudinho (GAZONI et al., 2012; GEHRING, et al., 2020; SOUZA et al., 2020).

O emprego de lança-chamas (vassoura de fogo) nas instalações avícolas é uma estratégia usada durante o vazio sanitário para queima das penas superficiais existentes na cama e as vezes para supressão de microrganismos. Embora não haja estudos que evidenciam o impacto que cause nas populações infestantes de cascudinho, sabe-se que causa a mortalidade de larvas e adultos durante a prática da atividade (ABREU et al., 2008).

Estudos em laboratório mostram resultados promissores na aplicação de gás ozônio (O₃) no controle de larvas e adultos de *A. diaperinus*. Porém, ainda há necessidade de desenvolvimento de pesquisas, especialmente na aplicação em nível de campo, bem como desenvolvimento de equipamentos para aplicação de O₃ no controle de cascudinhos em aviários (GAZONI et al., 2011; SOARES et al., 2018).

Ainda como uma alternativa física, há investigações no uso de substâncias para promover a repelência. Estudos apontam excelentes resultados com óleos essenciais de baunilha, citrinos e citronela, no entanto, isoladamente ainda não demonstram aplicação prática, por isso, normalmente são associados aos inseticidas químicos (FRANCIKOWSKI, et al., 2019).

Além das propriedades repelentes, alguns extratos botânicos mostram efeito tóxico nos cascudinhos. Arena et al. (2010) reportaram resultados promissores com óleos essenciais de *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia) e *Origanum vulgare* (orégano), que demonstraram

efetividade em *A. diaperinus* e bactérias de importância sanitária na cama. Cascudinhos se mostram bem sensíveis à ação inseticida do extrato de tabaco (*Nicotiana tabacum*), resultando em expressiva mortalidade, em alguns estudos (JACOMINI et al., 2016). Subekti & Cahyaningrum (2019) também observaram excelentes resultados com óleos essenciais de *Mentha piperita* (hortelã-pimenta), *Melaleuca leucadendra* (árvore do chá) e *Cymbopogon citratus* (capim-limão). Ainda, Charlie-Silva et al. (2019) evidenciaram que extratos aquosos de *Ricinus communis* (mamona) e *Chenopodium ambrosioides* (erva-de-santa-maria) a 8% resultaram na mortalidade de adultos de *A. diaperinus*.

A terra de diatomácea é indicada como coadjuvante no controle do cascudinho. Esta alternativa biológica mostrou resultados positivos de controle, sobretudo em adultos de *A. diaperinus* em condições de laboratório e campo, no entanto, a terra de diatomácea é utilizada em formulação com os próprios produtos químicos inseticidas, pois o uso associado encarece a aplicação e o uso isolado se mostra com baixa eficácia comparado aos inseticidas químicos em nível de campo (ALVES, et al, 2006; 2008; WOJCIEHOVSKI; PEDRASSANI; FEDALTO, 2015; OLIVEIRA et al., 2017).

Fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* mostram resultados promissores, especialmente nas fases jovens dos cascudinhos, provendo mortalidade em ovos, larvas e pupas (SILVA et al., 2006; DANIEL, et al., 2018; RODRIGUES, 2019; RICE et al., 2020). A sua aplicabilidade em campo vem sendo estudada e proposta em combinação com semioquímicos, por exemplo. Hassemer et al. (2020) demonstraram em campo pequena supressão populacional de *A. diaperinus* na combinação de uso de *B. bassiana* em armadilhas com feromônios de agregação e de alerta, propondo estratégia do tipo atrai-infecta (*push-pull*).

Atualmente não há produtos à base de *B. bassiana* registrados no Brasil para o controle de cascudinho (HICKMANN, 2018). No entanto, essa alternativa se mostra viável, uma vez que há baixo e/ou nenhum impacto no ambiente e especialmente sobre as aves. Hass-Costa et al. (2010) não observaram qualquer prejuízo na saúde e desenvolvimento dos frangos que foram submetidos a administração oral de conídios de *B. bassiana* diariamente e sobretudo não acarretaram resíduos na carcaça.

Macial (2019) investigou diferentes linhagens de *Bacillus thuringiensis* em condições laboratoriais e constatou patogenicidade de algumas linhagens para adultos e larvas, no entanto, em condições de semi-campo nenhuma linhagem testada de *B. thuringiensis* foi eficaz a *diaperinus*, deixando em aberto estratégias para possíveis implementações a campo.

Os gêneros de nematoides entomopatogênicos *Steinernema*, *Neosteinerema* e

Heterorhabditis, que são sabidamente usados no controle de diversas pragas na agricultura, também demonstram serem promissores no controle, especialmente de larvas de cascudinhos em laboratório (ALVES et al., 2005; JAPP, 2010; ALVES et al., 2012). Embora haja poucas evidências em nível de campo, o emprego de nematoides nos aviários representa um grande desafio, devido às limitações ambientais, tais como baixa umidade, substrato muito adverso, altas temperaturas, entre outros.

Das alternativas químicas de origem biológica, a de maior destaque nessa categoria no controle de cascudinho é o espinosade, inseticida não sistêmico, semi-sintético, resultante da fermentação aeróbica do actinomiceto *Sacharopolyspora spinosa*. Espinosade mostra resultados satisfatórios dentro de um programa de manejo, no entanto, devido aos custos da aplicação dos produtos comerciais, torna a operação mais cara que os convencionais inseticidas químicos, como os piretroides (AMIT; THOMPSON; DOWNARD, 2001; SOUZA et al., 2009; SOUZA et al., 2020).

Nas condições dos aviários, exceto as próprias aves, há poucos ou nenhum predador. No entanto, alguns trabalhos evidenciaram predadores potenciais de adultos e larvas como aranhas de teia *Nesticodes rufipes* e *Latrodectus geometricus*, que normalmente coabitam os galpões (ROSSI; GODOY, 2005). Também há evidências de adultos de besouro palhaço (*Carcinops troglodytes*) predando larvas de *A. diaperinus*. A ocorrência simultânea de *A. diaperinus* e *C. troglodytes* é comum em aviários, além disso, o gênero *Carcinops* é considerado agente biológico eficiente na redução de populações de *Musca domestica* (mosca comum) em aviários norte-americanos (SANTORO et al., 2010).

Embora ainda não explorada para aviários, técnicas de controle de *A. diaperinus* por radiação gama já são exploradas para o tratamento fitossanitário de grãos armazenados (ARTHUR et al., 2018). Nesse sentido, Arthur et al. (2019) sugeriram que radiação gama de 125 Gy em pupas foi esterilizante para adultos, despertando a possibilidade futura no emprego da técnica do inseto estéril no manejo de cascudinho.

Igualmente para os diversos métodos curativos (químico, físico e biológico) quando aplicados como única alternativa, há limitações no seu desempenho, pois devido ao comportamento críptico dos cascudinhos, muitos indivíduos sobrevivem em frestas e galerias ao longo dos galpões, favorecendo assim, novas reinfestações (ALVES et al., 2017; FERREIRA, 2018). Dessa maneira, evidências demonstram acréscimo da eficiência do controle de cascudinhos quando ocorre há a associação das diversas estratégias dentro do Manejo Integrado de Praga (MIP) (WOLF et al., 2015).

O MIP, para o controle de cascudinho, deveria incluir uma combinação de estratégias

distintas para reduzir as densidades populacionais a níveis aceitáveis, porém, devido à complexidade, desconhecimento por parte dos produtores, falta de alternativas aplicáveis e viáveis, a adoção do MIP para cascudinho é bem baixa (AXTELL, 1999; KAUFMAN; BURGESS; RUTZ, 2002; ALVES et al., 2017). Além disso, a ausência de um método quantitativo que seja prático para amostragem populacional também impede a prática e favorece o uso intensivo e indiscriminado das poucas ferramentas químicas disponíveis (SAFRITR; AXTELL, 1984; PINTO; RIBEIRO; SILVEIRA, 2010; ALVES et al., 2017).

A utilização incontida e repetitiva de inseticidas no controle de pragas favorece a seleção de insetos resistentes. Nesse sentido, resistência de *A. diaperinus* a inseticidas, ou insucesso no seu uso, especialmente piretroides e organofosforados tem sido relatada há anos no Brasil e ao redor do mundo (CHERNAKI-LEFFER et al., 2002; HAMM et al., 2006; LAMBKIN; RICE; FURLONG, 2010; OLIVEIRA, 2016; HICKMANN et al., 2018; SOUZA et al., 2020).

3.5 Resistência a inseticidas em cascudinhos

Historicamente para o controle de *A. diaperinus*, assim como para a maioria dos insetos praga de importância veterinária, agrícola ou urbana, as primeiras alternativas massivas de controle foram baseadas no uso de DDT (organoclorado), organofosforados e carbamatos (HARDING; BISSELL, 1958; SIMCO; EVERETT; LANCASTER, 1967). Globalmente, há seis classes de produtos químicos aprovados e usados nas instalações aviárias de corte, sendo, organofosforados, piretroides, neonicotinoides, espinosinas, benzoilureias e ácido bórico. Dentre eles os piretroides e organofosforados são os de maior emprego (ZORZETTI et al., 2015; SZCZEPANIK et al., 2017). No Brasil, além de neonicotinoides e espinosinas, que foram recém introduzidos, o controle de cascudinho basicamente é fundamentado por décadas no emprego de cipermetrina, isoladamente ou em associação com clorpirifós, em formulações líquidas do tipo concentrado emulsionável (CE) ou em pó de contato (PS). Além disso, a maior parte dos produtos também está combinada à citronela (OLIVEIRA et al., 2018; PANZARDI et al., 2019; SOUZA, 2020).

Há diferentes técnicas para diagnóstico de suscetibilidade e detecção de resistência de populações de insetos a inseticidas. Basicamente, os métodos mais preconizados são os bioensaios de aplicação tópica ou de contato residual. Vaughan e Tuner (1984), nos EUA, foram os primeiros a sugerirem ambos os métodos para larvas e adultos de uma população de campo de *A. diaperinus* para avaliação de suscetibilidade a diferentes inseticidas (permetrina,

famphur, tetraclorvinfos, malation, dimetoato, carbaril e propoxur) evidenciando similaridades nos resultados das diferentes metodologias, no entanto, o nível da resistência detectada em ambos os métodos variou dentro da mesma população estudada.

Wakefield e Cogan (1990), na França e, posteriormente Spencer e Jespersen (1998), na Dinamarca, realizaram o método de contato residual proposto pela *Food and Agriculture Organization* (FAO) com exposição de cascudinhos de campo em papéis filtros impregnados com malation e iodofenóis e sugeriram que o método de contato trouxe curvas de mortalidades mais adequadas.

Lambkin (2005), na Austrália, propôs adaptações na metodologia de aplicação tópica, preconizando menor volume de aplicação ventral (1 μ L), transferência imediata dos indivíduos para superfície absorvente (esponja) e ventilação artificial por cinco minutos para secagem dos indivíduos e correlacionou resultados semelhantes com métodos de contato residual. Hamn et al. (2006) propuseram uso de *vial* impregnado com inseticidas ao invés de papéis filtros e avaliaram a suscetibilidade a ciflutrina em populações de cascudinho provenientes dos estados de New York, Maine e Georgia nos EUA.

No estado do Texas, EUA, Tomberlin, Richman e Myers (2008) avaliaram a suscetibilidade de cascudinhos a beta-ciflutrina, utilizando método residual de impregnação de papel filtro, no entanto, ao invés de exposição contínua, avaliaram com exposição de uma hora, propondo mais uma variável, com propósito de aproximar-se das situações de campo. As técnicas de exposição contínua garantem máxima absorção dos inseticidas e trazem resultados de suscetibilidade mais assertivos, no entanto, se distanciam das condições de campo, especialmente para os compostos químicos que são detectáveis pelos indivíduos, como piretroides que provocam repelência na maioria dos insetos.

Steelman (2008), ao invés de trabalhar com inseticida de grau técnico, utilizou formulações comerciais e propôs novamente comparar as metodologias de avaliação de suscetibilidade (aplicação tópica e residual) em populações de *A. diaperinus* providas de granjas de frango do estado de Arkansas nos EUA. A conclusão foi que os dados de mortalidade de aplicação tópica quantificavam o inseticida recebido individualmente, garantindo assim maior padronização, mas não refletiam o modo pelo qual os inseticidas atuam em campo nos besouros. Por outro lado, os bioensaios residuais forneciam dados que simulavam condições mais realistas. Portanto, ambos os métodos forneciam resultados relevantes e dados combinados podiam ser usados para melhor acuracidade (SALMERON, 2002; FAZOLIN, 2015).

