CONDIÇÕES DE MANEJO E SEUS EFEITOS SOBRE A PUPAÇÃO DO TENÉBRIO GIGANTE (*Zophobas morio*)

Rodrigo Martins Pereira[1], Túlio Moraes Carvalho[2], Erivelto Oliveira de Souza[2], Leonardo dos Reis Periard[1], Manuel Vazquez Vidal Junior[3], Pedro Pierro Mendonça[2].

[1]Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, s/n, Guararema – 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, aquicultura.rodrigo@gmail.com, leozinho.periard@gmail.com.
[2]Instituto Federal do Espirito Santo/Campus de Alegre, Rodovia BR 482, km 47, Distrito de Rive - 29500-000 – Alegre-ES, Brasil, tuliomoraescarvalho@hotmail.com, velto3032@gmail.com, ppierrom@gmail.com.
[3]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Avenida Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia - CEP 28013-602 - Campos dos Goytacazes, RJ, mvidalpx@gmail.com

Resumo
O isolamento individual é uma prática convencional para favorecer a pupação de *Zophobas morio*, porém pode limitar estratégias de manejo em sistemas coletivos. Objetivou-se avaliar a ocorrência e eficiência da pupação de *Z. morio* submetido a diferentes condições de manejo, envolvendo isolamento, alimentação e abrigo. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos, seis repetições e 10 indivíduos por unidade experimental, durante 14 dias. Avaliaram-se o comportamento pré-pupal, a taxa de pupação e a sobrevivência. O isolamento sem alimentação apresentou a maior taxa de pupação (63,33%), enquanto os tratamentos sem isolamento e abrigo apresentaram 3,33%. O abrigo elevou a pupação para 23,33% sem alimentação e 36,67% com alimentação, sendo este último semelhante ao isolamento com alimentação (46,67%). Não houve diferença significativa na sobrevivência. Os resultados indicam que abrigo e alimentação em condições coletivas apresentam potencial como alternativa ao isolamento individual, embora sejam necessários estudos adicionais sobre seus efeitos no bem-estar de *Z. morio*.
Palavras-chave: Tenebrionidae, Eficiência, Ciclo de Vida. Enriquecimento ambiental. Bem-estar animal.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias.

Introdução

O tenébrio gigante, *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae), apresenta crescente interesse para criação em sistemas de produção de insetos devido ao seu elevado porte, potencial nutricional e utilização como alimento para diferentes animais (Jiménez-Pichardo *et al*., 2025). A espécie é considerada promissora como fonte de nutrientes para alimentação animal e humana, além de apresentar potencial de utilização em sistemas de produção de insetos e aproveitamento de resíduos orgânicos (Rumbos; Athanassiou, 2021). Nesse contexto, o aprimoramento das técnicas de manejo ao longo do ciclo de desenvolvimento é importante para aumentar a eficiência dos sistemas de criação e ampliar as possibilidades de utilização da espécie.

Entre as particularidades do desenvolvimento e criação de *Z. morio*, destaca-se a necessidade de induzir a pupação (Rastekar *et al*., 2026). Larvas mantidas em condições de agrupamento apresentam redução ou inibição da transição para a fase pupal. Por isso, preconizou-se o isolamento individual das larvas, como estratégia para favorecer a pupação em criações (Rumbos; Athanassiou, 2021). Mesmo que essa prática seja eficiente para a obtenção de pupas, sua necessidade representa uma característica relevante do manejo de *Z. morio*, especialmente diante da busca por sistemas de criação mais eficientes e por alternativas que conciliem desempenho produtivo e condições de criação.

Nesse contexto, o enriquecimento ambiental, por meio da modificação ou complexificação das condições de criação e da disponibilização de elementos que ampliem as possibilidades de interação dos animais com o ambiente, apresenta-se como uma abordagem que merece atenção na criação de invertebrados (Cait *et al*., 2026). A discussão sobre bem-estar de insetos de produção tem ganhado

espaço na literatura, destacando a necessidade de compreender como as condições de criação podem influenciar o bem-estar desses animais e ressaltando que ainda existem lacunas importantes sobre as necessidades específicas das diferentes espécies (Barrett; Fischer, 2023; Voulgari-Kokota; Van Loon; Bovenkerk, 2023). Para *Z. morio*, a utilização de recursos como alimento e abrigo em condições coletivas pode constituir uma estratégia de enriquecimento ambiental e, potencialmente, contribuir para condições de criação mais favoráveis ao bem-estar, ao mesmo tempo em que permite investigar alternativas ao isolamento convencional.

