



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JOÃO GABRIEL COLARES SILVEIRA

**EFEITO DAS CONDIÇÕES DE CRIAÇÃO NA REPRODUÇÃO E NA
ONTOGENIA DE BESOUROS NECRÓFAGOS (*Dermestes maculatus*)**

FORTALEZA

2022

JOÃO GABRIEL COLARES SILVEIRA

EFEITO DAS CONDIÇÕES DE CRIAÇÃO NA REPRODUÇÃO E NA ONTOGENIA
DE BESOUROS NECRÓFAGOS (*Dermestes maculatus*)

Monografia apresentada ao curso de Ciências Biológicas do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Dr. Vicente Vieira Faria
Coorientador: Me. Fernando Heberon Menezes Lima

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S588e Silveira, João Gabriel Colares.
Efeito das condições de criação na reprodução e na ontogenia de besouros necrófagos (*Dermestes maculatus*) / João Gabriel Colares Silveira. – 2022.
35 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Vicente Vieira Faria.

Coorientação: Prof. Me. Fernando Heberson Menezes Lima.

1. Dermestário. 2. Coleção zoológica. 3. Criação de insetos. I. Título.

CDD 570

JOÃO GABRIEL COLARES SILVEIRA

EFEITO DAS CONDIÇÕES DE CRIAÇÃO NA REPRODUÇÃO E NA ONTOGENIA
DE BESOUROS NECRÓFAGOS (*Dermestes maculatus*)

Monografia apresentada ao curso de Ciências Biológicas do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovada em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Vicente Vieira Faria (Orientador)

Departamento de Biologia - Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Lorenzo Roberto Sgobaro Zanette

Departamento de Biologia - Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Pedro Cordeiro Estrela de Andrade Pinto

Departamento de Sistemática e Ecologia - Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

AGRADECIMENTOS

À Ma. Aline Saraiva Teixeira, analista da Embrapa Agroindústria Tropical, e ao Me. Guilherme Vieira Faria, técnico da Embrapa Rondônia, pelas orientações na organização e na confecção da metodologia.

Ao Me. Yan Torres, pelo auxílio essencial na seleção dos testes estatísticos apropriados para aplicação neste trabalho.

Aos professores participantes da banca examinadora, Dr. Pedro Cordeiro Estrela de Andrade Pinto e Dr. Lorenzo Roberto Sgobaro Zanette, pelas valiosas correções e sugestões.

Ao Me. Fernando Heberon Menezes, pela fundamental coorientação ao longo desde projeto de pesquisa desde a sua concepção.

Ao Dr. Vicente Vieira Faria, pela compreensão, paciência e dedicação como orientador, mesmo nos momentos mais difíceis.

À minha mãe, Solange Maria Colares Felinto, por prover o espaço e o equipamento necessários para a realização do trabalho durante a pandemia de Covid-19, pelo auxílio na execução da metodologia e, especialmente, pelas décadas de dedicação materna incondicional.

Ao longo da minha graduação, recebi apoio financeiro por meio de bolsa de monitoria associada às disciplinas de Biologia da Célula e Biologia Celular Geral durante os semestres 2019.1 e 2019.1.

RESUMO

Colônias do besouro *Dermestes maculatus* DeGeer, 1774, conhecidas como dermestários, são frequentes em coleções zoológicas pelo mundo devido à sua eficiência na limpeza de tecido mole de carcaças animais. Contudo, há poucos estudos disponíveis, especialmente nas últimas décadas, acerca da relação entre o crescimento da colônia e as condições necessárias para a sua manutenção. Essa escassez de informação é ainda mais perceptível com relação a disponibilidade de água, higiene da colônia e tipo de fonte de alimento. Diante disso, este trabalho teve como propósito investigar e mensurar a influência dessas três variáveis sobre o desenvolvimento e a reprodução do inseto. Foram feitos dois experimentos com grupos de *D. maculatus* submetidos a diferentes tratamentos: um para análise da reprodução e outro para estudo da ontogenia. A produção de larvas é aumentada em 2,8 vezes em casais cujo ambiente é limpo, em relação a casais cujo recipiente não é limpo; e é aumentada em 5 vezes em casais alimentados com carne assada, em relação a casais alimentados com ração. Além disso, o tempo necessário para que atinjam a maturidade sexual é diminuído em cerca de 25% em larvas que têm acesso a água, em relação a larvas que não têm acesso a água; aumentado em 20% em larvas cujo ambiente é limpo, em relação a larvas cujo ambiente não é limpo; e diminuído em 30% em larvas que são alimentadas com carne assada, em relação a larvas alimentadas com ração.

Palavras-chave: dermestário, coleção zoológica, criação de insetos.

ABSTRACT

Colonies of the beetle *Dermestes maculatus* DeGeer, 1774 are often used for zoological collections among universities and museums worldwide due to their efficient cleaning of soft tissue from animal carcasses. However, there is little research available, specially in the latest decades, regarding the relationship between the colony's growth and the required conditions for its maintenance. This lack of information is even more noticeable regarding the availability of water, colony's hygiene and the type of food source. That being the case, the purpose of this work was to investigate and measure the influence of these three variables over the development and reproduction of this insect species. Two experiments were conducted with groups of *D. maculatus* reared under different conditions: one for the analysis of reproduction and the other for the study of ontogeny. The production of larvae is increased 2.8 times in couples whose containers are cleaned, in comparison to couples whose containers are not cleaned; and is increased 5 times in couples fed with roast beef, in comparison to couples fed with dog food. Additionally, the time needed for larvae to reach sexual maturity is decreased by approximately 25% in larvae with access to water, in comparison to larvae without access to water; increases by 20% in larvae whose containers are cleaned, in comparison to larvae whose containers are not cleaned; and decreases by 30% in larvae fed with roast beef, in comparison to larvae fed with dog food.

Key-word: dermestary, zoological collection, insect colony

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3 RESULTADOS	19
3.1 REPRODUÇÃO	19
3.2 ONTOGENIA	21
4 DISCUSSÃO	27
5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
5.1 CONCLUSÃO.....	31
5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O besouro *Dermestes maculatus* DeGeer, 1774 é um inseto coleóptero da família Dermestidae que se alimenta de carcaças animais e, em razão disso, é utilizado para a limpeza de espécimes zoológicos de vertebrados pelo menos desde os anos 1870 (TIMM, 1982). Seu uso em coleções zoológicas remonta ao naturalista Charles Dean Bunker do Museu de História Natural da Universidade do Kansas, nos anos 1910 (WARNER, 2019). O potencial do uso desses animais para tal finalidade surgiu a partir do fato de que já era uma praga conhecida de produtos de origem animal e espécimes animais de museus (LAMBKIN e KHATOON, 1990; KISELYIOVA e MCHUGH, 2006; CHARABIDZE et al., 2014), algo também observado em outras espécies do gênero *Dermestes* (KISELYIOVA e MCHUGH, 2006). Estudos iniciais conduzidos por mastozoólogos nos anos 1930 indicaram a eficiência dos besouros dermestídeos na limpeza de carcaças (HALL e RUSSELL, 1933; BORELL, 1938) e seu uso popularizou-se por outras coleções zoológicas pelo mundo. Uma das vantagens previamente conhecidas é a eliminação do risco de dano ao espécime por manipulação ou substâncias químicas típicas a outros processos de remoção de tecidos moles (STEADMAN et al., 2006). Das 14 espécies do gênero *Dermestes* consideradas úteis para esse fim, a distribuição cosmopolita e a eficiência do *D. maculatus* no preparo de espécimes tornou essa espécie a mais utilizada por pesquisadores, e conseqüentemente a mais estudada (MAGNI et al., 2015). O gênero *Dermestes*, assim como outros insetos necrófagos, é também importante objeto de estudo das ciências forenses, e mais uma vez, o *D. maculatus* tem um papel de destaque, tanto na preparação de esqueletos para estudo osteológico, como na investigação de homicídios (STEADMAN et al., 2006; SUKONTASON et al., 2007; MIDGLEY; RICHARDS; VILLET, 2009; MAYER et al., 2015; ZANETTI; FERRERO; CENTENO, 2019).