Rodrigueiro e Prado (2006) avaliaram no município de Louveira-SP, a suscetibilidade de *A. diaperinus* a ciflutrina com metodologia de impregnação de dieta (ração de camundongo,

farinha de fubá e farelo de milho), mesmo tratando-se de um inseticida tipicamente de contato. Nas técnicas de aplicação tópica e residual em superfície, as larvas se mostram mais sensíveis aos inseticidas, no entanto, nessa metodologia os autores observaram um comportamento contrário, sendo justificado pelo comportamento de maior contato por parte dos adultos com o substrato (40 dias). A técnica de impregnação de dieta usualmente é empregada para avaliar os inseticidas que atuam na inibição do crescimento do inseto, como triflumuron, composto largamente usado no controle de cascudinho ao redor do mundo (CHERNAKI-LEFFER et al., 2012; e ZORZETTI et al., 2015).

Singh e Johnson (2015), através da técnica residual adaptaram para impregnação de placas de Petri, em vez de papel filtro ou *vial* e avaliaram a suscetibilidade de cascudinhos em granjas do estado de Arkansas, EUA à ciflutrina, tetraclorvinfos, imidacloprido, espinosade e clorfenapir.

Lyon et al. (2016) abordaram alguns questionamentos na padronização das metodologias de avaliação de suscetibilidade em cascudinhos. Os autores através do método residual por impregnação de papel filtro com beta-ciflutrina (grau técnico) indicaram que esse método é uma ferramenta importante para estudos de toxicologia, mas a formulação inseticida tem influência notável nos resultados, o que também requer avaliação. Além disso, observaram alta taxa de recuperação dos insetos após 48 horas, tempo de avaliação da maioria dos estudos conduzidos com *A. diaperinus* para determinação de suscetibilidade, evidenciando a deficiência na implementação das observações longitudinais, como maior tempo de observação e os efeitos subletais, tais como, efeitos na reprodução.

Através dessas técnicas, a resistência de cascudinhos a inseticidas vem sendo evidenciada em diversas partes do mundo. Cogan et al. (1996) descreveram o primeiro relato de resistência a inseticidas em uma população infestante de *A. diaperinus*. Na ocasião, foram analisados permetrina (piretroide), iodofenós, fenitroion e azametifós (organofosforados) em unidades de produção de peru de corte no Reino Unido. Todos, exceto o azametifós, foram considerados ineficazes na supressão das populações dos cascudinhos (COGAN et al., 1996; SALIN et al., 2000).

Na Austrália, Lambkin (2005) também relatou redução na eficácia e alta resistência a produtos à base de fenitroion. Este estudo acarretou a substituição por ciflutrina (piretroide), tornando essa ferramenta como o principal meio de controle dos cascudinhos no país. No entanto, anos depois, Lambkin et al. (2010) encontram populações de campo com alto níveis de resistência a ciflutrina, fato ocorrido devido ao uso massivo desse composto nos programas de controle no país.

Nos Estados Unidos, ao longo da década de 2000, também foram encontradas populações distintas de cascudinhos infestantes de várias instalações avícolas resistentes a ciflutrina, bifentrina (piretroide) e tetraclorvinfós (organofosfato) em regiões produtoras. Além desses, nos EUA, desde 2006, a resistência a carbaril (carbamato), metoxicloro (organoclorado), DDT, ciflutrina, permetrina (piretroide) e clorpirifós foram documentadas em granjas de frangos no Texas e Arkansas (HAMM et al., 2006; TOMBERLIN et al. 2008; SINGH; JOHNSON, 2015).

Mais tarde, na década de 2010, Chernaki-Leffer et al. (2011) detectaram pela primeira vez a baixa suscetibilidade de cascudinhos à cipermetrina e diclorvós no Brasil, em granjas de frangos de corte no estado do Paraná. Posteriormente, Hickmann et al. (2018) também observaram baixa suscetibilidade à cipermetrina e clorpirifos no sul do Brasil, caracterizando diferentes níveis de resistência em distintas populações de *A. diaperinus* nos estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul.

No MIP, o monitoramento da suscetibilidade de *A. diaperinus* aos inseticidas é substancial para sustentar o controle. Todavia, atualmente, especificamente para os produtores, ainda é incerto qual é a condição da resistência dos cascudinhos aos produtos comumente usados. Normalmente a perda da eficácia inseticida, regularmente sucede no aumento da frequência e taxas de aplicações, o que resulta em maior pressão seletiva no campo. Isto posto, a rapidez com que pode ocorrer a resistência e o fato da alta frequência do insucesso do controle de cascudinhos com as ferramentas atuais, instiga a investigação para auxiliar na manutenção e uso adequado das ferramentas atuais, assim como outras medidas mais sustentáveis.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Coleta de indivíduos em campo e manutenção em laboratório

As coletas amostrais dos cascudinhos foram realizadas de forma manual ao longo da segunda quinzena de janeiro de 2020 nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná, durante os períodos de vazio sanitário, ou alojamento das aves em sete estabelecimentos distintos em quatro cidades, contemplando três Unidades Regionais de Sanidade Agropecuária (URS), sendo elas Cascavel, Francisco Beltrão e Toledo (Figura 3). Os locais foram aleatoriamente selecionados através da indicação de Cooperativas atuantes no Estado.

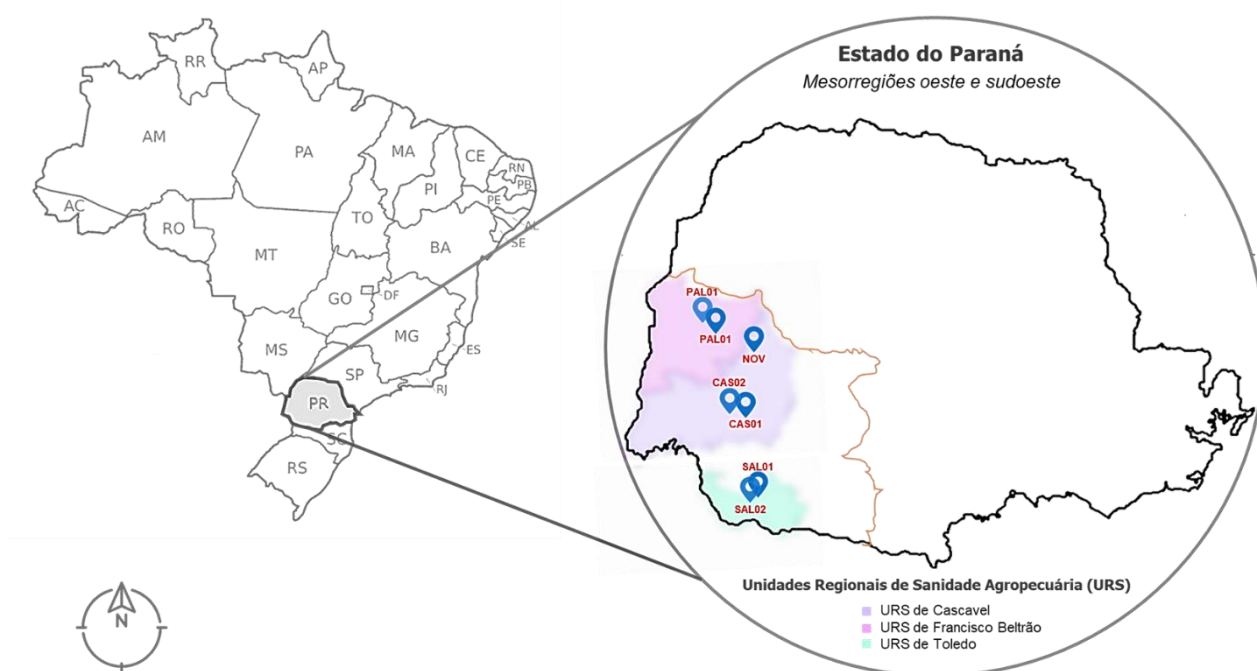


Figura 3. Cidades das coletas: dois estabelecimentos em Cascavel (CAS), dois estabelecimentos em Salgado Filho (SAL), dois estabelecimentos em Palotina e um estabelecimento em Nova Aurora. Área de coletas correspondentes a Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná (linha de delimitação laranja), contemplando as URS de Cascavel (lilás), URS de Francisco Beltrão (rosa) e URS de Toledo (verde). **Fonte:** ADAPAR (2020); Próprio autor.

Em locais propícios de agregação de *A. diaperinus*, tais como, sob os comedouros e bebedouros, perímetro interno dos galpões, com auxílio de uma pá de jardinagem, larvas e adultos foram coletados diretamente da cama de frango e transferidos para caixas plásticas (10 L) identificadas, juntamente com a cama do local de coleta (Figura 4). Para preservação e manutenção dos indivíduos no transporte ao laboratório, foram adicionados algodão embebido em água e aproximadamente 50g de ração de codorna às caixas de coleta.



Figura 4. Coleta dos cascudinhos (larvas e adultos) realizado diretamente na cama de frango. **Fonte:** Arquivo pessoal.

Durante a coleta dos insetos, foi aplicado um Censo Informativo para coletar informações de localidade, características do aviário, informações relevantes sobre as infestações e histórico de controle de cascudinhos (ANEXO A).

Após a coleta, as caixas foram encaminhadas para as dependências do Laboratório de P&SS da BASF na cidade de Santo Antônio de Posse - SP, tendo sido mantidas em quarentena por 20 dias em sala apropriada e com ambiente climatizado (temperatura $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa $60\pm 10\%$ e fotoperíodo de 12 horas) (RICE; LAMBKIN, 2009; SINGH, 2011).

Após o período de quarentena, as caixas passaram por uma triagem, na qual o substrato foi peneirado e removida a maior parte das penas, estercos, indivíduos mortos e substrato úmido. Demais conteúdo e os indivíduos vivos foram transferidos para novas caixas plásticas (10L) com tela de náilon ($18,5 \times 29\text{cm}$) na tampa. Para obtenção desse novo microambiente, nas novas caixas foram adicionados 500g de ração de codorna e coelho nas proporções de 1:1, meia caixa de ovos de papelão e uma folha de jornal para refúgio. Além disso, semanalmente passou a ser ofertado duas placas de Petri ($\text{Ø}90\text{mm}$) com algodão hidrófilo embebido em água filtrada, além de pão, chuchu, maçã e/ou alface, como alimento extra (Figura 5).



Figura 5. Microambiente de criação e manutenção em laboratório das populações de *Alphitobius diaperinus*.
Fonte: Próprio autor.

As novas caixas foram transferidas e mantidas em laboratório de criação em ambiente climatizado com temperaturas de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa $60\pm 10\%$ e fotoperíodo de 12 horas (Figura 6) (RICE; LAMBKIN, 2009; SINGH, 2011).



Figura 6. Microambiente de criação de *Alphitobius diaperinus* mantidos em laboratório para criação.
Fonte: Próprio autor.

As populações foram mantidas por volta de seis meses no laboratório até a obtenção da terceira geração (F3) para garantir máxima integridade, sanidade e padronização. As gerações foram estimadas conforme o ciclo de desenvolvimento conhecido em laboratório (SILVA, et al., 2005).

4.2 Bioensaio de contato residual

Para avaliação da suscetibilidade dos cascudinhos coletados nos diferentes estabelecimentos, os bioensaios foram conduzidos usando o método adaptado de contato residual, como sugerido por Hamm et al. (2006).

O inseticida (cipermetrina, 25%, CE) foi diluído e homogeneizado em água destilada nas concentrações equivalentes a 0,025, 0,125, 0,25, 2,5, 12,5 e 25 μ g. Com auxílio de um pulverizador do tipo aerógrafo, 3,16 mL da solução foram aplicados em placas de Petri descartáveis (\varnothing 90mm) (50 μ l/cm²), de cipermetrina por cm²; No controle aplicado somente água (Figura 7). Após a aplicação e secagem por 24 horas (HAMM et al., 2006; HICKMANN et al. 2018).



Figura 7. Aplicação do inseticida cipermetrina em diferentes concentrações sobre as placas de Petri.

Fonte: Arquivo pessoal.

Após a secagem das placas, com auxílio de pinça entomológica, foram separados e reservados previamente de oito a dez adultos de *A. diaperinus* com 30 a 40 dias de idade e de cinco a dez larvas (8-10mm) de cada população amostral de cascudinhos coletados nos sete estabelecimentos, para cada concentração, com um total de quatro repetições por tratamento (Figura 8) (CHERNAKI-LEFFER et al., 2002; HAMM et al., 2006; HICKMANN et al. 2018). Adicionalmente, para fins de comparação da integridade, sanidade e padronização das populações amostrais de cascudinhos, foi coletado um grupo de 50 adultos e 25 larvas de cada

população amostral para aferir o peso corporal médio dos indivíduos. Para a população de referência suscetível foram utilizados indivíduos de uma população coletada em 2012 na cidade de Mogi Mirim – SP, que tem sido mantida no laboratório de P&SS da BASF, desde então sem contato com inseticidas.



