



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

MARIA BENILDE MISQUITA DA SILVA

**O POTENCIAL DE *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (COLEOPTERA:
TENEBRIONIDAE) COMO SUBSTITUTO A *Dermestes maculatus* DeGeer, 1774
(COLEOPTERA: DERMESTIDAE) NA PREPARAÇÃO DE CARCAÇAS PARA
COLEÇÕES OSTEOLÓGICAS.**

FORTALEZA

2025

MARIA BENILDE MISQUITA DA SILVA

O POTENCIAL DE *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE)
COMO SUBSTITUTO A *Dermestes maculatus* DeGeer, 1774 (COLEOPTERA:
DERMESTIDAE) NA PREPARAÇÃO DE CARÇAÇAS PARA
COLEÇÕES OSTEOLÓGICAS.

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao
Curso de Graduação em Ciências Biológicas
do Departamento de Biologia da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharelado em Ciências
Biológicas.

Orientador: Dr. Vicente Vieira Faria
Coorientadora: Dra. Sheila Patrícia Carvalho
Fernandes

FORTALEZA

2025

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)

S581p Silva, Maria Benilde Misquita da.
O potencial de *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) como substituto A *Dermestes maculatus* DeGeer, 1774 (COLEOPTERA: DERMESTIDAE) na preparação de carcaças para coleções osteológicas / Maria Benilde Misquita da Silva. – 2025.
40 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Vicente Vieira Faria..

Coorientação: Profa. Dra. Sheila Patrícia Carvalho Fernandes.

1. Curadoria museológica. 2. Preparação de esqueleto. 3. entomologia. I. Título.

CDD 570

MARIA BENILDE MISQUITA DA SILVA

O POTENCIAL DE *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE)
COMO SUBSTITUTO A *Dermestes maculatus* DeGeer, 1774 (COLEOPTERA:
DERMESTIDAE) NA PREPARAÇÃO DE CARCAÇAS PARA
COLEÇÕES OSTEOLÓGICAS.

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao
Curso de Graduação em Ciências Biológicas
do Departamento de Biologia da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharelado em Ciências
Biológicas.

Aprovada em: 01/08/2025.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Vicente Vieira Faria (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Sheila Patrícia Carvalho Fernandes (Coorientadora)
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Dra. Érica Costa Calvet
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Fernando Heberon Menezes Lima
Universidade Regional do Cariri (URCA)

À família Misquita.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará, por possibilitar minha permanência durante a longa corrida da graduação, que através das políticas públicas tornaram os meus sonhos, que jamais foram somente meus, em realidade.

Ao Dr. Vicente Faria pela excelente orientação.

À Dra. Sheila Fernandes pelas dicas, considerações e acolhimento na coorientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Dra. Érica Costa Calvet e Dr. Fernando Heberon Menezes Lima pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos meus pais, pelo incentivo na busca de uma educação transformadora. Em particular à minha mãe, por nunca ter desistido de lutar e pela sua fé que inspira e protege. Ao meu pai, por ter me ensinado que viver também é um ato político.

À minha companheira, pelo privilégio de um amor recíproco e pela resiliência em construir nosso castelo quando pedras começaram a surgir.

À família Misquita, pela força na constante procura do meu autodesenvolvimento. Aos meus irmãos, aos meus sobrinhos e às minhas sobrinhas, que me deram força para continuar a jogar depois do *game-over*.

Ao Programa de Educação Ambiental Marinha, pelo papel fundamental na realização do meu sonho de criança em guiar trilhas e viver a natureza; pela capacitação pessoal e profissional ao me tornar um agente ambiental de mudança.

Ao Museu de História Natural do Ceará, pela recepção de portas abertas ao mundo da zoologia, quando tudo o que sabia era minha paixão, recém-descoberta, por besouros. À curadoria de entomologia, Dra. Sheila Fernandes, que me permitiu desfrutar do mundo dos insetos com autonomia. Aos curadores Dr. Marco Crozariol e Dr. Rodrigo Gonzalez, pelo prestígio de viver a pesquisa científica como um espaço diverso e acolhedor.

Ao Laboratório de Interação Vegetal (LIVE), sob a coordenação da Profa. Dra. Roberta Boscaini Zandavalli, pelo direcionamento aos estudos na área experimental, pelas conversas enriquecedoras, esclarecedoras e divertidas.

Aos colegas da graduação, pelo compartilhamento das diferentes visões de mundo, pela confiança na minha capacidade intelectual quando a insegurança reinava, pela ajuda no desenvolvimento de habilidades interpessoais e da conciliação entre minha voz e formação como ferramenta política.

“Museus de história natural não são arquivos empoeirados de coisas mortas — são centros vibrantes de ciência da biodiversidade.” Vicki A. Funk., 2018, p. 176.

RESUMO

Os museus de história natural têm desempenhado papel essencial na preservação e documentação da biodiversidade, sendo as coleções osteológicas indispensáveis para estudos anatômicos, taxonômicos e filogenéticos em animais vertebrados. Os esqueletos podem ser obtidos utilizando técnicas mecânicas, químicas ou biológicas, destacando-se o uso de besouros da família Dermestidae, especialmente *Dermestes maculatus* Degeer, 1774, por sua eficiência na limpeza de tecidos sem danificar estruturas ósseas. Contudo, essa espécie apresenta sensibilidade a condições ambientais como umidade e temperatura, o que compromete a manutenção de colônias em regiões tropicais úmidas. Diante disso, este trabalho avaliou o potencial de *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 como substituto viável na preparação osteológica para coleções científicas. O objetivo foi comparar a eficiência entre as duas espécies na limpeza de carcaças de vertebrados, considerando consumo de tecido, tempo de exposição, viabilidade das colônias e preservação dos esqueletos. Os experimentos foram realizados no Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha (MHNCE-UECE), utilizando 14 colônias de adultos de cada espécie, além de quatro colônias larvais de *Tenebrio molitor*. As carcaças foram previamente triadas, preparadas e expostas sob condições de estufa (30–31 °C e U.R 61–63%). Os parâmetros avaliados incluíram peso consumido (g), tempo de limpeza (dias), índice de eficácia (g/dia), mortalidade, produção de prole e relação de umidade da carcaça. Os dados foram submetidos a modelos lineares generalizados mistos (GLMM). Os resultados demonstraram que *Dermestes maculatus* apresentou maior consumo, menor tempo de limpeza e elevada qualidade osteológica, mesmo com variação na condição das carcaças. Por outro lado, *Tenebrio molitor* revelou ineficiência em sua fase adulta, com baixa ingestão, alta mortalidade e pouca atividade reprodutiva. As larvas da espécie, apesar do elevado índice de consumo, causaram danos estruturais aos esqueletos, inviabilizando seu uso para fins científicos. Apenas em mamíferos, como *Sapajus libidinosus*, os danos não foram observados. Conclui-se que *Tenebrio molitor* não substitui eficientemente *Dermestes maculatus* na preparação de esqueletos para coleções científicas, devendo seu uso ser evitado quando a integridade morfológica dos exemplares for prioritária. Reforça-se a importância de melhorias no manejo das colônias de *Dermestes maculatus* como medida mais adequada para a produção de acervos osteológicos de qualidade.

Palavras-chave: Curadoria museológica, preparação de esqueleto, entomologia

ABSTRACT

Natural history museums have played a key role in the preservation and documentation of biodiversity, with osteological collections being essential for anatomical, taxonomic, and phylogenetic studies in vertebrate animals. Skeletons can be obtained using mechanical, chemical, or biological techniques, with special emphasis on the use of beetles from the Dermestidae family, especially *Dermestes maculatus* DeGeer, 1774, due to their efficiency in cleaning tissue without damaging bone structures. However, this species is sensitive to environmental conditions such as humidity and temperature, which compromises colony maintenance in humid tropical regions. In this context, this study evaluated the potential of *Tenebrio molitor* as a viable substitute for osteological preparation in scientific collections. The aim was to compare the efficiency between the two species in cleaning vertebrate carcasses, considering tissue consumption, exposure time, colony viability, and skeletal preservation. Experiments were conducted at the Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha (MHNCE-UECE), using 14 adult colonies of each species, in addition to four larval colonies of *Tenebrio molitor*. Carcasses were previously sorted, prepared, and exposed under chamber conditions (30–31 °C and relative humidity 61–63%). The evaluated parameters included consumed weight (g), cleaning time (days), efficiency index (g/day), mortality, offspring production, and carcass moisture condition. Data was analyzed using generalized linear mixed models (GLMM). Results showed that *Dermestes maculatus* exhibited higher tissue consumption, shorter cleaning time, and high osteological quality, regardless of carcass condition. On the other hand, *Tenebrio molitor* proved inefficient in its adult stage, with low ingestion, high mortality, and limited reproductive activity. Although the larval stage showed a high consumption rate, it caused structural damage to the skeletons, rendering them unsuitable for scientific purposes. Only in mammals, such as *Sapajus libidinosus*, were no damage observed. It is concluded that *Tenebrio molitor* does not efficiently replace *Dermestes maculatus* in skeletal preparation for scientific collections and should be avoided when morphological integrity of the specimens is a priority. The importance of improving *Dermestes maculatus* colony management is reinforced as the most appropriate measure to produce high-quality osteological collections.