Os dermestários são colônias de besouros dermestídeos mantidas em laboratório com o propósito de limpeza de carcaças. Apesar da relativa facilidade de manutenção, há cenários que podem rapidamente reduzir ou mesmo eliminar a população de um dermestário, como alimentação inadequada, processamento indevido das carcaças antes de ser disponibilizada para os besouros, proliferação de pragas e patógenos, dentro outros. Contudo informações sobre a biologia de *D. maculatus* são discordantes e contraditórias e muitas vezes baseadas em conhecimento empírico, o que significa que se tem pouca informação consistente a respeito de como variáveis facilmente controláveis em laboratório podem afetar a manutenção da saúde das colônias. Muito do conhecimento que se utiliza para sua criação é baseado exclusivamente no que se sabe sobre colônias de outros coleópteros. Dentro do gênero

Dermestes, há também um número restrito de estudos que relacionam variáveis controláveis à reprodução e ao desenvolvimento dos insetos. Exemplos disso são trabalhos que relacionam o tipo de dieta com o desenvolvimento em *Dermestes ater* DeGeer, 1774 (CERKOWNIAK et al., 2020) e *Dermestes caninus* Germar, 1824 (CORRÊA et al., 2021) e outros que pesquisam a influência de variáveis ambientais sobre aspectos gerais da biologia de *D. ater* (ROTH; WILLIS, 1950) e *Dermestes lardarius* L., 1758 (ESPERK; TAMMARU; NYLIN, 2007).

São conhecidas relações entre certos aspectos da sua biologia, como quantidade de ovos e larvas, número e duração dos instares, crescimento e longevidade, e determinadas variáveis, como temperatura, oferta de água, umidade relativa do ar e tipo de alimentação, porém essas informações são majoritariamente pouco acuradas ou muito antigas, o que representa um empecilho para uma boa gestão e planejamento do crescimento de dermestários. As variáveis mais estudadas são a temperatura (HOWE, 1965; RICHARDSON; GOFF, 2001; ZANETTI; FERRERO; CENTENO, 2019) e a umidade (SCOGGIN; TAUBER, 1951; OSUJI, 1975; ZANETTI; VISCIARELLI; CENTENO, 2016) e ambos têm uma relação documentada com o desenvolvimento e a reprodução desses insetos. Contudo diversos estudos obtiveram dados consideravelmente diferentes sobre a quantidade de ovos produzidos por fêmea (OSUJI, 1975; ZAKKA; AYERTEY; COBBLAH, 2013), o tempo de desenvolvimento do ovo até o adulto (OSUJI, 1975; SCOGGIN; TAUBER, 1951; RICHARDSON; GOFF, 2001; ZAKKA; AYERTEY; COBBLAH, 2013) e o número de instares (SCOGGIN; TAUBER, 1951; OSUJI, 1975; HAINES; REES, 1989; WOODCOCK; GENNARD; EADY, 2013; ZAKKA; AYERTEY; COBBLAH, 2013; ZANETTI; VISCIARELLI; CENTENO, 2016), mesmo em insetos mantidos a intervalos de temperatura e umidade relativa do ar semelhantes, o que pode estar relacionado com o tipo de alimento oferecido (OSUJI, 1978; ZAKKA; AYERTEY; COBBLAH, 2013; FONTENOT; ARTHUR; HARTZER, 2015; ZANETTI; VISCIARELLI; CENTENO, 2016).

As fêmeas são seletivas quanto ao local de postura dos ovos, com uma preferência por fendas e fibras associadas a fontes ricas em proteína, que irão propiciar um crescimento rápido para as larvas (WOODCOCK; GENNARD; EADY, 2013). Logo, é concebível que o acúmulo de excretas dentro do recipiente possa inibir a oviposição da fêmea em algum grau, entretanto não há até o momento estudos que testem essa hipótese. Adicionalmente, apesar de a espécie ser citada há muitas décadas como uma praga relativamente comum em rações animais (HINTON et al., 1945; SCOGGIN; TAUBER, 1951; WOODCOCK; GENNARD; EADY, 2013; ZANETTI; FERRERO; CENTENO, 2019; SANGER CIARLEGLIO et al., 2020), as quais têm baixo teor de água, foi observada uma correlação entre baixo conteúdo de

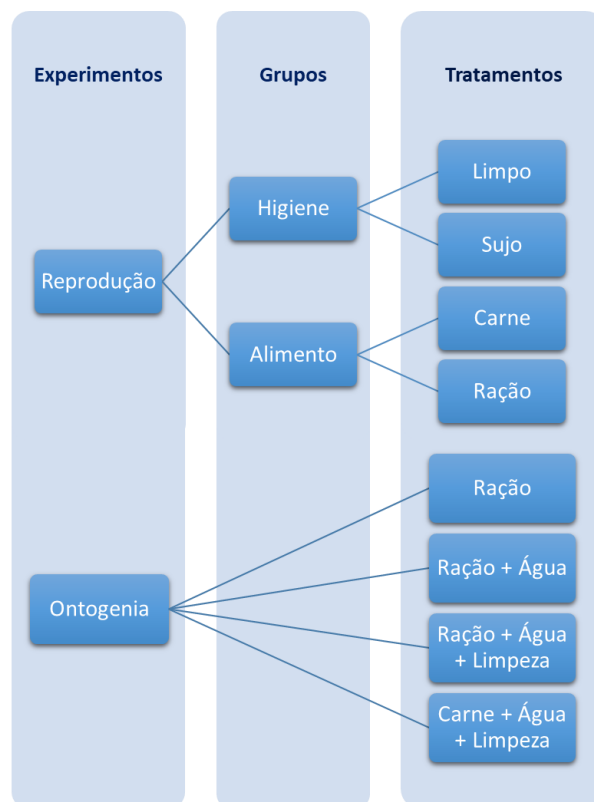
água na alimentação e alta mortalidade (SCOGGING; TAUBER, 1951). Recomenda-se que seja disponibilizado à colônia algodão ou toalha de papel umedecido (OSUJI, 1975; SANGER CIARLEGLIO et al., 2020), mas não se compreende o impacto real da hidratação e da composição da alimentação no crescimento e no desenvolvimento dos indivíduos, mesmo sendo de grande interesse a possibilidade de se manter uma colônia com ração quando não há carcaças a serem limpas devido à praticidade e ao baixo custo desse tipo de alimento.

A maior parte da informação científica disponível relacionada ao *D. maculatus* é voltada para a sua taxonomia (KISELYOVA; MCHUGH, 2006), capacidade de limpeza de carcaças (CHARABIDZE et al., 2014; ZANETTI; FERRERO; CENTENO, 2019; TIMM; MCLAREN; GENOWAYS, 2020), importância em investigação forense (STEADMAN et al., 2006; SUKONTASON et al., 2007; MIDGLEY; RICHARDS; VILLET, 2009; MAYER; VASCONCELOS, 2013) e importância comercial como praga, bem como meios de combatê-lo (OSUJI, 1975, 1978; LINNIE; KEATINGE, 2000), em detrimento da investigação de aspectos da sua biologia através do isolamento de variáveis importantes. Diante dessa problemática, surge o questionamento de quais variáveis controláveis são influentes no crescimento das colônias e de como elas afetam a reprodução e o desenvolvimento dos besouros. Assim, o presente estudo busca responder essas questões através de uma série de experimentos que isolam e controlam variáveis de interesse para a manutenção de dermestários dentro da realidade de uma coleção zoológica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em dois grandes grupos de experimentos que ocorreram paralelamente ao longo de onze meses, denominados “experimento reprodução” e “experimento ontogenia”. O primeiro analisou como diferentes condições impostas a casais de *D. maculatus* podem influenciar o tamanho a prole, enquanto o segundo avaliou o impacto dessas condições sobre seu desenvolvimento ontogenético (Figura 1). Em ambos os casos, os insetos foram acompanhados diariamente de forma individual ou em casais, dentro de recipientes, que consistiam em copos descartáveis de plástico fechados no topo por um pedaço circular de papel com furos para ventilação.

Figura 1 – Fluxograma expondo a divisão dos experimentos realizados e sua subdivisão em grupos e tratamentos.