Figura 8. Separação prévia de adultos e larvas de *Alphitobius diaperinus*.
Fonte: Arquivo pessoal.

Após a coleta, adultos e larvas foram transferidos para as placas de Petri tratadas com inseticida (Figura 9).

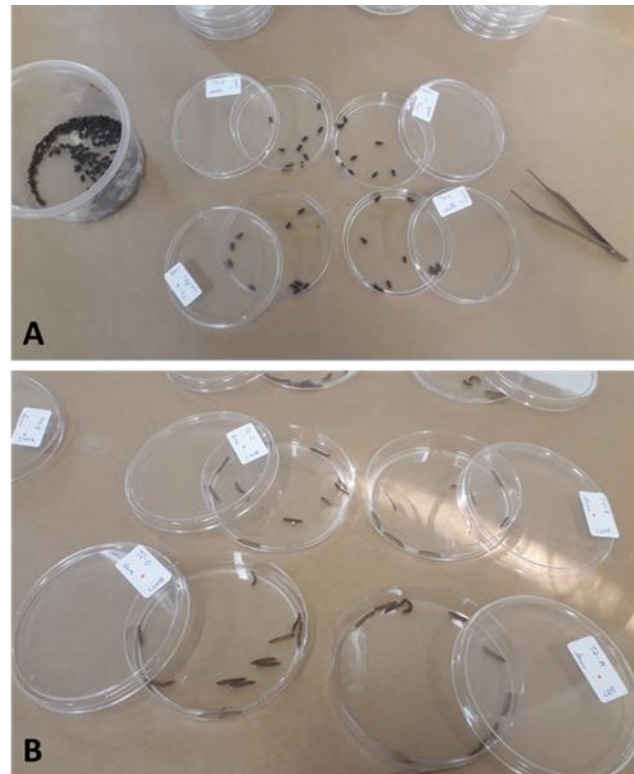


Figura 9. Adultos (A) e larvas (B) de *Alphitobius diaperinus* transferidos em placas de Petri tratadas.
Fonte: Próprio autor.

Após 24 horas de exposição, tanto para larvas, quanto para adultos, foi fornecida nas placas, meio algodão hidrófilo dental embebido em água destilada e um pellet de ração de coelho (Figura 10) (LAMBKIN, 2005; HAMM et al., 2006).



Figura 10. Esquema de fornecimento de alimento e água para *Alphitobius diaperinus* nas placas tratadas após 24 horas de exposição. **Fonte:** Próprio autor.

As leituras de mortalidade foram realizadas após 1, 2, 3 e 7 dias após exposição as placas

tratadas (LAMBKIN, 2005; HAMM et al., 2006; LYONS et al., 2016).

4.2 Análise dos dados

Os valores de mortalidade do bioensaio foram corrigidos através da fórmula de Abbott (1925). Os dados de mortalidade também foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as respectivas médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%), utilizando programa SASM-Agri (2001). O peso médio das larvas e adultos também foram submetidos ao teste Tukey de comparação (CANTERI et al., 2001; TUKEY, 1953 apud BENJAMINI; BRAUN, 2002). Além disso, foi observada a progressão média da mortalidade ao longo dos intervalos das avaliações, seguindo a fórmula abaixo:

$$\textit{Progressão da mortalidade} (\%) = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ de mortos atual} - \text{n}^{\circ} \text{ de mortos passado}}{\text{n}^{\circ} \text{ de mortos passado}} \times 100$$

Para estimar a CL_{50} (CL - concentração letal) e respectivos intervalos de confiança (ICs), os dados de concentração-mortalidade de cada população foram submetidos à análise Probit (FINNEY, 1971), utilizando-se o programa Statplus® Professional (2009).

A RR_{50} populacional (RR - razão de resistência) foi calculada dividindo-se a CL_{50} correspondente das populações coletadas de campo pela CL_{50} da população de referência suscetível (WHO, 2016). O nível de resistência foi determinado seguindo o critério proposto por Rahayu et al. (2016); $RR_{50} \leq 1$: ausência de resistência, $RR_{50} \leq 5$: baixa resistência, $RR_{50} \leq 10$: moderada resistência, $RR_{50} \leq 50$: alta resistência, $RR_{50} \geq 50$: muito alta resistência, $RR_{50} \geq 1000$: extremamente alta resistência.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Censo informativo e identificação das populações de *Alphitobius diaperinus*

As coletas foram realizadas entre 22 e 31 de janeiro de 2020 em sete estabelecimentos de granjas de corte (Tabela 1). No momento da coleta, 28,6% dos galpões se encontravam no período de vazio sanitário e 71,4% em período de alojamento das aves.

As características e idade das instalações onde ocorreram as coletas foram muito diversas, variando de 1 a 20 anos (média 11 anos) e de estruturas mais antigas até mais modernas, com tamanho médio dos galpões de 12,6 L × 111,4 C × 3,5 A metros. Em todas as estruturas a cama de frango era acomodada diretamente sobre o solo, além disso, 14,2% dos galpões apresentavam estrutura de alvenaria e 85,8% estrutura do tipo mista (alvenaria e madeira). Os aspectos estruturais dos galpões podem influenciar nas infestações de cascudinhos. Aviários com chão batido, por exemplo, beneficiam os cascudinhos, uma vez que as larvas se abrigam em galerias no solo, em condições mais favoráveis, e limitam as ferramentas de controle em especial quanto ao alcance (UEMURA et al., 2008).

Tabela 1. Localização geográfica, data e identificação dos *Alphitobius diaperinus* (larvas e adultos) coletados em granjas de frangos nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná usados para caracterizar a suscetibilidade ao inseticida cipermetrina.

Código da População	Cidade	Estado	Latitude	Longitude	Data
LAB (ref.) ¹	Mogi-mirim	SP	22°33'18.5"S	46°57'20.5"W	24/07/2012
CAS01	Cascavel	PR	25°05'19.2"S	53°32'01.2"W	23/01/2020
CAS02	Cascavel	PR	25°03'41.5"S	53°25'14.9"W	23/01/2020
SAL01	Salgado Filho	PR	24°15'18.7"S	53°49'26.6"W	27/01/2020
SAL02	Salgado Filho	PR	24°32'59.5"S	53°16'19.3"W	27/01/2020
PAL01	Palotina	PR	24°14'19.1"S	53°23'10.2"W	29/01/2020
PAL02	Palotina	PR	24°15'18.8"S	53°49'26.6"W	29/01/2020
NOV	Nova Aurora	PR	24°30'05.6"S	53°16'00.1"W	31/01/2020

¹população laboratorial de referência

Visualmente, todos os estabelecimentos apresentavam infestações de *A. diaperinus* e, segundo a percepção individual dos entrevistados, no período da coleta, 14,3% apresentavam infestação baixa, 71,3% infestação moderada e 14,3% alta, evidenciando que independentemente do tipo ou tempo dos galpões, as estruturas de granjas de corte propiciam o estabelecimento dos cascudinhos (MENDES; POVALUK, 2017).

Dentre os estabelecimentos investigados, 57,1% deles adotaram a prática da aplicação de cal virgem e 42,8% realizaram o procedimento do enleiramento/enlonamento.

Embora estas práticas não sejam adotadas para o controle de cascudinho, comprova-se que a prática dessas atividades não desempenha controle efetivo, uma vez que os produtores evidenciaram uma baixa percepção do controle dos cascudinhos em seus estabelecimentos, corroborando com Oliveira (2012). Nesse trabalho, os autores concluíram que adição de cal em aviários de frango de corte não é uma opção viável para auxiliar no controle de *A. diaperinus*, tanto em aviários de piso de concreto quanto em aviários de chão batido, mas que o método enleiramento/enlonamento pode auxiliar no controle de cascudinhos, especialmente em aviários com piso de concreto, o que de fato, não representa os estabelecimentos que foram avaliados nesse estudo.

Quanto às estratégias de controle químico, foi observado que nos últimos cinco anos, 14,3% dos estabelecimentos fizeram uso apenas de um produto comercial e 85,7% fizeram uso de mais de um produto comercial. Neste aspecto, 100% dos estabelecimentos foram tratados com produtos à base de cipermetrina, 85,7% com produtos à base da mistura de cipermetrina e clorpirifós e 14,4% com produtos à base de espinosade (Tabela 2.). Isso corrobora uma série de estudo prévios, confirmando que cipermetrina é o inseticida mais utilizado para o controle dos cascudinhos no Brasil e a pouco a disponibilidade de ferramentas químicas para estratégias mais assertivas no manejo de resistência (FOGAÇA, 2017; OLIVEIRA et al., 2018; SOUZA, 2019; PANZARDI et al., 2019; SOUZA, 2020).

Tabela 2. Histórico de inseticidas e frequência de uso para controle químico de *Alphitobius diaperinus* nos sete estabelecimentos de coleta das Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná nos últimos cinco anos.

Ingrediente ativo	Concentração (%)	Formulação	Frequência de aplicação e uso
Cipermetrina ¹	5	Pó seco (PS)	100%
Cipermetrina + Clorpirifós ²	15 + 25	Concentrado emulsionável (CE)	85,7%
Espinosade	42,2	Suspensão concentração (SC)	14,3%

¹ +citronela+terra diatomácea; ² + butóxido de piperonil

Quanto à percepção da efetividade dos produtos utilizados, em 57,15% dos estabelecimentos avaliados, foi relatado baixo resultado no controle e 42,85% relataram ter moderado resultado no controle dos cascudinhos. Embora esses dados sejam fundamentados apenas na percepção visual, qualitativa e individual dos entrevistados, o resultado diferiram daqueles registrados por Alves et al. (2010), dez anos atrás e por Souza (2019) recentemente, que observaram resultados positivos de cipermetrina sob condições de laboratório e campo, em

avaliações com critérios quantitativos mais robustos.

5.2 Característica dos cascudinhos coletados

Os indivíduos coletados que foram utilizados no bioensaio apresentaram massa corporal dentro dos padrões encontrados em *A. diaperinus* por Rueda e Axtell (1996), que reportaram peso médio de larvas de 17-20mg e 14-18mg para adultos, e correlacionaram a variação da massa corpórea e a dieta e as condições ambientais (Tabela 3).

Tabela 3. Massa corporal de larvas e adultos de cascudinhos coletados nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná e em comparação com a valores da população laboratorial de referência.

Massa corporal comparada com a população laboratorial de referência		
Código da População	Peso médio (mg)	
	Adultos	Larvas
LAB (ref.)	17±0,5 a	20±1,0 a
CAS01	15±0,9 a	17±0,5 a
CAS02	15±0,6 a	20±0,8 a
SAL01	16±0,9 a	20±0,8 a
SAL02	15±0,1 a	16±0,6 a
PAL01	16±0,6 a	18±0,3 a
PAL02	17±0,9 a	19±0,2 a
NOV	14±1,0 a	16±0,7 a

Letras iguais indicam médias que não diferiram entre si (Tukey, $p \leq 0,05$).

Não foi observada diferença estatística entre a massa corporal dos indivíduos coletados em campo e da população laboratorial de referência.

Embora neste trabalho os bioensaios tenham sido fundamentados visando encontrar a concentração letal mediana (CL_{50}), que não é dependente da variável da massa corporal, o propósito da avaliação da massa corporal dos insetos, além de garantir a padronização e integridade dos indivíduos, foi para considerar esse aspecto na interpretação e ponderação dos resultados.

5.3 Mortalidade das populações de *Alphitobius diaperinus* expostos à cipermetrina

Observou-se relação dose-resposta assertiva das diferentes concentrações de cipermetrina ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), com incremento gradativo da mortalidade mediante o aumento da concentração de cipermetrina tanto para adultos quanto para larvas (Tabelas 4 e 5). Também

foi observada maior mortalidade para a população laboratorial de referência (LAB) nas diferentes concentrações, quando comparada com as demais populações coletadas nas granjas das Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná.

Tabela 4. Mortalidade média após 7 dias de adultos de *Alphitobius diaperinus* coletados nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná expostos a diferentes concentrações de cipermetrina ($\mu\text{g i.a./cm}^2$). **Fonte:** Próprio autor.