Diante disso, objetivou-se avaliar a ocorrência e a eficiência da pupação de *Zophobas morio* submetido a diferentes condições de manejo, envolvendo isolamento, alimentação e abrigo, buscando identificar estratégias alternativas ao isolamento individual convencional.

Metodologia

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais (LNPEO) do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus de Alegre, no período de 14 a 29 de maio de 2025. Foram utilizados indivíduos de *Zophobas morio* com 90 dias de idade e comprimento médio inicial de 4,6 ± 0,3 cm. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), constituído por seis tratamentos e seis repetições, com 10 indivíduos por unidade experimental, totalizando 60 indivíduos por tratamento e 360 indivíduos no experimento. A distribuição das unidades experimentais foi realizada por sorteio.

Foram avaliadas seis condições de manejo durante o período de pré-pupação: T1 – isolamento individual sem alimentação; T2 – isolamento individual com alimentação; T3 – sem isolamento e sem alimentação; T4 – sem isolamento com alimentação; T5 – sem isolamento, com abrigo e alimentação; e T6 – sem isolamento, com abrigo e sem alimentação. As unidades experimentais foram constituídas por bandejas plásticas com dimensões de 30 × 30 × 15 cm (comprimento × largura × profundidade). Nos tratamentos com isolamento, cada indivíduo foi acondicionado individualmente em copo descartável com capacidade de 200 mL, sendo os 10 copos correspondentes a cada repetição dispostos em uma mesma bandeja experimental. Nos tratamentos sem isolamento, os 10 indivíduos de cada repetição permaneceram conjuntamente em uma bandeja. Nos tratamentos com abrigo (T5 e T6), foi disponibilizada uma cartela de ovos de papelão cortada em seis células, posicionada no interior da bandeja junto aos indivíduos.

Nos tratamentos que receberam alimentação (T2, T4 e T5), foi utilizada ração comercial para pintinhos de corte, contendo 21% de proteína bruta, como substrato, formando uma camada de aproximadamente 2 cm no recipiente correspondente, sendo copo ou bandeja. O chuchu foi utilizado como fonte de água e disponibilizado à vontade aos indivíduos dos tratamentos com alimentação. Os tratamentos sem alimentação não receberam esses recursos durante o período experimental.

As condições ambientais foram monitoradas durante o experimento, com temperatura média de 23,59 °C, temperatura média máxima de 25,86 °C, temperatura média mínima de 22,81 °C e umidade relativa média de 58,45 %. A temperatura e a umidade foram acompanhadas por meio de termômetro digital de máxima e mínima. A luminosidade foi controlada mediante a cobertura das bandejas com placas plásticas, proporcionando ambiente escuro durante o período experimental.