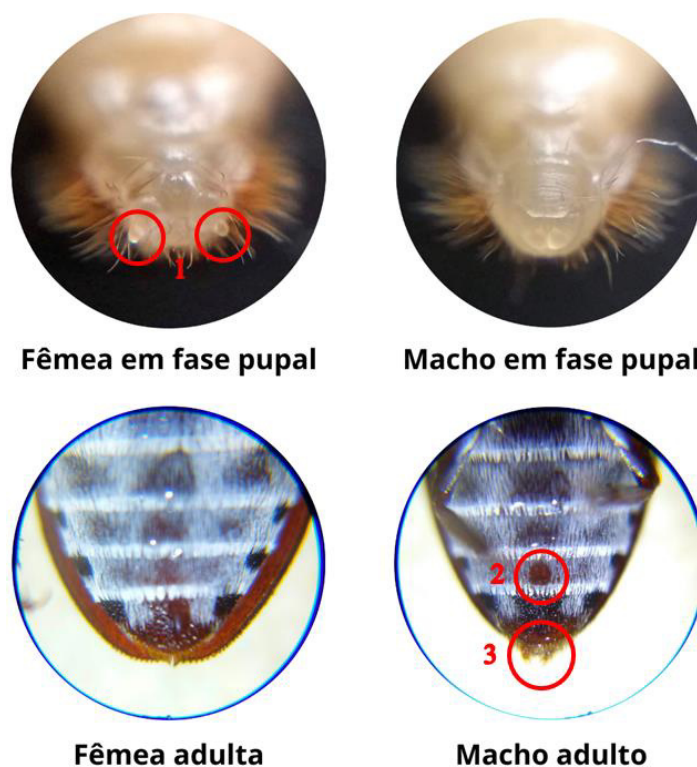


Fonte: Arquivo pessoal

O experimento reprodução avaliou o número total de larvas produzidas por casais em diferentes condições. Inicialmente 20 casais eram formados com besouros retirados de uma colônia. Para que fosse possível realizar a sexagem, os insetos eram deixados por 2 minutos em um congelador, o que os imobilizava por aproximadamente 10-20 segundos. Era durante esse curto período que, com o auxílio de uma lupa, era possível visualizar e distinguir

morfologicamente a genitália de machos e fêmeas durante as fases pupal e adulta, assim como também o poro externo da glândula produtora de feromônios no quarto esternito dos machos (KÖB, 2006; XIANG; REDING; PICK, 2016), como mostrado abaixo na Figura 2. Os casais eram individualizados e acompanhados por 30 dias, quando seriam substituídos por novos casais. Estes eram, por sua vez, observados por mais 30 dias, mantendo-se as mesmas condições às quais os casais anteriores estavam submetidos, de modo que um total de 40 casais participava de cada grupo e, destes, 20 eram submetidos a cada um dos tratamentos. Besouros mortos eram sempre substituídos por outros do mesmo sexo, permitindo que a reprodução dos casais fosse continuada.

Figura 2 – Sexagem de Pupas e Adultos (aumento de 100x)



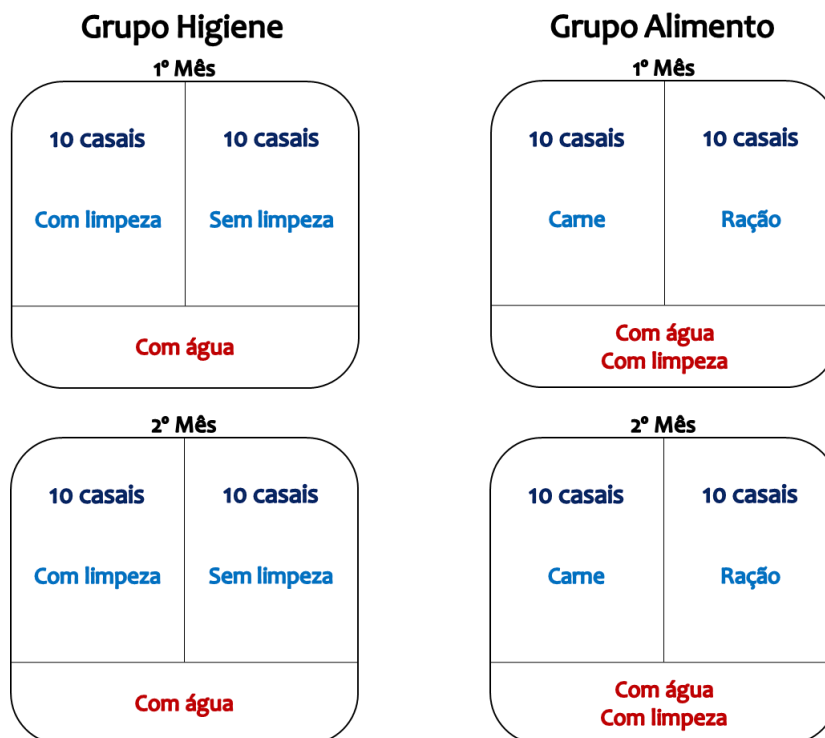
Legenda: 1: Lobos laterais; 2: Região de abertura do poro da glândula produtora de feromônio sexual; 3: Órgão copulatório.

Fonte: Arquivo pessoal

O experimento reprodução aconteceu em dois grupos, denominados “grupo higiene” e “grupo alimento”. O grupo higiene, cuja condição avaliada foi a limpeza, recebeu dois tratamentos, chamados “tratamento limpo” e “tratamento sujo”. Cada casal tinha à disposição em seu recipiente um grão de ração seca para cães (umidade 120 g/kg, proteína bruta 200 g/kg, extrato etéreo 70 g/kg, matéria mineral 100 g/kg, cálcio 15 g/kg, fósforo 10 g/kg,

sódio 740 mg/kg), um pedaço de feltro de formato quadrado (1 cm x 1 cm) e um chumaço de algodão hidrofílico, que servia de substrato para oviposição da fêmea. A metade dos casais que recebeu o tratamento limpo era transferida semanalmente para recipientes previamente lavados com água e detergente neutro, contendo um novo grão de ração, um novo pedaço de feltro e um novo chumaço de algodão, enquanto a metade que recebeu o tratamento sujo não passou por esse processo. Os chumaços de algodão usados do tratamento limpo eram reservados em recipientes próprios e observados por uma semana para que possíveis larvas nascidas dos ovos viáveis ainda presentes em suas fibras não fossem descartadas. Todos os casais receberam em dias alternados 2 mL de água, os quais eram borrifados nos pedaços de feltro e a ração foi usada como alimento. Já o grupo alimento avaliou o tipo de alimentação e recebeu para isso também dois tratamentos: tratamento carne e tratamento ração. Os casais da metade submetida ao tratamento carne receberam como alimento, cada um, um pedaço de cerca de 1 grama de carne bovina patinho assada por 15 minutos a aproximadamente 200 °C. Já a metade do tratamento ração recebeu ração para cães. Neste grupo, todos os casais foram submetidos ao mesmo esquema de oferta de água, bem como troca de recipientes e substituição de seu conteúdo realizados no grupo higiene. É possível visualizar essa organização de maneira esquematizada abaixo na Figura 3.

Figura 3 – Esquema ilustrando a organização do experimento reprodução.



Fonte: Arquivo pessoal

Todos os testes realizados a seguir foram feitos através dos pacotes “car”, “DescTools”, “dplyr”, “pacman”, “psych”, “rstatix” e “RVAideMemoire” da ferramenta R Studios. Os números de larvas produzidas em cada tratamento foram posteriormente submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar se apresentavam um padrão de normalidade, com $p > 0,05$. O teste de Levene foi aplicado aos grupos com padrão normal, com $Pr > 0,05$ indicando homocedasticidade, ou homogeneidade de variâncias. Os testes estatísticos escolhidos para analisar a significância das diferenças observadas entre os tratamentos de cada grupo foram selecionados baseado nos resultados dos testes de Shapiro-Wilk: para o grupo alimento, que mostrou distribuição de ambos os tratamentos seguindo um padrão de normalidade, o teste t, um teste paramétrico, foi utilizado, enquanto o grupo higiene, que apresentou distribuição não-normal em um de seus tratamentos, foi analisado pelo teste não-paramétrico de Mann-Whitney. Como os tratamentos do grupo alimento apresentaram de heterocedasticidade no teste de Levene ($Pr < 0,05$), foi realizado o teste t independente para variâncias desiguais. Foi considerado para ambos os testes que houve diferença significativa quando $p < 0,05$. Para análise de tamanho de efeito, foram aplicados o g de Hedges para o grupo submetido ao teste t e o tamanho de efeito r para o que foi analisado pelo teste de Mann-Whitney. Ambos os testes podem ser interpretados de acordo com a escala de tamanho de efeito de Cohen de 1988, que classifica o tamanho de efeito em “insignificante” (menor que 0,1) “pequeno” (entre 0,1 e 0,3), “médio” (entre 0,3 e 0,5) e “grande” (maior que 0,5) (COHEN, 2013).