¹ Mortalidade (%)								
cipermetrina ($\mu\text{g / cm}^2$)	LAB (Ref.)	CAS01	CAS02	SAL01	SAL02	PAL01	PAL02	NOV
0,025	7,5	0,0	2,5	5,0	0,0	3,1	0,0	5,0
0,125	7,5	0,0	5,0	5,0	0,0	3,1	5,3	0,0
0,25	20,0	0,0	2,5	7,5	2,6	6,3	18,4	2,5
2,5	30,0	0,0	2,5	12,5	0,0	6,3	34,2	0,0
12	90,0	26,1	12,5	12,5	10,3	21,9	86,8	20,0
25	100,0	30,4	32,5	25,0	23,1	53,1	97,4	40,0
² Média	42,5 a	9,4 b	9,6 b	11,3 b	6,0 b	15,6 b	40,4 a	11,3 b

¹mortalidade corrigida por Abbott / eficácia

²letras iguais indicam médias que não diferiram entre si (Tukey, $p \leq 0,05$).

Essa tendência foi mais expressiva nas maiores concentrações, além disso, ocorreram diferenças estatísticas nas médias de mortalidades acumuladas para as diferentes concentrações, entre a população laboratorial de referência e as populações coletadas em campo, com exceção da população PAL02 em adultos e CAS02 em larvas.

Tabela 5. Mortalidade média após 7 dias de larvas de *Alphitobius diaperinus* coletados nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná expostos a diferentes concentrações de cipermetrina ($\mu\text{g i.a./cm}^2$). **Fonte:** Próprio autor.

cipermetrina ($\mu\text{g / cm}^2$)	¹ Mortalidade (%)							
	LAB (Ref.)	CAS01	CAS02	SAL01	SAL02	PAL01	PAL02	NOV
0,025	5,0	0,0	0,0	0,0	5,3	9,1	0,0	0,0
0,125	25,0	13,3	20,0	5,6	5,3	0,0	7,1	27,3
0,25	30,0	6,7	30,0	5,6	0,0	18,2	25,0	9,1
2,5	50,0	0,0	40,0	5,6	10,5	18,2	28,6	0,0
12	75,0	46,7	85,0	22,2	21,1	36,4	53,6	45,5
25	90,0	46,7	60,0	22,2	47,4	45,5	60,7	72,7
² Média	45,8 a	18,9 b	39,2 a	10,2 c	14,9 c	21,2 b	29,2 b	25,8 b

¹mortalidade corrigida por Abbott / eficácia

²letras iguais indicam médias que não diferiram entre si (Tukey, $p \leq 0,05$).

Quando comparadas as mortalidades entre adultos e larvas, de forma geral, foi possível observar maior mortalidade para larvas. Isso pode estar relacionado especialmente à diferença no exoesqueleto entre os estágios de desenvolvimento dos cascudinhos. Normalmente, o tegumento dos adultos é mais esclerotizado e ceroso do que o das larvas, dificultando consequentemente a penetração dos inseticidas (REZENDE et al., 2009; BALABANIDOU; GRIGORAKI; VONTAS, 2018).

As concentrações estudadas são de suma importância para obtenção de uma curva de dose-resposta apropriada (SILVA et al., 2013). Nesse trabalho, os cascudinhos foram expostos a seis diferentes concentrações com amplitude de 0,025 a 25 $\mu\text{g i.a./cm}^2$, seguindo parâmetros muito próximos aos propostos por Hickmann et al. (2018), que avaliaram sete concentrações, variando de 0,016 a 16 $\mu\text{g i.a./cm}^2$. A concentração exploratória mais alta de 25 $\mu\text{g i.a./cm}^2$ foi adicionada ao estudo, pois representa o valor médio de recomendação de uso dos produtos comerciais brasileiros a base de cipermetrina e, oportunamente, retrata a concentração mais próxima de uma situação de campo.

Quanto ao corte no tempo de avaliação de mortalidade, no presente trabalho, os padrões de observação de mortalidade foram de 24, 48, 72 horas e sete dias. Lyon et al. (2016) propuseram tempo de avaliação mais longo que 48 horas, devido a capacidade dos insetos se recuperarem. No entanto, além dessa ponderação, acrescer o tempo de avaliação é importante para compreender com mais acuracidade a mortalidade, pois nesse estudo foi observado incremento significativo na mortalidade após o período de 48 horas (Tabela 6).

Tabela 6. Avaliação da progressão média da mortalidade de adultos e larvas de *Alphitobius diaperinus* ao longo

de 7 dias coletados nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná ao longo dos intervalos de observação.

Progressão da mortalidade (%)	
24 a 48h	277,8
48 a 72h	196,1
72h a 7 dias	46,2

É relevante definir uma metodologia apropriada e padronizada para os testes toxicológicos com populações de cascudinhos. Embora os resultados em suas diferentes metodologias apresentem tendências significativas, direcionadoras e talvez semelhantes, podem também se diferenciar quando comparados a outros métodos e dificultar as interpretações e, sobretudo, não refletir a realidade do campo.

Além do mais, o tempo de corte para o período de avaliação da mortalidade dos indivíduos é de suma importância. Como observado na Tabela 6, a progressão da mortalidade foi significativa mesmo entre o terceiro e o sétimo dia (LYON et al. 2016). Outro aspecto a ser considerado é que evolutivamente, como estratégia de defesa, os coleópteros, bem como outros animais, desenvolveram a tanatose, comportamento no qual, o indivíduo tem a capacidade de se fingir de morto, o que dificulta expressivamente a avaliação tanto de adultos quanto de larvas de cascudinhos (HUMPHREYS; RUXTON, 2018; GÖLDEL; LEMIC; BAŽOK, 2020).

Com base na média de mortalidade para larvas e adultos das populações analisadas, que foram expostas à concentração de cipermetrina de $25\mu\text{g i.a./cm}^2$, pôde-se notar grande perda na eficácia do principal inseticida usado no controle dessa praga nas áreas estudadas (Figura 11).

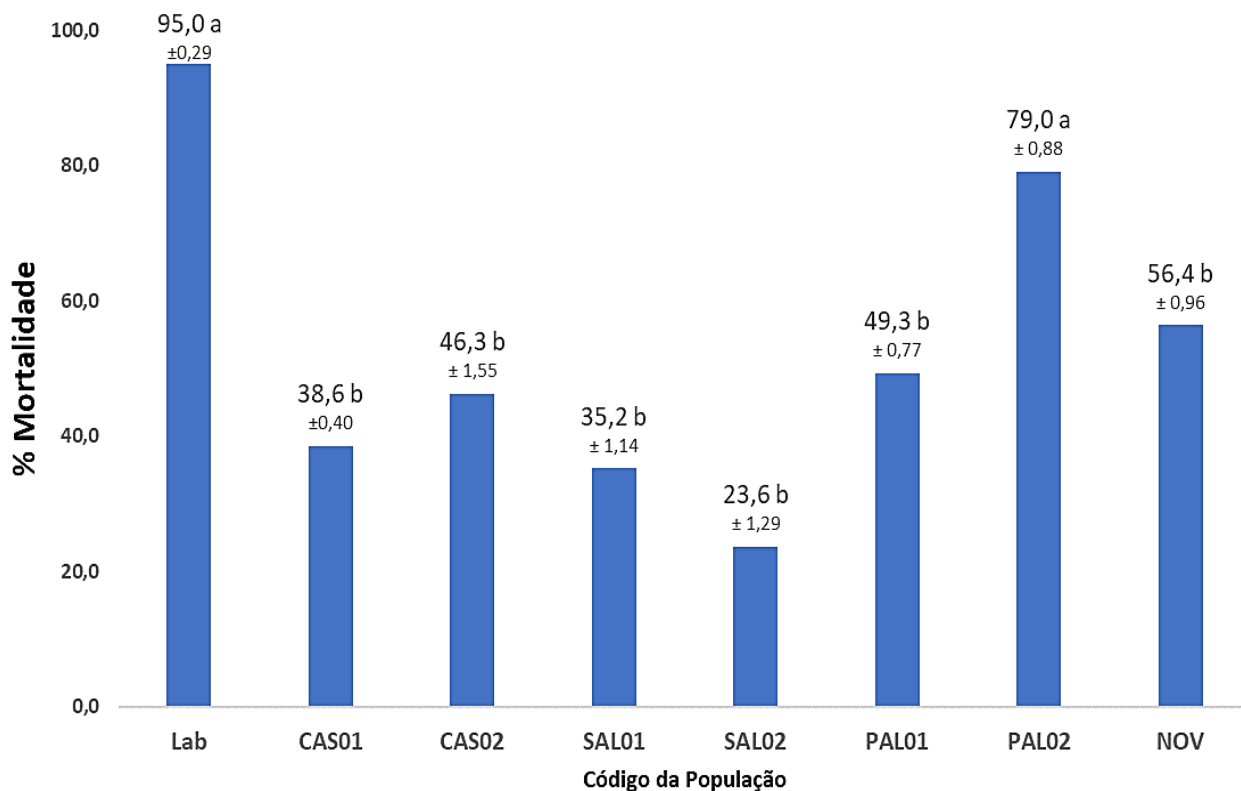


Figura 11. Mortalidade média corrigida por Abbott de adultos e larvas de *Alphetobius diaperinus* de diferentes populações coletadas nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná após 7 dias expostos a concentração de 25µg de cipermetrina por cm² (concentração usual de campo). Letras iguais indicam médias que não diferiram entre si (Tukey, $p \leq 0,05$). **Fonte:** Próprio autor.

A população LAB de *A. diaperinus* apresentou alta susceptibilidade a cipermetrina, demonstrando mortalidade média corrigida de larvas e adultos de 95±0,20% após sete dias. Com exceção da população PAL02 que apresentou mortalidade de 79±0,88% todas as demais populações se diferenciaram estatisticamente da população laboratorial de referência (LAB), apresentando mortalidades médias de 23,6±1,29% (SAL02), 35,2±1,14% (SAL01), 38,6±0,40% (CAS01), 46,3±1,55% (CAS02), 49,3±0,77% (PAL01) e 56,4±0,96% (NOV). A mortalidade observada na população SAL02 exibiu a mortalidade mais baixa, apresentando déficit de 71,1% em comparação com a população LAB. A mortalidade média observada nas populações coletadas nos aviários foi de 48,1%, ou seja, 46,9% menor do que a da população LAB.

A baixa eficácia do inseticida na concentração de recomendação comercial (25µg i.a./cm²), sobre populações dos aviários, corrobora observação dos produtores ou técnicos das áreas coletadas, que relataram percepção visual de eficácia moderada ou baixa dos produtos utilizados nos estabelecimentos e também com alguns outros estudos anteriores, caracterizando assim uma problemática de resistência dos produtos disponíveis a base de piretroide

(CHERNAKI-LEFFER et al., 2011; DIAS; VARGAS; ALMEIDA, 2013)

5.4 Suscetibilidade das populações de *Alphitobius diaperinus* à cipermetrina

A baixa eficácia detectada na concentração comercial pode ser mais bem compreendida na avaliação de suscetibilidade, pela estimativa da concentração letal média (CL₅₀) (Tabela 7). Observou-se variação significativa no desempenho da cipermetrina em larvas e adultos de *A. diaperinus* das distintas populações de campo.

Tabela 7. Concentração resposta de cipermetrina (CL₅₀: 0,025, 0,125, 0,25, 2,5, 12,5 e 25µg i.a./cm²) de larvas e adultos de *Alphitobius diaperinus* coletados nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná.

Código das populações	n	Slope ± SE	CL₅₀ (95% LC)	χ²	df	RR
<i>Adultos</i>						
<i>Lab (ref.)</i>	280	0,9 ± 0,2	2,15 (0,85 – 5,44)	0,2	3	-
<i>CAS01</i>	168	0,4 ± 0,5	240,25 (29,36 -196,90)	0,1	2	111,5
<i>CAS02</i>	280	0,5 ± 0,4	249,09 (32,43 – 1913,40)	0,1	4	115,6
<i>SAL01</i>	280	0,4 ± 0,5	380,51 (44,94 – 3221,66)	0,9	4	176,7
<i>SAL02</i>	280	0,6 ± 0,4	392,94 (60,41 – 2555,70)	0,5	2	182,4
<i>PAL01</i>	224	0,6 ± 0,4	129,82 (22,89 – 736,34)	0,3	4	60,3
<i>PAL02</i>	280	1,0 ± 0,2	2,49 (0,99 – 6,25)	1,0	4	1,2
<i>NOV</i>	280	0,8 ± 0,3	117,85 (29,77 – 466,46)	0,2	2	54,7
<i>Larvas</i>						
<i>Lab (ref.)</i>	140	0,9 ± 0,2	1,37 (0,51 – 3,69)	1,0	4	-
<i>CAS01</i>	112	0,5 ± 0,4	25,54 (4,60 – 141,87)	0,6	3	18,6
<i>CAS02</i>	140	0,4 ± 0,4	8,60 (1,32 – 55,77)	0,5	3	6,3
<i>SAL01</i>	140	0,5 ± 0,4	50,55 (8,29 – 308,43)	0,9	4	36,8
<i>SAL02</i>	140	0,4 ± 0,5	287,08 (31,71 – 2598,86)	0,6	4	209,1
<i>PAL01</i>	84	0,4 ± 0,5	61,10 (6,67 – 559,86)	0,9	4	46,7
<i>PAL02</i>	196	0,6 ± 0,3	10,05 (2,70 – 37,511)	0,3	3	7,3
<i>NOV</i>	84	0,5 ± 0,4	10,97 (2,10 – 57,14)	0,4	4	8,0

n: número de observações; *slope*: inclinação da curva; SE: erro padrão; CL₅₀: concentração de cipermetrina (µg i.a./cm²) necessária para matar 50% dos insetos no período de observação de 7 dias; LC: Limites de confiança a 95%; χ²: qui-quadrado, *p* > 0,05 no teste de adequação; df: graus de liberdade; RR: razão de resistência (a partir da CL₅₀).

