

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS- CECA

ELYSON TAUAN ARAUJO DE SOUZA

**CRIAÇÃO E MANUTENÇÃO DE *Tenebrio molitor* L. (COLEOPTERA,
TENEBRIONIDAE): UM RELATO DE CASO**

Rio Largo – AL

2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL

CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS- CECA

ELYSON TAUAN ARAUJO DE SOUZA

**CRIAÇÃO E MANUTENÇÃO DE *Tenebrio molitor* L. (COLEOPTERA,
TENEBRIONIDAE): UM RELATO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Alagoas – UFAL, Campus de Engenharias e
Ciências Agrárias – CECA, como pré-
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Zootecnia.

Orientadora: Prof^a Dr^a Tania Marta
Carvalho dos Santos.

Rio Largo – AL

2026

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Stefano João dos Santos

S729c Souza, Elyson Tauan Araujo de

Criação e manutenção de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera, tenebrionidae):
um relato de caso. – Rio Largo - Al, 2026.

56 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Zootecnia) Universidade Federal de Alagoas, Campus Ceca – Rio largo,
2026.

Orientadora: Profª Drª Tania Marta Carvalho dos Santos.

1. *Tenebrio molitor*. 2. Entomocultura. 3. Tenebrionidea. I. Título.

CDU: 595.76

FOLHA DE APROVAÇÃO

ELYSON TAUAN ARAUJO DE SOUZA

CRIAÇÃO E MANUTENÇÃO DE *Tenebrio molitor* L. (COL EOPTERA, TENEBRIONIDAE): UM RELATO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Alagoas como parte dos
requisitos para obtenção do título de Bacharel em
Zootecnia apresentado em 22/05/2026

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **TANIA MARTA CARVALHO DOS SANTOS**
Data: 03/06/2026 11:51:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Drª. Tania Marta Carvalho dos Santos
Universidade Federal de Alagoas Orientadora

Documento assinado digitalmente
 **PAULA CIBELLY VILELA DA SILVA**
Data: 07/06/2026 20:50:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MsC. Paula Cibelly Vilela da Silva (Renorbio/
Universidade Federal de Alagoas Examinadora
Externa

Documento assinado digitalmente
 **YAMINA COENTRO MONTALDO**
Data: 03/06/2026 12:07:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Drª Yamina Coentro Montaldo
Universidade Federal de Alagoas
Examinadora Interna

AGRADECIMENTOS

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso representa a concretização de uma etapa fundamental em minha formação, sendo fruto de um esforço que transcende a dedicação individual. Por isso, a expressão de minha gratidão é indispensável.

Em primeiro lugar, Eu agradeço a Deus, pela força, pela saúde e pela clareza de propósito que Ele me concedeu para superar os desafios inerentes à jornada acadêmica e concluir esta obra.

Aos meus familiares, dedico meu profundo e sincero reconhecimento. À minha mãe, Maria Marta Araújo da Silva, e ao meu pai, Elson Inácio de Souza, por serem meus pilares inabaláveis, por todo o apoio emocional e financeiro, e por terem me ensinado, através de seus exemplos, o valor da perseverança e do estudo. O amor e a crença depositados em mim foram a minha maior motivação.

Expresso minha gratidão incondicional aos meus amigos, que, com sua amizade, paciência e companheirismo, souberam aliviar as tensões e tornar os momentos de estudo mais leves. A jornada não teria sido a mesma sem o incentivo e a cumplicidade de vocês.

A minha orientadora, Professora e Dr^a Tânia Marta Carvalho dos Santos por sua indispensável orientação e a Professora Dr^a Yamina Coentro Moltando por sua disponibilidade, paciência e por compartilhar seu conhecimento técnico, que foi essencial para o desenvolvimento e o rigor científico desta pesquisa sobre o *Tenebrio molitor*.

A todos os professores da Zootecnia que fizeram parte da minha jornada no Centro de Ciências Agrárias – (CECA).

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram com um gesto de apoio, uma palavra de incentivo ou uma valiosa colaboração durante a elaboração deste trabalho. A todos, o meu muito obrigado

RESUMO

A busca por fontes proteicas alternativas tem impulsionado estudos sobre a produção de alimentos de forma socioambiental e sustentável. Nesse cenário, o *Tenebrio molitor* L. apresenta-se como uma excelente opção para a alimentação animal e humana, unindo altíssima proteína e viabilidade econômica. Diante disso, este estudo teve como objetivo relatar a experiência prática vivenciada no manejo laboratorial e na manutenção de colônias de tenébrios. O cultivo foi realizado em caixas plásticas de 30 cm de comprimento por 18 cm de largura e 10 cm de altura, utilizando como substrato e fonte de alimentação base trigo e milho. A umidade necessária para o desenvolvimento dos insetos foi fornecida através de tubérculos, vegetais e meios alternativos para obtenção de água, sendo as trocas alimentares e limpezas realizadas com uma frequência praticamente diária. A rotina de manejo consistiu em separação manual das fases de vida do inseto, além da limpeza das caixas e retirada das fezes/frass. Durante a experiência, observou-se que os principais desafios para a manutenção saudável da criação foram a infestação por mariposas e a alta mortalidade de pupas ocasionadas por moscas, principalmente, exigindo intervenções frequentes. Conclui-se que o manejo do bicho-da-farinha apresenta grande viabilidade prática, mas evidencia que o sucesso da entomocultura depende diretamente do controle rigoroso de fatores ambientais e sanitários no dia a dia.

Palavras-chave: bicho-da-farinha, entomologia, entomocultura, rotina laboratorial

ABSTRACT

The search for alternative protein sources has driven studies on socio-environmentally and sustainably produced food. In this scenario, *Tenebrio molitor* L. presents itself as an excellent option for animal and human food, combining very high protein content with economic viability. Therefore, this study aimed to report the practical experience gained in the laboratory management and maintenance of mealworm colonies. Cultivation was carried out in plastic boxes measuring 30 cm long by 18 cm wide and 10 cm high, using wheat and corn as substrate and food source. The moisture necessary for the insects' development was provided through tubers, vegetables, and alternative means of water supply, with food changes and cleaning performed almost daily. The management routine consisted of manually separating the insect's life stages, as well as cleaning the boxes and removing feces/frass. During the experience, it was observed that the main challenges for maintaining a healthy colony were moth infestation and high pupal mortality caused primarily by flies, requiring frequent interventions. It is concluded that mealworm management has great practical viability, but it is evident that the success of entomoculture depends directly on the rigorous control of environmental and sanitary factors on a daily basis.

Keywords: mealworm, entomology, entomoculture, laboratory routine

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da rotina de manejo laboratorial e manutenção do <i>Tenebrio molitor</i>	14
Figura 2 – Ilustração do ciclo de vida do <i>Tenebrio molitor</i>	17
Figura 3 – Taxonomia completa do <i>Tenebrio molitor</i>	18
Figura 4 – Posturas de <i>T. molitor</i> aderidas ao fundo dos recipientes de reprodução: (A) amostra do primeiro recipiente; (B) amostra do segundo recipiente.....	19
Figura 5 – Larva de <i>Tenebrio molitor</i> recém-eclodida logo após a troca do exoesqueleto (ecdise)	20
Figura 6 – Produto final: biomassa larval de <i>Tenebrio molitor</i> submetida à desidratação e acondicionamento a vácuo	25
Figura 7 – Fluxograma das etapas de vivência prática e manejo no LECOM (2024 – 2026) 28	
Figura 8 – Caixa plástica (tipo embalagem de alimentos) utilizadas na criação dos <i>Tenebrios</i>	30
Figura 9 – Resíduos de hortaliças e frutas provenientes do descarte do restaurante universitário. Em (A), sobras de tubérculos e vegetais; em (B), cascas e restos de frutas	32
Figura 10 – Pinças anatômicas retas em aço inoxidável de três tamanhos distintos (12 cm, 16 cm e 26 cm, respectivamente)	34
Figura 11 – Operação de peneiramento para separação do frass larval com uso de proteção respiratória	35
Figura 12 – Besouros adultos de <i>Tenebrio molitor</i> recém-eclodidos aderidos ao material têxtil de reuso	36
Figura 13 – Evidência da colonização e tecimento de teias por <i>Ephestia kuehniella</i> no ambiente de criação. (A) mostra um intenso emaranhado de teias formadas no substrato; (B) detalhe de amostra extraída manualmente com auxílio de pinça	38
Figura 14 – Larva de <i>Tenebrio molitor</i> em estado de melanização cadavérica, indicativo de infecção patogênica	39

- Figura 15 – Painel fotográfico do armazenamento do frass: (A) detalhe da granulometria; (B e C) recipientes de acondicionamento; (D) volume total armazenado 51
- Figura 16 – Painel fotográfico da infestação por *Ephestia kuehniella* nas caixas de criação: (A) espécime adulto pousado na parede lateral de uma caixa de criação; (B) pupas de *Tenebrio molitor* emaranhadas na teia de seda; (C) colonização maciça de teias na face basal úmida da cana-de-açúcar fornecida como suplementação hídrica; (D) aderência de larvas jovens aos fios de seda, evidenciando o prejuízo na mobilidade e no manejo de triagem..... 52
- Figura 17 – Painel fotográfico do manejo reprodutivo e desenvolvimento de adultos de *Tenebrio molitor*: (A) triagem manual de besouros recém-emergidos para formação de nova colônia matriz; (B) caixas de reprodução utilizando bandejas de papelão para fornecimento de refúgio e retenção de umidade; (C) adultos jovens (até 48 horas pós-emergência) com coloração castanho-avermelhada em processo de esclerotização; (D) adultos maduros (a partir de 72 horas pós-emergência) apresentando exoesqueleto quase que totalmente esclerotizado e escurecido..... 53
- Figura 18 – Painel fotográfico do manejo e metamorfose da fase pupal: (A) uso de recipiente plástico perfurado (tipo escorredor) como berçário, favorecendo a aderência de adultos recém-emergidos nas paredes laterais; (B) armações plásticas com fundo falso confeccionadas em impressora 3D, atuando como peneira para retenção de pupas e fixação de adultos; (C) recipiente de amostragem contendo pupas em estágio avançado (aproximadamente 144 horas) e adultos recém-emergidos com menos de 24 horas de eclosão; (D) agrupamento de larvas em estágio final de desenvolvimento, evidenciando o momento exato da metamorfose (empupamento) de dois espécimes 54
- Figura 19 – Painel fotográfico das unidades de criação de *Zophobas morio*: (A) bombona plástica adaptada contendo larvas em intensa atividade; (B) unidade de criação evidenciando o substrato nutricional e a utilização de cascas de abacaxi como fonte hídrica 55

LISTA DE SIGLAS

Cm	—	Centímetros
E	—	<i>Ephestia</i>
L	—	Linnaeus
N	—	<i>Nosema</i>
T	—	<i>Tenebrio</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	MATERIAL E MÉTODO.....	15
3.1	Local e Período de Realização	15
3.2	Estrutura de Criação e Alimentação	15
3.3	Rotina de Manejo e Manutenção	16
3.4	Monitoramento Sanitário	16
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1	Classificação e Aspectos Biológicos do <i>Tenebrio molitor</i> L.	19
3.1.0.1	Morfologia das Diferentes Fases de Vida	21
3.1.0.2	Cronologia do Desenvolvimento e Condicionantes Ambientais	25
3.1.0.3	Reprodução e Sexagem	26
3.2	Tenebriocultura: Definição e Conceitos.....	27
3.3.0.1	Principais Ameaças Bióticas no Sistema de Criação	29
3.3	O <i>Tenebrio molitor</i> como Matriz Proteica na Nutrição Animal e humana.....	30
4	RELATO DE CASO	34
4.1	Estruturação e Preparo do Ambiente Físico	36
4.2	Rotina de Manejo Zootécnico	38
4.3	Desafios Sanitários e Controle Zootécnicos	43
4.4	Eficiência Econômica e Desempenho Produtivo.....	46
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
	REFERÊNCIAS.....	50
	APÊNDICE A – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DO ACONDICIONAMENTO DO FRASS PRODUZIDO	53
	APÊNDICE B – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA INFESTAÇÃO POR <i>Ephesia kuehniella</i> NAS UNIDADES DO PLANTEL	54
	APÊNDICE C – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DO DESENVOLVIMENTO E MANEJO DO <i>Tenebrio molitor</i>	55

APÊNDICE D – MANEJO, TRIAGEM E DESENVOLVIMENTO DA FASE PUPAL DE <i>Tenebrio molitor</i>	56
APÊNDICE E – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA CRIAÇÃO E MANEJO DO <i>Zophobas morio</i> (TENÉBRIO GIGANTE)	57

1 INTRODUÇÃO

A Entomologia, em sua essência, é a ciência dedicada ao estudo dos insetos e de suas complexas interações com o ecossistema, o ser humano, as plantas e outros animais. Historicamente, essa área do conhecimento foi repartida em ramos específicos, como a Entomologia Agrícola, Médica e Veterinária, visando compreender desde a biologia básica até o controle de pragas. Contudo, na contemporaneidade, a visão sobre os insetos tem passado por uma acentuada transformação. Ao invés de só serem vistos majoritariamente como ameaças às lavouras ou vetores de doenças, os insetos aparecem como recursos biológicos fundamentais, dando origem a novas abordagens aplicadas, especialmente dentro da Zootecnia.

Esse novo olhar científico é impulsionado por uma urgência global. Com a projeção de um crescimento populacional contínuo — estimando-se que o planeta ultrapasse a marca de 10 bilhões de habitantes nas próximas décadas —, a demanda por alimentos, em especial as fontes proteicas de origem animal, sofrerá uma pressão sem precedentes (FAO, 2022). O modelo tradicional de produção agropecuária esbarra em limitações físicas e ambientais. A dependência de *commodities* convencionais para a formulação de dietas animais, como o farelo de soja e a farinha de peixe, gera impactos socioambientais significativos, incluindo o esgotamento de terras agricultáveis e o uso intensivo de agroquímicos, o que favorece o surgimento de pragas resistentes e reforça a necessidade iminente de alternativas mais sustentáveis na cadeia produtiva (VAN HUIS; TOMBERLIN, 2020).