O experimento ontogenia avaliou como o desenvolvimento larval ocorre sob quatro tratamentos diferentes. Para cada tratamento, 20 ovos foram separados em recipientes individuais, submetidos a uma condição, com insetos mortos sendo substituídos por outros ovos. Foi observado diariamente ao longo de 120 dias se cada indivíduo permanecia vivo e se tinha sofrido ecdise, de modo que era registrado sempre qual o instar em que cada larva se encontrava. Então, foram quantificados: duração dos instares, duração dos instares sem contar com o instar pré-pupal, duração do instar pré-pupal, duração da fase pupal, tempo para atingir a maturidade sexual, número de instares, sobrevivência até a maturidade sexual e mortalidade. A duração dos instares foi verificada com e sem a inclusão do instar pré-pupal pelo fato de que este difere consideravelmente dos outros por ser muito mais longo (OSUJI, 1975).

No chamado “tratamento ração”, os pedaços de feltro de todas as larvas permaneceram secos e cada recipiente recebeu um grão de ração animal, mas não recebeu limpeza semanal, de modo que a ração e o pedaço de feltro também não eram substituídos. No

“tratamento água + ração”, todos os pedaços de feltro passaram a receber, cada um, 2 mL de água em dias alternados, porém todas as outras condições foram mantidas. Já no “tratamento água + ração + limpeza”, a introdução de água se manteve e as larvas também passaram a ser transferidas para recipientes limpos semanalmente, assim como realizado no grupo higiene, inclusive com substituição do grão de ração e do pedaço de feltro. Por fim, no “tratamento carne + água + ração”, além de se manter a oferta de água e a troca de recipientes, a carne passou a ser utilizada como alimento no lugar da ração. A Figura 4 abaixo resume essa explicação.

Figura 4 – Esquema ilustrando a organização do experimento ontogenia.



Fonte: Arquivo pessoal

Os valores obtidos em cada tratamento foram submetidos a testes estatísticos e, dentre as comparações que se mostraram significativas, somente foram consideradas aquelas entre tratamentos que só diferiam em um aspecto. Por exemplo, se, para determinada variável, ambas as comparações ração com ração + água e ração + água com carne + água + limpeza houvessem sido significativas, somente a primeira seria levada em conta, pois é possível concluir que a condição determinante para a diferença foi a água, enquanto na segunda não é possível afirmar se o diferencial foi a carne ou a limpeza.

Os testes de Shapiro-Wilk e Levene foram novamente utilizados para verificar, respectivamente, normalidade e homocedasticidade dentro de cada tratamento, para cada variável. A duração do instar pré-pupal apresentou ambas as características e foi analisada quanto à presença de *outliers*, dos quais foi verificado ser desprovida. Em razão de apresentar normalidade, homocedasticidade e ausência de *outliers*, o teste ANOVA foi escolhido para a comparação desta variável entre os quatro tratamentos, enquanto para as outras foi escolhido o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Às variáveis que apresentaram $p < 0,05$ nos testes, foram ainda aplicados testes *post-hoc*. O teste de Tukey HSD foi utilizado para a variável analisada por ANOVA, enquanto o teste de Dunn com correção de Bonferroni foi aplicado para as que foram submetidas ao teste de Kruskal-Wallis. Para ambos, considera-se uma diferença significativa quando $p < 0,05$. Os tamanhos de efeito para os resultados da ANOVA foram mensurados através do g de Hedges por ser o mais adequado para grupos com $n < 20$. Já para os resultados dos testes de Kruskal-Wallis, o tamanho de efeito r foi verificado. Novamente os resultados foram interpretados segundo a classificação de Cohen de 1988.

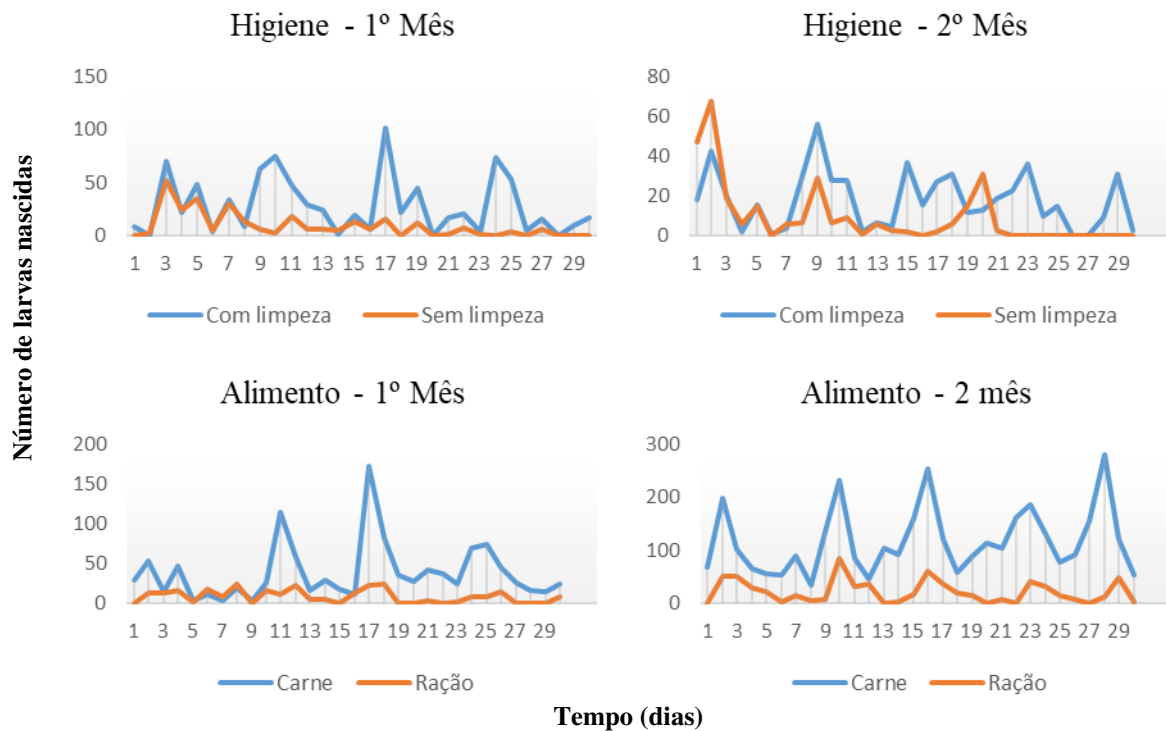
A manipulação direta dos insetos foi feita com pinças mosquito e Kelly retas e a sexagem das pupas e dos adultos foi realizada com o auxílio de uma lupa portátil ajustável a uma câmera de celular. Um termo-higrômetro digital foi utilizado para mensurar os níveis de temperatura e umidade relativa do ar durante todo o período do estudo. As temperaturas mínima, média e máxima registradas foram, respectivamente, 24,9 °C; 28,5 °C e 31 °C, enquanto os valores de umidade relativa do ar mínimo, médio e máximo foram 56%; 69% e 87%. A resolução do aparelho comunicada pelo fabricante foi de 0,1 °C e 1% e a exatidão foi de ± 1 °C e $\pm 5\%$. Por fim foram também registrados comportamentos notáveis observados ao longo do estudo.

3 RESULTADOS

3.1 Reprodução

O total de larvas produzidas no experimento reprodução foi de 8066, sendo 2129 no grupo higiene e 5937 no grupo alimento. A progressão de cada grupo ao longo dos meses pode ser melhor visualizada e comparada através da Figura 5. A Tabela 1 logo depois sumariza os resultados obtidos para cada grupo, tratamento e mês.

Figura 5 – Gráficos com a progressão dos meses de cada grupo do experimento reprodução.