¹mortalidade média obtida com todas as concentrações testadas: Letras iguais indicam médias que não diferiram entre si (Tukey, *p* ≤ 0, 05).

Em adultos, as concentrações de cipermetrina entre 0,025 e 25µg i.a./cm² causaram mortalidade média de 7,5 a 42,9%, e apenas a população PAL02 não se diferenciou estatisticamente da população de referência LAB. Nas concentrações estudadas, as populações

apresentaram mortalidade média de 7,5% (SAL02), 9,5% (CAS02), 10,4% (SAL01), 11,2% (NOV), 12,3% (CAS01), 15,6% (PAL01), 42,5% (PAL02) e 42,9% (LAB), respectivamente. Quanto aos valores estimados de CL_{50} para adultos de cascudinhos, foram encontrados valores variando de 2,15 a 392,94 $\mu\text{g i.a./cm}^2$ e evidenciaram níveis distintos de suscetibilidade entre as populações, e valores de razão de resistência (RR) de 1,2 (PAL02), 54,7 (NOV), 60,3 (PAL01), 111,5 (CAS01), 115,6 (CAS02), 176,7 (SAL01) e 182,4 (SAL02).

As concentrações de cipermetrina entre 0,025 a 25 $\mu\text{g i.a./cm}^2$ causaram mortalidade média em larvas de 18,3 a 45,8%, sendo que com exceção das populações CAS02 e NOV, todas as demais populações se diferenciaram estatisticamente da população de referência LAB, e a população SAL01 apresentou a menor média de mortalidade (18,3%) dentro das concentrações testadas, seguido por SAL02 (19,1%), CAS01 (25,9%), PAL01 (27,8%), PAL02 (29,2%), NOV (31,9%), CAS02 (33,3%) e LAB (45,8%).

Nas diferentes populações estudadas, também foi notado, em larvas de cascudinhos, valores de CL_{50} distintos variando de 1,37 a 287,08 $\mu\text{g i.a./cm}^2$. As populações de campo evidenciaram suscetibilidade variável, com valores de RR de 6,3 (CAS02), 7,3 (PAL02), 8 (NOV), 18,6 (CAS01), 36,8 (SAL01), 46,7 (PAL01) e 209,1 (SAL 02).

Embora as larvas da população PAL02 tenham apresentado razão de resistência seis vezes maior que a estimada para adultos, em média, as larvas das demais populações apresentaram razões de resistência 6,4 vezes menores que a dos adultos para cipermetrina. Comparando-se as concentrações letais (CL_{50}) estimadas para as duas fases de vida do inseto, para essas mesmas populações, verificou-se que as larvas se mostraram em média, dez vezes mais suscetíveis que os adultos. A diferença na suscetibilidade entre larvas e adultos já foi observada anteriormente em trabalhos de avaliação de suscetibilidade de cascudinhos a inseticidas (COGAN et al., 1996; HICKMANN et al. 2018).

A maior suscetibilidade de larvas em relação aos adultos foi observada para cipermetrina e permetrina em Arkansas (STEELMAN, 2008). Nesse mesmo sentido, larvas também apresentaram resistência inferior à ciflutrina no Arkansas (SINGH; JOHNSON 2015) e à beta-ciflutrina no Texas (LYONS et al. 2017). Em contraposição Hamm et al. (2006) registraram uma taxa de resistência mais alta em larvas comparando com adultos para ciflutrina também no Texas. Essa variabilidade da suscetibilidade também pode ser correlacionada à taxa de penetração do inseticida no tegumento do inseto, uma vez que as larvas se mostram mais vulneráveis aos químicos quando comparadas aos adultos (REZENDE et al., 2009; BALABANIDOU; GRIGORAKI; VONTAS, 2018)

A variação na suscetibilidade a inseticidas é um fenômeno comum quando os bioensaios

são replicados em populações distintas, inclusive ao longo do tempo, dentro da mesma população (ROBERTSON et al., 2007), evidenciando-se a alta capacidade adaptativa dos cascudinhos.

De maneira geral, considerando larvas e adultos, as populações de campo mostraram grande variação em seu nível de suscetibilidade. A população que mostrou o menor nível de suscetibilidade comparada com a população de referência LAB foi a população SAL02, seguida por SAL01, CAS01, CAS02, PAL01, NOV e PAL02. Além disso, as populações de cascudinho mostram diferentes níveis de resistência através da razão de resistência, sendo as populações CAS01, CAS02, SAL01, SAL02 e PAL01 consideradas populações com muito alta resistência, população NOV com moderada resistência e por fim, PAL02 população com baixa resistência a cipermetrina (Tabela 8).

Tabela 8. Níveis de resistência à cipermetrina de larvas e adultos de *A. diaperinus* coletados nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná.

Nível da resistência ¹	
Código das populações	Média (larvas e adultos)
CAS01	MAR
CAS02	MAR
SAL01	MAR
SAL02	MAR
PAL01	MAR
PAL02	BR
NOV	MR

¹nível de resistência seguindo o critério proposto por Rahayu et al. (2016) numa escala de muito alta resistência (MAR), alta resistência (AR), moderada resistência (MR), baixa resistência (BR) e sem resistência (SR).

Segundo o *Arthropod Pesticide Resistance Database* (2021), ao redor do mundo, há 75 casos reportados de resistência evoluída em campo de *A. diaperinus* a inseticidas, sendo oito casos específicos à cipermetrina no Brasil, todas reportadas no Sul do país, contemplando as cidades de Cascavel, Corbélia, Lapa e Pato Branco, no Paraná e Itapiranga e Biguaçu, em Santa Catarina (MOTA-SANCHEZ; WISE, 2020).

Assim como nesse estudo, Chernaki-Leffer et al. (2011) observaram diferentes níveis de resistência na Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná, mais especificamente na cidade de Cascavel, Corbélia, Pato Branco (2 populações) com razões de resistência em adultos de cascudinhos de 14,1, 92,0, 17,4 e 36,4, respectivamente, além da cidade de Lapa (população 1) (Mesorregião metropolitana de Curitiba) com RR de 18,3. No entanto, eles observaram também

maior suscetibilidade em populações de adultos de cascudinhos nas cidades de Lapa (população 2), Araucária (Mesorregião metropolitana de Curitiba) e Londrina (Mesorregião norte central paranaense). Chernaki-Leffer et al. (2011) correlacionaram os altos valores de RR encontrados para as diferentes populações de campo coletadas no Estado do Paraná como um reflexo do uso excessivo de cipermetrina, uma vez que este piretroide estava sendo utilizado por muitos anos e repetitivamente ao longo do ano durante os intervalos de vazão sanitário. Adicionalmente Chernaki-Leffer et al. (2011) também reportaram populações de cascudinhos com resistência significativa a diclorvós também no Estado do Paraná.

Por outro lado, Hickmann et al. (2018) não encontraram resistência significativa de *A. diaperinus* à cipermetrina no estado do Paraná, nas cidades de Verê (Mesorregião do Sudoeste Paranaense) e Imbituva (Mesorregião do Sudeste Paranaense), mas encontraram razões de resistência significativas para cipermetrina no estado de Santa Catarina. Além disso, Hickmann et al. (2018) também observaram razão de resistência significativa a clorpirifós nos estados do Paraná e Santa Catarina. Os autores relacionaram a resistência relativamente alta à cipermetrina e clorpirifós em algumas populações de *A. diaperinus* de Santa Catarina e do Paraná a uma resposta provável da alta exposição e pressão de seleção.

A resistência refere-se à capacidade de uma determinada linhagem de um organismo em tolerar diferentes doses de agentes tóxicos, que seriam letais para a maioria da população da mesma espécie. Sendo um atributo hereditário, em que os alelos crescem de frequência na população, como uma decorrência direta de efeitos seletivos (CROW, 1957; WHO, 2016; IRAC, 2020).

O processo dinâmico da evolução da resistência está diretamente relacionado a fatores genéticos, tais como, frequência do alelo R (resistência) na população, nível de dominância, taxas de mutação, custo biológico, entre outros fatores operacionais, tais como, a frequência da aplicação do pesticida e ao aumento na dosagem do produto utilizado (GEORGHIOU, 1983; OVERGAARD, 2006; IRAC, 2011).

O peso dos indivíduos dentro de uma população de uma mesma espécie impacta na dose-resposta das avaliações de inseticidas, uma vez que normalmente maior peso corporal dos indivíduos demanda maior quantidade de ingrediente ativo para causar mortalidade nos insetos (WAY, 2008). Nesse estudo não foi observada diferença estatística na massa corporal dos indivíduos.

Nos insetos, há diferentes mecanismos de resistência que podem estar envolvidos, tais como, mudança comportamental, redução na penetração do inseticida no tegumento, insensibilidade do sítio-alvo e alterações metabólicas. O mecanismo metabólico está

relacionado ao acréscimo na competência da detoxificação do inseticida (CAVALCANTI, 2017). Lambkin e Furlong (2011) reportaram que as resistências de cascudinhos a ciflutrina observada em campo, na Austrália, apresentava grande probabilidade de envolvimento de mecanismos metabólicos, pois em seus estudos observaram crescente aumento da mortalidade quando PBO (butóxido de piperonila) foi adicionado aos tratamentos. No entanto, não descartaram a hipótese de possível redução na sensibilidade dos canais de sódio, alvo dos piretroides, uma vez que os resultados se mostraram inconsistentes.

Por outro lado, Bourguet et al. (2004) e Berticat et al. (2008) apontaram que a presença dos genes de resistência pode aferir um custo adaptativo (*fitness cost*) aos insetos, uma vez que mutações em genes que codificam alvos de ação de inseticidas e, principalmente, o aumento na produção de enzimas de detoxificação, podem impactar bruscamente as atividades fisiológicas, como por exemplo, atribuindo um maior período de desenvolvimento larval, menor comprimento no tamanho da asa, redução da fecundidade, tamanho dos ovos, taxa de respiração celular, morfologia das células de gordura e inclusive o peso corporal, tanto para mais quanto para menos.

Kliot e Ghanim (2012) observaram e correlacionaram diversos parâmetros de custos adaptativos citados acima, nos coleópteros *Leptinotarsa decemlineata*, *Tribolium castaneum* e *Sitophilus zeamais*, com resistência a piretroides e também a outros grupos de inseticidas.

A investigação dos mecanismos de resistência é imprescindível para compreender parte da problemática, assim como também para compreender a evolução da resistência e oportunamente construir ações mais assertivas para o manejo de resistência. Sobretudo, a compreensão do modo de ação dos inseticidas é ponto crucial para implementação do correta do MIP.

A cipermetrina faz parte dos piretroides, grupo no qual é um dos mais massivamente usados no manejo de pragas (IRAC, 2020). Não diferente para o cascudinho e, especificamente no Brasil, o número reduzido de ingredientes ativos registrados para uso em granjas de corte favoreceu a evolução da resistência em *A. diaperinus*, (HICKMANN et al., 2018) corroborando os dados observados neste estudo.

Neste trabalho foi possível caracterizar em cascudinhos de aviários a problemática de resistência através da detecção de distintas populações de *A. diaperinus* com baixa suscetibilidade a cipermetrina nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná, localidade de extrema importância na produção de frangos de corte no país.

O aumento da resistência aos poucos inseticidas restantes ameaçam significativamente o controle futuro desta praga economicamente importante. Estudos de resistência e a

compilação deste banco de dados de suscetibilidade oferece uma oportunidade para os avicultores identificarem mudanças na suscetibilidade dos cascudinhos à cipermetrina e incitar uma abordagem mais cautelosa e criteriosa no manejo de resistência, com a finalidade de otimizar e estender a vida útil das ferramentas de controle disponíveis.