É nesse cenário desafiador que a entomocultura, ou seja, a criação comercial de insetos, ganha protagonismo mundial. A utilização de novas espécies para a alimentação animal e humana deixou de ser apenas uma curiosidade cultural para se tornar uma estratégia viável de segurança alimentar, visto que a exploração de insetos, como as abelhas ou o bicho-da-seda, não é uma novidade histórica. Essa prática alinha-se perfeitamente aos princípios da economia circular, em razão de diversas espécies possuírem a capacidade de atuar como eficientes agentes de bioconversão, transformando resíduos orgânicos e subprodutos agroindustriais de baixo valor em biomassa rica em nutrientes (GASCO *et al.*, 2021).

Dentre as espécies avaliadas, o *Tenebrio molitor* L., popularmente conhecido como bicho-da-farinha, consolida-se como um dos modelos mais estudados e promissores. Na nutrição animal, a larva desse besouro tem sido amplamente requerida como uma fonte alternativa para a substituição parcial ou total das proteínas habituais

na formulação de rações. Essa aplicabilidade deve-se ao seu notável perfil nutricional, que apresenta níveis de proteína bruta variando entre 47% e 60%, além de uma alta eficiência energética e lipídica a longo prazo (KRÖNCKE; BENNING, 2022).

Além dos benefícios diretos na alimentação, a criação de *T. molitor* destaca-se pelo seu baixo impacto ambiental e viabilidade econômica. O inseto exige frações mínimas de água e espaço físico quando comparado aos animais de produção tradicionais. Adicionalmente, o subproduto dessa criação, conhecido como *frass* (excremento das larvas misturado a restos de exoesqueleto e alimento), atua como um biofertilizante orgânico de altíssima qualidade, promovendo a saúde do solo e a sustentabilidade no setor agrícola (KOU *et al.*, 2023).

Apesar do evidente potencial zootécnico e agrônômico, a expansão da entomofagia e da entomocultura ainda enfrenta barreiras significativas no Ocidente, especialmente ligadas ao preconceito cultural por parte da população e à necessidade de padronização nas técnicas de manejo. Para que a adoção dessa matriz proteica seja efetivamente consolidada, é imprescindível desmistificar o processo de criação, provando a sua viabilidade econômica e estabelecendo parâmetros rigorosos para a manutenção saudável dessas colônias.

Diante do exposto e da relevância que a espécie apresenta para a inovação autossustentável na produção animal, este estudo justifica-se pela necessidade de aprofundar o conhecimento técnico e vivencial sobre o manejo do inseto. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo relatar a experiência prática adquirida na rotina laboratorial de criação de colônias de tenébrios, descrevendo detalhadamente as estruturas utilizadas, as metodologias de manejo diário e os principais desafios sanitários e ambientais enfrentados durante o acompanhamento das fases de desenvolvimento da espécie.

2 MATERIAL E MÉTODO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) caracteriza-se como um Relato de Experiência, de natureza descritiva e abordagem qualitativa. Este método tem como alvo registrar e analisar as práticas vivenciadas durante o manejo laboratorial, descrevendo as técnicas utilizadas, os desafios encontrados e as soluções aplicadas no cultivo da espécie.

3.1 Local e Período de Realização

As atividades práticas de criação e manejo do *Tenebrio molitor* L. foram desenvolvidas nas dependências do laboratório de ecologia e comportamento de artrópodes (LECOM) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA-UFAL), localizado no município de Rio Largo - AL. O acompanhamento da colônia e a coleta de dados para este relato ocorreram no período de março a outubro de 2024/2025. Durante o período do experimento, o ambiente laboratorial era controlado por ar-condicionado e manteve temperatura média de 24 °C e 20% de umidade relativa do ar.

3.2 Estrutura de Criação e Alimentação

Para a manutenção das colônias, os insetos foram acondicionados nas caixas plásticas de criação, cujo topo permaneceu aberto para garantir a ventilação adequada. O uso de tela mosquiteira foi restrito aos recipientes contendo as pupas, atuando como barreira contra vetores e pragas externas.

O substrato utilizado, que serviu simultaneamente como "cama" e fonte primária de alimentação seca, foi composto por farelo de trigo puro ou, eventualmente, por uma mistura de farelo de trigo e milho, mantido a uma profundidade aproximada de 3 a 5 centímetros. Para suprir a necessidade hídrica dos insetos e fornecer umidade ao microambiente, utilizaram-se rodela de cenoura, chuchu e batata. Esses suprimentos aquosos foram ofertados diretamente sobre o substrato ou, em casos de alto teor de água, sobre um papel-toalha. A interposição dessa matriz celulósica teve como objetivo modular a liberação de umidade e proteger a dieta seca contra o excesso de saturação.

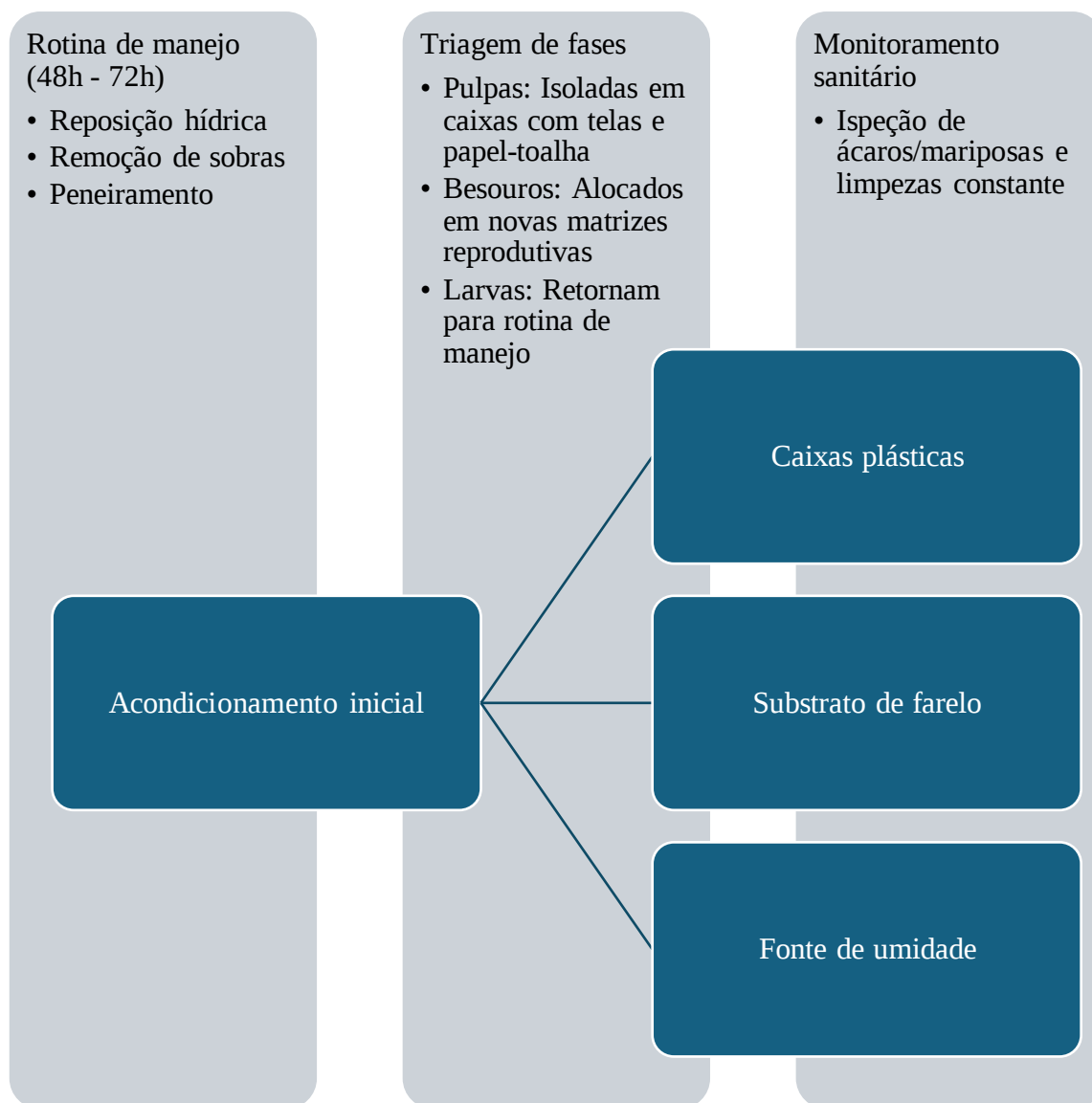
3.3 Rotina de Manejo e Manutenção

A rotina de manejo laboratorial ocorria de forma alternada, a cada 48 horas e as vezes, a cada 72 horas. Durante as manutenções, realizava-se a reposição da fonte de umidade, retirando-se os restos alimentares anteriores para evitar a proliferação de fungos. A limpeza do substrato consistia na utilização de peneiras de malha 12mm até as de 0,850 mm para separação das fezes (frass), exúvias (exoesqueleto), agentes externos que se aderiram ao farelo do restante da colônia.

Para otimizar o desenvolvimento e evitar o canibalismo, realizou-se a separação sistemática das fases de vida do inseto. As pupas encontradas na caixa principal eram coletadas manualmente com o auxílio de pinças e transferidas para recipientes vazios e vedados por tela de malha fina (tipo nylon), onde ficavam sobre papel toalha até a emergência dos adultos. Após a eclosão, os besouros eram alocados em matrizes reprodutivas.

3.4 Monitoramento Sanitário

Durante o período de criação, foi estabelecida uma rotina de observação visual para o controle de pragas secundárias. Ao identificar focos de infestação por invasores, como ácaros, mariposas e moscas, as medidas adotadas consistiam em separar imediatamente as teias de mariposas do farelo, peneirar e retirar as fezes para desagregar os ácaros e descartar materiais úmidos já envelhecidos, os quais atraíam insetos externos. Para ilustrar de forma sintética a rotina laboratorial descrita, a sequência dos procedimentos metodológicos adotados encontra-se sistematizada no fluxograma a seguir (Figura 1).

Figura 1 — Fluxograma da rotina de manejo laboratorial e manutenção do *Tenebrio molitor*

Fonte: Autor (2026).

3 REVISÃO DE LITERATURA

A entomocultura, definida como a criação racional e comercial de insetos, tem se consolidado como uma das áreas mais inovadoras e disruptivas das ciências agrárias no século XXI. Impulsionada pela necessidade urgente de garantir a segurança alimentar global diante do crescimento populacional e do esgotamento dos recursos naturais, a criação de insetos deixou de ser uma prática de nicho para se tornar uma alternativa zootécnica de grande escala. Órgãos internacionais destacam que a inserção de insetos nas cadeias produtivas agropecuárias é uma estratégia fundamental, pois esses organismos possuem uma notável eficiência na conversão de biomassa, exigindo consideravelmente menos espaço físico e insumos hídricos quando comparados aos vertebrados de produção tradicional (FAO, 2022; VAN HUIS, 2021).

Dentro da Zootecnia e da nutrição animal, a busca por matrizes proteicas alternativas tornou-se uma prioridade. Atualmente, a formulação de dietas para animais de produção, especialmente monogástricos (aves e suínos) e organismos aquáticos, é altamente dependente de *commodities* como o farelo de soja e a farinha de peixe. Essa dependência gera uma competição direta com a alimentação humana, além de sujeitar os produtores à alta volatilidade dos preços no mercado internacional e aos severos impactos ambientais causados pela expansão de monoculturas e pela sobrepesca (RIBEIRO *et al.*, 2022). Diante desse gargalo produtivo, os insetos surgem como uma fonte de proteína de alta digestibilidade que não compete por áreas de plantio tradicionais.

Nesse contexto de transição alimentar, o *Tenebrio molitor* L., comumente conhecido como bicho-da-farinha, desponta como uma das espécies que mais tem ganhado destaque global. A exploração comercial e científica desse coleóptero é impulsionada pelo seu excepcional valor nutricional. As larvas desidratadas apresentam níveis de proteína bruta que podem ultrapassar 50%, além de um perfil lipídico rico em ácidos graxos essenciais. Mais do que um simples substituto proteico, a inclusão da farinha de *T. molitor* nas rações tem demonstrado efeitos nutracêuticos. A presença de quitina (componente do exoesqueleto dos insetos) e de peptídeos antimicrobianos atua como um prebiótico natural, melhorando a saúde intestinal e a resposta imunológica dos animais que foram alimentados com essa dieta (KRÖNCKE E BENNING, 2022; BESSA *et al.*, 2021).

Outro pilar que sustenta o avanço da criação de tenébrios é a sua integração quase perfeita com os conceitos de economia circular e biorrefinaria. A espécie possui a notável capa-

cidade biológica de se desenvolver a partir de subprodutos orgânicos e resíduos agroindustriais de baixo valor agregado como farelos de moinho, polpas de frutas e vegetais descartados, transformando-os em biomassa própria e de grande valor. Além disso, a sua criação gera um resíduo, um coproduto que atua como um biofertilizante orgânico potente, promovendo a ciclagem de nutrientes e a saúde do solo de forma sustentável (MACHONA *et al.*, 2023).

Do ponto de vista produtivo, como seu ciclo de vida é relativamente curto, a criação do *T. molitor* torna-se rápida e economicamente viável. No entanto, a padronização e a eficiência do seu desenvolvimento, a taxa de sobrevivência e o ganho de peso das larvas são fortemente influenciados por práticas de manejo. Parâmetros como temperatura, umidade relativa do ar, densidade populacional e a umidade da dieta são determinantes para o sucesso sanitário e produtivo das colônias. Portanto, compreender minuciosamente esses parâmetros ambientais e a biologia básica do inseto é o primeiro passo para a implementação de protocolos de criação que sejam, ao mesmo tempo, rentáveis e seguros (MACHONA *et al.*, 2023).