Tempo (dias)
Fonte: Dados da pesquisa

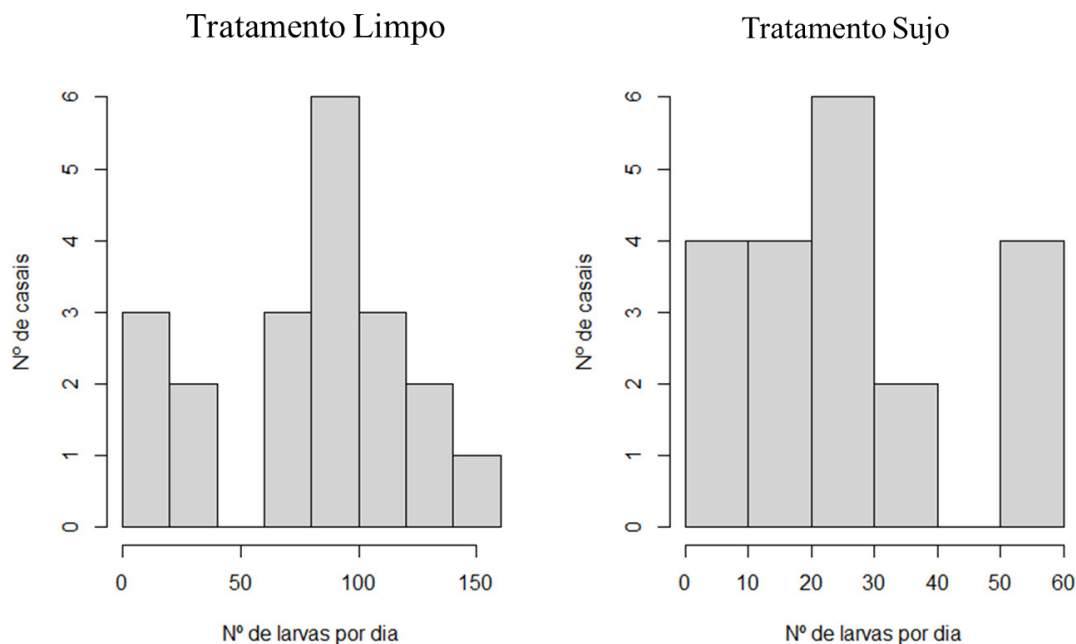
Tabela 1 – Resultados do experimento Reprodução.

Grupo	Tratamento	Nº de nascimentos		Razão entre os grupos	
		1º mês	2º mês	1º mês	2º mês
Higiene	Limpo	1007	556	$1007/284 = 3,54$	$556/282 = 1,97$
	Sujo	284	282		
Alimento	Carne	1376	3606	$1376/281 = 4,9$	$3606/674 = 5,35$
	Ração	281	674		

Os testes de Shapiro-Wilk apresentaram os seguintes resultados: $W = 0,9086$, com $p = 0,0599$ (grupo higiene – tratamento limpo); $W = 0,8564$ com $p = 0,0068$ (grupo higiene – tratamento sujo); $W = 0,9617$, com $p = 0,5785$ (grupo alimento – tratamento carne) e $W = 0,9406$, com $p = 0,2463$ (grupo alimento – tratamento ração). Como o grupo alimento mostrou em ambos os tratamentos $p > 0,05$, ele foi também submetido ao teste de Levene, que revelou heterocedasticidade ($F = 25,418$ e $Pr = 0,00001$), logo foi realizado o teste t independente para variâncias desiguais. Já o grupo higiene foi submetido ao teste de Mann-Whitney.

Tanto o teste de Mann-Whitney ($W = 329$ com $p = 0,0005$) quanto o teste t ($t = 5,1287$; $df = 20,897$; $p = 0,00004$) revelaram que as diferenças observadas dentro dos respectivos experimentos são significativas. Em razão do padrão não-normal do tratamento sujo, as medianas e os intervalos interquartis dos tratamentos limpo e sujo foram calculados, obtendo-se os resultados 92,5 e 43,2 (tratamento limpo), bem como 26 e 23 (tratamento sujo), respectivamente. As diferenças observadas entre os dois tratamentos reforçam o resultado do teste de Mann-Whitney. A Figura 6 abaixo também revela que as distribuições dos tratamentos são diferentes.

Figura 6 – Histogramas da distribuição dos tratamentos limpo e sujo do grupo higiene.



Fonte: Dados da pesquisa

Os cálculos do tamanho de efeito r para o grupo higiene e do tamanho de efeito por g de Hedges para grupo alimento resultaram em $r = 0,552$ e g de Hedges = 5,25/-1,18, ambos considerados grandes pela escala de Cohen de 1988.

Esse efeito também foi mensurado para cada grupo através da razão entre a soma do número de larvas produzido em cada um de seus tratamentos. Desse modo, as razões entre os tratamentos sujo e limpo de cada mês no grupo higiene foram 3,54 e 1,97, enquanto entre os tratamentos carne e ração de cada mês do grupo alimento foram 4,9 e 5,35. Logo, em média, o tratamento limpo levou à produção de 2,75 vezes mais larvas do que o tratamento sujo e o tratamento carne multiplicou as eclosões em 5,12 vezes em relação ao tratamento ração.

Desse modo, a significância das diferenças, os tamanhos de efeito grandes e as razões de nascimentos entre os tratamentos de ambos os grupos do experimento reprodução, evidenciaram que a higiene do ambiente e do tipo de alimentação são importantes para a capacidade de reprodução de casais de *D. maculatus*.

3.2 Ontogenia

Com as substituições dos insetos mortos ao longo do período, os experimentos envolveram um total de 111 larvas, sendo 30 do tratamento ração, 29 do tratamento ração + água, 26 do tratamento ração + água + limpeza e 26 do tratamento carne + água + limpeza. Desses grupos, chegaram à maturidade sexual 12 (40%), 17 (58,62%), 20 (76,92%) e 19 (73,08%), respectivamente, e os número de insetos que morreram durante o estudo foram 18 (60%), 13 (44,83%), 6 (23,08%), 11 (42,31%). A Tabela 2 apresenta os valores obtidos para as variáveis avaliadas em cada fase.

Tabela 2 – Valores de duração média dos diferentes estágios de vida e de número médio de instares observados em cada experimento.

	<i>Instares larvais</i>	<i>Instares, menos o pré-pupal</i>	<i>Instar pré-pupal</i>	<i>Fase pupal</i>	<i>Tempo até a maturidade sexual</i>	<i>Nº médio de instares</i>
<i>Tratamento R</i>	7,50 (DP 3,80)	4,97 (DP 1,08)	15,58 (DP = 2,43)	6,42 (DP = 0,51)	56,5 (DP = 8,07)	8,33 (DP = 1,30)
<i>Tratamento R+A</i>	6,33 (DP 3,36)	4,09 (DP = 0,87)	12,65 (DP = 3,14)	5,76 (DP = 0,66)	42,47 (DP = 7,81)	7,41 (DP = 0,94)
<i>Tratamento R + A + L</i>	6,87 (DP = 3,35)	4,64 (DP = 1,13)	14,15 (DP = 3,30)	6,2 (DP = 1,00)	53,10 (DP = 12,25)	8,55 (DP = 1,54)
<i>Tratamento C+A+L</i>	5,66 (DP = 2,61)	3,54 (DP = 1,19)	10,11 (DP = 2,09)	6,22 (DP = 0,56)	38,11 (DP = 4,02)	7 (DP = 0,47)

Legenda: R = Ração, A = Água, L = Limpeza, C = Carne, DP = Desvio padrão.

Somente a duração do instar pré-pupal, da fase pupal e do desenvolvimento como um todo até a maturidade sexual, bem como o número médio de instares refletiram uma correlação entre os tratamentos, possibilitando o conhecimento de quais deles são mais adequados para se obter um rápido desenvolvimento larval.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto à duração dos instares ($p = 0,1868$), mesmo quando se excluíram os instares pré-pupais ($p = 0,0558$). Com relação à duração do instar pré-pupal, a disponibilidade de água e a alimentação com carne mostraram diferenças significativas, com, respectivamente, $p = 0,03645$ e g de Hedges = 0,99 (tamanho de efeito pequeno); $p = 0,0002$ e g de Hedges = -1,41 (tamanho de efeito grande), enquanto, para a duração da fase pupal, somente a disponibilidade de água mostrou-se significativa, com $p = 0,0334$ e tamanho de efeito $r = 0,492$ (tamanho de efeito médio). Tanto disponibilidade de água, como higiene do ambiente e alimentação com carne apresentaram-se significativas para o tempo até a maturidade sexual, com, respectivamente, $p = 0,004$ e tamanho de efeito $r = 0,643$ (tamanho de efeito grande); $p = 0,0468$ e tamanho de efeito $r = -0,459$ (tamanho de efeito grande); $p = 0,00018$ e tamanho de efeito $r = -0,642$ (tamanho de efeito grande). Finalmente, a higiene do ambiente e a alimentação com carne revelaram-se significativas em relação ao número de instares, com os valores respectivos $p = 0,434$ e tamanho de efeito $r = -0,426$ (tamanho de efeito médio); $p = 0,000269$ e tamanho de efeito $r = -0,652$ (tamanho de efeito grande). Os valores de cada teste, bem como todas as comparações realizadas entre cada tratamento, estão expostos detalhadamente nas Tabela 3 e 4.

Tabela 3 – Valores obtidos a partir dos testes de normalidade, homogeneidade e significância (continua).