6. CONCLUSÕES

- Através do censo informativo foi observado que, para o controle de cascudinhos, 100% dos estabelecimentos avaliados foram tratados com produtos à base de cipermetrina, 85,7% com produtos à base da mistura de cipermetrina e clorpirifós e 14,4% com produtos à base de espinosade nos últimos cinco anos, evidenciando as poucas fermentas disponíveis para o manejo;
- Foi observado também que 57,15% dos estabelecimentos relataram ter baixo resultado no controle e 42,85% relataram ter moderado resultado no controle dos cascudinhos;
- Observaram-se distintas populações de *A. diaperinus* com baixa suscetibilidade a cipermetrina nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná;
- A população que mostrou o menor nível de suscetibilidade comparada com a população de referência LAB foi a população SAL02, seguida por SAL01, CAS01, CAS02, PAL01, NOV e PAL02. Além disso, as populações de cascudinhos mostram diferentes níveis de resistência através da razão de resistência, sendo as populações CAS01, CAS02, SAL01, SAL02 e PAL01 consideradas populações com muito alta resistência, população NOV com moderada resistência e por fim, PAL02 população com baixa resistência a cipermetrina;
- E por fim, foi possível caracterizar a problemática de resistência de cascudinhos à cipermetrina nas Mesorregiões oeste e sudoeste do Paraná, que são localidades de extrema importância na produção de frangos de corte no país.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265-267, 1925. 2 p.

ABIEC – Associação das Indústrias Exportadores de Carne. **Beef Report**. Perfil da pecuária no Brasil. São Paulo, 2020. 50 p.

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2020**. São Paulo, 2021. 75 p.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. **Planejamento de aviários para criação de frangos de corte**. CT / 262 / Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000, 2 p.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G.; COLDEBELLA, A.; JAENISH, F. R. F.; PAIVA, D. P. SANTOS FILHO, J. I. **Cortina amarela e azul, programas de luz quase contínuo e intermitente na produção de frangos de corte**. CT / 53 / Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2008. 26 p.

ADAPAR. Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. Unidades Regionais de Sanidade Agropecuária – URS. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/Pagina/Unidades-Regionais-de-Sanidade-Agropecuaria-URS>>. Acesso em: 27 out. 2020.

ALVES V. S.; NEVES, P. M. J .O.; ALVES, L. F.A.; MOINO Jr., A.; HOLZ, N. Entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) screening for lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) control. **Revista Colombiana de Entomologia**, Bogotá.,v.38 n.1 p.76-80, 2012.

ALVES, L. F.A.; ROHDE, C.; ALVES, V. S. Patogenicidade de *Steinernema glaseri* e *S. carpocapsae* (Nematoda: Rhabdita) contra o cascudinho, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Neotropical Entomology**, v.34, n.1, p.139-141 2005.

ALVES, L. F. A.; BUZARELLO, G. D.; OLIVEIRA, D. G. P.; ALVES, S. B. Ação da terra de diatomácea contra adultos do cascudinho *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.73, n.1, p.115-118, 2006.

ALVES, L. F. A.; OLIVEIRA, D. G. P.; NEVES, P. M. O. J. Fatores que afetam a eficiência da terra de diatomácea no controle de adultos de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Neotropical Entomology**, . v.37. n. 6., p.716-722, 2008.

ALVES, L.F.A.; UEMURA-LIMA, D.H.; OLIVEIRA, D.G.P.; GODINHO, R.P. Eficiência de um novo inseticida comercial para o controle do cascudinho dos aviários (*Alphitobius diaperinus*) (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.77, p.693-700. 2010.

ALVES, V. S.; ROHDE, C.; ALVES, L. F. A. Interação de um inseticida e de desinfetantes utilizados em aviários de corte com o nematoide entomopatogênico *Steinernema arenarium*. **Research, Society and Development**, v.9, n.8., e634986168, 2020.

AMIT, S.; THOMPSON, G.; DOWNARD, P. Challenges in implementing spinosad diamondback moth resistance management strategies in intensive vegetable growing areas in Asia. In: INTERNATIONAL WORKSHOP, 4, 2001, Melbourne, Australia. Proceedings. Disponível em: <<http://web.entomology.cornell.edu/shelton/diamondback-moth/pdf/2001papers/2001DBM44.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2021.

ARBOR-ACRES. **Broiler Management Handbook**. Aviagen. USA., 2014. 144 p.

ARENA, J. S.; MERLO, C.; DEFAGÓ, M. T.; ZYGADLO, J. A. Insecticidal and antibacterial effects of some essential oils against the poultry pest *Alphitobius diaperinus* and its associated microorganisms. **Journal of Pest Science**, v.93, p.403–414., 2010.

ARTHUR, P. B. Determinação das doses letais e esterilizantes para as fases do ciclo de vida do *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae). 2018. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018;

ARTHUR, P. B.; VILLAVICENCIO, L. ; MARCHI, R.; LEANDRO, R. S. R.; ARTHUR, V. Sterilizing of *Alphitobius diaperinus* (PANZER, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) irradiated in pupa stage. In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE - INAC 2019. Santos, Brasil. Proceedings. Disponível em: <<http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/30610>> Acesso em: 20 mai. 2021.

ARTHUR, P. B.; VILLAVICENCIO, L. ; MARCHI, R.; ROSSI, R. S.; ARTHUR, V. Control of *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) by gamma radiation. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.12., p.85-88 2018.

AVILA, V. S. de; MAZZUCO, H.; FIGUEIREDO, E. A. P. de. **Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante**. Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPSA, Circular Técnica, 16. 1992. 38p.

AVILA, V. S., KUNZ, A., BELLAVÉ, C., PAIVA, D. P., JAENISCH, F. R. F., MAZZUCO, H., TREVISOL, I. M., PALHARES, J. C. P. ABREU, P. G., ROSA, P. S. **Boas Práticas de Produção de Frangos de Corte**. EMBRAPA, Circular Técnica 51., Concórdia, SC, setembro, 2007., p. 28.

AXTELL, R. C. Poultry integrated pest management: Status and future. **Integrated Pest Management Reviews**, v.4, p. 53–73, 1999.

BALABANIDOU, V.; GRIGORAKI, L.; VONTAS, J. Insect cuticle: a critical determinant of insecticide resistance. **Current Opinion in Insect Science**, v.27., p. 68-74, 2018.

BENJAMINI, Y; BRAUN, H. I. John W. Tukey's contributions to multiple comparisons. **Annals of Statistics**, v. 30, n. 6, p.1576-1594 2002.

BERTICAT, C. et al. Costs and benefits of multiple resistance to insecticides for *Culex quinquefasciatus* mosquitoes. **BMC Evolutionary Biology**, London, v. 8, n. 104, p.1-9, 2008. Disponível em: <<https://bmcecolvol.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1471-2148-8-104.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2021.

BOURGUET, D. et al. Fitness costs of insecticide resistance in natural breeding sites of the mosquito *Culex pipiens*. **Evolution**, Lancaster, v. 58, n. 1, p. 128-135, 2004.

CANEVER, M. D.; TALAMINI, D. J. D.; CAMPOS, A. C.; SANTOS FILHO, J. I. **A cadeia produtiva do frango de corte no Brasil e na Argentina**. Concórdia: EMBRAPACNPISA, 1997. 150p.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri:Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1, n.2, p.18-24. 2001.

CHARLIE-SILVA, I.; SOUZA, L. M.; PEREIRA, C. C.; MAZZONETTO, F.; BELO, M. A. A. Insecticidal efficacy of aqueous extracts of *Ricinus communis*, *Baccharis trimera* and *Chenopodium ambrosioides* on adults of *Alphitobius diaperinus*. *ARS Veterinaria*, Jaboticabal, v.35, n.1, p.07-11, 2019.

CHERNAKI-LEFFER, A. M.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ALMEIDA, L. M.; LOPES, I. O. N.. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) to cypermethrin, dichlorvos and triflumuron in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.55, p.125–128, 2011.

CHERNAKI-LEFFER, A. M.; BIESDORF, S. M.; ALMEIDA, L. M.; LEFFER, E. V.; VIGNE, F. Isolamento de Enterobactérias em *Alphitobius diaperinus* e na Cama de Aviários no Oeste do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, n.3, p. 243–247, 2002.

CHOWN, S.; MARAIS, E.; TERBLANCHE, J.; KLOK, C. J.; LIGHTON, J.; BLACKBURN, T. Scaling of insect metabolic rate is inconsistent with the nutrient supply network model. **Functional Ecology**, v. 21, p.282–290, 2007.

COBB-VANTRESS. **Manual de manejo de frango de corte**. 2008. 112p. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/avicultura/files/2012/04/Cobb-Manual-Frango-Corte-BR.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2020.

COGAN, P.; WEBB, D.; WAKEFIELD. M. A comparison of four residual insecticides for the control of the lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus* Panzer) in turkey broiler houses in the UK. **International Pest Control**, v.38, p. 52–55., 1996.

CORRÊA, A. S.; PEREIRA, E. J.G.; CORDEIRO, E. M. G.; BRAGA, L. S. GUEDES, N. C. Insecticide resistance, mixture potentiation and fitness in populations of the maize weevil (*Sitophilus zeamais*). **Crop Protection**, v. 30., p. 1655-1666, 2011.

CRIPPEN, T. L.; SHEFFIELD, C. L.; BEIER, R. C.; NISBET, D. J. The horizontal transfer of Salmonella between the lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) and poultry manure. **Zoonoses Public Health**, v. 65, n.1, p. 23-33 ed. 65., 2018.

CROW, J. F. Genetics of resistance to chemicals. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 2, p. 227-246, 1957.

DANIEL, J. F. S.; SCALO, A. V.; SOUZA, R. M.; OCAMPOS, F. M. M.; BARISON, A.; ALVES, L. F. A.; NEVES, P. M. O. J. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* to *Beauveria bassiana* extracts. **Journal Natural Product Research**, v. 33, p. 3033-3036, 2019.

DIAS, D. A.; VARGAS, A. B.; ALMEIDA, F. S. Efeitos de dosagem mais concentrada de cipermetrina no controle de cascudinho (Coleoptera: Tenebrionidae) na avicultura. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, Curitiba, v. 11, n. 4, p. 437-442, 2013.

DUARTE, S. C.; JAENISCH, F. R. F.; HENN, J. D.; FORTES, F. B. B.; NONES, J. **Requisitos básicos de biossegurança para granjas de postura comercial**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2018. 29 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179036/1/Cartilha-Final-SABRINA.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

DUNFORD, J. C.; KAUFMAN, F. E. Lesser Mealworm, Litter Beetle, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). University of Florida – IFAS Extension. EENY-367., 2010. Disponível em: <<https://edis.ifas.ufl.edu/pdf%5CIN%5CIN66200.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

DZIK, S.; MITUNIEWICZ, T. Effectiveness of Biocidal Paint Containing Permethrin, Ultramarine and Violet 23 against *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) in Laboratories and Poultry Houses.. **Animals**, Basel, v, 10, n. 9, p. 1461, 2020.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; MONTEIRO, A. F. M.; GOMES, L. P.; SILVA, I. M.; SILVA, M. S. F. Sinérgico alternativo para o manejo da resistência da lagarta-do-cartucho do milho a piretróides. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 3, p. 316-325, 2015.

FERREIRA, A. G.; MARTINS, J. K. D.; SANTOS, W. P.; RODRIGUES, D. O.; CARMO, M. C. Uso de extratos aquosos (Nim, eucalipto e fumo) no controle do cascudinho (*Alphitobius diaperinus*). **Agrarian Academy**, Goiânia, v.5, n.9., p.437-443 2018. 9 p.

FINNEY, D.J. **Probit analysis**. 3th ed. Cambridge University Press, London. 1971. 25 p.

FOGAÇA, I. **Controle alternativo da volatilização de amônia e do cascudinho, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae), em cama de frango**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Fundação Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura-RO, 2016.

FOGAÇA, I.; FERREIRA, E.; SATURNINO, K. C.; SANTO, T. R., CAVALI, J.; PORTO, M. O. Álcool para controle de cascudinho em cama de frangos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v.66,n.256,p.509-514, 2017.

FRANCIKOWSKI, J.; BARAN B.; CUP M.; JANIEC J.; KRZYŻOWSKI M. Commercially available essential oil formulas as repellents against the stored-product pest *Alphitobius diaperinus*. **Insects**, v. 10, n.4, p. 96, 2019.

FUKAYAMA, E. H.; LUCAS, J. J.; AIRES, A. M.; MIRANDA, A. P.; MACHADO, C. R. Avaliação da produção de camas reutilizadas de frangos de corte de quatro lotes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS ORDENAMENTO TERRITORIAL DAS PRODUÇÕES ANIMAIS E POLÍTICAS

PÚBLICAS RELACIONADAS AO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE ANIMAIS, 1., 2009. **Anais**. Florianópolis, 2009.