A fundação teórica para a criação e manutenção de colônias de *Tenebrio molitor* repousa sobre um entendimento aprofundado de sua biologia, ecologia e fisiologia. Compreender os mecanismos intrínsecos que regem o ciclo de vida desta espécie, suas demandas nutricionais e as condições ambientais ideais é crucial para otimizar os processos de criação, garantindo a saúde e a produtividade das populações em cativeiro.

Esta seção se dedicará a explorar em detalhe os aspectos biológicos fundamentais do *Tenebrio molitor*, abordando sua morfologia e todas as suas diversas fases de desenvolvimento, além de discutir os fatores que influenciam sua reprodução e ciclo de vida. Posteriormente, o foco se voltará para as particularidades de sua nutrição e as exigências ambientais, detalhando desde a dieta ideal até os parâmetros de temperatura e umidade essenciais para a sua prosperidade.

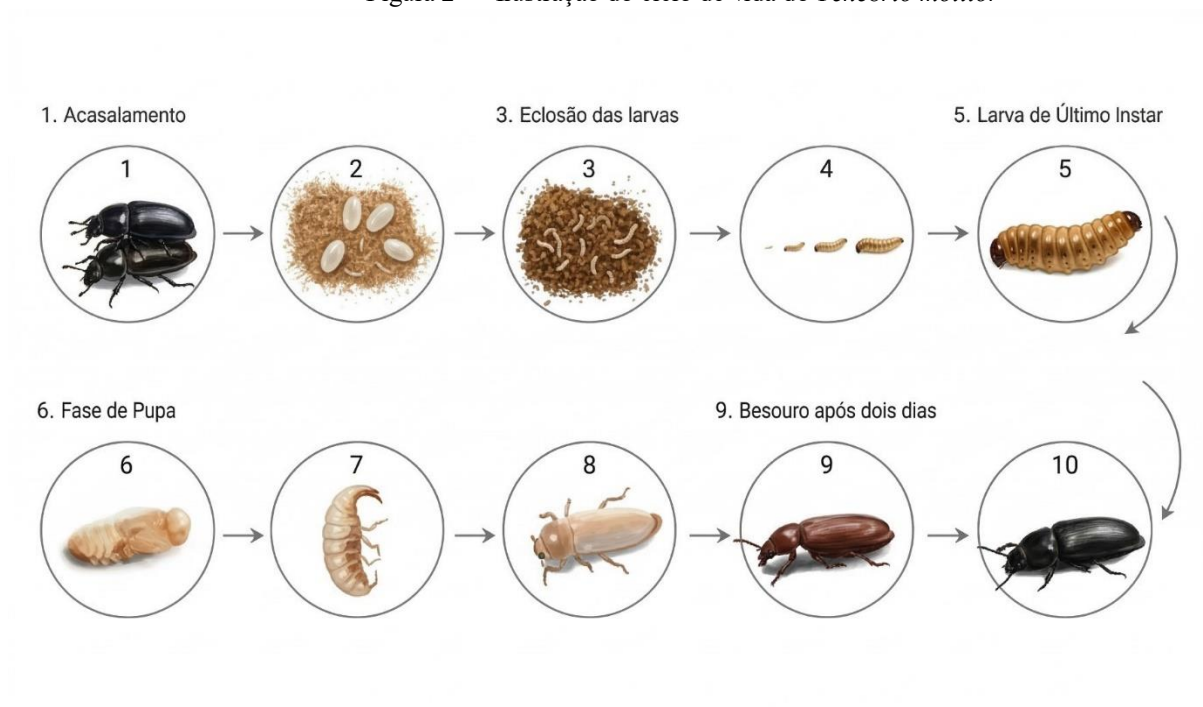
3.1 Classificação e Aspectos Biológicos do *Tenebrio molitor* L.

O *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758, é um inseto holometábolo, isto é, sua biologia divide-se em quatro fases distintas de desenvolvimento: ovo, larva, pupa e adulto (Figura 2). A fase larval é a de maior relevância econômica e nutricional, sendo amplamente explorada como fonte de alimento para animais de produção, pets e, de forma crescente, para o consumo humano direto, prática denominada entomofagia (KRÖNCKE; BENNING, 2022; KOU *et al.*, 2023).

A dinâmica de crescimento entre essas fases, no entanto, não é rígida e apresenta uma notável plasticidade fenotípica. Após a eclosão, o inseto transita pelo estágio inicial de micro-larva, um período de elevada vulnerabilidade que exige substratos finos e condições adequadas para evitar a mortalidade precoce (RUMBOS *et al.*, 2020).

À medida que avança para a fase de larva completa, a velocidade do seu desenvolvimento e o acúmulo de biomassa passam a ser estritamente regulados pelas condições do microclima e pela qualidade da dieta ofertada. Em ambientes subótimos, o inseto possui a capacidade fisiológica de reduzir seu metabolismo e prolongar o período larval, adiando a pupação até que as condições se tornem favoráveis. Essa excepcional resiliência biológica é o fator-chave que garante a sua sobrevivência fora do seu habitat natural (RUMBOS *et al.*, 2020).

Figura 2 — Ilustração do ciclo de vida do *Tenébrio molitor*



Fonte: Autor (2026).

Pertencente à família tenebrionidae e a ordem dos coleópteros (Figura 3), originalmente acredita-se que a espécie seja endêmica de regiões de clima temperado, como o Mediterrâneo Oriental, Europa e Ásia. Contudo, devido à sua capacidade de adaptação e ao fato de alimentar-se de produtos de origem vegetal armazenados, o *T. molitor* espalhou-se globalmente através das rotas de comércio agrícola. Hoje, é considerado uma espécie cosmopolita, capaz de colonizar armazéns e depósitos em diversas partes do mundo, inclusive em países tropicais,

embora apresente baixa taxa de crescimento em condições adversas e não seja considerado uma praga agrícola de grande impacto (FRANCARDI *et al.*, 2021).

A facilidade de manejo e o reduzido impacto ambiental do tenébrio o posicionam como uma solução promissora para a segurança alimentar e a economia circular. O inseto possui alta eficiência de conversão alimentar, transformando biomassa vegetal em proteína de excelente qualidade de forma mais eficiente do que animais de produção convencionais, exigindo expressivamente menos área, água e energia (ZOU *et al.*, 2022). Ademais, sua capacidade de processar diversos resíduos orgânicos, incluindo subprodutos agrícolas como farelo de trigo, o torna um agente biológico altamente eficaz em sistemas de bioconversão (GASCO *et al.*, 2021).

Figura 3 — Taxonomia completa do *Tenebrio molitor*

CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA	
Domínio	Eukarya
Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordem	Coleoptera
Família	Tenebrionidae
Gênero	Tenébrio
Espécie	<i>Tenebrio molitor</i>

Fonte: Autor (2026), com base em Gallo *et al.* (2002).

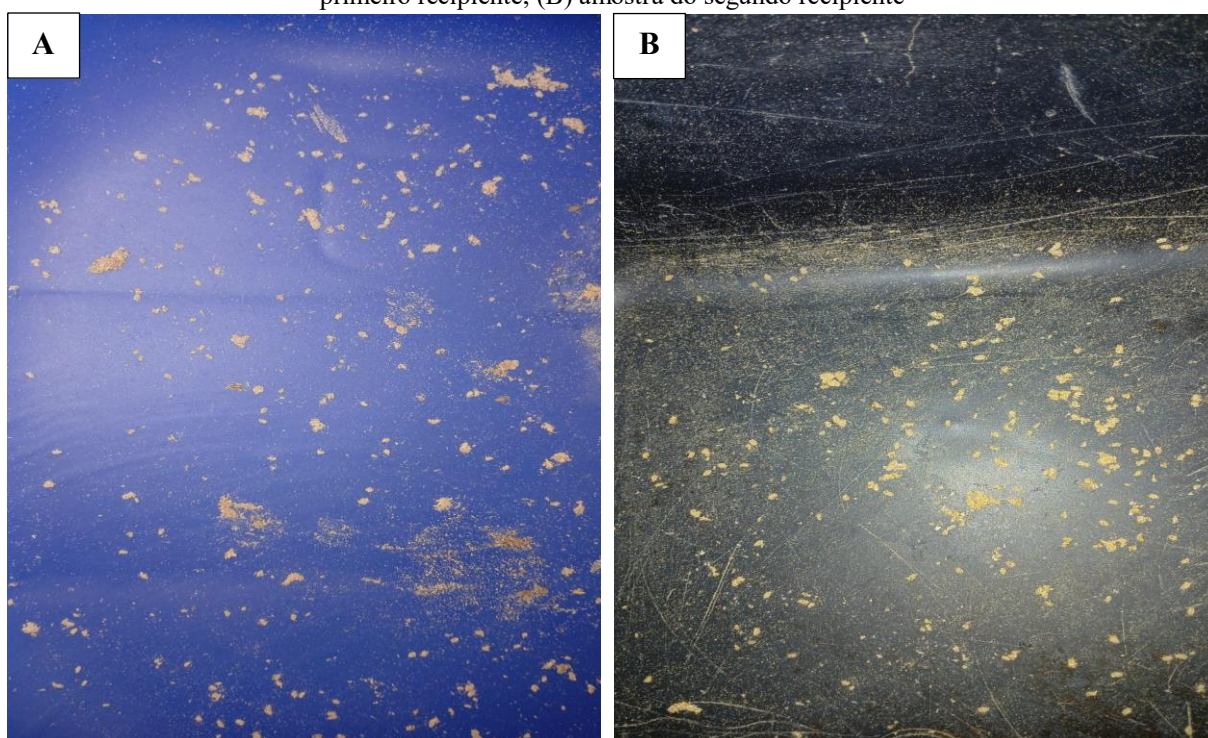
3.1.0.1 Morfologia das Diferentes Fases de Vida

O ciclo de vida da espécie é fortemente influenciado por fatores ambientais, como temperatura, umidade, fotoperíodo e composição da dieta, podendo durar de três meses a mais de um ano dependendo do ambiente em que é condicionado. A reprodução é sexuada e, poucos dias após a cópula, a fêmea inicia a oviposição (EBERLE *et al.*, 2022).

Ovo: Os ovos são pequenos, de formato elipsoidal e de cor branco-creme, medindo aproximadamente entre 1,3 e 1,5 mm de comprimento e 0,6 mm de largura (GALLO *et al.*, 2002). São depositados em aglomerados, geralmente no fundo do substrato ou nos alimentos

disponíveis onde ficam aderidos (Figura 4). A superfície do ovo possui ranhuras superficiais longitudinais, características que auxiliam na sua identificação microscópica. A taxa de eclosão, bem como o tempo de incubação podem ser influenciadas diretamente por fatores externos, como a variação da umidade e a temperatura (EBERLE *et al.*, 2022; BAEK *et al.*, 2021). Em condições laboratoriais otimizadas, uma fêmea adulta é capaz de depositar entre 300 e 800 ovos e essa alta capacidade reprodutiva é o que torna a criação em larga escala viável e interessante do ponto de vista zootécnico (MORALES-RAMOS *et al.*, 2021).

Figura 4 - Posturas de *T. molitor* aderidas ao fundo dos recipientes de reprodução: (A) amostra do primeiro recipiente; (B) amostra do segundo recipiente



Fonte: Autor (2026).

Larva: A eclosão das larvas ocorre entre 10 e 14 dias após a realização da postura. Inicialmente, possuem cerca de 3 mm de comprimento e coloração translúcida, adquirindo um tom amarelo-acastanhado à medida que se desenvolvem e formam o exoesqueleto quitinoso (Bordiean *et al.*, 2022). A fase larval é a mais prolongada e economicamente relevante do ciclo de vida do tenébrio, apresentando uma duração média que varia de 90 a 120 dias sob condições controladas e de acordo com a dieta e o manejo. As larvas recém-eclodidas são finas e de cor creme claro (Figura 5), desenvolvendo-se gradualmente em tamanho e coloração até atingirem uma tonalidade marrom-avermelhada ou amarelada quando maduras (PAULO *et al.*, 2024).

Morfologicamente, as larvas de *Tenebrio molitor* são oligópodas (possuem três pares de pernas torácicas verdadeiras), cilíndricas e segmentadas, apresentando um exoesqueleto quitinoso que passa por uma série de mudas (ecdises) para permitir o crescimento. Para cada muda, o inseto troca seu exoesqueleto por um novo e maior, sendo o número de instares larvais variável, embora comumente se observe entre 9 e 11 estágios, dependendo das condições de criação (PAULO *et al.*, 2024). A cabeça é prognata, com mandíbulas fortes e adaptadas à mastigação (GALLO *et al.*, 2002). A capacidade de se alimentar e crescer eficientemente é uma característica marcante desta fase, sendo fundamental para seu aproveitamento como fonte de proteína e lipídeo (BORDIEAN *et al.*, 2022). O crescimento não é contínuo, ocorrendo de forma intermitente através de sucessivas mudas ou ecdises (Figura 5). Para aumentar de tamanho, a larva descarta o exoesqueleto antigo em intervalos regulares. Esse processo, mediado por hormônios como a ecdisona, representa uma fase de alta vulnerabilidade, na qual o inseto recém-emergido apresenta cutícula macia e maleável, tornando-se suscetível à desidratação, predação e até ao canibalismo por parte da sua própria espécie até o endurecimento completo (BAEK *et al.*, 2021).

Figura 5 - Larva de *Tenebrio molitor* recém-ecdizada logo após a troca do exoesqueleto (ecdise)



Fonte: Autor (2026).