	<i>Shapiro-Wilk (W)</i>	<i>Shapiro-Wilk (p)</i>	<i>Levene (F)</i>	<i>ANOVA (F)</i>	<i>Kruskal-Wallis</i>
<i>Duração dos instares</i>	A 0,8637	A 0,0642	0,104	-	7,5683
	B 0,7359	B 0,0371	df = 3		df = 3
	C 0,7138	C 0,00070	Pr = 0,9572		p = 0,1868
	D 0,7030	D 0,0024			
<i>Duração dos instares s/ o instar pré-pupal</i>	A 0,6071	A $2,22 \times 10^5$	0,0922	-	4,8028
	B 0,5498	B $3,11 \times 10^5$	df = 3		df = 3
	C 0,4234	C $2,46 \times 10^5$	Pr = 0,9639		p = 0,05583
	D 0,5278	D $2,8 \times 10^6$			

Legenda: A: tratamento ração, B: tratamento ração + água, C: tratamento ração + água + limpeza, D: tratamento carne + água + limpeza.

Tabela 3 – Valores obtidos a partir dos testes de normalidade, homogeneidade e significância (conclusão).

	<i>Shapiro-Wilk (W)</i>	<i>Shapiro-Wilk (p)</i>	<i>Levene (F)</i>	<i>ANOVA (F)</i>	<i>Kruskal-Wallis</i>
<i>Duração do instar pré-pupal</i>	A 0,907 B 0,946 C 0,976 D 0,936	A 0,1939 B 0,4020 C 0,8723 D 0,2198	2,0847 df = 3 Pr = 0,109	10,99 Pr = 6,52x10 ⁶	-
<i>Duração da fase pupal</i>	A 0,6396 B 0,7300 C 0,5556 D 0,7305	A 0,0001 B 0,0002 C 0,0003 D 1,05x10 ⁶	0,0741 df = 3 Pr = 0,973	-	9,3567 df = 3 p = 0,02491
<i>Tempo para atingir maturidade sexual</i>	A 0,9239 B 0,8193 C 0,9150 D 0,9218	A 0,3195 B 0,0038 C 0,0941 D 0,1223	3,2056 df = 3 Pr = 0,029	-	30,457 df = 3 p = 1,11X10 ⁶
<i>Número de instares</i>	A 0,8860 B 0,8394 C 0,883 D 0,6473	A 0,1045 B 0,0074 C 0,0204 D 1,4x10 ⁵	5,913 df = 3 Pr = 0,001	-	20,633 df = 3 p = 1,25 X10 ⁴

Legenda: A: tratamento ração, B: tratamento ração + água, C: tratamento ração + água + limpeza, D: tratamento carne + água + limpeza.

Tabela 4 – Valores obtidos a partir dos testes de *post-hoc* e de tamanho de efeito (continua).

	<i>Tukey HSD (p)</i>	<i>Teste de Dunn c/ correção de Bonferroni (p ajustado)</i>	<i>g de Hedges</i>	<i>Tamanho de efeito r</i>
<i>Duração dos instares</i>	-	-	-	AB 0,297 AC 0,137 AD -0,436 BC -0,235 BD -0,0468 CD -0,371
<i>Duração dos instares s/ o instar pré-pupal</i>	-	-	-	AB 0,349 AC 0,0533 AD -0,512 BC -0,264 BD -0,082 CD -0,524
<i>Duração do instar pré-pupal</i>	AB 0,03645* AC 0,50805 AD 1,2x10 ⁵ * BC 0,37632 BD 0,04892* CD 0,00022*	-	AB 0,99 AC 0,46 AD -2,38 BC -0,46 BD -0,92 CD -1,41	-

Legenda: A: tratamento ração, B: tratamento ração + água, C: tratamento ração + água + limpeza, D: tratamento carne + água + limpeza, *: valor de $p < 0,05$.

Tabela 4 – Valores obtidos a partir dos testes de *post-hoc* e de tamanho de efeito (conclusão).

	<i>Tukey HSD (p)</i>	<i>Teste de Dunn c/ correção de Bonferroni (p ajustado)</i>	<i>g de Hedges</i>	<i>Tamanho de efeito r</i>
<i>Duração da fase pupal</i>	-	AB 0,0334* AC 0,517 AD 1 BC 1 BD 0,121 CD 1	-	AB 0,492 AC 0,308 AD -0,128 BC -0,225 BD 0,38 CD 0,183
<i>Tempo para atingir maturidade sexual</i>	-	AB 0,00444* AC 1 AD 1,4x10 ⁵ * BC 0,0468* BD 0,975 CD 1,8x10 ⁴ *	-	AB 0,643 AC 0,18 AD -0,824 BC -0,459 BD -0,27 CD -0,642
<i>Número de instares</i>	-	AB 0,287 AC 1 AD 0,00926* BC 0,0434* BD 1 CD 2,7x10 ⁴ *	-	AB 0,366 AC -0,0675 AD -0,607 BC -0,426 BD -0,233 CD -0,652

Legenda: A: tratamento ração, B: tratamento ração + água, C: tratamento ração + água + limpeza, D: tratamento carne + água + limpeza, *: valor de $p < 0,05$.

O tempo para atingir a maturidade sexual foi diminuído pelos tratamentos com água e carne, porém somente no instar pré-pupal e na fase pupal. A limpeza, ao contrário do esperado, tornou esse tempo maior. A oferta de água encurtou ambas as fases, enquanto a alimentação com carne o fez na duração do instar pré-pupal apenas, porém o tamanho de efeito da água foi mais discreto em comparação ao da carne. O número de instares não foi afetado pela oferta de água, mas foi diminuído pela alimentação com carne e aumentado pela limpeza do ambiente, cujos tamanhos de efeito respectivos foram grande e moderado. Ao se dividir a diferença entre o tempo até a maturidade sexual observado nos tratamentos ração e ração + água, é revelado que a oferta de água levou a uma diminuição de 24,83% do tempo total de desenvolvimento larval, enquanto o mesmo cálculo feito para os tratamentos ração + água + limpeza e carne + água + limpeza evidenciaram uma diminuição de 28,23%. Seguindo o mesmo raciocínio, o aumento causado pela limpeza entre ração + água e carne + água + limpeza foi de 20,02%.

Em relação a comportamentos notáveis, na colônia de origem dos insetos utilizados nos experimentos uma grande quantidade de larvas e adultos sempre emergia cerca de 30 segundos após borrifarmos água sobre a superfície do algodão usado como substrato. Além disso, foi observado em uma ocasião um besouro aproximar a cabeça do pedaço de feltro recém-umedecido e assim permanecer por cerca de um minuto, numa postura semelhante à de quando se alimenta. Por fim, mesmo com a incapacidade dos insetos de escalar superfícies verticais de

plástico e com os orifícios para ventilação da vedação de papel dos recipientes sendo menores que seus corpos, verificaram-se três casos de adultos no experimento ontogenia que fugiram por meios desconhecidos.

4 DISCUSSÃO

Os resultados observados no experimento reprodução, não só dão suporte à hipótese de que a higiene do ambiente e o tipo de alimentação influenciam diretamente a capacidade de reprodução de casais de *D. maculatus*, como também quantificam a intensidade de uma condição em relação à outra através das razões entre os números de larvas produzidas pelos tratamentos de cada grupo. Isso abre a possibilidade de se planejar e controlar o crescimento da colônia de acordo com as condições e necessidades do criador.

Para a higiene (razão média limpo/sujo de 2,75), a capacidade de quase triplicar a produção de larvas mostra que a importância desta variável para a reprodução pode ter sido subestimada, ainda que seja de controle relativamente fácil. A partir desse dado, espera-se que o crescimento da colônia desacelere conforme a frequência de limpeza do dermatário diminua, mas não se sabe o efeito da falta de limpeza a longo prazo ou o tempo necessário sem limpeza até que a colônia venha colapsar.