GAZONI, F. L.; WILSMANN, G.; FLORES, F.; SILVEIRA, F.; BAMPI, R. A.; BOUFLEUR, R.; LOVAO, M. Efficacy of Phosphine Gas Against the Darkling Beetle (*Alphitobius diaperinus*). **Acta Scientiae Veterinariae**, v.39, n.2, p.965., 2011.

GAZONI, F.L.; FLORES, F.; BAMPI, R.A.; SILVEIRA, F.; BOUFLEUR, R.; LOVATO, M. Avaliação da resistência do cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) a diferentes temperaturas. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.79, n.1, p.69-74, 2012.

GEHRING, V. S.; SANTOS, E. D.; MENDONÇA, B. S.; SANTOS, L. R.; RODRIGUES, L. B.; DICKEL, E. L.; DAROIT, L.; PILOTTO, F. *Alphitobius diaperinus* control and physicochemical study of poultry litters treated with quicklime and shallow fermentation. **Poultry Science**, v.99, n.4., 2020.

GEORGHIOU, G. P. Management of resistance in Arthropods. In: GEORGHIOU, G. P.; SAITO, T. (Ed.). **Pest Resistance to Pesticides: Challenges and Prospects**. New York: Plenum Press, 1983. 18 p.

GÖLDEL, B.; LEMIC, D.; BAŽOK, R. Alternatives to synthetic insecticides in the control of the colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) and their environmental benefits. **Agriculture**, v.10, n.12, p.611, 2020.

GOUVEA, J. W. A.; SILVA, E. R. L.; POTRICHLL, M.; APPELL, A. Métodos físicos e cal hidratada para manejo do cascudinho dos aviários. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.1, p.161-166, 2014.

HAMM, R. L.; KAUFMAN, P. E.; REASOR, C. A.; RUTZ, D. A.; SCOTT, J. G. (2006) Resistance to cyfluthrin and tetrachlorvinphos in the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*, collected from the eastern. United States. **Pest Management Science**, v.62,p.673–677, 2006.

HARDING, W. C.; BISSELL, T. L. Lesser mealworms in a brooder house. **Journal of Economic Entomology**, v.51., p.112. 1958.

HERNANDES, R.; CAZETTA, J. O.; MORAES, V. M. B. Frações nitrogenadas, glicídicas e amônia liberada pela cama de frangos de corte em diferentes densidades e tempos de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1795-1802, 2002.

HICKMANN, F.; MORAIS, A. F.; BRONZATTO, E. S.; GIACOMELLI, T.; GUEDES, J. V. C.; BERNARDI, O. Susceptibility of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae), from broiler farms of southern Brazil to insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v.111, n.2, p.980-985, 2018.

HONG, K.; KI, W.; LEE, H.; PARK, J.; LEE., W. The second complete mitochondrial genome of *Alphitobius diaperinus* Panzer, 1797 (Coleoptera: Tenebrionidae): investigation of intraspecific variations on mitochondrial genome. **Mitochondrial DNA Part B**, v.5, n.3, p.2997-2999, 2020.

HUMPHREYS, R. K.; RUXTON, G. D. A review of thanatosis (death feigning) as an anti-predator behaviour. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.72, n.22. p.1-16, 2018.

IRAC – Insecticide Resistance Action Committee. **Prevention and management of insecticide resistance in vectors of Public Health importance**. 2.ed., 2011. Disponível em: <https://irac-online.org/content/uploads/VM-Layout-v2.6_LR.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2021.

IRAC – Insecticide Resistance Action Committee. Resistance. Resistance definition. . Disponível em: <<https://irac-online.org/about/resistance/>>. Acesso em: 05 mai.2021.

JACOMINI, D.; TEMPONI, L. G.; ALVES, L. F. A.; SILVA, E. A. A.; JORGE, T. C. M. Extrato de tabaco no controle do besouro cascudinho de aviário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51,n.5, p.680-683, 2016.

JAPP, A. K. **Influência do *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleóptera, Tenebrionidae) no desempenho zootécnico de frangos de corte e avaliação da terra diatomácea como estratégia para o seu controle**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). 2008. Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2008.

JAPP, A. K.; BICHO, C. L.; SILVA, A. V. F. Importância e medidas de controle para *Alphitobius diaperinus* em aviários. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.7, p.1668-1673, 2010.

KARUNAMOORTHY, G.; CHELLAPPA, D.J.; ANANDAN, R. The life history of *Subulura brumpti* in the beetle *Alphitobius diaperinus*. **Indian Veterinary Journal**, v.71, p.12-15, 1994.

KAUFMAN, P. E.; BURGESS, M.; RUTZ, D. A. Population dynamics of manure inhabiting arthropods under an integrated pest management (IPM) program in new york poultry facilities - 3 case studies. **Journal of Applied Poultry Research**, v.11, p.90–103, 2002.

KLIOT, A.; GHANIM, M. Fitness costs associated with insecticide resistance. **Pest Management Science**, v.68, p.1431-1437,2012.

KNEIPP, C. **Conceitos básicos de biosseguridade na produção de frangos de corte**. Ceva Saúde Animal Ltda. 2016. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=eventos&cod_arquivo=121>. Acesso em: 18 Out. 2020.

LAMBKIN, T. A. Baseline responses of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) to fenitrothion and susceptibility status of populations in Queensland and New South Wales, Australia. **Journal of Economic Entomology**, v.98, n.3, p.938-42, 2005.

LAMBKIN, T. A.; FURLONG, M. J. Metabolic mechanisms only partially explain resistance to pyrethroids in Australian broiler house populations of lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Economic Entomology**, v.104, n.2, p.629-35, 2011.

LAMBKIN, T. A.; RICE, S. J. Baseline responses of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) to cyfluthrin and detection of strong resistance in field populations in Eastern Australia. **Journal of Economic Entomology**, v.99, n.3, p.908-913, 2006.

LAMBKIN, T. A.; RICE, S. J.; FURLONG, M. J. Responses of susceptible and cyfluthrin-resistant broiler house populations of lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) to gamma-cyhalothrin. **Journal of Economic Entomology**, v.103,p.2155–2163, 2010.

LOPES, J. C. O. **Avicultura**. Técnico em avicultura – Floriano, PI: EDUFPI; UFRN, 2011. 94 p. Disponível em: <<http://pronatec.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2013/06/Avicultura.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

LOPES, P. M. Farinha de insetos como fonte proteica em dietas para frangos de corte. 2019. Dissertação (mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí.Teresina, PI, 2019.

LUZ, G. E.; PEDROSO, A. C. Avaliação das práticas de biosseguridade em granjas de frangos de corte no município de Realeza – PR. UFFS. Universidade Federal da Fronteira Sul. Realeza, PR., 2016. 21 p. Disponível em: <<https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/416/1/LUZ.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

LYONS, B. N.; CRIPPEN, W. L.; ZHENG, L.; TEEL, P.; SWIGER, S.; TOMBERLIN, J. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* in Texas to permethrin and β -cyfluthrin treated surfaces. **Pest Management Science**, v.73,n.3, p.562-567,2016.

MACIEL, R. M. A. **Patogenicidade de *Bacillus thuringiensis* para *Alphitobius diaperinus* Panzer 1797 (Coleoptera: Tenebrionidae) em condições de laboratório e semi-campo**. 2019. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2019.

MATINS, C. C.; ALVES, L. F. A.; MAMPRIMB, P. Effect of plant extracts and a disinfectant on biological parameters and pathogenicity of the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Ascomycota: Cordycipitaceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 2, p. 420-427, 2016.

MENDES, L. R.; POVALUK, M. Ciclo e controle do *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera, Tenebrionidae) no município de quitandinha, PR. **Saúde e Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 107-122, 2017.

MONITOR. A indústria do frango no Brasil. **Repórter Brasil**, São Paulo, n.2; p. 18, 2016.

MORAIS, M. D. G. **Ocorrência de *Alphitobius diaperinus* e tratamento fermentativo da cama de frangos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, , 2016.

MOTA-SANCHEZ, D.; WISE, J. C. 2021. The Arthropod Pesticide Resistance Database. Disponível em: <<https://www.pesticideresistance.org/>>. Acesso em: 05 mai. 2021.

OLIVEIRA, D. G. P.; CARDOSO, R. R.; MAMPRIM, A. P.; ALVES, L. F. A. Laboratory and field evaluation of a cypermethrin based insecticide for the control of *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae) and its in-vitro effects on *Beauveria bassiana* bals. Vuill. (Hypocreales: Cordycipitacea). **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.18, n.3, p.371-380, 2016.

OLIVEIRA, E. E.; GUEDES, R. N. C.; CORRÊA, A. S.; DAMASCENO, B. L.; SANTOS, C. T. Resistência vs suscetibilidade a piretróides em *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae): há vencedor?. **Neotropical Entomology**, vol.34, n.6, p.981-990, 2005.

OLIVEIRA, T. F. B. **Tipos de pisos e métodos de reutilização de camas de aviário no controle de *Alphitobius diaperinus* e desempenho zootécnico de frangos de corte**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina,. 2012.

OLIVEIRA, T. M.; TEIXEIRA, C. M.; PINTO, M. O. K. M.; ARCEBISPO, T. L. M.; SORIANO-ARAÚJO, A.; CUNHA, L. M.; DINIZ, S. A.; SILVA, M. X. Epidemiological characterization and risk evaluation associated with the presence of Phthiraptera in poultry farms from Minas Gerais, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 41, e47474, 2019.

OVERGAARD, H. J. **Malaria Mosquito Resistance to Agricultural**. Insecticides: Risk Area Mapping in Thailand. Colombo: International Water Management Institute, 2006. 72 p.

PAGANELA, V. M. **A inovação na cadeia produtiva avícola brasileira**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC., 2019. 82 p.

PANATTO, G. D.; CITTADIN, A.; RITTA, C. O. MENEGALI, M. V. Gestão de custos na avicultura de corte: o caso de uma pequena propriedade rural do sul catarinense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 25. Vitória 2018. **Anais**, Vitória, 2018. 32 p.

PANZARDI, A.; NUNES, R. F.; GAGGINI, T. S.; OLIVEIRA, G. B. A.; GUIMARÃES, E. C.; ANTUNES, R. C.; SILVA, A.; REZENDE, M. L. G. Comparison between two insecticide application methods in controlling lesser mealworm beetles in commercial broiler houses. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.18,n. 3,p.400-403, 2019.

PAULINO, M. T. F.; OLIVEIRA, E. M.; GRIESE, D. O.; TOLEDO, J. B. Criação de frangos de corte e acondicionamento térmico em suas instalações: Revisão. **Pubvet**, v.13, n.2, p.1-14, 2019.

PICOLI, K. P. Avaliação de sistemas de produção de frangos de corte no pasto. Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2004. 73 p.

PINTO, D. M.; RIBEIRO, P. B.; SILVEIRA, P. S. Comparação de métodos para monitorar populações de *Alphitobius diaperinus* (PANZER, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) em granja avícola, em Pelotas, RS, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 295-300, 2010.

PROCÓPIO, D.; LIMA, H. Avaliação conjuntural da avicultura no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, 2019.

RAHAYU, R.; MADONA, W.; BESTARI, W.; JANNATAN, D.; JANNATAN, R. Resistance monitoring of some commercial insecticides to German cockroach (*Blattella germanica* (L.) in Indonesia. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v.4, n.6, p.709-712, 2016.

REZENDE, S. R. F.; CURVELLO, F. A.; FRAGA, M. E.; REIS R. C. S.; CASTILHO, A. M. C.; AGOSTINHO, T. S. P. Control of the *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera:

Tenebrionidae) with entomopathogenic fungi. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.11, n.2, 2009.

RICE, S. J.; BAKER, D. K.; MAYER, D. G.; LEEMON, D. M. Mycoinsecticide formulations of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* reduce populations of lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*, in chicken-broiler houses. **Biological Control**, v.144, p.104234, 2020.

RICE, S. J.; LAMBKIN, T. A. A new culture method for lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*. Journal of Applied Entomology. Yeerongpilly, Australia. **Journal of Applied Entomology**, v.133, p.67-72, 2009.

ROBERTSON, J. L.; RUSSELL, R. M.; PREISLER, H. K.; SAVIN, N. E. **Bioassays with arthropods**. CRC, Boca Raton, FL, 2007. 199 p.

RODRIGUEIRO, T. S. C.; PRADO, A. P. suscetibilidade de adultos de população de *Alphitobius diaperinus* (coleoptera: tenebrionidae) a diferentes concentrações do inseticida ciflutrina. **Biológico**, São Paulo, v.68, Suplemento, p.572-576, 2006. 4 p.

RODRIGUES, P. R. **Potencial de fungos entomopatogênicos comerciais para o controle de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae)**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, PR., 2019. p 65.