Keywords: Museum curation, skeletal preparation, entomology

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Estufa utilizada para o experimento no laboratório do Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha. À esquerda, na parte superior, estão as colônias adultas experimentais; na parte inferior, larvas de *Tenebrio molitor*. À direita, colônia matriz de *Dermestes maculatus*.....7
- Figura 2– Processo de descarte e secagem de carcaças no laboratório do Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha (MHNCE-UECE). (a) Preparação do espécime para retirada de tecido; (b) Adição de novas carcaças para secagem; (c) Retirada de exemplares secos.8
- Figura 3 - Colônias de *Tenebrio molitor* e *Dermestes maculatus* na estufa do laboratório do Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha (MHNCE-UECE).....9
- Figura 4- Colônias das larvas de *Tenebrio molitor* em carcaças de *Chelonoidis denticulatus* e *Sapajus libidinosus*, no laboratório do Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha (MHNCE-UECE).11
- Figura 5- Registros das fases de desenvolvimento em *Tenebrio molitor*. (a) Presença de ovos em fibras das caixas de ovos, (b) larva recém eclodida, (c) 1º instar larval.18
- Figura 6- Resultado das partes de carcaças oferecidas a *Tenebrio molitor* adultos. (a) *Iguana iguana* e (b) *Salvator merianae* ainda com resquícios de tecido muscular.....18
- Figura 7- Esqueleto de *Sapajus libidinosus*. (a) Antes de ofertado úmido às colônias de larvas de *Tenebrio molitor*. (b) Carcaça parcialmente limpa e sem danos após a exposição da atividade larval.20
- Figura 8- *Chelonoides denticulata* (a) antes de ser adicionado às larvas de *Tenebrio molitor*; (b) e (c) as setas indicam os danos provocados na estrutura óssea do espécime. ...20
- Figura 9- Esqueleto de *Columbina talpacoti* limpa por larvas de *Tenebrio molitor*. As ampliações expõem os danos no crânio indicados pelas setas no (a) lado esquerdo e (b) lado direito, (c) apontam para resíduos do tecido muscular.21

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Diferença no índice de eficácia (g/dias) entre as espécies *Dermestes maculatus* (D. MACU) e *Tenebrio molitor* (T. MOLIT). Cada ponto representa a eficiência individual de consumo (g) de cada colônia adulta por espécie ($p = 0,369$).....16
- Gráfico 2 - Diferença no peso consumido (g) entre as espécies *Dermestes maculatus* (D. MACU) e *Tenebrio molitor* (T. MOLIT). Cada ponto representa a média de consumo (g) de cada colônia adulta por espécie ($p = 0,0028$).....16

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Colônias de adultos de *Dermestes maculatus* (D1 à D14) e *Tenebrio molitor* (T1 à T14) utilizadas no experimento. Espécies das carcaças analisadas, população inicial, consumo (g), período (dias), índice de eficiência (g/dias), prole, mortalidade de adultos e condição seca ou úmida.13
- Tabela 2 - Colônias de larvas de *Tenebrio molitor* (T1 à T4) utilizadas no experimento. Classes e espécies das carcaças analisadas, consumo (g), período (dias), índice de eficácia (g/dia) e condição seca ou úmida.19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

σ^2	Variância
β	Coefficiente estimado em modelos estatísticos
EP	Erro padrão
Di	Data inicial
Df	Data final
GLMM	Generalized Linear Mixed Model (Modelo Linear Generalizado com Efeitos Mistos)
MHNCE-	Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha
UECE	
p	Nível de significância estatística
Pi	Peso inicial
Pf	Peso final
U.R.	Umidade relativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	5
2.1 Objetivos gerais	5
2.2 Objetivos específicos	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS	6
3.1 Localização	6
3.2 Modelo de estufa	6
3.3 Preparação das carcaças	7
3.4 Colônias de <i>Dermestes maculatus</i> DeGeer, 1774	8
3.5 Colônias de <i>Tenebrio molitor</i> Linnaeus, 1758	9
3.6 Colônia das larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	10
3.7 Parâmetros utilizados e coleta de dados	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1 <i>Dermestes maculatus</i> x <i>Tenebrio molitor</i> (Adultos)	12
4.2 Limpeza por larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	18
5 CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

Os museus de história natural (MHN) originam-se a partir dos gabinetes de curiosidades presentes em toda Europa do século XV e XVI, onde era possível encontrar diversos artefatos aleatórios, sem qualquer organização, junto a partes e/ou peças inteiras da fauna e flora (Rodríguez; Torales-Campos, 2021). Do século XVII até o XVIII, os gabinetes adotaram novas estratégias de organização sob a perspectiva naturalista, substituindo a desordem de artefatos aleatórios pela ordenação de cada cabeça ou pele animal, por exemplo, a partir da sua classificação e separação de acordo com características similares. Consequentemente, a reestruturação e adequação nesses espaços possibilitou a consolidação da taxonomia como uma ciência indispensável para a manutenção dessas instituições (Rodríguez; Torales-Campos, 2021). No século XXI, MHN apresentam papel essencial na produção de conhecimento científico, preservação e conservação da biodiversidade. Nesse contexto, surge o Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha (MHNCE-UECE), em Pacoti, no ano de 2019, através do projeto “Análise do Potencial econômico da biodiversidade da Serra de Baturité: do inventário Biológico ao Museu de História Natural prof. Dias da Rocha” proposto pela pesquisadora Renata Stopiglia em parceria com o Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, a Universidade Estadual do Ceará (UECE), a Secretaria Estadual da Cultura do Estado do Ceará (SECULT), e financiado pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico (FUNCAP) com o objetivo de registrar e salvaguardar a biodiversidade do estado do Ceará, especialmente da região do Maciço de Baturité (Muniz, 2024; Oliveira *et al*, 2024; Passos; Pereira; Crozariol, 2024)

Os MHN documentam a diversidade dos seres vivos através do método de conservação *ex-situ*, onde cada organismo está fora da sua área de ocorrência natural, e compõe as coleções biológicas que são devidamente preservadas e catalogadas (Marinoni; Basílio; Gasper, 2024). Os acervos biológicos possuem grande importância em registrar mudanças da biodiversidade ao longo do tempo. É indiscutível que cada exemplar das coleções biológicas evidencia a sua ocorrência em um espaço-tempo, onde no futuro ainda serão essenciais para o estudo dos impactos dos inúmeros efeitos do Antropoceno no surgimento e a disseminação de doenças zoonóticas, a contaminação ambiental, os estressores ambientais etc. (Schmitt, 2018). Em coleções zoológicas, cada espécime contém informações genéticas, morfológicas, área de ocorrência, ecologia, distribuição geográfica e outras

características indispensáveis para identificação taxonômica de espécies (Genoways; Jones; Rossolimo, 1987).

Dentre os diversos tipos de preservação dos espécimes em coleções, as osteológicas são fundamentais para pesquisas científicas, estudos anatômicos e filogenéticos (Auricchio; Salomão, 2002). Em animais vertebrados, cada esqueleto apresenta diferentes formatos e tamanhos de ossos. Estes compõem os acervos osteológicos que são fontes de informações valiosas para a ornitologia, por exemplo, através da anatomia sistemática que busca estabelecer relações de parentescos entre os táxons através das análises morfométricas comparadas (Marceliano; Donatelli; Höfling, 2007). Além do valor taxonômico, os estudos de esqueletos auxiliam no entendimento de parâmetros ecológicos relacionados aos hábitos alimentares e locomotores (Carvalhoes, 2023). Também beneficiam o diagnóstico de doenças do sistema locomotor pela medicina veterinária que trabalham na conservação de animais silvestres (Caldas *et al.*, 2019). Geralmente são integrados a coleções de mamíferos e ornitológicas, em virtude do uso da metodologia de preservação em via seca, conhecido como taxidermia. Para ambos os táxons supracitados, a taxidermia permite que a textura e a coloração da pele sejam mantidas; em contrapartida, as medidas morfométricas são perdidas após o processo. Em aves, há perda da coloração da íris, patas, carúnculas ao redor do bico e de outras partes moles (Auricchio; Salomão, 2002). Após muitos anos de conservação exclusiva dos crânios de animais taxidermizados, atualmente há um melhor aproveitamento do exemplar por meio da coleta de diversos materiais para análise genética, bioquímica, fisiológica e anatômica (Auricchio; Salomão, 2002).