As razões entre os grupos que receberam carne (razão média carne/ração de 5,12) evidenciam uma influência ainda maior da alimentação sobre a reprodução, mostrando-se, inclusive, semelhante à observada em *Dermestes ater* por Roth & Willis (1950) entre alimentação com carne moída e com farinha de peixe ($441,1/85,1 = 5,18$). Essa diferença pode estar relacionada ao baixo conteúdo de água em alimentação seca, como rações secas e farinha de peixe, embora a carne assada também perca grande parte de sua água durante o preparo. É especialmente importante notar a diferença acentuada entre o efeito da carne e da ração sobre a produção de larvas para coleções zoológicas que têm um menor ritmo de aquisição de carcaças, já que um período prolongado de uso de ração como fonte provisória de alimento pode tornar a população da colônia baixa demais para resistir a possíveis ataques de pragas ou doenças, assim como também pode dificultar a limpeza de carcaças que eventualmente sejam adquiridas para preparo. O expressivo impacto da alimentação com carne sobre a reprodução torna esta a mais importante das variáveis estudadas no controle do ritmo de crescimento de uma colônia. A grande diferença do tamanho de seu efeito em relação ao da alimentação com ração oferece ao criador a possibilidade de escolher a melhor opção de alimento de acordo com o *status* da colônia e a necessidade de limpeza de carcaças. Por exemplo, em caso de haver a possibilidade de se preparar a colônia com antecedência para limpar um grande número de espécimes ou um espécime grande, a alimentação com carne é a melhor escolha para aumentar a população rapidamente, enquanto a ração pode ser mais adequada, em razão de seu menor custo, em períodos de menor demanda, como em épocas de férias. É importante lembrar que em

populações com excesso de indivíduos há uma maior probabilidade de surtos de doenças e parasitas em razão da alta densidade populacional, assim como também que um dermatário com escassez de indivíduos aumenta o tempo necessário para a limpeza de carcaças, o que também aumenta o risco de crescimento de patógenos nos tecidos em decomposição. A capacidade de controlar a população de indivíduos em um dermatário pode então ser determinante no sucesso da sua manutenção.

No experimento ontogenia, o efeito da alimentação à base de carne em relação a ração seca sobre o desenvolvimento foi verificado de forma similar por Corrêa et al. (2021). De modo semelhante, Osuji (1978) constatou diferenças importantes no tempo de desenvolvimento de larvas alimentadas com carne de peixe em relação a diferentes fontes alimentares secas pulverizadas. Além disso, a diminuição do tempo até a maturidade sexual de 28,23%, ou seja, quase um terço, verificado por nós evidencia que a melhor fonte de alimento para o desenvolvimento de *D. maculatus* são restos animais não tratados, semelhante ao que o inseto buscaria na natureza, o que também sinaliza que o uso prolongado de ração para sua alimentação limita o crescimento da colônia. Somando-se a isso o efeito observado da carne sobre a reprodução, percebe-se que, quando a ração é utilizada, a diminuição do ritmo de crescimento da população ocorre, não só por inibição direta da reprodução, como também porque as larvas necessitam de mais tempo e mais instares para atingir a fase reprodutiva.

Embora a oferta de água seja considerada importante (OSUJI, 1975; SANGER CIARLEGLIO et al., 2020), não se conhecia anteriormente sua magnitude no desenvolvimento larval de *D. maculatus*. A redução que foi encontrada de 24,83%, isto é, quase um quarto, no tempo de desenvolvimento larval para essa variável preenche essa lacuna e mostra que, juntamente com a alimentação com carne, a água pode ser utilizada para ajustar o crescimento da colônia à demanda da coleção zoológica, como por exemplo, em antecipação a um período de alta demanda por limpeza de espécimes. É possível também trocar a carne por ração e diminuir a oferta de água em períodos de menor atividade para impedir que a densidade populacional aumente exageradamente, também poupando recursos financeiros e humanos destinados à sua manutenção. Por fim, a observação da emergência de insetos para a superfície na colônia logo depois de água ser borrifada no algodão sugere que eles são capazes de detectar a presença da substância.

Já o aumento da higiene do ambiente sobre o tempo de desenvolvimento larval contrasta notavelmente com o observado na reprodução. Archer e Elgar (1998) afirmam que a larva de *D. maculatus* em instar pré-pupal pode adiar, em certo grau, a transição para a fase pupal quando perturbada, retomando seu desenvolvimento quando em segurança. A

interferência de estímulos estressores no tempo de desenvolvimento faz parte da grande plasticidade documentada no desenvolvimento de animais com ciclo de vida complexo (METCALFE; MONAGHAN, 2001; DENVER; MIDDLEMIS-MAHER, 2010; (LAFUENTE; BELDADE, 2019); DENVER, 2021). Um exemplo notável disso são os girinos, larvas de anfíbios cuja metamorfose ocorre mais rapidamente em resposta a fatores como ataque de predadores, evaporação da poça onde vivem, temperatura desfavorável, dentre outros (NEWMAN, 1989; GOMEZ-MESTRE et al., 2010; BURRACO; DÍAZ-PANIAGUA; GOMEZ-MESTRE, 2017; RUTHSATZ et al., 2018). Presume-se que a troca semanal de recipientes possa ter causado efeito estressor semelhante sobre as larvas, capaz de alterar o ritmo de seu desenvolvimento e retardar sua pupação, entretanto as diferenças observadas para o instar pré-pupal não foram significativas e esse achado permaneceu sem explicação. Também não está claro se, em relação ao ritmo de crescimento da colônia, essa consequência da limpeza sobre o desenvolvimento é capaz de superar o seu efeito promotor sobre a reprodução.

É fundamental notar que os efeitos observados das variáveis analisadas sobre a produção de larvas e o desenvolvimento larval provavelmente somam-se, intensificando as consequências das decisões tomadas quanto às condições de criação. Recuperar um dermestário perdido, assim como manter uma colônia que cronicamente não mostra os resultados esperados, requer tempo e dedicação, o que pode levar a uma desistência da sua aplicação e consequente impossibilidade de acesso às suas vantagens. Torna-se então ainda mais importante que essas decisões sejam tomadas conscientemente e amparadas por evidências obtidas sob rigor científico. Como efeito, universidades e museus, que previamente tinham acesso apenas a instruções informais como orientações para o cuidado das colônias, podem adquirir maior controle, previsibilidade e reprodutibilidade sobre o uso de dermestários e, conseqüentemente, a capacidade de preparo dos seus espécimes.

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusão

- A produção de larvas de *D. maculatus* aumenta da seguinte forma: (a) 2,8 vezes em casais cujo ambiente é limpo, em relação a casais cujo ambiente não é limpo; (b) 5 vezes em casais alimentados com carne assada, em relação a casais alimentados com ração.
- O tempo necessário para as larvas atingirem a maturidade sexual é alterado sob as seguintes condições: (a) diminui em 25% em larvas com acesso a água, em relação a larvas que têm acesso a oferta de água; (b) aumenta em 20% em larvas cujo ambiente é limpo, em relação a larvas cujo ambiente não é limpo; (c) diminui em 30% em larvas alimentadas com carne, em relação a larvas alimentadas ração.

5.2 Considerações Finais

As variáveis oferta de água, limpeza do ambiente e tipo de alimentação, que são facilmente ajustáveis de acordo com as necessidades do responsável por um dermatário, podem ser utilizadas para um melhor planejamento e controle do crescimento populacional da colônia. Dessa forma, é possível reduzir o risco de perda de colônias e poupar tempo e recursos necessários para sua recuperação. Essa otimização do processo pode tornar mais seguro e previsível o método de limpeza de carcaças por besouros dermestídeos, que é amplamente utilizado por coleções zoológicas.