Durante essa fase, o desenvolvimento é marcado por um acúmulo contínuo de biomassa, intercalado por ecdises sucessivas. A plasticidade fenotípica das larvas permite certa adaptação

a dietas marginais, o que representa uma vantagem evolutiva de sobrevivência. No entanto, para fins de uma produção zootécnica controlada, a formulação precisa da dieta é o fator limitante para maximizar o rendimento de carcaça e que pode estar em conjunto a alguns princípios semelhantes aos aplicados na produção de animais convencionais, a seleção zootécnica na entomocultura tornou-se uma ferramenta crucial (COSTA *et al.*, 2023).

Pupa: Após completar o desenvolvimento larval, o inseto entra na fase de pupa. Nesta etapa, ocorrem profundas transformações metabólicas e morfológicas, preparando o organismo para a transição para a forma adulta. A pupa de *Tenebrio molitor* é do tipo exarata (ou livre), de cor inicial branca a amarelada que escurece progressivamente próximo à emergência, apresentando uma forma mais ou menos fusiforme. Embora não se desloque pelo substrato, é incorreto afirmar que é desprovida de mobilidade, visto que reage com movimentos abdominais vigorosos quando incomodada, atuando como um mecanismo natural de defesa (FERREIRA; OLIVEIRA, 2022). Possui apêndices, como asas e pernas, rudimentares e visíveis, que ficam dobrados e cobertos pelo exoesqueleto pupal. A duração desta fase é relativamente curta, durando em torno de 7 a 14 dias e total termossensibilidade (BAEK *et al.*, 2021; EBERLE *et al.*, 2022).

Adulto: O inseto adulto emerge da fase pupal com uma coloração esbranquiçada, passando por um rápido processo de esclerotização e pigmentação do exoesqueleto, adquirindo tons avermelhados até atingir sua coloração definitiva, variando do marrom-escuro ao preto opaco. A duração média até a formação completa do exoesqueleto é de 96 horas. Morfológicamente, possui antenas, três pares de pernas funcionais e o abdômen recoberto por élitros (asas anteriores endurecidas). Embora sejam alados e possuam asas membranosas sob os élitros, raramente voam, apresentando fototaxia negativa (comportamento fotofóbico) e por conta disso, preferem locomover-se caminhando pelo substrato. Essa sensibilidade a luz, junto a alta disponibilidade de alimento na criação em confinamento, pode ocasionar no atrofiamento dos élitros e impossibilitando o voo em algumas espécies da mesma família (GALLO *et al.*, 2002).

A principal função do adulto é reprodutiva. Alimentam-se e hidratam-se moderadamente em comparação à voracidade das larvas, direcionando sua energia metabólica para a cópula. Uma única fêmea é capaz de realizar a postura de centenas de ovos de forma contínua, garantindo a expansão da colônia (COSTA *et al.*, 2023). O tempo de longevidade do besouro adulto geralmente varia de 60 a 90 dias, dependendo diretamente dos fatores abióticos

do microclima, da densidade populacional e da disponibilidade de recursos. (STANCZYK *et al.*, 2024).

3.1.0.2 Cronologia do Desenvolvimento e Condicionantes Ambientais

A duração total do ciclo ontogenético de *Tenebrio molitor*, compreendendo o intervalo entre a oviposição e a emergência do adulto reprodutor, é governada de forma direta por fatores abióticos e pela qualidade do manejo nutricional fornecido. Sob condições controladas de insetário, mantendo a temperatura na faixa de 25 °C a 28 °C e a umidade relativa entre 60% e 80%, o ciclo biológico completo estende-se comumente por um período de 12 a 16 semanas, contrariando estimativas excessivamente aceleradas que desconsideram a extensão natural da fase larval (BAEK *et al.*, 2021).

A temperatura atua como um dos principais catalisadores do desenvolvimento metabólico destes coleópteros. O incremento térmico dentro dos limites fisiológicos toleráveis promove uma aceleração nas ecdises e encurta o tempo de permanência nas fases de larva e pupa, ao passo que ambientes resfriados induzem ao prolongamento acentuado do ciclo. Todavia, extremos térmicos são severamente deletérios, culminando em estresse celular, interrupção do desenvolvimento ou letalidade (BAEK *et al.*, 2021).

De maneira análoga, a higrometria do ar desempenha um papel crítico na homeostase da colônia, exercendo influência direta desde a viabilidade embrionária até a muda imaginal. Ambientes com umidade relativa excessivamente baixa provocam a desidratação do substrato e dos tecidos moles dos insetos, elevando a mortalidade crônica, enquanto cenários de alta umidade predisõem o ambiente à compactação do alimento e à proliferação de microrganismos patogênicos, como fungos e bactérias oportunistas (EBERLE *et al.*, 2022). Somando-se às variáveis microclimáticas, a composição bromatológica da dieta dita a velocidade de deposição de tecidos e o acúmulo de reservas corporais. Matrizes alimentares densas em nutrientes essenciais, como carboidratos estruturais, proteínas de alto valor biológico e lipídeos, catalisam o ganho de biomassa pré-pupal. Em contrapartida, a restrição alimentar ou o uso de substratos nutricionalmente inertes resultam em prolongamento do ciclo e nanismo larval, embora a inserção estratégica de subprodutos agroindustriais e fontes de umidade alternativas possa otimizar os índices de conversão sem onerar os custos de produção (SOUZA; OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2025).

Assim, o adensamento populacional e as propriedades físicas do substrato basal encerram o conjunto de fatores determinantes para o sucesso produtivo. Elevadas densidades de estocagem nas caixas de criação deflagram estresse social, elevação da temperatura interna por calor metabólico e episódios severos de canibalismo de ovos e pupas por parte das larvas. Portanto, a manutenção de um substrato poroso, capaz de reter umidade de forma equilibrada e fornecer abrigo tátil durante os períodos críticos de ecdise, associada a um manejo regular de peneiramento para remoção de dejetos, consolida-se como premissa zootécnica indispensável para mitigar a carga patogênica e assegurar a sincronia e a máxima eficiência reprodutiva do plantel (MORALES-RAMOS *et al.*, 2012).

3.1.0.3 Reprodução e Sexagem

A reprodução do *Tenebrio molitor* é estritamente sexuada, apresentando dimorfismo sexual que se torna morfológicamente distinguível a partir da fase de pupa e, posteriormente, na fase adulta, através da análise dos esternitos abdominais. Após a emergência e o período de esclerotização, os besouros se tornam maduros sexualmente e iniciam o comportamento de cópula, seguido pela façanha da ovoposição contínua das fêmeas. A taxa de fecundidade e o vigor reprodutivo também estarão intrinsecamente relacionados aos fatores do ambiente. Matrizes reprodutivas bem nutridas e mantidas em conforto térmico produzem posturas mais volumosas, com ovos de maior viabilidade e elevada taxa de eclosão (FERREIRA; OLIVEIRA, 2022).

Em seu desenvolvimento biológico, a compreensão do dimorfismo sexual do *T. molitor* é um fator determinante para a otimização reprodutiva em cativeiro. Na fase adulta, a diferenciação visual entre machos e fêmeas é considerada complexa a olho nu e dificilmente será uma avaliação precisa. Um jeito prático seria observar o inseto realizando postura, aonde expõe o órgão ovipositor no qual somente as fêmeas possuem. Ainda assim, mesmo que elas tendam a ser ligeiramente maiores e mais pesadas que os machos devido à capacidade ovariana, a distinção morfológica mais confiável nos besouros ocorre na observação microscópica do espaçamento e formato das pernas anteriores, um método pouco prático para a rotina diária de manejo (Costa *et al.*, 2023).

Por essa razão, a sexagem mais precisa e amplamente adotada na pesquisa zootécnica ocorre durante a fase de pupa. A diferenciação é realizada pela observação dos lobos genitais localizados na extremidade do abdome (nono esternito): nas fêmeas, as papilas genitais são

proeminentes e separadas, enquanto nos machos essas estruturas são fundidas e menos perceptíveis (FERREIRA E OLIVEIRA, 2022).

Dessa forma, o *tenebrio molitor* L. emerge como um organismo de significativa importância biológica e econômica. Sua adaptabilidade, ciclo de vida eficiente e excepcional perfil nutricional o estabelecem não apenas como um modelo de estudo em entomologia, mas também como um recurso valioso para a sustentabilidade alimentar e ambiental. O entendimento aprofundado de sua biologia e manejo é, portanto, essencial para otimizar seu cultivo e explorar plenamente seu potencial nas diversas aplicações que podem contribuir para um futuro mais sustentável (VAN HUIS, 2013).

3.2 Tenebriocultura: Definição e Conceitos

A criação de *tenébrio molitor* (tenebriocultura) é uma atividade de baixo custo e relativamente simples, tornando-a acessível para diversas escalas de produção. O sucesso da criação reside no controle de fatores ambientais e na oferta de uma dieta balanceada. As colônias são geralmente mantidas em recipientes de plástico, madeira ou vidro, que devem possuir ventilação adequada para evitar acúmulo de umidade excessiva, com telas finas ou organza na parte superior para prevenir fugas e a entrada de predadores (LINS JUNIOR *et al.*, 2018). O tamanho dos recipientes pode variar, mas em geral ocupam pouco espaço. As criações podem ocorrer em caixas nas medidas 40 x 30 x 25 cm até eles completarem seu ciclo de vida, ressalta Alves *et al* (2016).

O substrato de criação desempenha um papel duplo: serve como alimento e como o ambiente físico para o desenvolvimento dos insetos. Cereais como farelo de trigo, aveia, milho, ou uma mistura deles, são comumente utilizados. Para fornecer a umidade necessária, vegetais frescos como cenoura, abóbora ou folhas de couve são adicionados regularmente, evitando-se o excesso que pode favorecer o desenvolvimento de fungos e bactérias. A manutenção de um substrato limpo e seco é crucial para a saúde da colônia. (KRUGER, 2019; PLANETA INSETO, 2023).

Como detalhado anteriormente, o rigoroso manejo da temperatura e umidade continua sendo vital para a tenebriocultura, mantendo os níveis ideais entre 25°C e 30°C e a umidade relativa do ar deve ser mantida entre 60% e 70%. Desvios dessas condições podem atrasar o desenvolvimento, aumentar a mortalidade ou até mesmo favorecer surtos de doenças. O

monitoramento constante e o ajuste desses parâmetros são essenciais para uma produção eficiente (JOHNEN *et al.*, 2021).

A densidade populacional é outro fator crítico no manejo. Manter uma densidade adequada é fundamental, pois o excesso de indivíduos no mesmo recipiente pode levar a um comportamento canibalístico, especialmente em relação a ovos e pupas. A separação dos insetos por fase de desenvolvimento, com recipientes específicos para ovos, larvas, pupas e adultos, é uma estratégia eficaz para minimizar perdas e otimizar a produtividade da colônia (LINS JUNIOR *et al.*, 2018; MARKOVA *et al.*, 2021).

Durante seu ciclo de vida, o *T. molitor* produz uma quantidade considerável de resíduos. Esses resíduos são compostos principalmente por exoesqueletos (exúvias) resultantes das mudas larvais e, em maior proporção, pelas fezes dos insetos, conhecidas como frass. O frass é uma mistura de excrementos secos e substrato alimentar não consumido, e sua composição reflete a dieta dos tenébrios. Longe de serem um simples descarte pois, esses resíduos possuem valor intrínseco e exigem manejo adequado. (SÁNCHEZ-MULAS *et al.*, 2020).

A acumulação de frass e exúvias no substrato de criação tem um impacto direto na saúde e na produtividade da colônia. Um excesso desses resíduos pode levar à deterioração da qualidade do ambiente, aumentando a umidade local, favorecendo o crescimento de microrganismos patogênicos (fungos e bactérias) e, conseqüentemente, elevando o risco de doenças e mortalidade entre os tenébrios (VAN DER STEEN *et al.*, 2018). Além disso, a alta concentração de frass pode diminuir a disponibilidade de alimento fresco e dificultar a locomoção dos insetos, gerando estresse e afetando negativamente as taxas de crescimento e reprodução reforça Kruger (2019).

A manutenção regular e a separação dos resíduos são práticas essenciais no manejo da tenebricultura. A limpeza periódica dos recipientes de criação, que envolve a remoção do frass e das exúvias, é crucial para garantir um ambiente higiênico e saudável para os insetos. Geralmente, essa separação é realizada por meio de peneiras com malhas de diferentes tamanhos, que permitem a passagem do frass, mas retêm as larvas, pupas e adultos (Lins Junior *et al.*, 2018). Além de promover a higiene e o bem-estar dos tenébrios, a separação do resíduo também viabiliza seu aproveitamento. O frass é reconhecido como um fertilizante orgânico rico em nutrientes para plantas, contendo nitrogênio, fósforo e potássio, além de quitina, que pode atuar como bioestimulante do crescimento vegetal e indutor de resistência a pragas e doenças (POVEDA, 2021; SÁNCHEZ-MULAS *et al.*, 2020).

Portanto, a viabilidade econômica e a eficiência zootécnica na criação massal de *Tenebrio molitor* dependem estritamente da compreensão e do atendimento pleno às suas exigências nutricionais e bioclimáticas. Essas variáveis costumam modular de forma direta os índices de ganho de peso, conversão alimentar, vigor reprodutivo e a taxa de sobrevivência do plantel, refletindo imediatamente no custo de produção e na rentabilidade do sistema de criação. A otimização simultânea da dieta e do microclima consolida-se como o pilar fundamental do manejo (COSTA *et al.*, 2023; STANCZYK *et al.*, 2024).

3.3.0.1 Principais Ameaças Bióticas no Sistema de Criação

Embora o manejo zootécnico busque otimizar o desenvolvimento das larvas, a manutenção da estabilidade produtiva enfrenta adversidades bióticas que podem inviabilizar a atividade. Mesmo em ambientes controlados, a criação de *Tenebrio molitor* está sujeita a fatores negativos que comprometem a produtividade da colônia, como a presença de predadores, parasitas e patógenos, exigindo medidas preventivas e de controle rigorosas (VAN DER STEEN *et al.*, 2018).