A preparação de material ósseo possui diferentes técnicas osteológicas que variam entre meios mecânicos, químicos e biológicos. As técnicas mecânicas envolvem a retirada de tecidos moles com a utilização de pinças, tesouras, jatos de ar ou água (Williams; Laubach; Genoways, 1977). As técnicas químicas incluem o uso de carbonato de amônia, perborato de sódio, peróxido de hidrogênio e papaína que danificam ossos sensíveis e demandam alto custo para aquisição dos compostos químicos (Cantuel, 1949; Van Wijngaarde, 1956). As técnicas biológicas utilizam a maceração, ou seja, a imersão dos componentes ósseos em água, onde as bactérias agem de forma natural decompondo os tecidos, restando apenas o esqueleto. Esse é um processo que desarticula, cheira mal e pode levar muito tempo para se obter o resultado esperado (Williams; Laubach; Genoways, 1977). Outro método biológico é a utilização de artrópodes vivos como representantes de Isopoda, Decapoda, Insecta das ordens Hymenoptera (formigas), Lepidoptera (borboletas) e Coleoptera (besouros) das famílias Dermestidae e

Tenebrionidae utilizados no preparo de carcaças animais de pequeno e médio porte (Williams; Laubach; Genoways, 1977).

O uso de besouros dermestídeos para limpeza osteológica tem seu histórico inicial incerto, com registros do emprego da técnica em 1876 (Anônimo, *apud* Meeuse, 1965). Porém, é descrita pioneiramente em 1922 por E. Raymond Hall e Ward C. Russel. Até a publicação deste trabalho (agosto de 2025), foi possível encontrar diferentes espécies da família Dermestidae já experimentadas com este propósito, dentre eles têm-se *Dermestes maculatus* De Geer, 1774, *Anthrenus verbasci* Linnaeus, 1767, *Anthrenus flavipes* Le Conte, 1856 e *Anthrenus scrophulariae* Linnaeus, 1758. Apesar de todos pertencerem a mesma família, a eficiência caracterizada pela limpeza de esqueletos no menor tempo possível, com ausência de danos e tecidos aderidos, sem a necessidade de procedimentos extras, não é uma característica compartilhada entre as espécies. *Anthrenus flavipes* e *A. verbasci* não produzem bons resultados em experimentos documentados por Meeuse (1965) e Vorhies (1948) onde há ausência de consumo da matéria de origem animal por *A. verbasci*.

Na família Dermestidae (Coleoptera), a espécie *D. maculatus* é a mais utilizada em museus de história natural ao redor do mundo para realizar a limpeza de ossos. Suas características morfológicas variam durante o desenvolvimento holometábolo. Na fase adulta possui forma oval alongada com coloração preta, antenas clavadas com 11 antenômeros, abdômen coberto por cerdas brancas com pontos pretos nas laterais (Almeida; Mise, 2009; Rees, 2004). Os ovos possuem forma oval com coloração branco logo após a oviposição pelas fêmeas. Segundo Richardson e Goff (2001), sob temperatura a 30-31°C e umidade 60-80%, o desenvolvimento do ovo ao adulto ocorre, em média, em 38,3 dias (mínimo: 27, máxima: 49). Os autores também consideram uma média de três dias para que larvas brancas, peludas, de coloração cinza-claro eclodam dos ovos. As larvas apresentam variação no número de instares chegando a seis sob condições semelhantes (Zakka; Dimpka; Lale, 2009). A fase de pupa varia entre cinco e seis dias (Raspi; Antonelli, 1995; Bellemare; Brunelle, 1950 *apud* Mise, 2011). Os indivíduos adultos possuem longevidade média de $54,67 \pm 33,53$ dias (Kob, 2006). Durante todas as fases do ciclo de vida as variações de temperatura, umidade, alimentação e fotoperíodo afetam o desenvolvimento da espécie.

Embora *D. maculatus* apresente capacidade em realizar limpeza de peças osteológicas de extrema qualidade, a instabilidade das colônias relacionadas a temperatura e umidade afetam o processo contínuo da produção de esqueletos. A alta umidade, por exemplo, favorece o crescimento de mofo, tornam os tecidos menos atrativos aos besouros e provoca a morte da colônia (Hooper, 1956; Russel, 1947; Sommer, 1974). Quando são expostos a baixas

temperaturas reduzem a atividade da colônia, deixam as larvas letárgicas e conseqüentemente, prolongam a duração do processo (Russel, 1947; Borell, 1938). Por isso, devido à suscetibilidade da sobrevivência das colônias aos desafios impostos pelas condições locais, marcadas por baixas temperaturas e altas umidades, é indiscutível a busca por novas alternativas que substituam e proporcionem maior estabilidade no processo de produção de esqueletos. Além disso, é importante que sejam tão eficientes quanto o trabalho realizado por *D. maculatus*, isto é, sem provocar danos a estruturas ósseas sensíveis, no menor tempo possível, sem necessidade de realizar procedimentos complementares posteriormente.

Pertencente à família Tenebrionidae (Coleoptera), *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758, é originário do continente europeu e atualmente possui ampla distribuição. É conhecido como besouro-da-farinha, sendo uma praga de grãos e seus derivados, embora possam consumir produtos de origem animal como carnes e penas por conta da sua natureza onívora, até mesmo matéria orgânica em decomposição (Ramos-Elorduy, 2002; Souza-Silva, 2025). No estágio adulto possui forma alongada com lateral achatada, coloração marrom-avermelhada ou preta (Rees, 2004). O ciclo de vida da espécie é bastante variável de acordo com as condições de temperatura, umidade, alimentação e fotoperíodo. O ciclo completo pode durar de seis a 18 meses, onde a oviposição pelas fêmeas ocorre de quatro a 17 dias após a cópula. Os ovos possuem característica ovoide, alongado e coloração esbranquiçada. A eclosão da larva acontece em torno de quatro a seis dias, e apresenta coloração esbranquiçada até que a produção completa do exoesqueleto quitinoso a tornem amarelada. A fase larval dura de três a quatro meses até tornarem-se pupas e emergirem como adultos em cinco a nove dias (Makkar, 2014; Souza-Silva, 2025; Siemianowska, 2013).

A espécie *T. molitor* apresenta vantagens por ser facilmente encontrada em criatórios locais para alimentação animal, não apresentarem odores, riscos de infestação em coleções científicas ou danos aos esqueletos, fácil manutenção e manejo (Allen; Neil, 1950; Sizer *et al.*, 2023). Por esta razão, diante das problemáticas relacionadas a morte repentina, a sensibilidade às condições ambientais locais, caracterizada por elevada umidade relativa do ar e temperaturas amenas que interferem diretamente na estabilidade das colônias de *D. maculatus* da instituição, consideramos utilizar *T. molitor* como seu potencial substituto neste presente estudo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial uso de *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758, como substituto a *Dermestes maculatus* DeGeer, 1774, na limpeza de diferentes carcaças para obtenção de esqueletos para fins científicos.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a qualidade dos esqueletos produzidos pelas diferentes espécies utilizadas;
- Determinar o tempo necessário à limpeza total dos exemplares;
- Determinar as limitações para o estabelecimento das colônias vivas no processo osteológico.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

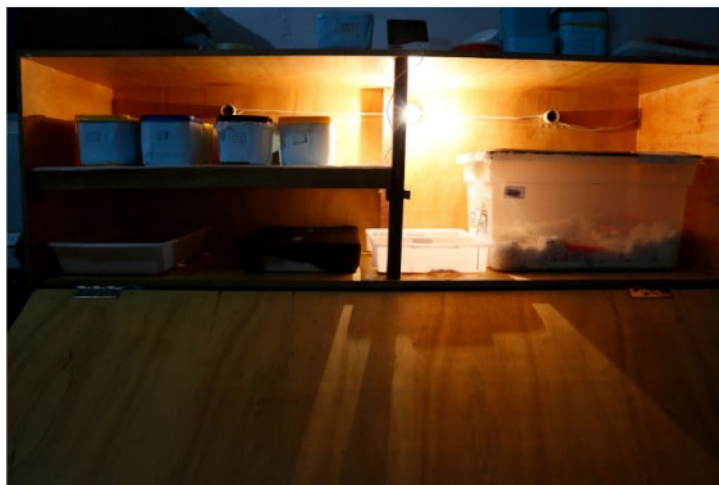
3.1 Local do estudo

O Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha (MHNCE-UECE), situa-se no Maciço de Baturité, na cidade de Pacoti, no interior do Estado do Ceará. A instituição contempla coleções botânicas e zoológicas com curadorias em aracnologia, entomologia, herpetologia, ictiologia, malacologia, mastozoologia, ornitologia e paleontologia. Ao longo de seis anos de existência, o número de exemplares tombados ultrapassa 16.000. Situa-se na região serrana conhecida por ser enclave úmido que, inevitavelmente, se contrasta com a paisagem dominante do semiárido cearense. As condições climáticas da região são influenciadas principalmente pela elevada altitude média (736m) e pela disposição da vertente a barlavento. Essas características contribuem para os índices pluviométricos acima de 1399mm e temperatura médios mensais com a máxima de 22.6° e mínima de 20.6° (Santos Jr.; Caracristi, 2022). Esse estudo foi desenvolvido no laboratório de preparação do MHNCE em estufa.