RODRIGUES, W. O. P., GARCIA, R. G., NÄÄS, I. A., ROSA, C. O., CALDERELLI, C. E. Evolução da avicultura de corte no Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.10, n.18., 2014.

ROSSI, M. N.; GODOY, W. Web contents of *Nesticodes rufipes* and *Latrodectus geometricus* (Araneae: Therididae) in a Brazilian poultry house. **Journal of Entomological Science**, v. 40, n. 3, p. 347-351, 2005.

RUEDA, L. M.; AXTELL, R. C. Temperature-dependent development and survival of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*. **Medical and Veterinary Entomology**, v.10, p.80-86, 1996.

RUMBOS, C. I.; PANTAZIS, I.; ATHANASSIOU, C. G. Population growth of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) on various commodities, **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 2, p.1001-1007, 2020.

SAFRITR, R. D.; AXTELL, C. Evaluations of sampling methods for darkling beetles (*Alphitobius diaperinus*) in the litter of turkey and broiler houses. **Poultry Science**, v.63, n.12, p.2368-2375, 1984.

SALIN, C.; DELETTRE, Y. R.; CANNAVACCIUOLO, M.; VERNON, P. Spatial distribution of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) in the soil of a poultry house along a breeding cycle. **European Journal of Soil Biology**, v.36, n.2, 2000.

SALMERON, E. Subsídios para o manejo da resistência de *Blattella germanica* (L., 1767) (Dictyoptera: Blattellidae) a inseticidas. 2002. Tese (Doutorado em Entomologia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SANTORO, P. H.; NEVES, P. M. O. J.; ALEXANDRE, T. M.; GAVAGUCHI, S. A.; ALVES, L. F. A. *Carcinops troglodytes* (Erichson) (Coleoptera: Histeridae) predando larvas de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) em aviários. **Neotropical Entomology**, v.39,n.5, p.831-832, 2010.

SILVA, A. S.; QUINTAL, A. P. N.; MONTEIRO, S. G; DOYLE, R. L. LAUREANO, S; SANTURIO, J M; BITTENCOURT, V. R. E. P. Ação do fungo *Beauveria bassiana*, isolado 986, sobre o ciclo biológico do cascudinho *Alphitobius diaperinus*. 1945. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, p.1944-1947, 2006.

SILVA, A.; HOFF, G.; DOYLE, R.; SANTURIO, J.; MONTEIRO, S. Ciclo biológico do cascudinho *Alphitobius diaperinus* em laboratório. **Acta Scientiae Veterinariae**,v.33, n.2, p.177-181, 2005.

SILVA, C. V.; CHAGAS, E. C.; LACERDA, M. C.; FRAGOSO, D.; B.; BARRIGOSI, J. A. F. Curva de dose-resposta a inseticidas para o percevejo dos grãos *Oebalus poecilus* (Hemiptera: Pentatomidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: UFSM; Porto Alegre: Sosbai, 2013. 3 p.

SIMCO, J.S.; EVERETT, R.; LANCASTER, J.L. Preliminary studies on control of lesser mealworm in broiler houses. **Arkansas Farm Research**, v.15, n.6, p. 8, 1967.

SINDIAVIPAR - Sindicato das Indústrias de Produtos Avícolas do Estado do Paraná. Exportação Frango 2020. Disponível em: <https://www.sindiaVIPAR.com.br/index.php?modulo=8&acao=detalhe&cod=177308>. Acesso em: 05 mai. 2021.

SINGH, N. Chemical ecology, population dynamics and insecticide susceptibility of lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). 2011. Dissertation (Master of Science in Entomology). University of Arkansas, 2011. Disponível em: <<https://scholarworks.uark.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1199&context=etd>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

SINGH, N.; JOHNSON, D. Baseline susceptibility and cross-resistance in adult and larval *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) collected from poultry farms in Arkansas. **Journal of Economic Entomology**,v.108, n.4, p.1994-1999, 2015.

SOARES, C. E. D. S.; WEBER, A.; MOECKE E. S.; REITER, M. G.; SCUSSEL, V. M; KREBS DE SOUZA, C. Use of ozone gas as a green control alternative to beetles *Alphitobius diaperinus* (Panzer) infestation in aviary bed utilized in the poultry industry. **Chemical Engineering Transactions**,v. 64, p.589-594, 2018.

SOARES, C. E. S.; MAIORKA, A.; DAHLKE, F.; SCUSSEL, V. M. Scanning electron microscopy form macrofauna isolated from poultry litter: no pesticide treated. **IOSR Journal of Engineering**, v. 9, n.9, p.82-91, 2019. .

SOUSA, P. M. C. **Development and characterization of insect (*Alphitobius diaperinus*) protein hydrolysates**. 2018. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Biotecnologia, Universidade Católica Portuguesa. Porto, Portugal, 2018.

SOUSA, B. N. F. **Reestruturação socioespacial da avicultura no Ceará**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2017.

SOUZA, B. G. Relatório de estágio curricular supervisionado (avicultura de corte). Instituto Federal Goiano. Medicina Veterinária. Urataí-GO, 2020., 33 p.

SOUZA, C. J. D. **Eficiência do uso de cipermetrina sobre o controle de cascudinhos e desempenho do frango de corte**. 2019. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) Universidade Brasil, Descalvado, São Paulo., 2019.

SOUZA, J. C. P. V. B.; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; SCHMIDT, G. S. (Ed.). **Sonho, desafio e tecnologia: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 21 p.

SOUZA, L. M.; SILVA, G. S.; BELO, M. A. A.; SOARES, V. E.; COSTA, A. J. 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.

SOUZA, L. M.; SILVA, G. S.; BELO, M. A. A.; SOARES, V. E.; SILVA, I. C.; COSTA, A. J. Atividade inseticida do spinosad sobre *Alphitobius diaperinus* em fezes de poedeiras comerciais naturalmente infestadas. **ARS Veterinaria**, Jaboticabal, v.36, n.2, p.109-116, 2020.

SPENCER, A.; JESPERSEN, J. Insecticide use and resistance in beetles infesting broiler houses in Denmark. Danish Pest Infestation Laboratory Annual Report, DPIL Website. 1998. 6 p.

STEELMAN, C. D. Comparative susceptibility of adult and larval lesser mealworms, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae), Collected from Broiler Houses in Arkansas to Selected Insecticides. **Jornal Agricultural and Urban Entomology**, v. 25, n. 2, p.111-125, 2008.

SUBEKTI, N.; CAHYANINGRUM, S. H. Insecticidal activity of some plant essential oil extracts against *Alphitobius diaperinus* pest causing Avian influenza. **Journal of Physics: Conference Series**. Ser. 1567 032048. 2019. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1567/3/032048/pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

SZCZEPANIK, M.; RASZKOWSKA-KACZOR, A.; OLKIEWICZ, D.; BAJER, D.; BAJER, K. Use of starch granules enriched with carvacrol for the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* control in chicken house: effects on insects and poultry, **Journal of Poultry Science**, v. 57, n.2, p. 168-174, 2020.

SZCZEPANIK, M.; WALCZAK, M.; ZAWITOWSKA, B.; MICHALSKA-SIONKOWSKA, M.; SZUMNY, A.; WAWRZÉ, C.; BRZEZINSKA, M. S. Chemical composition, antimicrobial activity and insecticidal activity against the lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum* and *Artemisia dracuncululus* L. essential oils. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.98, n.2, p.767-774, 2017.

TOMBERLIN, J. K.; RICHMAN, D.; MYERS, H. M. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) from broiler facilities in Texas to four insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v.101, p.480–483, 2008.

TOMBOLO, G. A.; COSTA, A. J. D. **Cooperativas na avicultura de corte paranaense**. Université de Picardie Jules Verne. 2015. 29 p.

TRAVASSOS, G. F.; COELHO, A. B. Padrão de substituição entre carnes no consumo domiciliar do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n.2., p.285-304, 2017.

TUKEY, J.W. **The problem of multiple comparisons**. Mimeographs Princeton University, Princeton, N.J., 1953. 19 p.

UEMURA, D. H.; ALVES, L. F. A.; OPAZO, M. A. U.; ALEXANDRE, T. M.; OLIVEIRA, D. G. P.; VENTURA, M. U. Distribuição e dinâmica populacional do cascudinho *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) em aviários de frango de corte. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.75, n.4, p.429-435, 2008.

VAN LENTEREN, J; NICOLI, G. Quality control of mass-produced beneficial insects. Chapter 31, In: **Biological control of Arthropod Pests in Protected Cultures**. 2004. 22 p.

VAUGHAN, J. A.; TURNER, E. C. Residual and topical toxicity of various insecticides to the lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae). **Jornal Economic Entomology**, v.77, p.216-220, 1984.

VIRTUOSO, M. C. S.; OLIVEIRA, D. G.; DIAS, L. N. S.; FAGUNDES, P. S. F.; LEITE, P. R. S. C. Reutilização da cama de frango. **Revista Eletrônica Nutritime**. v.12,n.02, p.3964–3979, 2015.

VITTORI, J; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; TROVÓ, K. P.; RIBEIRO, C. A. M; BARBOSA, G. G.; SOUZA, L. M.; PIGATTO, C. P. (2007). *Alphitobius diaperinus* spp como veiculador de *Clostridium perfringens* em granjas avícolas do interior paulista - Brasil. **Ciência Rural**, v.37, n.3, p.894-896, 2007.

VOILÀ M.; TRICHES, D. A cadeia de carne de frango: uma análise dos mercados brasileiro e mundial de 2002 a 2010. **Teoria e Evidência Econômica**, v. 21, n. 44, p. 126-148, 2015.

WAKEFIELD, M. E.; COGAN, P. M. Resistance to iodofenphos and malathion in the lesser mealworm *Alphitobius diaperinus*, In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED-PRODUCT PROTECTION, 5. 1990, Bordeaux, France. **Proceedings**, p.1065 - 1072., 1990.

WAY, M. The effect of body weight on the resistance to insecticides of the last-instar larva of *Diataraxia oleracea* L., the tomato moth. **Annals of Applied Biology**, v.41, n.1, p.77-87, 2008.

WHO - World Health Organization. **Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vector mosquitoes**. 2 ed. Global Malaria Programme. 2016. 48 p. Disponível em: <<http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250677/9789241511575-eng.pdf;jsessionid=2D519AFF225FDC231A60DF6FDBB975A7?sequence=1>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

WIERSBITZKI, T. S. **Frango de corte: uma análise do mercado brasileiro de 2006 a 2015**. 2017. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, RS., 2017.

WOJCIEHOVSKI, P.; PEDRASSANI, D.; FEDALTO, L. M. Terra de diatomáceas para controle do *Alphitobius diaperinus* em granjas de frango de corte. *Saúde Meio Ambiente*. v. 4, n. 1., jan./jun. 2015. 9 p.

WOLF, J.; POTRICH, M.; LOZANO E. R.; GOUVEIA, A.; PEGORINI, D. Combined physical and chemical methods to control lesser mealworm beetles under laboratory conditions. **Poultry Science**, v.94, n.6, p.1145-1149, 2015.

World Health Organization (WHO). **Monitoring and managing insecticide resistance in *Aedes* mosquito populations**; Interim guidance for entomologists. 2016, 11p. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/204588>>. Acesso em: 04 out. 2020.

ZORZETTI, J.; COSTANSKI, K.; SANTORO, P. H.; FONSECA, I. C. B.; NEVES, P. M. O. J. Growth regulator insecticides for the control of the lesser mealworm beetle *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Revista Colombiana de Entomología**, v.41,n.1, p.24-32, 2015.

ANEXO A – FORMULÁRIO: CENSO INFORMATIVO DE COLETA

Nº de identificação da caixa:

|FORMULÁRIO DE COLETA

Data da coleta: ____ / ____ / 2020

LOCALIDADE

Cidade: _____ - PR

Localização GPS:

S _____

W _____

AVIÁRIO

Período da coleta: () Alojamento () Vazio sanitário

Tempo de instalação: ____ ano(s)

Largura: _____ Metros

Comprimento : _____ Metros

Pé-direito: _____ Metros

Estrutura: () Alvenaria () Madeira () Misto (*alvenaria + madeira*) () Outros

Piso: () Contrapiso () Sem contrapiso

CASCUDINHO

Nível de infestação: () Alta () Moderada () Baixa

Produtos usados nos últimos 5 anos para o controle de cascudinho:

() Cipermetrina (PS) () ciper+clorpirifós (CE) () espinosade (SC)

() Outros: _____

() Outros: _____

Uso de outras alternativas para controle de cascudinho? Qual?

() Enleiramento / fermentação da cama

() Outros: _____

() Outros: _____

Percepção do controle por parte do produtor e/ou técnico:

() Insatisfatória () Baixa () Moderada () Satisfatória