Os predadores comuns incluem roedores (ratos e camundongos), aves e outros insetos, a exemplo de formigas e besouros predadores que podem invadir as caixas de criação. Para mitigar essas perdas, a vedação adequada dos ambientes, o uso de telas protetoras e a manutenção de uma higiene rigorosa são fundamentais. Em instalações comerciais, a implementação de armadilhas para roedores e o controle de pragas no entorno são práticas essenciais para a biossegurança do sistema (KRUGER, 2019).

No que tange aos parasitas e patógenos, as colônias podem ser afetadas por ácaros e nematoides, que competem por alimento e enfraquecem os insetos. Adicionalmente, doenças microbianas, como infecções fúngicas e bacterianas, surgem frequentemente em condições de umidade excessiva, má ventilação ou acúmulo de dejetos, manifestando-se através de letargia, descoloração, mortalidade elevada e redução do consumo de alimento. Como protocolo de manejo, a remoção imediata de indivíduos mortos, a desinfecção de recipientes e a quarentena de novas linhagens são cruciais para evitar a propagação de enfermidades (VAN DER STEEN *et al.*, 2018).

Além dos riscos generalistas, a produção pode ser severamente comprometida por agentes bióticos específicos que atacam o substrato. A traça-da-farinha, *Ephestia kuehniella*,

destaca-se como uma das principais pragas em criações de insetos, pois suas larvas tecem teias que aglutinam o substrato, competindo diretamente por alimento e dificultando o manejo, o que gera perdas significativas na biomassa final (GALLO *et al.*, 2002).

Outro agente preocupante é o microsporídeo *Nosema ceranae*, um parasita intracelular identificado como patógeno potencial em *T. molitor*, capaz de causar doenças sistêmicas e mortalidade, o que reforça a necessidade de vigilância constante para garantir a viabilidade econômica e sanitária do plantel (SOLTERO *et al.*, 2018).

3.3 O *Tenebrio molitor* como Matriz Proteica na Nutrição Animal e Humana

O *Tenebrio molitor* tem ganhado notoriedade global como um componente essencial da entomocultura e uma solução estratégica e sustentável para os crescentes desafios da segurança alimentar. A sua relevância zootécnica e ambiental decorre da sua alta eficiência de conversão alimentar, que é significativamente maior do que a observada em rebanhos tradicionais, aliada ao seu baixo consumo de recursos do ambiente (VAN HUIS; TOMBERLIN, 2020). Diante da necessidade urgente de diversificar os sistemas alimentares em um contexto de aumento populacional e mudanças climáticas severas, o inseto é amplamente reconhecido por entidades como a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) como uma fonte proteica prioritária e promissora (FAO, 2022).

A utilização do tenébrio na nutrição animal representa, atualmente, uma das aplicações mais desenvolvidas, estudadas e economicamente viáveis dentro das ciências agrárias. As larvas de *T. molitor* são consideradas uma fonte de proteína e energia de altíssima qualidade, contendo todos os aminoácidos essenciais exigidos nas formulações e um elevado teor de gorduras saudáveis (GASCO *et al.*, 2021). Nesse cenário, a farinha de tenébrio tem sido testada com notável sucesso como um substituto parcial ou total da farinha de peixe e do farelo de soja na dieta de diversos animais de produção, com destaque para a avicultura, a suinocultura e a aquicultura. Pesquisas demonstram que a inclusão dessa farinha nas rações comerciais não apenas mantém, mas frequentemente eleva os índices de desempenho zootécnico quando comparada às dietas convencionais (RIBEIRO *et al.*, 2022).

Além do impacto na Zootecnia, o expressivo valor nutricional da larva justifica plenamente o seu enorme potencial para o consumo humano direto. Em análises de peso seco, a larva de *T. molitor* concentra, em média, de 45% a 60% de proteína bruta, acompanhada de uma quantidade considerável de lipídios de boa qualidade, além de ser uma matriz

excepcionalmente rica em minerais vitais, como ferro, zinco e cálcio, e vitaminas do complexo B (KRÖNCKE; BENNING, 2022).

Organizações internacionais de saúde destacam que a inserção sistemática de insetos na dieta pode atuar como uma estratégia extremamente eficaz para combater déficits nutricionais em populações vulneráveis. Embora a neofobia alimentar e as barreiras culturais ainda limitem a aceitação em grande parte dos países ocidentais, o processamento rigoroso do inseto para ser incorporado a produtos alimentícios familiares tem demonstrado ser a via mais eficiente para contornar essa aversão (LUNN *et al.*, 2020).

Do ponto de vista do processamento e da engenharia de alimentos, a larva do *T. molitor* possui características físico-químicas altamente desejáveis, com destaque para a sua baixa umidade inicial em comparação com outros insumos de origem animal. Essa característica facilita substancialmente a obtenção de uma farinha proteica estável, que pode ser facilmente padronizada e adicionada a uma vasta gama de produtos alimentícios (BORDIEAN *et al.*, 2022).

Dados da literatura mais recente indicam que a larva, quando alimentada com dietas baseadas em subprodutos como o farelo de trigo, consegue acumular perfis que chegam a 56% de proteína e 35% de lipídios. Somado a isso, o perfil lipídico do tenébrio destaca-se pela alta proporção de ácidos graxos poli-insaturados, especialmente os ômega 3, 6 e 9, que exercem papéis benéficos e anti-inflamatórios na saúde humana e animal (BORDIEAN *et al.*, 2022). Para viabilizar essas aplicações, o processamento do *T. molitor* por meio da desidratação (Figura 6), atua como a etapa tecnológica crucial que transforma a larva crua em um produto biologicamente estável, seguro e comercialmente escalável (KRÖNCKE; BENNING, 2022).

Essa técnica de secagem não apenas prolonga drasticamente a vida útil do inseto nas prateleiras e silos, mas também eleva a sua densidade nutricional ao remover a fração de água, tornando a larva desidratada um ingrediente de alto valor biológico para a formulação de rações de precisão e alimentos funcionais. A desidratação, especialmente quando combinada com etapas prévias de branqueamento térmico, é fundamental para garantir a redução severa dos riscos microbiológicos e para promover a inativação de enzimas degradativas que poderiam deteriorar o produto final a longo prazo (GASCO *et al.*, 2021).

No âmbito estrito da Zootecnia, o tenébrio desidratado consolida-se como um ingrediente de imenso valor justamente por aliar sustentabilidade com excelente digestibilidade *in vivo*. A farinha obtida a partir do processamento das larvas secas assegura níveis de Proteína

Bruta que ultrapassam facilmente a marca dos 50%, configurando-se como um substituto premium e de altíssima qualidade para os tradicionais e custosos ingredientes convencionais (Ribeiro et al., 2022).

Figura 6 – Produto final: biomassa larval de *Tenébrio molitor* submetida à desidratação e acondicionamento a vácuo



Fonte: Autor (2026).

A utilização contínua dessa matriz alternativa tem evidenciado benefícios fisiológicos claros no desempenho de lotes comerciais de aves e peixes, frequentemente resultando em expressivas melhorias na taxa de conversão alimentar e na eficiência global de crescimento, alcançando resultados zootécnicos de ponta sem carregar o pesado passivo ambiental associado à produção massiva de soja (VAN HUIS; TOMBERLIN, 2020).

Por fim, o consumo do tenébrio desidratado e moído na forma de farinha proteica tem se provado a metodologia mais palatável e eficaz de introduzir o inseto na alimentação humana, especialmente em culturas onde a entomofagia não encontra precedentes históricos. Ao passar pelo processo de moagem, a larva perde totalmente a sua forma original, superando a principal barreira psicológica do consumidor (LUNN *et al.*, 2020). O usuário final passa, então, a se beneficiar de todo o seu complexo proteico, vitamínico e mineral sem o choque visual. A farinha de *T. molitor* pode ser facilmente incorporada, em concentrações balanceadas, a

formulações de pães, biscoitos e extrusados, agregando enorme valor nutricional sem comprometer as características sensoriais críticas de sabor, aroma e textura, que são o fator decisivo para a aceitação e o sucesso do produto no mercado contemporâneo (BORDIEAN *et al.*, 2022).

4 RELATO DE CASO

O presente relato descreve a vivência, a prática e o aprendizado adquiridos ao longo de pouco menos de dois anos de trabalho contínuo com o manejo e a produção da espécie *Tenebrio molitor*. As atividades e observações que respaldam este estudo foram desenvolvidas na rotina do Laboratório de Ecologia e Comportamento de Artrópodes (LECOM), situado no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), localizado no município de Rio Largo – AL (CEP: 57100-000). Essa inserção prática permitiu o acompanhamento dos múltiplos ciclos de vida do inseto, a análise de sua dinâmica populacional sob regime de confinamento e a avaliação de suas respostas comportamentais e produtivas perante as condições microclimáticas do ambiente.

No cenário atual da produção animal, a fixação de insetos como fonte alternativa de proteína e a busca por eficiência econômica exigem não apenas embasamento teórico, mas o domínio do manejo diário. Diferente de um delineamento experimental isolado — que avalia variáveis isoladas em um curto período de tempo —, o período de dois anos de contato direto proporcionou uma compreensão aprofundada sobre as flutuações populacionais que as colônias podem obter e a relevância de uma dinâmica de trabalho contínuo.

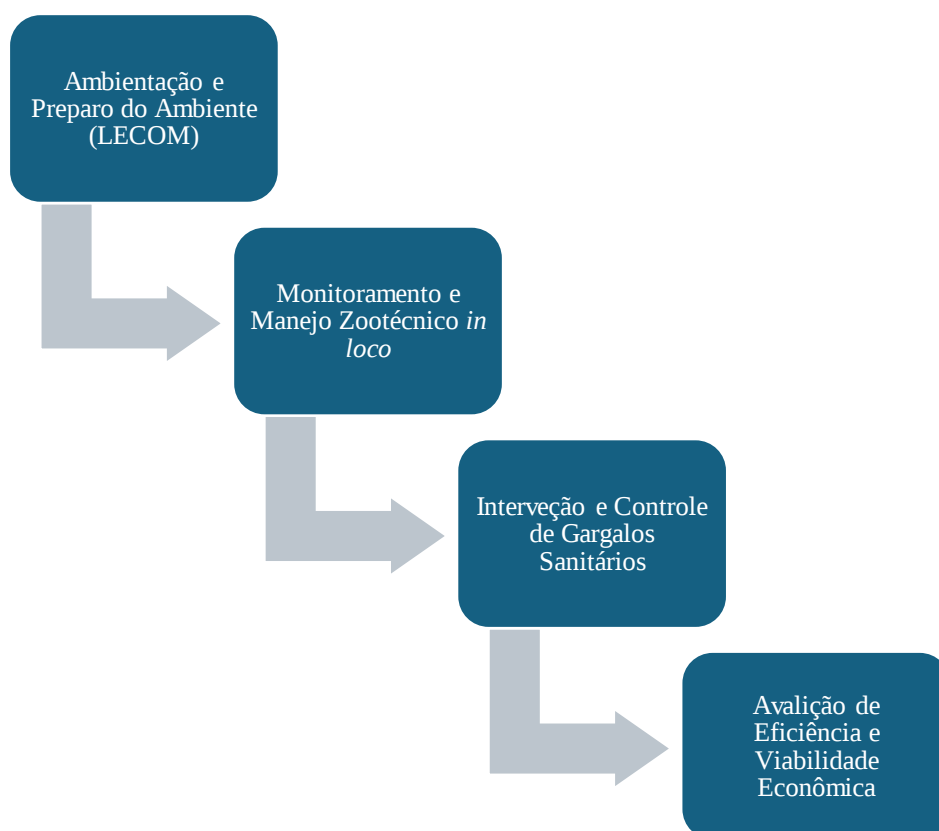
A vivência laboratorial contínua evidenciou, sobretudo, algumas diferenças que frequentemente existem entre os dados reportados na literatura e a realidade prática do manejo. Enquanto as informações dos manuais e artigos fornecem diretrizes padronizadas sobre densidade populacional e formulação de dietas e que, foram comprovadas em práticas, a rotina revela o desenvolvimento de uma percepção empírica aguçada. Foi necessário aprender a "ler" o comportamento da colônia, identificando sinais precoces de estresse, alterações no padrão de consumo do substrato e necessidades de intervenção imediata que, muitas vezes, não seguem um cronograma rígido preestabelecido.

Sob a ótica da Zootecnia, esse período serviu como um verdadeiro laboratório de gestão de biosistemas. A tomada de decisão deixou de ser apenas teórica para se tornar estratégica e diária, buscando sempre o equilíbrio entre o bem-estar dos insetos, garantindo a expressão de seu comportamento natural e seu status sanitário, e a viabilidade operacional. Cada obstáculo superado ao longo desses quase dois anos reforçou a importância fundamental do planejamento preventivo e da adaptabilidade do pesquisador.

Adicionalmente, a permanência prolongada no manejo permitiu uma visão crítica sobre a eficiência sistêmica da criação. Mais do que apenas multiplicar os indivíduos, o desafio constante consistiu em otimizar recursos, observando na prática a relação custo-benefício dos insumos e a dinâmica de conversão alimentar. Essa vivência consolidou o entendimento de que a tenebriocultura, para ser de fato viável em maior escala, exige uma sintonia fina entre a biologia do inseto e a gestão econômica, onde cada variável ajustada no microclima ou na dieta se reflete diretamente na biomassa final.