3.2 Modelo de Estufa

Diante das condições ambientais do MHNCE, como a umidade relativa do ar é superior a 80% e a temperatura média de 20°C, houve a necessidade de condicionar o experimento em estufa para proporcionar as melhores condições para as diferentes espécies (Figura 1). Utilizando madeira compensada de 10 mm, a estufa foi projetada em formato retangular com as dimensões igual a 160 cm de comprimento, 50 cm de profundidade e 50 cm de altura. Também adicionamos um circuito elétrico contendo 3 bocais para fixação de lâmpada incandescente como fonte de calor, com distância mínima de 50 cm entre cada. Porém, somente uma lâmpada foi utilizada para manter o calor. Dessa forma, usando um termo-higrômetro, modelo TA621A, a temperatura interna variou entre 30 e 31°C e a umidade relativa entre 61 e 63%.

Figura 1 – Estufa utilizada para o experimento no laboratório do Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha. À esquerda, na parte superior, estão as colônias adultas experimentais; na parte inferior, larvas de *Tenebrio molitor*. À direita, colônia matriz de *Dermestes maculatus*



Fonte: autoral

3.3 Preparação das carcaças

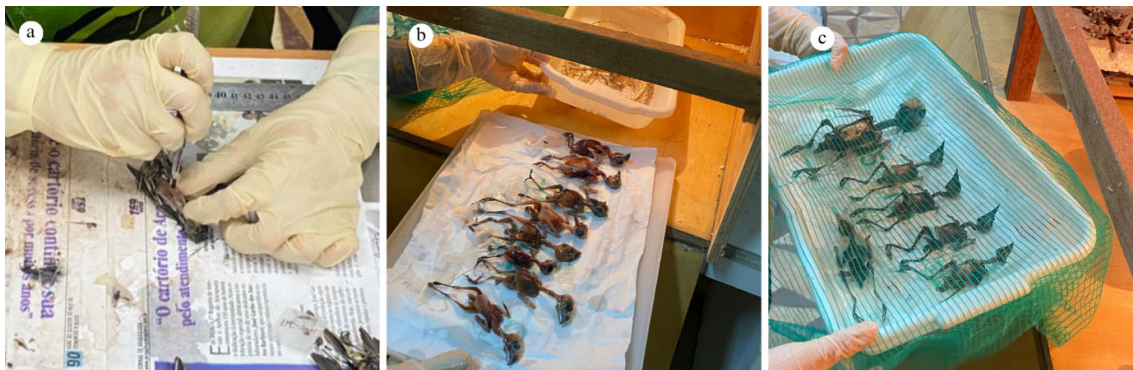
Todos os materiais recebidos por doação ou coletados, não preparados e não incorporado ao acervo, armazenados a parte em freezer, passaram por triagem. Esses materiais, conhecidos como *backlog*, foram identificados e ofertados às colônias após o processo de descarte. As identificações dos materiais seguiram o padrão realizado pelas curadorias responsáveis da instituição, com seus respectivos números de campo ou de tombo. Os dados de cada indivíduo correspondentes à localização, coordenadas, data de coleta, coletor, data de entrega, data de preparo e o tipo de preparação foram registrados em cadernos de campo e em planilhas de tombo digitais.

O processo de descarte deu-se a partir de uma incisão longitudinal, feita com uma lâmina de bisturi na região ventral (abdômen), possibilitando o início da separação da pele do tecido muscular até que todo o corpo estivesse totalmente descoberto (Figura 2a). Desse modo, a musculatura pôde ser removida ao máximo. Ademais, todas as carcaças foram lavadas em água corrente para retirada de excessos residuais. Em seguida, todos os espécimes passaram pelo processo de secagem em estufa para evaporação parcial ou total da água (Figura 2b, 2c). Com a finalidade de se obter a evaporação foram necessários, no mínimo, 72h à 34-35°C. Por outro lado, a evaporação parcial para retirada de resíduos de água do enxágue,

ocorreu em 12h. Por fim, as carcaças foram mantidas em sacos *zip-lock* em freezer para uso posterior.

Dentre as 28 amostras ofertadas às colônias adultas dos coleópteros, inteiros ou partes, destaca-se as espécies *Sporophila albogularis* Spix, 1825, *Sporophila lineola* Linnaeus, 1758, *Dacnis cayana* Linnaeus, 1766, *Cyanoloxia brissonii* Lichtenstein, 1823, pertencentes as aves. *Salvator merianae* Duméril & Bibron, 1839, *Iguana iguana* Linnaeus, 1758, *Chelonoids denticulata* Linnaeus, 1766, pertencentes a reptéis. *Trachycephalus typhonius* Linnaeus, 1758, *Rhinella diptycha* Cope, 1862, e *Anura sp.* pertencentes a anfíbios.

Figura 2– Processo de descarte e secagem de carcaças no laboratório do Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha (MHNCE-UECE). (a) Preparação do espécime para retirada de tecido; (b) Adição de novas carcaças para secagem; (c) Retirada de exemplares secos.



Fonte: autoral

3.4 Colônias de *Dermestes maculatus* DeGeer, 1774

A partir da colônia principal, ou matriz, já existente na sede do MHNCE, novas colônias foram formadas. Entretanto, anterior à retirada dos casais sexualmente maduros, realizou-se a manutenção da colônia tanto para o levantamento populacional dos adultos, quanto para a limpeza com a finalidade de garantir o seu funcionamento durante o período correspondente ao experimento. Após a observação da presença abundante de pupas, uma placa de isopor foi perfurada com o intuito de garantir condições para o bom desenvolvimento até a fase adulta. Com isto, o reestabelecimento da atividade das diferentes fases de vida permitiu a inicialização da seleção dos pares.

Os besouros sexualmente maduros de *D. maculatus* foram retirados da matriz para o estabelecimento de novas colônias. Utilizando uma lupa de mão ou a olho nu, seis machos e seis fêmeas foram determinados baseados na presença ou ausência de cerdas no 4º esternito abdominal (Osuji, 1975; Kob, 2006). A presença do caractere evidencia o macho e a ausência, a fêmea. Em seguida, os 12 indivíduos determinados foram adicionados dentro de recipientes retangulares, fechados, com capacidade de 1L, protegidos a luz (Figura 3), constantemente rotacionados, acompanhados por um substrato constituídos por algodão hidrofílico sob uma placa de isopor, respectivamente utilizados para as fêmeas realizarem a oviposição e os espécimes empuparem. Ao total foram avaliadas 14 colônias repetições.

Figura 3 - Colônias de *Tenebrio molitor* e *Dermestes maculatus* na estufa do laboratório do Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha (MHNCE-UECE).



Fonte: autoral

3.5 Colônias de *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758

As colônias de *T. molitor* foram fornecidas por criadores locais em seu estágio de desenvolvimento larval, pupa e adultos. Ao decorrer do tempo, as pupas desenvolvidas eram separadas e acondicionadas em outro recipiente, sem substrato. Na sequência, quando as pupas se tornavam adultas, retornavam para um recipiente retangular fechado com capacidade de 1L, protegidos da luz (Figura 3), constantemente rotacionados e com presença de abrigo (caixa de ovo). Foram avaliadas 14 colônias repetições.