REFERÊNCIAS

- ARCHER, Melanie S.; ELGAR, Mark A. Cannibalism and delayed pupation in hide beetles, *Dermestes maculatus* DeGeer (Coleoptera: Dermestidae). **Australian Journal of Entomology**, v. 37, n. 2, p. 158-161, 1998.
- BORELL, Adrey E. Cleaning small collections of skulls and skeletons with dermestid beetles. **Journal of Mammalogy**, v. 19, n. 1, p. 102-103, 1938.
- BURRACO, Pablo; DÍAZ-PANIAGUA, Carmen; GOMEZ-MESTRE, Ivan. Different effects of accelerated development and enhanced growth on oxidative stress and telomere shortening in amphibian larvae. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2017.
- CERKOWNIAK, Magdalena et al. The composition of lipid profiles in different developmental stages of *Dermestes ater* and *Dermestes maculatus* and their susceptibility to the entomopathogenic fungus *Conidiobolus coronatus*. **Phytoparasitica**, v. 48, n. 2, p. 247-260, 2020.
- CHARABIDZE, D. et al. Use of larder beetles (Coleoptera: Dermestidae) to deflesh human jaws. **Forensic Science International**, v. 234, p. 162-164, 2014.
- COHEN, Jacob. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. Academic press, 2013.
- CORRÊA, Rodrigo C. et al. Effect of Intraspecific Larval Aggregation and Diet Type on Life-History Traits of *Dermestes maculatus* and *Dermestes caninus* (Coleoptera: Dermestidae): Species of Forensic Importance. **Journal of Clinical and Health Sciences**, v. 6, n. 1 (Special), p. 83-89, 2021.
- DENVER, Robert J. Stress hormones mediate developmental plasticity in vertebrates with complex life cycles. **Neurobiology of Stress**, v. 14, p. 100301, 2021.
- DENVER, R. J.; MIDDLEMIS-MAHER, J. Lessons from evolution: developmental plasticity in vertebrates with complex life cycles. **Journal of Developmental Origins of Health and Disease**, v. 1, n. 5, p. 282-291, 2010.
- ESPERK, Toomas; TAMMARU, Toomas; NYLIN, Sören. Intraspecific variability in number of larval instars in insects. **Journal of Economic Entomology**, v. 100, n. 3, p. 627-645, 2007.
- FONTENOT, Emily A.; ARTHUR, Frank H.; HARTZER, Kris L. Effect of diet and refugia on development of *Dermestes maculatus* DeGeer reared in a laboratory. **Journal of Pest Science**, v. 88, n. 1, p. 113-119, 2015.
- GOMEZ-MESTRE, Iván et al. The shape of things to come: linking developmental plasticity to post-metamorphic morphology in anurans. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 23, n. 7, p. 1364-1373, 2010.
- HAINES, C. P.; REES, D. P. *Dermestes spp.* A field guide to the types of insects and mites infesting cured fish. **FAO Fisheries Technical Paper**, n. 303, p. 33, 1989.

HALL, E. Raymond; RUSSELL, Ward C. Dermestid beetles as an aid in cleaning bones. **Journal of Mammalogy**, v. 14, n. 4, p. 372-374, 1933.

HINTON, Howard Everest et al. A Monograph of the Beetles associated with stored Products. Volume I. **A Monograph of the Beetles Associated with Stored Products. Volume I**, 1945.

VON HOERMANN, Christian; RUTHER, Joachim; AYASSE, Manfred. The attraction of virgin female hide beetles (*Dermestes maculatus*) to cadavers by a combination of decomposition odour and male sex pheromones. **Frontiers in Zoology**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2012.

HOWE, R. W. A summary of estimates of optimal and minimal conditions for population increase of some stored products insects. **Journal of Stored Products Research**, v. 1, n. 2, p. 177-184, 1965.

KISELYOVA, Tatiana; MCHUGH, Joseph V. A phylogenetic study of Dermestidae (Coleoptera) based on larval morphology. **Systematic Entomology**, v. 31, n. 3, p. 469-507, 2006.

KOB, Elaine Luiza. **Ciclo de vida de *Dermestes maculatus* DeGeer, 1774 (Coleoptera, Dermestidae)**. 2006. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Departamento de Zoologia, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 2006.

LAFUENTE, Elvira; BELDADE, Patricia. Genomics of developmental plasticity in animals. **Frontiers in Genetics**, p. 720, 2019.

LAMBKIN, T. A.; KHATOON, N. Culture methods for *Necrobia rufipes* (Degeer) and *Dermestes maculatus* Degeer (Coleoptera: Cleridae and Dermestidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 26, n. 1, p. 59-60, 1990.

LINNIE, Martyn J.; KEATINGE, Michael J. Pest control in museums: toxicity of para-dichlorobenzene, 'Vapona'TM, and naphthalene against all stages in the life-cycle of museum pests, *Dermestes maculatus* Degeer, and *Anthrenus verbasci* (L.) (Coleoptera: Dermestidae). **International biodeterioration & biodegradation**, v. 45, n. 1-2, p. 1-13, 2000.

MAGNI, Paola A. et al. A biological and procedural review of forensically significant *Dermestes* species (Coleoptera: Dermestidae). **Journal of medical entomology**, v. 52, n. 5, p. 755-769, 2015.

MAYER, Ana CG; VASCONCELOS, Simão D. Necrophagous beetles associated with carcasses in a semi-arid environment in Northeastern Brazil: implications for forensic entomology. **Forensic Science International**, v. 226, n. 1-3, p. 41-45, 2013.

METCALFE, Neil B.; MONAGHAN, Pat. Compensation for a bad start: grow now, pay later?. **Trends in ecology & evolution**, v. 16, n. 5, p. 254-260, 2001.

MIDGLEY, John M.; RICHARDS, Cameron S.; VILLET, Martin H. The utility of Coleoptera in forensic investigations. In: **Current concepts in forensic entomology**. Springer, Dordrecht, 2009. p. 57-68.

NEWMAN, Robert A. Developmental plasticity of *Scaphiopus couchii* tadpoles in an unpredictable environment. **Ecology**, v. 70, n. 6, p. 1775-1787, 1989.

OSUJI, Fabian NC. Some aspects of the biology of *Dermestes maculatus* DeGeer (Coleoptera, Dermestidae) in dried fish. **Journal of Stored Products Research**, v. 11, n. 1, p. 25-31, 1975.

OSUJI, Fabian NC. An assessment of the performance of *Dermestes maculatus* DeGeer (Coleoptera, Dermestidae) in some dietary media. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 24, n. 2, p. 185-192, 1978.

RICHARDSON, Michael S.; GOFF, M. Lee. Effects of temperature and intraspecific interaction on the development of *Dermestes maculatus* (Coleoptera: Dermestidae). **Journal of Medical Entomology**, v. 38, n. 3, p. 347-351, 2001.

ROTH, Louis M.; WILLIS, Edwin R. The oviposition of *Dermestes ater* DeGeer, with notes on bionomics under laboratory conditions. **The American Midland Naturalist**, v. 44, n. 2, p. 427-447, 1950.

RUTHSATZ, Katharina et al. Patterns of temperature induced developmental plasticity in anuran larvae. **Journal of thermal biology**, v. 74, p. 123-132, 2018.

SANGER CIARLEGLIO, Jessica E. et al. Recommendations for Maintaining a Dermestid Beetle Colony (*Dermestes maculatus*) for Processing Human Remains. **Journal of Forensic Sciences**, v. 65, n. 5, p. 1698-1703, 2020.

SCOGGIN, John K.; TAUBER, Oscar E. The Bionomics of *Dermestes maculatus* Deg. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 44, n. 4, p. 544-550, 1951.

SHAVER, Brianna; KAUFMAN, Phillip. Hide beetle *Dermestes maculatus* DeGeer. **EDIS**, v. 2010, n. 1, 2010.

STEADMAN, Dawnie Wolfe et al. The effects of chemical and heat maceration techniques on the recovery of nuclear and mitochondrial DNA from bone. **Journal of forensic sciences**, v. 51, n. 1, p. 11-17, 2006.

SUKONTASON, Kom et al. Forensic entomology cases in Thailand: a review of cases from 2000 to 2006. **Parasitology Research**, v. 101, n. 5, p. 1417-1423, 2007.

TIMM, Robert M. **Dermestids**. Volume 53, número 1. Chicago: Field Museum of Natural History, 1982.

TIMM, Robert M.; MCLAREN, Suzanne B.; GENOWAYS, Hugh H. Innovations that changed Mammalogy: dermestid beetles—the better way to clean skulls. **Journal of Mammalogy**, v. 101, n. 4, p. 923-925, 2020.

WARNER, Charles H. **Birds, bones, and beetles: the improbable career and remarkable legacy of University of Kansas naturalist Charles D. Bunker**. University Press of Kansas, 2019.

WOODCOCK, Laura; GENNARD, Dorothy; EADY, Paul. Egg laying preferences and larval performance in *Dermestes maculatus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 148, n. 2, p. 188-195, 2013.

XIANG, Jie; REDING, Katie; PICK, Leslie. Rearing and double-stranded RNA-mediated gene knockdown in the hide beetle, *Dermestes maculatus*. **Journal of visualized experiments: JoVE**, n. 118, 2016.

ZAKKA, Usman; AYERTEY, Jonathan N.; COBBLAH, Millicent A. Development of *Dermestes maculatus* (DeGeer, 1774) (Coleoptera, Dermestidae) on different fish substrates. **Jordan Journal of Biological Sciences**, v. 6, n. 1, p. 5-10, 2013.

ZANETTI, Noelia I.; VISCIARELLI, Elena C.; CENTENO, Néstor D. The effect of temperature and laboratory rearing conditions on the development of *Dermestes maculatus* (Coleoptera: Dermestidae). **Journal of forensic sciences**, v. 61, n. 2, p. 375-381, 2016.