Durante essa trajetória, compreendeu-se a fundo as necessidades de readequação constante das instalações e o rigor no controle de fatores abióticos, como temperatura e umidade. Dessa forma, as seções a seguir detalham as etapas dessa jornada de forma progressiva. O relato transita desde a concepção e o preparo inicial do ambiente físico, passando pelo estabelecimento da rotina de manejo e triagem, até a superação de gargalos sanitários, culminando em observações aplicadas sobre a eficiência geral do sistema de produção, conforme mostra a Figura 7.

Figura 7 – Fluxograma das etapas de vivência prática e manejo no LECOM (2024 – 2026)



Fonte: Autor (2026).

4.1 Estruturação e Preparo do Ambiente Físico

A etapa inicial do manejo consistiu na adequação das instalações físicas disponíveis no Laboratório de Ecologia e Comportamento de Artrópodes (LECOM). O ambiente destinado à criação caracterizava-se por ser uma sala de dimensões restritas, com área útil aproximada de 4,5 a 5 m² (cerca de 3,5 m de comprimento por 1,5 m de largura), localizada no andar superior do prédio de Biotecnologia Agropecuária. Dada a limitação espacial, a organização estrutural precisou ser planejada para otimizar o alojamento dos insetos e facilitar o trânsito do pesquisador durante as rotinas de manejo e biometria.

No que tange ao fotoperíodo e à luminosidade, o controle foi realizado de maneira natural e estratégica. Aos fundos da sala, o ambiente contava com uma parede inteiramente de vidro com película de escurecimento (tonalidade fumê). Essa característica arquitetônica foi extremamente benéfica para a criação do *Tenebrio molitor*, visto que a espécie possui hábitos lucífugos (fototaxia negativa) e o excesso de luminosidade pode atuar como um fator estressante — evitando-as e se escondendo —, deixando de se alimentar em muitos casos. O vidro escuro permitiu a entrada de luz natural de forma difusa ao longo do dia, impedindo a incidência direta dos raios solares sobre o sistema de criação e eliminando por completo a necessidade de acionamento da iluminação artificial instalada no teto.

Em relação à ventilação e ao microclima, o espaço consistia em um ambiente fechado, desprovido de janelas basculantes ou aberturas que permitissem a ventilação natural cruzada. Para contornar essa restrição estrutural e garantir o conforto térmico adequado à colônia, a climatização foi realizada de forma exclusivamente artificial. A sala foi equipada com um aparelho de ar-condicionado, cujo uso contínuo permitiu mitigar as oscilações térmicas do ambiente externo e estabilizar a temperatura interna em níveis ótimos para o desenvolvimento, reprodução e conversão alimentar dos insetos, cerca de 24 °C, todavia, o uso de aparelho de regulação térmica, acaba por diminuir a umidade relativa do ar e que, se não atento, influi na mortalidade dos insetos.

Para o suporte físico das unidades de criação, o laboratório foi equipado com quatro estantes metálicas modulares, configuradas com quatro a cinco prateleiras cada. Essa verticalização do espaço foi uma estratégia fundamental para otimizar a área reduzida da sala e organizar adequadamente o plantel.

O alojamento dos insetos foi realizado majoritariamente em caixas plásticas (tipo embalagem de alimentos), com dimensões de 30 cm de comprimento, 18 cm de largura e 10 cm de altura (Figura 8). Conforme a necessidade de expansão da colônia, também foram adaptadas bombonas plásticas de 20 a 30 litros, com dimensões em torno de 41 cm de altura, 30 cm de comprimento e 27 de largura, que eram seccionadas horizontalmente para servir como berçários maiores. Uma particularidade do sistema adotado foi a manutenção de quase todas as caixas de criação (larvas e besouros) completamente abertas, sem o uso de tampas ou telas superiores, o que facilitava a ventilação do substrato e o acesso rápido durante o manejo. A única exceção ao modelo aberto consistia no alojamento destinado às pupas; devido à vulnerabilidade desse estágio de desenvolvimento, elas eram mantidas em uma caixa de poliestireno expandido (isopor) — com volumetria semelhante à de uma bombona de 50 litros — revestida com tela de proteção.

Figura 8 – Caixa plástica (tipo embalagem de alimentos) utilizadas na criação do Tenébrio



Fonte: Autor (2026).

Por fim, para se ter uma noção do efeito desumidificador do aparelho climatizador e garantir que as condições não atingissem níveis letais para a colônia, a estrutura física contou com a instalação de um termohigrômetro digital. O equipamento permitia a aferição diária da temperatura e da umidade relativa do ar, balizando as necessidades de intervenção no microclima da sala.

4.2 Rotina de Manejo Zootécnico

O sucesso na produção de insetos depende intrinsecamente da adoção de protocolos padronizados de manejo e biossegurança. Na rotina laboratorial do LECOM, as práticas de intervenção nas colônias foram estruturadas para minimizar o estresse dos animais e garantir a segurança do pesquisador, prevenindo contaminações cruzadas e reações alérgicas ao pó do substrato. Para isso, o manejo exigiu a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). Além de luvas de procedimento e máscaras de proteção respiratória, utilizava-se, em situações de maior exposição ao particulado, um macacão de proteção de corpo inteiro. Esse vestuário, confeccionado em material não plástico, leve e transpirável, com design semelhante aos trajes de apicultura, porém mais fino, foi fundamental para proteger o corpo do contato constante com o resíduo fino gerado pelo sistema.

O dia a dia no laboratório iniciava-se obrigatoriamente com a inspeção visual de todas as caixas. Esse "olho clínico" permitia identificar rapidamente quais colônias necessitavam de intervenção crítica imediata. Os principais indicadores visuais de que uma caixa demandava manejo sanitário ou nutricional eram o acúmulo excessivo de material acinzentado (o resíduo orgânico ou *frass*), a presença elevada de indivíduos mortos ou um pico de pupação.

O manejo nutricional era dividido no fornecimento de uma base seca e de uma fonte de umidade. O substrato seco, que servia simultaneamente como cama e alimento principal, era composto majoritariamente por farelo de trigo, embora o farelo de milho (ou a mistura de ambos) também fosse utilizado. A padronização estipulava a adição de 200 a 250 g de farelo para as caixas de tamanho padrão, enquanto os recipientes maiores (como as bombonas seccionadas) recebiam de 400 a 500 g. A reposição desse material ocorria, em média, a cada dois ou três dias, variando conforme a taxa de consumo da colônia.

Para suprir a demanda hídrica dos insetos, utilizava-se material orgânico hortaliço oriundo de áreas de descarte. Diariamente, no período matutino, esses resíduos eram disponibilizados em caixas coletoras localizadas ao fundo do restaurante universitário (Figura 9). Após a coleta, o insumo passava por um processo de seleção. Essa etapa consistia na separação e remoção de corpos estranhos (como embalagens plásticas) e de frações orgânicas inadequadas para a hidratação da colônia, a exemplo de grãos processados ou cozidos (como o feijão) e de materiais vegetais em estágio avançado de senescência e decomposição. Somente após essa seleção e lavagem, o material era considerado apto para o fornecimento aos insetos.

Figura 9 – Resíduos de hortaliças e frutas provenientes do descarte do restaurante universitário. Em (A), sobras de tubérculos e vegetais; em (B), cascas e restos de frutas



Fonte: Autor (2026).

As principais fontes de umidade separadas e escolhidas consistiam em cascas de frutas (como melancia e abacaxi) e sobras de tubérculos e hortaliças (cenoura e chuchu). Além disso, a cana-de-açúcar se mostrava uma das melhores fontes de hidratação para a criação, pois não tinha excesso aquoso que umedecesse o farelo e prejudicasse a colônia, além de apresentar uma durabilidade significativamente superior.

Antes de serem oferecidos, esses alimentos eram lavados em água corrente para mitigar a entrada de defensivos agrícolas ou patógenos. O excedente era conservado sob refrigeração na geladeira do laboratório. Nem sempre o fornecimento de água aos insetos era feito pelos meios citados anteriormente e em alguns casos, quando não se conseguia o material orgânico hortaliço desejável e ideal, a solução era papel toalha ou pedaços de tecido umedecido que não eram o ideal, mas que a curto prazo resolviam a situação. O manejo da umidade exigia cautela, pois diferente dos tubérculos por exemplo, pedaços de frutas muito úmidos eram retirados diariamente das caixas para evitar o apodrecimento, a proliferação de fungos e a atração de pragas. A sua troca completa ocorria a cada dois dias. Adicionalmente, a gestão das caixas destinadas aos adultos reprodutores exigia um rigor operacional específico quanto ao

posicionamento das fontes de umidade. Embora os besouros de *Tenebrio molitor* possuam élitros fundidos, característica morfológica que os inabilita para o voo, a espécie apresenta uma notável capacidade de locomoção e escalada.

Observou-se, na prática, que a disposição inadequada de pedaços alongados de cenoura, fragmentos de cana-de-açúcar ou mesmo ramificações de folhas poderia criar pontes físicas acidentais em direção à borda superior do recipiente. Essas estruturas vegetais atuavam como rotas de evasão, facilitando a fuga dos insetos e comprometendo o controle populacional da caixa de postura. Tal comportamento de fuga vertical, contudo, restringia-se estritamente à fase adulta, não representando um desafio no manejo das caixas de desenvolvimento larval, visto que as larvas não demonstravam capacidade de utilizar esses alimentos para transpor os limites do recipiente.

A manipulação direta dos insetos e a triagem das fases de vida eram realizadas com o auxílio de pinças anatômicas de diferentes tamanhos, de 12 cm, 16 cm e 26 cm (Figura 10). O uso desse instrumental evitava danos mecânicos ao exoesqueleto dos espécimes e facilitava a coleta cirúrgica de pupas, besouros e insetos mortos. O controle produtivo era suportado por uma balança digital de bancada (capacidade de 40 kg e precisão de 1 g), essencial para a biometria da biomassa e pesagem das rações.

Figura 10 – Pinças anatômicas retas em aço inoxidável de três tamanhos distintos (12 cm, 16 cm e 26 cm, respectivamente)



Fonte: Autor (2026).

A etapa mais laboriosa da rotina consistia na triagem e no manejo sanitário, onde o uso de peneiras com malhas variando de 12 mm a 0,850 mm era crucial. Esse instrumental permitia a separação eficiente do resíduo particulado (*frass*), insetos mortos, larvas em diferentes instares, pupas e até mesmo aglomerados de teias de traças. Inicialmente, a montagem do conjunto de peneiras era realizada em ordem decrescente de abertura, sobrepondo as malhas com orifícios maiores (números 6, 7 e 8) às de orifícios menores (números 10, 11 e 12). Essa disposição em cascata era determinante para reter os materiais mais grosseiros na porção superior e estratificar os indivíduos vivos dos mortos, além de segregar pupas, besouros recém-eclodidos e separar as larvas de estádios avançados das mais jovens.

Na sequência, empregavam-se as peneiras de malha fina, com numeração superior a 16 (aberturas entre 1,00 mm e 0,850 mm), com o objetivo específico de segregar o resíduo fino (fezes) do farelo ainda viável para consumo. Como essa movimentação gera uma intensa suspensão de pó, a etapa exigia o rigoroso uso dos EPIs descritos anteriormente (Figura 11). Cabe ressaltar, contudo, que a referida imagem ilustra a manipulação do material sem luvas, prática que não é recomendada, sendo a utilização deste equipamento indispensável para garantir a plena biossegurança durante o manejo. Em situações pontuais, quando o peneiramento mecânico não apresentava eficácia total na separação, procedia-se com a catação manual dos insetos mortos com o auxílio de pinças. O peneiramento para a retirada do *frass* e a subsequente reposição do substrato eram realizados rigorosamente a cada dois dias.

Figura 11 – Operação de peneiramento para separação do frass larval com uso de proteção respiratória



Fonte: Autor (2026).

Todo o resíduo orgânico gerado e segregado durante o processo de peneiramento era sistematicamente armazenado, evitando o descarte inadequado e a contaminação do ambiente laboratorial. O material particulado recolhido era acondicionado e categorizado em recipientes de variadas volumetrias, compreendendo bombonas plásticas, tonéis, baldes e caixas organizadoras, onde permanecia devidamente reservado.

Durante a triagem, as pupas coletadas eram transferidas para recipientes isolados ou para a caixa de isopor com tela de proteção. Esse isolamento físico era indispensável para protegê-las do canibalismo por parte das larvas e do ataque de predadores externos, especialmente a pequena mosca-das-frutas (*Drosophila melanogaster*).

Aproximadamente entre 6 e 8 dias após a pupação, ocorria a emergência dos besouros. Para otimizar a coleta desses insetos recém-emergidos (teneral), que ainda se encontravam em processo de esclerotização do exoesqueleto, folhas de papel toalha e pedaços de material têxtil reaproveitados eram dispostas sobre as pupas em pré-eclosão. Os novos besouros aderiam ao papel, facilitando sua transferência segura com a pinça (Figura 12). Esses indivíduos jovens eram mantidos em caixas isoladas até atingirem a maturidade reprodutiva, evitando a competição e danos físicos causados por besouros mais velhos.

Figura 12 – Besouros adultos de *Tenebrio molitor* recém-eclodidos aderidos ao material têxtil de reuso



Fonte: Autor (2026).

Em alguns casos isolados, o besouro se mostrava bastante resistente a falta de hidratação, chegando a passar dias sem recebe-la. Esses eram besouros ou larvas que eram encontradas perdidas no meio de produção, que por descuido ou simplesmente fuga, acabavam por ficar semanas ou até meses isoladas das colônias e sobrevivendo apenas dos meios que encontravam dentro da sala de criação. Vale ressaltar que caso encontrados, estes eram devolvidos ao sistema para que sua genética passasse adiante, uma vez que, sua resistência as condições climáticas extremas e escassez de alimentos é um fator altíssimo importante a se considerar.