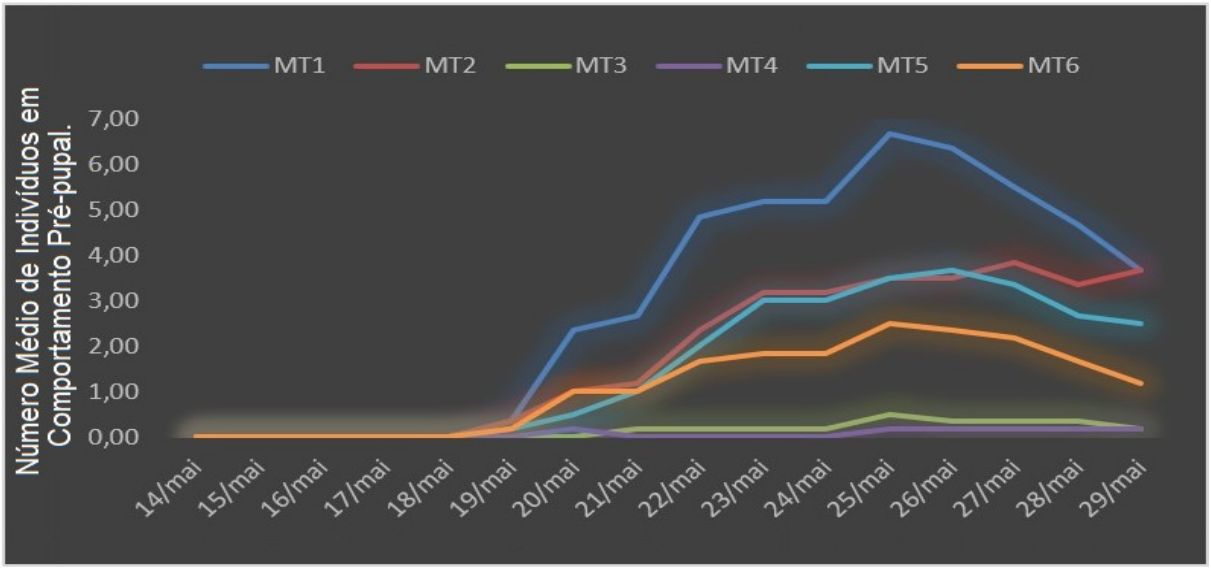
Foram realizadas observações e contagens diárias dos indivíduos, avaliando-se mortalidade, comportamento pré-pupal e pupação. O comportamento pré-pupal foi caracterizado pela permanência das larvas imóveis, inicialmente em formato de S e, posteriormente, em formato de C, condição denominada de “enrolamento”. A pupação foi registrada quando ocorria efetivamente a metamorfose e era observada a formação da pupa. A mortalidade foi registrada quando um indivíduo morto era identificado durante as observações diárias. Os dados referentes ao comportamento pré-pupal foram avaliados por estatística descritiva e apresentados em gráfico de linhas. Para as variáveis número de animais pré-pupa (NPAO), taxa de pupação (TXP) e sobrevivência (SOB), foi realizada análise de variância, considerando o tratamento como fonte de variação, seguida pelo teste de Tukey a 1% de significância para comparação das médias quando observado efeito significativo. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa R, versão 4.5.1.

Resultados

O comportamento pré-pupal dos indivíduos apresentou variação ao longo do período experimental, com início das observações a partir de 19 de maio e aumento progressivo nos tratamentos que

apresentaram maior ocorrência dessa condição (Figura 1). O tratamento T1, correspondente ao isolamento sem alimentação, apresentou a maior ocorrência de comportamento pré-pupal, atingindo aproximadamente 6,6 indivíduos em 25 de maio. Os tratamentos T2 e T5 apresentaram comportamento intermediário, enquanto T3 e T4 apresentaram baixa ocorrência de indivíduos em comportamento pré-pupal durante o período avaliado.

Figura 1 - Comportamento pré-pupal de *Zophobas morio* submetido a diferentes condições de manejo durante o período experimental.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O número de animais em condição pré-pupal foi influenciado pelos tratamentos ($p<0,01$), com médias de 7,00; 4,50; 0,50; 0,17; 4,00 e 2,83 indivíduos para T1, T2, T3, T4, T5 e T6, respectivamente. Pelo teste de Tukey a 1%, T1 apresentou a maior média, diferindo dos demais tratamentos, enquanto T2 e T5 não diferiram entre si.

O número de pupas também foi influenciado pelos tratamentos ($p<0,01$), apresentando médias de 6,33; 4,67; 0,33; 0,33; 3,67 e 2,33 pupas para T1, T2, T3, T4, T5 e T6, respectivamente. O teste de Tukey a 1% indicou que T1 apresentou a maior média, enquanto T3 e T4 apresentaram as menores médias. O tratamento T5 apresentou resultado intermediário e não diferiu de T2.

Tabela 1 – Pupação e Sobrevivência. Nota: médias de taxa de pupação seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 1% de significância. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para sobrevivência ($p>0,01$).