Assim como nas colônias de *D. maculatus*, seis machos e seis fêmeas sexualmente maduros foram determinados para constituir uma colônia com 12 indivíduos. Para tornar possível a identificação dos caracteres sexuais em adultos, a extremidade abdominal precisou ser rapidamente exposta, pressionando-a levemente, e observada com o auxílio de um microscópio estereoscópio. Isto ocorre em razão dessa espécie não apresentar dimorfismo sexual externo evidente, apesar de erroneamente o seu tamanho ser usado como caractere dimórfico, onde o de maior tamanho é associado a fêmea e de menor tamanho associado ao macho (Cook; Minas; Kwiatkowski, 2021; Kruger, 2019).

3.6 Colônia de larvas de *T. molitor*

Ao total, 600g de larvas foram mantidas em uma bandeja retangular, aberta, acompanhadas de um substrato de farelo de grãos utilizados desde o criatório. Ocasionalmente, eram ofertadas fatias de jerimum (*Curcubita sp.*) como fonte de umidade. As larvas utilizadas para esse experimento foram contadas e pesadas, onde 100g correspondiam a 1300 indivíduos. Um recipiente retangular teve sua área dividida em duas colônias com o auxílio de uma placa divisória projetada (Figura 4). Quatro colônias de larvas foram formadas e as espécies de carcaças ofertadas correspondiam ao grupo das aves, *Columbina talpacoti* Temminck, 1811, *Colaptes melanochloros* Gmelin, 1788; mamíferos, *Sapajus libidinosus* Spix, 1823 e répteis, *Chelonoidis denticulatus* Linnaeus, 1766.

Figura 4- Colônias das larvas de *Tenebrio molitor* em carcaças de *Chelonoidis denticulatus* e *Sapajus libidinosus*, no laboratório do Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha (MHNCE-UECE).



Fonte: autoral

3.7 Parâmetros utilizados e análise de dados

A partir da formação de novas colônias, as carcaças ofertadas úmida ou secas foram sinalizadas para observar o comportamento alimentar relacionada à disponibilidade de água, considerando que a sua presença pode evitar canibalismo em ambas as espécies (Meeuse, 1965; Hon; Kim; Ham, 2020). As carcaças tiveram os pesos inicial (P_i) e final (P_f) mensurados, em balança de alta precisão AAZV, para avaliar o consumo (g) e o período (dias) desde a data inicial (D_i) até a data final (D_f). O índice de eficácia (g/dias) foi obtido através da razão entre o consumo (g) e o período (dias). Além disso, a mortalidade de indivíduos adultos e a prole de cada colônia foram registradas. Durante o estudo, foram analisadas as atividades de 28 colônias repetições, correspondendo a 14 colônias de dermestes e 14 de tenébrios.

A análise estatística foi realizada no software R Studio. O índice de eficácia (g/dias) e o consumo (g) foram considerados variáveis dependentes que não apresentaram distribuição normal, conforme indicado pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,001$ para ambas as

espécies). Por isso, foram ajustados modelos lineares generalizados mistos (GLMM), utilizando a distribuição *poisson* para a variável eficácia e a distribuição *gamma* para o consumo, com o uso de efeitos aleatórios para as colônias, condição úmidas e/ou secas, número inicial de indivíduos, mortalidade dos adultos e a prole.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 *D. maculatus* x *T. molitor* (adultos)

A limpeza osteológica realizada pelas duas espécies de coleópteros apresentou resultados distintos quanto a eficácia. Para as colônias de *D. maculatus* (D1 a D14, Tabela 1), o consumo de todos os músculos dos espécimes das aves ocorreu entre 6-9 dias (média= 7,5 dias), dos répteis entre 7-15 (média= 11 dias) e dos anfíbios entre 7-17 (média= 12 dias). Em todos os casos, os fatores como mortalidade, prole e a condição da carcaça úmida ou seca não influenciaram estatisticamente nos resultados individuais de eficácia pelas colônias. O período mínimo, de seis dias, foi alcançado pelas colônias D5 e D6 com a espécie *S. albogularis*, mesmo que tenham apresentado valores de consumo e eficácia diferentes entre si. O período máximo, de 17 dias, atingido pela colônia D9 resultou em uma limpeza inacabada de *R. diptycha*, que apresentava, na região cranial, parte do tegumento seco. Diante disso, é possível inferir que a composição dos tecidos dos exemplares influencia na capacidade de consumo dos dermestes, pois tecidos secos com pouca gordura e baixo teor em proteína são menos atrativos (Borell, 1938; Gay, 1938; Hooper, 1956; Meeuse, 1965; Rusell, 1947).

Tabela 1- Colônias de adultos de *Dermestes maculatus* (D1 à D14) e *Tenebrio molitor* (T1 à T14) utilizadas no experimento. Espécies das carcaças analisadas, população inicial, consumo (g), período (dias), índice de eficiência (g/dias), prole, mortalidade de adultos e condição seca ou úmida.

Classes	Espécies	Colônia	População inicial	Consumo (g)	Período (dias)	Eficiência (g/dia)	Prole	Mortalidade	Condição
AVES	<i>Sporophila lineola</i>	D1	12	0.74	9	0.0822	86	10	SECA
	<i>Sporophila albogularis</i>	D2	12	0.78	8	0.0975	20	8	SECA
	<i>Sporophila albogularis</i>	D3	12	1.12	9	0.1244	127	2	SECA
	<i>Sporophila albogularis</i>	D4	12	0.65	8	0.0812	26	9	SECA
	<i>Sporophila albogularis</i>	D5	12	2.79	6	0.4650	72	3	UMIDA
	<i>Sporophila albogularis</i>	D6	12	1.98	6	0.3300	61	2	UMIDA
	<i>Dacnis cayana</i>	D7	12	0.92	8	0.1150	16	8	SECA
	<i>Cyanoloxia brissonii</i>	D8	12	1.34	9	0.1488	121	2	SECA
ANFÍBIOS	<i>Rhinella diptycha</i>	D9	12	2.44	17	0.1435	54	5	SECA
	<i>Trachycephalus typhoeus</i>	D10	12	1.40	15	0.0933	72	0	SECA
	<i>Anura sp.</i>	D11	12	0.63	7	0.0900	127	3	UMIDA
RÉPTEIS	<i>Salvator merianae</i>	D12	12	0.49	7	0.0700	79	2	UMIDA
	<i>Salvator merianae</i>	D13	12	0.05	8	0.0062	41	11	UMIDA
	<i>Chelonoids denticulata</i>	D14	12	1.81	15	0.1206	68	0	SECA
AVES	<i>Sporophila albogularis</i>	T1	12	0.05	7	0.0071	3	10	SECA
	<i>Sporophila albogularis</i>	T2	12	0.05	7	0.0071	0	12	SECA
	<i>Sporophila albogularis</i>	T3	12	0.05	7	0.0071	0	12	SECA
	<i>Sporophila albogularis</i>	T4	12	0.05	7	0.0071	0	12	SECA

AVES	<i>Sporophila albogularis</i>	T5	12	0.05	7	0.0071	0	12	SECA
	<i>Sporophila albogularis</i>	T6	12	0.05	7	0.0071	0	12	SECA
	<i>Sporophila albogularis</i>	T7	12	1.76	6	0.2933	19	8	UMIDA
	<i>Sporophila albogularis</i>	T8	12	0.30	6	0.0500	0	9	UMIDA
ANFÍBIOS	<i>Trachycephalus typhoeus</i>	T9	12	0.09	10	0.0090	0	10	SECA
	<i>Rhinella diptycha</i>	T10	12	0.05	10	0.0050	17	9	SECA
RÉPTEIS	<i>Salvator merianae</i>	T11	12	0.05	9	0.0055	0	12	UMIDA
	<i>Salvator merianae</i>	T12	12	0.05	2	0.0250	18	7	UMIDA
	<i>Salvator merianae</i>	T13	12	0.05	8	0.0060	0	12	UMIDA
	<i>Iguana iguana</i>	T14	12	0.05	10	0.0050	0	9	SECA

Fonte: autoral

Para as colônias de *T. molitor* (T1 à T14, Tabela 1) o período registrado foi associado a observação da existência de atividade, ou até a morte de todos os indivíduos, ou não apresentar mais nenhuma mudança comportamental. Desta forma, o período alcançado constata a ineficácia da espécie no preparo dos esqueletos. Durante o acompanhamento diário no desenvolvimento de cada colônia, foram observadas pequenas marcas do aparelho bucal nas carcaças. A atividade mínima do hábito alimentar não foi suficiente para obtenção de diferenças significativas entre as colônias, no consumo mínimo de 0,05g, no período de 2-10 dias. A colônia T7, que apresentou o maior consumo de 1,76g, no período de seis dias, não representa o consumo pelos adultos, mas sim a perda de umidade da carcaça ofertada úmida. Além disso, *T. molitor* teve um elevado índice de mortalidade e o menor número de prole. Esses fatores de desenvolvimento populacional da colônia mostram que adultos dessa espécie não são viáveis para esta finalidade.