Para o manejo reprodutivo, caixas de postura eram montadas contendo exclusivamente besouros adultos maduros, substrato seco e a fonte de umidade. A colônia reprodutora permanecia na caixa por um período pré-determinado de 10 dias, garantindo uma taxa satisfatória de oviposição. Findo esse prazo, realizava-se a coleta: os besouros eram peneirados e transferidos para uma nova caixa com substrato fresco para iniciar um novo ciclo reprodutivo. O recipiente original, contendo apenas o substrato e os ovos depositados no fundo, era preenchido com farelo e mantido em observação até a eclosão das novas larvas.

Impõe-se notar que o material resultante do peneiramento das caixas de reprodução (besouros adultos) não deve ser classificado ou descartado como resíduo. Esse componente consiste no substrato que abriga as posturas (ovos) realizadas pelos insetos. Portanto, deve ser rigorosamente armazenado. Destaca-se que, mesmo em situações eventuais de atraso na manutenção, onde o conteúdo da caixa aparenta ser composto majoritariamente por dejetos, há a presença de posturas viáveis ali misturadas. Consequentemente, todo esse volume deve ser preservado e manejado como um novo lote de coleta para a geração seguinte.

Toda essa rigorosa rotina mecânica de manejo, alimentação e triagem formou a base estrutural para a manutenção do plantel. Contudo, mesmo com o controle preventivo e o peneiramento constante, o sistema não estava isento do surgimento de agentes invasores, exigindo o acionamento de protocolos de biossegurança mais drásticos para garantir a sobrevivência da colônia.

4.3 Desafios Sanitários e Controle Zootécnicos

A manutenção de colônias de insetos em ambiente controlado atua, invariavelmente, como um atrativo para diversas espécies de pragas e vetores. O microclima estável, somado à abundância de alimento e umidade, cria um ambiente propício para a proliferação de agentes

indesejados. Diante disso, a adoção de um rigoroso controle sanitário, de barreiras físicas e de manejo tornou-se uma prioridade no laboratório para resguardar a integridade da produção.

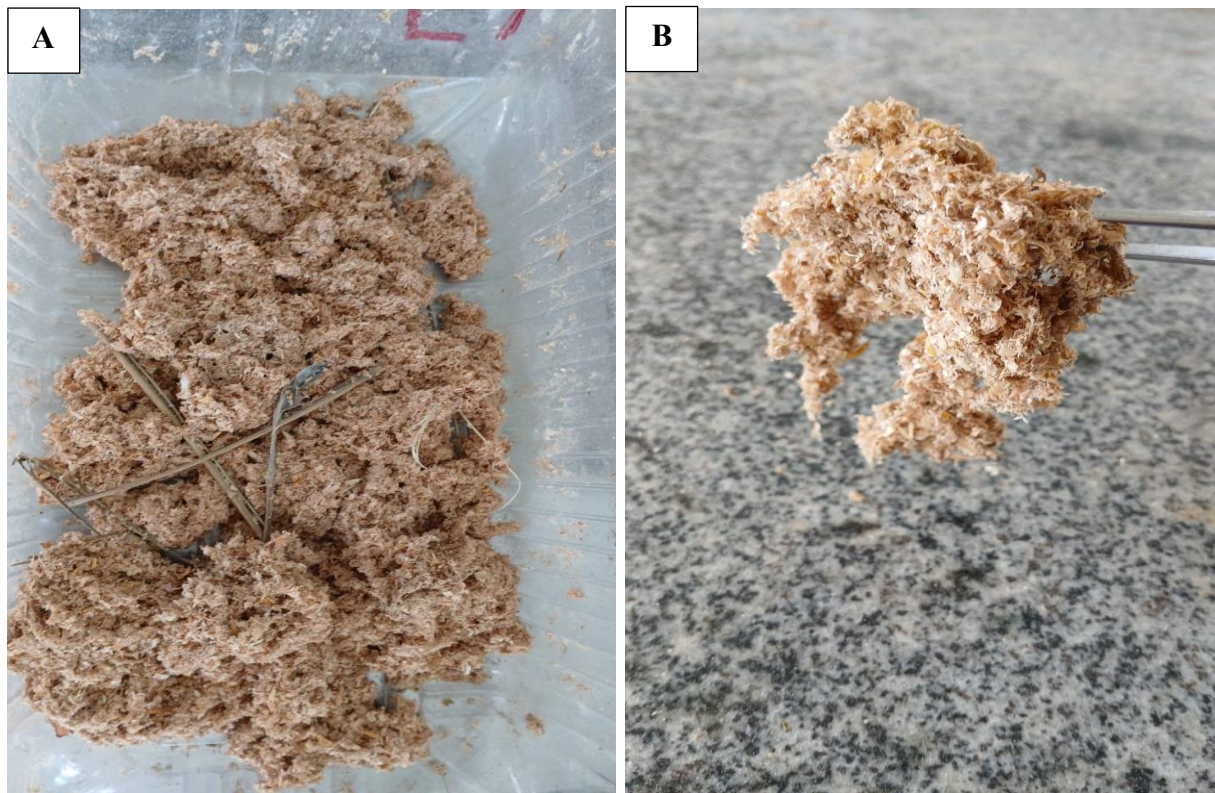
A primeira linha de defesa foi estabelecida contra as formigas, predadoras vorazes e de rápida infestação. O controle físico consistiu no isolamento das estantes de criação, afastando-as das paredes do laboratório e posicionando seus apoios inferiores ("pés") no interior de recipientes contendo solução aquosa. Essa barreira impedia o acesso das formigas, que tipicamente buscam as fontes de umidade das caixas, mas que também podiam preda ovos, pupas (devido à imobilidade) e larvas recém-eclodidas ou debilitadas.

Embora o manejo preventivo das fontes de umidade fosse realizado na rotina de alimentação, eventuais falhas ou o prolongamento do tempo de exposição de material vegetal (como tubérculos e frutos) atraíam moscas domésticas e moscas-das-frutas (*Drosophila* sp.). Nos casos em que a proliferação saía do controle, as larvas de moscas formavam aglomerados úmidos no alimento em decomposição, alterando o pH e o aspecto do substrato ao redor, o que resultava na toxidez do meio e na mortalidade de larvas de *Tenebrio molitor*. Como plano de contingência, procedia-se com a catação manual e minuciosa das larvas sadias de tenébrio, que eram reinseridas no sistema após triagem. As larvas que estivessem em contato direto com o biofilme em decomposição eram descartadas por segurança. As caixas afetadas eram totalmente esvaziadas, higienizadas e secas antes de voltarem ao ciclo produtivo.

Dentre todos os invasores, a mariposa *Ephestia kuehniella* (traça-do-farelo) representou o maior desafio zootécnico da criação. Por se tratar de um insetário, o uso de métodos de controle químico (dedetização) no laboratório era inviável. A principal hipótese é que a praga era introduzida no ambiente endogenamente, por meio de ovos presentes nos sacos de farelo de trigo comercial – um indicativo empírico de que o farelo era isento de agrotóxicos ou herbicidas, atestando sua segurança alimentar para os tenébrios, mas trazendo consigo o desafio do controle populacional da traça.

A *E. kuehniella* utilizava o farelo para a formação de teias espessas, que aglomeravam o substrato, limitavam a mobilidade das larvas de menor ínstar de *T. molitor* e prejudicavam a eclosão em caixas de postura, competindo diretamente pelo alimento (Figura 13). O manejo sanitário para mitigar esse impacto consistia no peneiramento prévio de todo o farelo antes do fornecimento. Nas caixas já infestadas, realizava-se o peneiramento mecânico para separação das teias – que eram posteriormente extraídas com o auxílio de pinças –, descarte imediato da umidade e transferência da biomassa larval recuperada para recintos higienizados.

Figura 13 — Evidência da colonização e tecimento de teias por *Ephesia kuehniella* no ambiente de criação. (A) mostra um intenso emaranhado de teias formadas no substrato; (B) detalhe de amostra extraída manualmente com auxílio de pinça



Fonte: Autor (2026).

Outro desafio de ordem patológica foi a identificação de quadros de letalidade caracterizados por severa letargia, anorexia e posterior melanização cadavérica das larvas de *T. molitor*. Estes sinais clínicos são compatíveis com infecções gastrointestinais por microsporídeos (como o *Nosema ceranae*) associados a agentes bacterianos oportunistas. Os indivíduos acometidos apresentavam escurecimento total do exoesqueleto e liquefação dos tecidos internos (fluidos escuros contendo esporos/bactérias), tornando-se um vetor indireto de contaminação caso outras larvas canibalizassem a carcaça (Figura 14). Como não existem protocolos profiláticos medicamentosos (como vacinas ou aditivos específicos) viáveis para essa enfermidade no manejo rotineiro, adotou-se o rigoroso descarte mecânico profilático. A remoção diária de indivíduos mortos e o isolamento de lotes suspeitos foram as medidas adotadas para interromper o ciclo de contaminação.

Figura 14 — Larva de *Tenebrio molitor* em estado de melanização cadavérica, indicativo de infecção patogênica



Fonte: Autor (2026).

A criação também enfrentou a competição interespecífica com o *Tribolium castaneum* (besouro-castanho), outro coleóptero da família Tenebrionidae. O inseto infestava primariamente os estoques de farelo de trigo, consumindo o insumo e reduzindo sua qualidade nutricional. O controle exigiu o fracionamento do farelo e a submissão do material a tratamento térmico em estufa, visando a inativação da praga. Curiosamente, observou-se que o besouro-castanho apresentava grande capacidade de sobrevivência e reprodução no *frass* (dejetos) do tenébrio, que ficava armazenado em uma sala anexa. Contanto que fossem mantidos isolados na área de descarte e não invadissem os recintos de produção ativa, seu impacto nas colônias principais foi mitigado.

Por último, a dinâmica de fauna sinantrópica nos arredores do laboratório atraía vertebrados oportunistas. Enquanto pequenos lagartos e lagartixas exerciam um papel positivo de controle biológico predatório sobre pragas secundárias, o acesso accidental de aves pelas janelas exigia atenção redobrada, assim como a presença ocasional de anfíbios, que buscavam o ambiente em decorrência da oferta abundante de insetos. O controle consistiu puramente na limitação física de acesso, mantendo-se o isolamento estrutural do local de criação.

4.4 Eficiência Econômica e Desempenho Produtivo

A viabilidade econômica da produção massal de *Tenebrio molitor* está intimamente ligada à otimização e redução dos custos com insumos alimentares, que representam a maior

parcela dos gastos operacionais. No que tange à base nutricional seca, o farelo de trigo demonstrou ser uma alternativa de alto custo-benefício. A aquisição de sacas comerciais de 40 kg a um custo médio de R\$ 54,00 resultou em um investimento aproximado de apenas R\$ 1,35 por quilograma de substrato basal, que ligado ao fato de que em média era utilizado de 250 à 300g de farelo ao longo de 48 horas em uma caixa, a despesa ficou em torno de R\$ 0,45 a cada dois dias por recipiente.

Também em associação, um grande diferencial de eficiência econômica do manejo implementado residiu na obtenção da fonte de umidade. A substituição da compra de tubérculos e vegetais frescos pela captação estratégica de resíduos de hortifrúti descartados pelo restaurante universitário reduziu os custos de hidratação das colônias a zero, maximizando expressivamente a margem de viabilidade do sistema sem comprometer a nutrição hídrica do plantel.

No aspecto do desempenho produtivo, estimou-se o ganho de biomassa por meio de amostragem aleatória das caixas de criação aos 80 dias de ciclo. A avaliação biométrica considerou a dinâmica reprodutiva do manejo adotado, onde as matrizes (besouros) permaneceram nas bandejas de postura por um período contínuo de 10 dias. Esse intervalo prolongado de oviposição gerou uma heterogeneidade natural no lote, resultando em larvas de diferentes estádios de desenvolvimento dentro da mesma caixa. Ao realizar a pesagem amostral em grupos de 10 indivíduos, as larvas de desenvolvimento pleno e eclosão precoce registraram um peso total de 1,125 g por dezena. Em contrapartida, as larvas de desenvolvimento retardado (eclosões tardias) registraram uma média de 0,383 g a cada 10 unidades. Nesse contexto, seriam necessárias aproximadamente oito mil e oitocentas larvas completamente desenvolvidas para obter 1kg de zoomassa. Essa variação reflete o padrão de crescimento real em escala de produção contínua, evidenciando o acúmulo satisfatório de biomassa individual na fase pré-pupal dos indivíduos mais velhos.

Em virtude, cumpre destacar que, paralelamente à rotina de manutenção, foi conduzido um ensaio experimental sob Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) para avaliar a rusticidade e o desempenho zootécnico do *T. molitor* utilizando exclusivamente a dieta basal de farelo de trigo e fonte de umidade *ad libitum*. Neste ensaio, os recintos foram deliberadamente submetidos a condições ambientais desafiadoras, sem controle de climatização artificial (expostos às altas temperaturas de verão e baixa umidade relativa do ar) e com exposição natural a vetores do ambiente.

O acompanhamento biométrico e de desenvolvimento, realizado aos 60, 70 e 80 dias, evidenciou uma notável resiliência da espécie. Mesmo sob estresse térmico e ausência de barreiras sanitárias absolutas, a taxa de letalidade foi inexpressiva, não havendo registros clínicos de morte por desidratação, inanição ou infestações patogênicas severas (como *Nosema ceranae* ou ácaros). Esses dados quantitativos atestam a viabilidade de sobrevivência e ganho de peso da espécie em sistemas rústicos de baixo controle ambiental e serão destinados à formulação de futuras publicações científicas na área da entomocultura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vivência prática no laboratório, a manutenção e a condução da criação intensiva revelaram que a entomocultura do *Tenebrio molitor* é uma atividade de altíssimo potencial zootécnico, desde que esteja alicerçada em um manejo rigoroso e na busca contínua por eficiência econômica. O relato demonstrou que a substituição de fontes de umidade comerciais pela captação de resíduos de hortifrúti provenientes do restaurante universitário foi uma estratégia altamente viável, capaz de zerar custos operacionais com hidratação sem comprometer o bem-estar e o desenvolvimento das colônias.