Tratamento	Taxa de pupação (%)	Sobrevivência (%)
T1 – Isolamento sem alimentação	63,33 a	96,67
T2 – Isolamento com alimentação	46,67 ab	98,33
T3 – Sem isolamento e sem alimentação	3,33 c	98,33
T4 – Sem isolamento com alimentação	3,33 c	98,33
T5 – Sem isolamento, abrigo e alimentação	36,67 b	93,33
T6 – Sem isolamento, abrigo e sem alimentação	23,33 bc	95,00

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

A taxa de pupação apresentou comportamento semelhante ao observado para o número de pupas, com médias de 63,33%, 46,67%, 3,33%, 3,33%, 36,67% e 23,33% para T1, T2, T3, T4, T5 e T6, respectivamente. Pelo teste de Tukey a 1%, T1 apresentou a maior taxa de pupação, enquanto T3 e T4 apresentaram os menores valores. O tratamento T5 apresentou taxa inferior a T1, porém não diferiu estatisticamente de T2.

A sobrevivência dos indivíduos não foi influenciada pelos tratamentos (p>0,01), apresentando médias de 96,67%, 98,33%, 98,33%, 98,33%, 93,33% e 95,00% para T1, T2, T3, T4, T5 e T6, respectivamente.

Discussão

A maior taxa de pupação foi observada no tratamento T1, correspondente ao isolamento individual sem alimentação, com 63,33%, confirmando a eficiência do isolamento como estratégia de manejo para favorecer a pupação de *Zophobas morio*. Esse resultado é consistente com a literatura, que descreve a influência da densidade e do contato entre larvas sobre a transição para a fase pupal da espécie, sendo o isolamento individual uma prática utilizada para favorecer esse processo (Rumbos; Athanassiou, 2021). Dessa forma, os resultados obtidos reforçam a resposta biológica já descrita para *Z. morio* e confirmam a eficiência do método convencional utilizado em sistemas de criação.

A comparação entre os tratamentos mantidos sem isolamento evidencia, entretanto, que a simples disponibilização de alimento não foi suficiente para favorecer a pupação. Os tratamentos T3, sem isolamento e sem alimentação, e T4, sem isolamento e com alimentação, apresentaram a mesma taxa de pupação (3,33%). Esse resultado indica que, nas condições avaliadas, a oferta de alimento, isoladamente, não foi suficiente para compensar a condição de agrupamento dos indivíduos. A baixa ocorrência de pupação nesses tratamentos é compatível com a influência negativa do contato entre larvas descrita para *Z. morio* (Rumbos; Athanassiou, 2021).

Por outro lado, a introdução do abrigo esteve associada a um aumento expressivo da pupação nos indivíduos mantidos em grupo. No tratamento T6, sem isolamento, com abrigo e sem alimentação, a taxa de pupação alcançou 23,33%, enquanto no T3, também sem isolamento e sem alimentação, foi de apenas 3,33%. Da mesma forma, o tratamento T5, sem isolamento, com abrigo e alimentação, apresentou taxa de pupação de 36,67%, enquanto T4, sem isolamento e com alimentação, apresentou apenas 3,33%. Embora essas comparações não permitam atribuir isoladamente ao abrigo o aumento observado, uma vez que o delineamento não foi estruturado como experimento fatorial, o padrão encontrado sugere que a disponibilização de uma estrutura de refúgio pode ter contribuído para a ocorrência da pupação em condições coletivas.

A diferença entre T6 e T5 também permite observar que a associação entre abrigo e alimentação apresentou taxa de pupação superior à observada na presença de abrigo sem alimentação, com valores de 36,67% e 23,33%, respectivamente. Além disso, T5 não diferiu estatisticamente de T2, que apresentou 46,67% de pupação e utilizou o isolamento individual. Esse resultado é particularmente relevante para a proposta do estudo, pois indica que a combinação de abrigo e alimentação possibilitou a ocorrência de pupação em indivíduos mantidos coletivamente com taxa de pupação estatisticamente semelhante à observada em indivíduos isolados e alimentados. Assim, embora o isolamento tenha proporcionado a maior taxa de pupação, a utilização de recursos ambientais em condições coletivas apresentou potencial como estratégia alternativa de manejo.