A partir das análises estatísticas, os valores para eficácia não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as espécies ($p = 0,369$). Os efeitos aleatórios como as colônias, condição úmidas e/ou secas, número inicial de indivíduos, mortalidade e prole apresentaram variância muito baixa, indicando pouca influência dos fatores agrupados. O modelo *poisson* apresentou problemas de convergência. Mesmo assim, é possível observar que a espécie *T. molitor* apresentou uma tendência a menor eficiência em relação à *D. maculatus* (Gráfico 1). A variável de consumo da espécie *T. molitor* apresentou peso consumido significativamente menor em comparação à *D. maculatus* ($p = 0,0028$), sendo esse o principal achado estatisticamente significativo do estudo (Gráfico 2), que pode ser justificado pela alta mortalidade e baixa prole. Embora o modelo *gamma* também tenha sinalizado avisos de convergência, os parâmetros foram estimados de forma coerente, e os efeitos aleatórios indicaram maior variabilidade entre as colônias, mortalidade e as condições úmida ou seca.

Gráfico 1 - Diferença no índice de eficácia (g/dias) entre as espécies *Dermestes maculatus* (D. MACU) e *Tenebrio molitor* (T. MOLIT). Cada ponto representa a eficiência individual de consumo (g) de cada colônia adulta por espécie ($p = 0,369$).

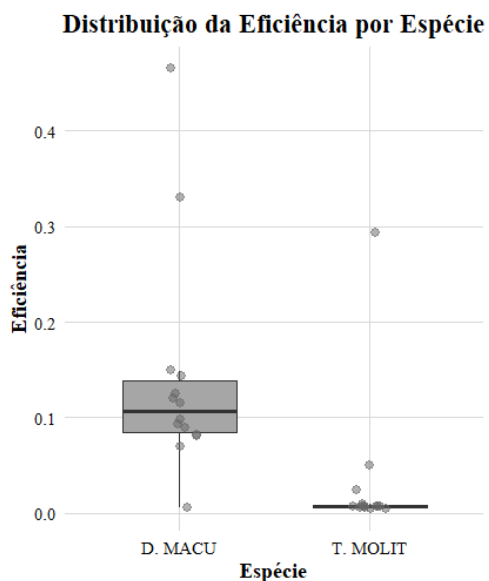
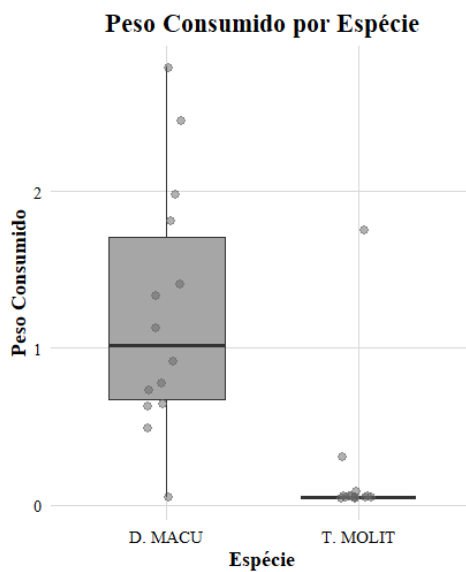


Gráfico 2 - Diferença no peso consumido (g) entre as espécies *Dermestes maculatus* (D. MACU) e *Tenebrio molitor* (T. MOLIT). Cada ponto representa a média de consumo (g) de cada colônia adulta por espécie ($p = 0,0028$).



Os resultados qualitativos relacionados a *D. maculatus* se equiparam aos dados estatísticos, pois esses mostraram a capacidade em manter a qualidade na produção de esqueletos limpos e brancos, embora desarticulados. Nessa espécie, o período levado para que a limpeza completa tenha sido feita, nas condições deste experimento, está no intervalo estimado em estudos anteriores realizados por Meeuse (1965). Em carcaças ofertadas inicialmente úmidas, após a sua finalização, pôde-se observar tecidos aderidos aos exemplares. Esse fator é indicativo da necessidade de procedimentos pós-dermestários adicionais, como uso de substâncias químicas para desengordurar e branquear os esqueletos. (Gomes; Oliveira, 2015)

Para *T. molitor*, a condição da carcaça úmida ou seca não foi determinante para a capacidade de consumo da espécie, mas não podemos dizer o mesmo para sua dieta. Um dos fatores que possam justificar o baixo consumo dos tecidos das carcaças é a baixa longevidade e reprodução, causada pela alimentação rica em proteína associada ao seu efeito letal, além de provocar aceleração no desenvolvimento dos diferentes estágios do ciclo de vida (Fanson, B; Fanson, K; Taylor, 2012; S., 2022). Apesar de estudos anteriores demonstrarem a capacidade de insetos onívoros em utilizar a proteína como uma alternativa ao carboidrato através da desaminação, processo de remoção de um grupo amino dos aminoácidos, uma dieta composta apenas por proteínas resulta em distúrbios no desenvolvimento, redução do tamanho e alta mortalidade em muitos insetos (Rho, 2018).

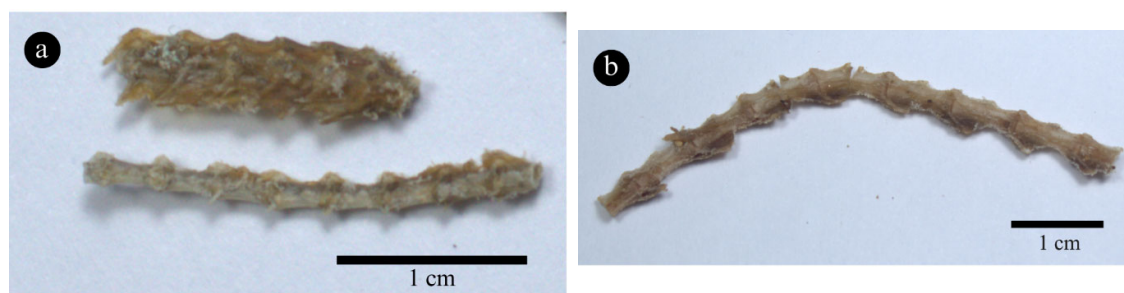
Finalmente, dentro das condições do experimento, a presença ou ausência de um substrato não evidencia um fator determinante no consumo, mas ofertar um refúgio pode reduzir danos. Quando observado a mortalidade nas colônias, onde não havia presença de abrigos que proporcionassem esconderijos, foi adicionado uma caixa de ovo, método utilizado por muitos criadores. Esta intervenção resultou em menor taxa de mortalidade, local para oviposições nas fibras do material e presença de larvas na colônia (Figura 5). Entretanto, tais mudanças não afetaram o comportamento alimentar previamente observado. Embora a ingestão por *T. Molitor* de alguns fragmentos de carcaça úmidas tenham sido observados, essa espécie não mostrou eficácia na limpeza de esqueletos (Figura 6).

Figura 5- Registros das fases de desenvolvimento em *Tenebrio molitor*. (a) Presença de ovos em fibras das caixas de ovos, (b) larva recém eclodida, (c) 1º instar larval.



Fonte: autoral

Figura 6- Resultado das partes de carcaças oferecidas a *Tenebrio molitor* adultos. (a) *Iguana iguana* e (b) *Salvator merianae* ainda com resquícios de tecido muscular.



Fonte: autoral

4.2 Limpeza por larvas de *T. molitor*

As larvas de *Tenebrio molitor* apresentaram desempenho satisfatório em números de eficácia (g/dia), porém se mostraram ineficazes na preservação da integridade dos esqueletos, inviabilizando seu uso para estudos anatômicos sistemáticos. Embora vorazes nas primeiras 24 horas, com alta capacidade de consumo do tecido mole, a atividade das larvas foi reduzida gradualmente ao longo do experimento. Isso ocorre devido ao aumento no número de pupas e à mortalidade diária de dezenas de indivíduos (Sizer *et al*, 2023). Em síntese, foi observada uma rápida esqueletização de carcaças frescas e secas dentro de 72 horas; até o final de 168 horas, como houve pouca alteração adicional e os objetivos haviam sido alcançados, optou-se por encerrar o experimento.