No âmbito sanitário, ficou claro que a prevenção é o principal mecanismo de controle em insetários. A presença de pragas de alto impacto, em especial a mariposa *Ephestia kuehniella* e as suspeitas de infecções por microsporídios, enfatizou a necessidade de inspeções diárias, triagem do substrato e descarte profilático rápido. Como a utilização de produtos para o controle químico é inviável no sistema, o sucesso da colônia depende integralmente da adoção de barreiras físicas eficientes e mais ainda do manejo mecânico apurado do tratador.

Além disso, os ensaios paralelos de validação reforçaram a marcante rusticidade do coleóptero. A capacidade do inseto de manter altas taxas de sobrevivência e registrar ganhos contínuos de biomassa, mesmo quando submetida ao estresse térmico, baixa umidade e sem o controle rigoroso de climatização artificial, comprova a sua adaptabilidade esplêndida. Conclui-se, portanto, que a produção de tenébrios é um sistema adaptável, economicamente promissor e que apresenta plenas condições de ser expandido dentro das práticas inovadoras da Zootecnia, demandando, acima de tudo, dedicação e olhar crítico do produtor no manejo diário.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. V. et al. Food value of mealworm grown on *Acrocomia aculeata* pulp flour. **PLoS ONE**, v. 11, n. 3, p. e0151275, 2016.
- BAEK, M. et al. Molting and development of *Tenebrio molitor* under different environmental conditions. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 24, n. 2, p. 112-118, 2021.
- BESSA, L. W. et al. Insects as animal feed: legislation, safety, and quality. **Animal Frontiers**, v. 11, n. 3, p. 53-60, 2021.
- BORDIEAN, A. et al. Nutritional value of *Tenebrio molitor* and its application in the food industry. **Journal of Food Science and Technology**, v. 59, n. 2, p. 450-462, 2022.
- COSTA, F. G. et al. Reprodução e genética na entomocultura comercial: superando os gargalos do *Tenebrio molitor*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 52, p. 1-12, 2023.
- EBERLE, K. et al. The effect of temperature and humidity on the life cycle of *Tenebrio molitor*. **Insects**, v. 13, n. 4, p. 320, 2022.
- FAO. **The state of food security and nutrition in the world**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022.
- FAO. **Thinking about the future of food safety: a foresight report**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022.
- FERREIRA, A. B.; OLIVEIRA, C. M. Técnicas de manejo e sexagem de pupas de *Tenebrio molitor* para otimização reprodutiva. **Journal of Applied Entomology**, v. 146, n. 4, p. 305-314, 2022.
- FRANCARDI, V. et al. Global distribution and occurrence of *Tenebrio molitor* in agricultural and storage environments. **Journal of Stored Products Research**, v. 92, 101783, 2021.
- GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. 10. ed. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.
- GASCO, L. et al. Insect meals as a sustainable protein source for aquaculture. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 5, n. 2, p. 73-81, 2019.
- GASCO, L. et al. Insects as feed for farm animals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 275, 114885, 2021.
- JOHNEN, N. S. et al. The effect of relative humidity on the survival and growth rate of the yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, Linnaeus 1758). **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 7, n. 3, p. 311-319, 2021.
- KOU, X. et al. Bioconversion of agricultural waste by *Tenebrio molitor*. **Journal of Cleaner Production**, v. 390, 136154, 2023.

KRÖNCKE, N.; BENNING, R. *Tenebrio molitor* as a sustainable protein source: bioconversion, processing and applications. **Sustainability**, v. 14, n. 6, p. 3273, 2022.

KRUGER, J. A. **Criação de *Tenebrio molitor* como fonte suplementar na dieta de peixes ornamentais**. 2019. Manual (Curso de Zootecnia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

LINS JUNIOR, S. M. O. *et al.* Criação de insetos: Tenébrio Comum (*Tenebrio molitor*). **Revista Agroecossistemas e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 11-20, 2018.

LUNN, A. J. *et al.* Consumers' willingness to eat insect-based food: A review of the literature. **Food Quality and Preference**, v. 80, p. 250-259, 2020.

MACHONA, O. *et al.* Investigating the optimal conditions for rearing and breeding *Tenebrio molitor* in Zimbabwe. **Journal of Biochemical Technology**, v. 14, n. 1, p. 27-33, 2023.

MARKOVA, A. *et al.* The effect of larval density on the growth and development of *Tenebrio molitor* L. **Insects**, v. 12, n. 1, p. 45, 2021

MORALES-RAMOS, J. A. *et al.* Impact of adult weight, density, and age on reproduction of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 105, n. 6, p. 2024-2033, 2012.

MORALES-RAMOS, J. A. *et al.* Oviposition and survival of *Tenebrio molitor* adults under optimized diets. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 3, p. 1120-1128, 2021.

PAULO, G. N. de S. *et al.* Estimativa de larvas por grama de ovos de tenebrio molitor. In: PAULO, G. N. de S. *et al.* (Ed.). **Editora e-Publicar**, p. 127 – 137, 2024.

PLANETA INSETO. **Tenébrio comum**. 2023

POVEDA, J. Insect frass in the development of sustainable agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 41, n. 1, p. 5, 2021.

RIBEIRO, N. *et al.* Insects as an alternative protein source for animal feed: A review. **Agriculture**, v. 12, n. 4, p. 556, 2022.

RUMBOS, C. I. *et al.* Development and survival of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) on agro-industrial by-products. **Insects**, v. 11, n. 9, p. 592, 2020.

SÁNCHEZ-MULAS, D. *et al.* Frass from *Tenebrio molitor* larvae as a potential organic fertilizer: Chemical composition and effects on crop growth. **Journal of Cleaner Production**, v. 268, p. 1-10, 2020.

SOLTERO, L. *et al.* Detection of *Nosema ceranae* (Microsporidia) in laboratory-reared *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 151, p. 1-5, 2018.

SOUZA, N. S. de; OLIVEIRA, G. Q. da C.; NASCIMENTO, G. R. do. Utilização de resíduo da banana para produção de *Tenebrio molitor* em substituição ao farelo de trigo. **Insect Farming Technologies**, v. 4, n. 1, p. 1-16, 2025.

STANCZYK, V. R. *et al.* O uso sustentável de *Tenebrio molitor* na produção animal. Em: **Sustentabilidade em Suas Múltiplas Dimensões**. [S.l.]: Sustentare, 2024.

VAN DER STEEN, J. J. M. *et al.* Diseases in farmed insects: An emerging problem. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 4, n. 2, p. 77-88, 2018.

VAN HUIS, A. Edible insects: Future prospects for food and feed security. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, Rome, 2013.

VAN HUIS, A. Insects as food and feed in a global context. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 1, n. 1, p. 5-7, 2015.

VAN HUIS, A. Insects as food and feed: a new emerging agricultural sector: a review. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 7, n. 5, p. 629-644, 2021.

VAN HUIS, A.; TOMBERLIN, J. K. **Insects as food and feed**: from production to consumption. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2020.

ZOU, X. *et al.* Protein extraction, characterization, and functional properties of *Tenebrio molitor* larvae: A review. **Food Science and Human Wellness**, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2022.

APÊNDICE A – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DO ACONDICIONAMENTO DO FRASS PRODUZIDO

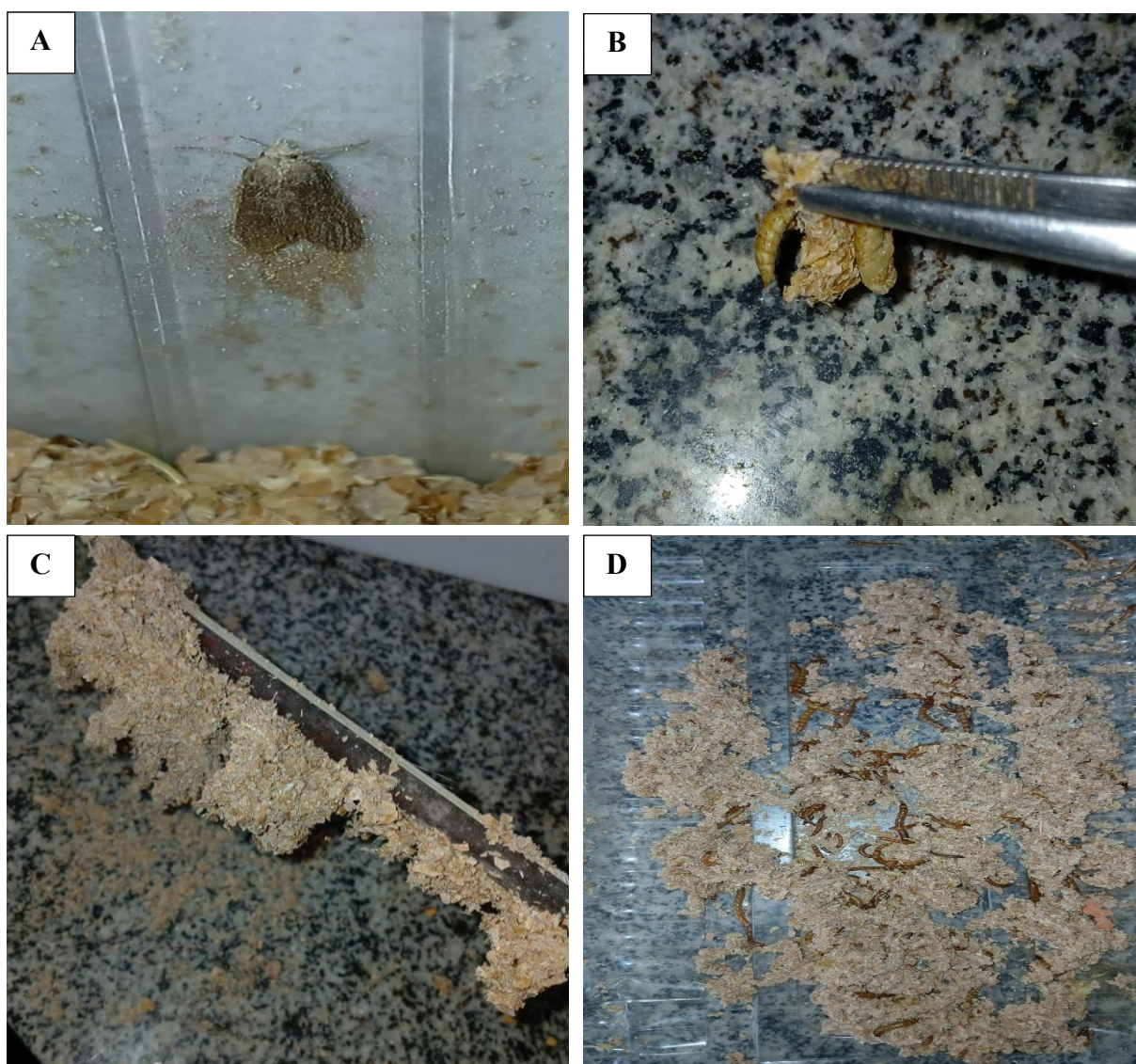
Figura 15 – Painel fotográfico do armazenamento do frass: (A) detalhe da granulometria; (B e C) recipientes de acondicionamento; (D) volume total armazenado



Fonte: Autor (2026).

APÊNDICE B – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA INFESTAÇÃO POR *Ephestia kuehniella* NAS UNIDADES DO PLANTEL

Figura 16 – Painel fotográfico da infestação por *Ephestia kuehniella* nas caixas de criação: (A) espécime adulto pousado na parede lateral de uma caixa de criação; (B) pupas de *Tenebrio molitor* emaranhadas na teia de seda; (C) colonização maciça de teias na face basal úmida da cana-de-açúcar fornecida como suplementação hídrica; (D) aderência de larvas jovens aos fios de seda, evidenciando o prejuízo na mobilidade e no manejo de triagem



Fonte: Autor (2026).

APÊNDICE C – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DO DESENVOLVIMENTO E MANEJO DO *Tenebrio molitor*

Figura 17 – Painel fotográfico do manejo reprodutivo e desenvolvimento de adultos de *Tenebrio molitor*: (A) triagem manual de besouros recém-emergidos para formação de nova colônia matriz; (B) caixas de reprodução utilizando bandejas de papelão para fornecimento de refúgio e retenção de umidade; (C) adultos jovens (até 48 horas pós-emergência) com coloração castanho-avermelhada em processo de esclerotização; (D) adultos maduros (a partir de 72 horas pós-emergência) apresentando exoesqueleto quase que totalmente esclerotizado e escurecido



Fonte: Autor (2026).

APÊNDICE D – MANEJO, TRIAGEM E DESENVOLVIMENTO DA FASE PUPAL DE *Tenebrio molitor*

Figura 18 – Painel fotográfico do manejo e metamorfose da fase pupal: (A) uso de recipiente plástico perfurado (tipo escorredor) como berçário, favorecendo a aderência de adultos recém-emergidos nas paredes laterais; (B) armações plásticas com fundo falso confeccionadas em impressora 3D, atuando como peneira para retenção de pupas e fixação de adultos; (C) recipiente de amostragem contendo pupas em estágio avançado (aproximadamente 144 horas) e adultos recém-emergidos com menos de 24 horas de eclosão; (D) agrupamento de larvas em estágio final de desenvolvimento, evidenciando o momento exato da metamorfose (empupamento) de dois espécimes



Fonte: Autor (2026).

APÊNDICE E – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA CRIAÇÃO E MANEJO DO *Zophobas morio* (TENÉBRIO GIGANTE)

Figura 19 – Painel fotográfico das unidades de criação de *Zophobas morio*: (A) bombona plástica adaptada contendo larvas em intensa atividade; (B) unidade de criação evidenciando o substrato nutricional e a utilização de cascas de abacaxi como fonte hídrica



Fonte: Autor (2026).