A disponibilização do abrigo pode ser relacionada ao conceito de enriquecimento ambiental, uma vez que introduziu maior complexidade física ao ambiente de criação e disponibilizou uma estrutura de refúgio aos indivíduos. Estudos sobre bem-estar de insetos de produção destacam a necessidade de compreender como as condições ambientais e de manejo podem atender às necessidades específicas desses animais (Barrett; Fischer, 2023; Voulgari-Kokota; van Loon; Bovenkerk, 2023). No presente estudo, não foram avaliados indicadores específicos de bem-estar, de modo que não é possível afirmar que o enriquecimento ambiental tenha promovido melhoria do bem-estar dos animais. Entretanto, a maior ocorrência de pupação nos tratamentos que receberam abrigo, especialmente quando associado à alimentação, indica que a complexificação do ambiente merece ser investigada como estratégia de manejo capaz de conciliar a manutenção coletiva dos indivíduos com a ocorrência da pupação.

A sobrevivência não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, variando de 93,33% a 98,33%. Esse resultado demonstra que as diferentes condições de manejo não alteraram significativamente a sobrevivência dos indivíduos durante o período experimental. Dessa maneira, as principais diferenças observadas estiveram relacionadas à progressão para a fase pupal, e não à sobrevivência, reforçando a possibilidade de que as condições de isolamento, abrigo e alimentação tenham influenciado principalmente o comportamento e a transição para a pupação.

Conclusão

Os diferentes sistemas de manejo influenciaram a ocorrência e a eficiência da pupação de *Zophobas morio*. O isolamento individual apresentou maior eficiência de pupação, confirmando a eficácia do método convencional. Entretanto, a manutenção dos indivíduos em condições coletivas associada à disponibilização de abrigo e alimentação apresentou maior taxa de pupação quando comparada aos tratamentos coletivos sem abrigo, alcançando taxa de pupação de 36,67% e resultado estatisticamente semelhante ao tratamento com isolamento e alimentação.

A ausência de diferença significativa na sobrevivência entre os tratamentos indica que as condições avaliadas afetaram principalmente a transição para a fase pupal, e não a sobrevivência dos indivíduos. Os resultados sugerem que a utilização de abrigo e alimentação em sistemas coletivos apresenta potencial como estratégia alternativa ao isolamento individual, especialmente sob a perspectiva de sistemas de criação que busquem maior complexidade ambiental e possíveis condições mais favoráveis ao bem-estar. Entretanto, estudos adicionais são necessários para avaliar diretamente os efeitos dessas estratégias sobre o bem-estar de *Z. morio* e determinar as condições de manejo mais eficientes para a pupação em sistemas coletivos.

Referências

BARRETT, M.; FISCHER, B. Challenges in farmed insect welfare: Beyond the question of sentience. **Anim. Welfare**, v. 32, e4, 2023. DOI: 10.1017/awf.2022.5.

CAIT, J.; MACLELLAN, A.; ADCOCK, S. J. J.; BARRETT, M. From mice to moths: Practical reasons for considering animal welfare in research. **J. Am. Assoc. Lab. Anim. Sci.**, 2026, p. 1-15. DOI: 10.30802/AALAS-JAALAS-26-039.

JIMÉNEZ-PICHARDO, R.; SANTOS, E. M.; LORENZO, J. M.; AGREGÁN, R.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SÁNCHEZ-ORTEGA, I. Nutritional quality of edible insects protein. **Food Sci. Process.**, v. 6, n. 6, p. 2591-2646, 2025.

RASTEKAR, F.; ALAEI KAKHKI, N.; ALIABADIAN, M.; MONFARED, M. A practical and safe alternative method for skeletal cleaning for museum specimens using superworms (*Zophobas morio*). **PLoS ONE**, v. 21, n. 7, e0349669, 2026. DOI: 10.1371/journal.pone.0349669.

RUMBOS, C. I.; ATHANASSIOU, C. G. The superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae): A 'sleeping giant' in nutrient sources. **J. Insect Sci.**, v. 21, n. 2, p. 1-11, 2021. DOI: 10.1093/jisesa/ieab014.

VOULGARI-KOKOTA, A.; VAN LOON, M. S.; BOVENKERK, B. Insects as mini-livestock: Considering insect welfare in feed production. **NJAS Impact Agric. Life Sci.**, v. 95, n. 1, 2191797, 2023. DOI: 10.1080/27685241.2023.2191797

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001, e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES). Os autores agradecem à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) pelo apoio institucional e infraestrutura concedidos ao Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais para a execução desta pesquisa