Resultados semelhantes aos danos observados, foram relatados por Jara e Urra (2022) em carcaças de aves, com exceção de *Rattus norvegicus* Berkenhout, 1769, cuja limpeza ocorreu sem danos após três meses de exposição a 150 g de larvas, aproximadamente 1.000 indivíduos, em um recipiente plástico com tampa de 48 L, contendo substrato composto por farinha de milho e trigo. O presente estudo difere-se pela ausência de substrato, quantidade de indivíduos larval reduzido, porém assemelha-se pelos fatos constatados. Apesar do índice de eficácia das colônias de larvas ser superior ao das colônias adultas, no período de sete dias (T1 à T4, Tabela 2), constatou-se que as larvas causaram danos estruturais ao tecido ósseo, comprometendo a qualidade do esqueleto para fins científicos.

Tabela 2 - Colônias de larvas de *Tenebrio molitor* (T1 à T4) utilizadas no experimento. Classes e espécies das carcaças analisadas, consumo (g), período (dias), índice de eficácia (g/dia) e condição seca ou úmida.

Classe	Espécies	Colônia	Consumo (g)	Período (dias)	Eficiência (g/dia)	Condição
AVES	<i>Columbina talpacoti</i>	T1	02.55	7	0.3642	SECA
	<i>Colaptes melanochloros</i>	T2	16.00	7	2.2857	UMIDA
RÉPTIL	<i>Chelonoidis denticulata</i>	T3	24.21	7	3.4585	UMIDA
MAMÍFERO	<i>Sapajus libidinosus</i>	T4	33.61	7	4.8014	UMIDA

Fonte: autoral

Em outro estudo, Sizer *et al* (2023) testaram o uso de 110 g de larvas, cerca de 1.100 indivíduos, em carcaças de *Rattus sp.*, utilizando substrato de farelo esmigalhado. Nessa condição, 159 g de tecido úmido foram consumidos em 15 dias, com um índice de eficiência de 10,6 (g/dias) e sem danos ósseos observados. Assim como os estudos anteriores a este, utilizamos a carcaça do mamífero *S. libidinosus* (T4, Tabela 2) que não apresentou danos em suas estruturas (Figura 7). As evidências relatadas até aqui demonstram a necessidade de realização de novos testes utilizando outros mamíferos, em diferentes tamanhos, para se obter resultados mais conclusivos quanto a utilização de *T. molitor* para esta finalidade.

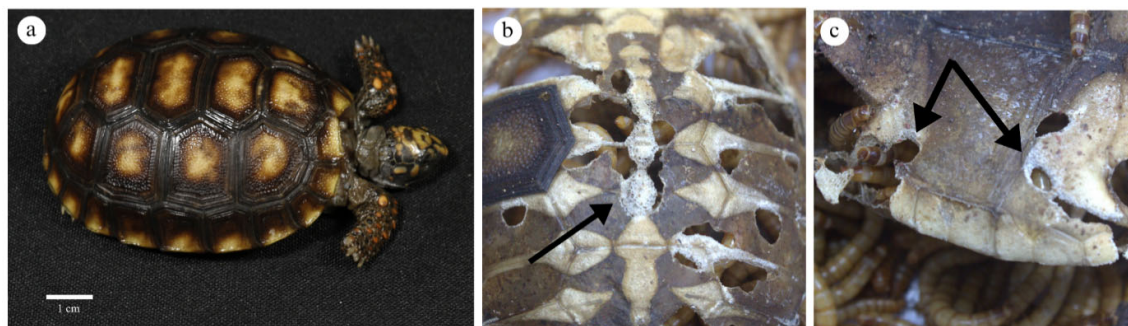
Figura 7- Esqueleto de *Sapajus libidinosus*. (a) Antes de ofertado úmido às colônias de larvas de *Tenebrio molitor*. (b) Carcaça parcialmente limpa e sem danos após a exposição da atividade larval.



Fonte: autoral

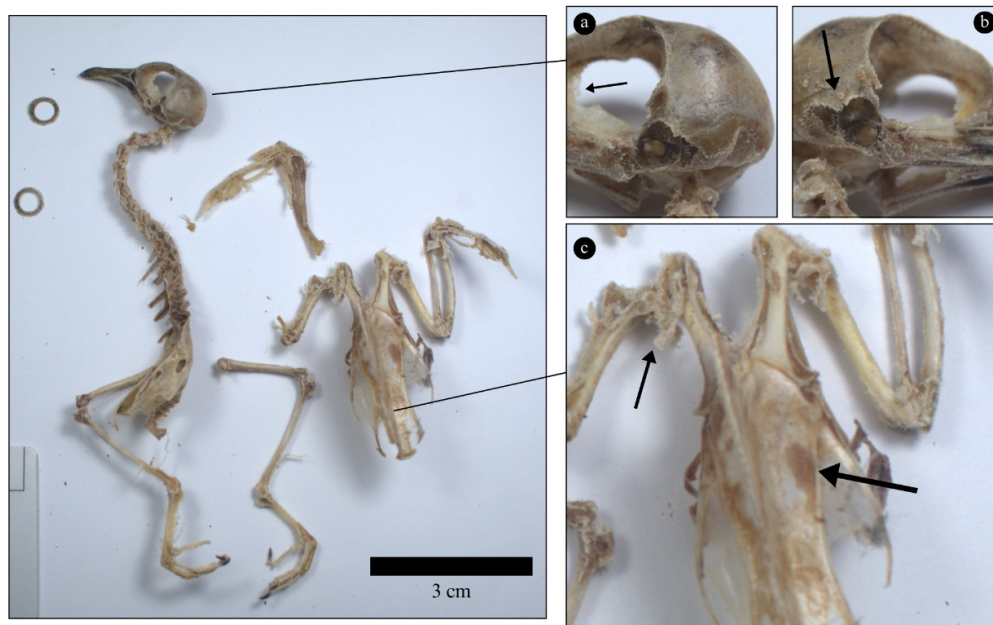
Apesar da disponibilidade de proteína, observou-se que as larvas não se restringem a ela como única fonte alimentar. Em todos os exemplares analisados, o tecido muscular ainda era visível quando já se notavam danos à estrutura óssea (Figuras 8 e 9). Esses danos podem decorrer de uma dieta deficiente em cálcio, o que leva à busca por outras fontes nutricionais, modulada por feedbacks fisiológicos que estimulam os receptores gustativos periféricos, promovendo uma resposta fago-estimuladora (Rho, 2018). Contudo, esse fator isoladamente não explica a ausência de danos em carcaças de mamíferos.

Figura 8- *Chelonoides denticulata* (a) antes de ser adicionado às larvas de *Tenebrio molitor*; (b) e (c) as setas indicam os danos provocados na estrutura óssea do espécime.



Fonte: autoral

Figura 9- Esqueleto de *Columbina talpacoti* limpa por larvas de *Tenebrio molitor*. As ampliações expõem os danos no crânio indicados pelas setas no (a) lado esquerdo e (b) lado direito, (c) apontam para resíduos do tecido muscular.



Fonte: autoral

No caso dos roedores, por exemplo, a relação entre densidade óssea e propriedades mecânicas é distinta, seus ossos são menos rígidos e menos quebradiços (Dumont, 2010). Já nas aves, a composição óssea reflete adaptações evolutivas ao voo: apresentam ossos pneumáticos e uma proporção mineral elevada, o que resulta em uma matriz óssea menos densa e mais suscetível a fraturas (Romão, 2011).

Além disso, procedimentos manuais e o uso de componentes químicos continuam sendo necessários mesmo após a ação das larvas para remoção de tecidos residuais e branqueamento dos ossos, conforme também relatado por Jara e Urra (2022). Esta é uma limitação importante no método com uso de larvas de *T. molitor* que, ao contrário de reduzir tempo e custos, causam danos estruturais aos esqueletos, prolongam o processo de preparação e dificultam a obtenção de exemplares com o padrão mínimo exigido para coleções científicas.

5 CONCLUSÃO

Dermestes maculatus é a opção mais eficiente e segura para a limpeza osteológica.

Tenebrio molitor possui limitações relevantes em todas as fases de desenvolvimento, com danos estruturais aos exemplares e alto índice de mortalidade relacionado a dieta rica em proteína.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Melhorias no manejo da colônia de *Dermestes maculatus* são necessários para garantir condições mínimas.

Tenebrio molitor não deve ser considerado uma alternativa eficiente para produção de acervo osteológico de qualidade em coleções científicas.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, E. R.; NEILL, W. T. **Cleaning mammal skeletons with meal worms.** Journal of Mammalogy, v. 31, n. 4, p. 464-464, 1950
- ALMEIDA, L. M.; MISE, K. M. **Diagnosis and key of the main families and species of South American Coleoptera of forensic importance.** Revista Brasileira de Entomologia, v. 53, n. 2, p. 227–244, jun. 2009.
- AURICCHIO, P. & Salomão, M.G. **Técnicas de coleta e preparação de vertebrados para fins didáticos e científicos.** Arujá, SP, O Instituto Pau Brasil de História Natural. 2002.
- BORELL, Adrey E. **Cleaning small collections of skulls and skeletons with dermestid beetles.** Journal of Mammalogy, v. 19, n. 1, p. 102-103, 1938.
- CALDAS, Sandro Souza; Gomes, M. V. F.; Andrade-Silva, M. C. E. D., Fialho, F. S. F., & Santana, M. I. S. **Estudo descritivo e morfométrico do crânio do Ramphastos toco (Aves: Piciformes).** Ciência Animal Brasileira, v. 20, p. e-44970, 2019.
- CANTUEL, P. **Preparation rapide de pieces osteolociques.** 1949. Mammalia, vol. 13, no. 2, pp. 100-103, 1949.
- CARVALHAES, J. G. **Relações entre morfometria geométrica pós-craniana e filogenias de roedores equimiídeos (rodentia: histicognathi: echimyidae).** Brazilian Journal of Mammalogy, no. 91, 2023, p. e91202285, 2023.
- COOK, C. O. B.; MINAS, R. S. d.; KWIATKOWSKI, **Cartilha de criação de Tenébrio molitor para iniciantes.** 2021
- DUMONT, Elizabeth R. **Densidade óssea e os esqueletos leves das aves.** Procedimento. Ciências biológicas, vol. 277, 1691, 2193–2198, 2010.

FANSON, Benjamin G.; FANSON, Kerry V.; TAYLOR, Phillip W. **Cost of reproduction in the Queensland fruit fly: Y-model versus lethal protein hypothesis.** Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 279, n. 1749, p. 4893-4900, 2012.

FUNK, V. A. **Collections-Based Science in the 21st Century.** Journal of Systematics and Evolution, 56(3), p. 176., 2018.

GAY, F. J. **A nutritional study of the larva of Dermestes vulpinus F.** Journal of Experimental Zoology, Vol. 79, 93-107, 1938.

GENOWAYS, Hugh H; Jones, Clyde; Rossolimo, Olga L. **Mammal Collection Management** Texas Tech University Press. Vol. 1, 1987.

GOMES, L. B.; OLIVEIRA, A. C. M. **Montagem e manutenção de colônias de besouros do gênero Dermestes (Coleoptera, Dermestidae) Linnaeus, 1758 para preparação de esqueletos usados em coleções biológicas.** Bol. Soc. Bras. Mastozool, v. 73, p. 37-41, 2015.

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.

HONG, Jinsu; HAN, Taehee; KIM, Yoo Yong. **Mealworm (Tenebrio molitor Larvae) as an alternative protein source for monogastric animal: A review.** Animals, v. 10, n. 11, p. 2068, 2020.

HOOPER, Emmet T. **Selection of fats by dermestid beetles, Dermestidae.** Journal of Mammalogy, v. 37, n. 1, p. 125-126, 1956.

JARA, Diego; URRÁ, Francisco. **Uso de *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) como agente biológico para la limpieza de osamentas de pequeños vertebrados.** Revista chilena de entomología, v. 48, n. 3, p. 505-509, 2022.

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

KRUGER, Jonas. **Criação de *Tenebrio Molitor* como fonte suplementar na dieta de peixes ornamentais.** Universidade Federal do Paraná, 2019.

MAKKAR, Harinder P.S.; Tran, G; HeuzéV; Ankers, P; **State-of-the-art on use of insects as animal feed.** Animal Feed Science and Technology, vol. 197, p. 1-33, 2014.

MARCELIANO, Maria Luiza Videira; DONATELLI, Reginaldo José; HOFLING, Elizabeth. **Anatomia sistemática: uma nova linha de pesquisa em ornitologia no Brasil.** Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Cienc. Nat., Belém , v. 2, n. 1, p. 11-12, abr. 2007. Disponível em <http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-81142007000100003&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 14 jul. 2025.

MARINONI, L., BASÍLIO, D. S., and GASPER, A. L., eds. **Coleções biológicas científicas brasileiras: diagnóstico, prioridades e recomendações** [online]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, 177, ISBN: 978 65-87590-06-6. 2024

MEEUSE, Adrianus Dirk Jakob. **The cleaning of skeletons by means of larvae of dermestid beetles.** Bijdragen tot de Dierkunde, v. 35, n. 1, p. 135-139, 1965.

MISE, Kleber Makoto. **Parâmetros biológicos e métodos de diferenciação de espécies e instares de Coleoptera de interesse forense.** Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MUNIZ, Beatriz Monteiro. **O Museu de História Natural do Ceará Profo Dias da Rocha (MHNCE UECE) como uma ferramenta complementar do ensino superior.** 2024, 15f.

TCC - Curso de Biologia, Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção-CE, 2024.

OLIVEIRA, Lucas & Sousa, Shirliane & MENEZES, Jones & OLIVEIRA, Emanuely. **História, Memória e Patrimônio: A Integração Interdisciplinar e a Relevância do Museu de História Natural Prof. Dias da Rocha (2019–2024)**. XIX Encontro Estadual De História Da ANPUH- CE, Crateús, 2024.

OSUJI, Fabian N. C. **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.

PASSOS, Breno Y.S.P; PEREIRA, A.A.P.L.; CROZARIOL, M.A.; **Museu de história natural do ceará prof. Dias da rocha: um olhar detalhado sobre a coleção didática ornitológica**. Anais do X CONEDU. Campina Grande: Realize Editora, 2024. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/110829>>. Acesso em: 04/08/2025 13:55

PEREIRA, T. N. A. **Desenvolvimento larval de Dermestes maculatus (De Geer, 1774) (COLEOPTERA: DERMESTIDAE) em diferentes temperaturas**. 2016. 26f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

RAMOS-ELORDUY, Julieta.; González, E. A.; Hernández, A. R.; & Pino, J. M.. **Use of Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens**. Journal of economic entomology, v. 95, n. 1, p. 214-220, 2002.

REES, David. **Insects of stored products**. CSIRO publishing, v. 1, p 62; 112, 2004.

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.

RHO, Myung Suk. **Behavioral regulation of nutrient intake in the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)**. Tese de Doutorado. Seoul National University, 2018.

ROMÃO, Ricardo. **Osteologia das aves**. Universidade de Évora – Departamento de Zootecnia, Portugal, 2011.

SANTOS JUNIOR, R. R.; CARACRIST, I. **Análise climática do maciço de Baturité (CE): subsídio ao planejamento e gestão ambiental**. *Ciência Geográfica*, Bauru, v. 26, n. 4, p. 2227-2258, Jan./Dez. 2022.

SCHMITT C.J., COOK J.A., ZAMUDIO K.R., EDWARDS S.V. **Museum specimens of terrestrial vertebrates are sensitive indicators of environmental change in the Anthropocene**. *Phil. Trans. R. Soc. B* 374: 20170387, 2018
<http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2017.0387>

SIEMIANOWSKA, E.; Kosewska, A., Aljewicz, M., Skibniewska, K. A., Polak-Juszczak, L., Jarocki, A., & Jedras, M. **Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food**. *Agricultural Sciences*, vol.4, No. 6, 2013.

SOUZA-SILVA, Mariana de; ***Tenebrio molitor* L. 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae): análise cienciométrica e avaliação do desenvolvimento sob diferentes densidades de substrato**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2025.

SIZER, Sedef Selviler; Semih, Kurt; Burcu, Onuk & Kabak, Murat. **Using Mealworms (Arthropoda: Tenebrionidae) to Prepare Rat Skeleton**. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, p. 1-12, 2023.

SOMMER, Helmut G.; ANDERSON, Sydney. **Cleaning skeletons with dermestid beetles—two refinements in the method**. *Curator: The Museum Journal*, v. 17, n. 4, p. 290-298, 1974.

TIEMEIER, Otto William. **The Dermestid Method of cleaning Skeletons**, *Kansas University Science Bulletin*, 1940, ref. 2, Vol. 26, No. 10, pp 377-383, 1940

VAN WIJNGAARDEN, A.; De Vries, H. **Over het skeletteren van kleine zoogdieren.** De Levende Natuur, v. 59, n. 6, p. 138-143, 1956.

VORHIES, Charles T. **A chest for dermestid cleaning of skulls.** Journal of Mammalogy, v. 29, n. 2, p. 188-189, 1948.

ZAKKA, U.; DIMKPA, S. O. N.; LALE, N. E. S. **Morphometric Studies of Different Developmental Stages of Dermestes maculates (Degeer, 1776) (Coleoptera: Dermestidae).** Current Research Journal of Biological Sciences, v. 1, n. 3, p. 99-101, 2009.