
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E
BIODIVERSIDADE**

**DIVERSIDADE DE COLEOPTERA ASSOCIADA AO PROCESSO DE
DECOMPOSIÇÃO DE CARCAÇA SUÍNA E AVALIAÇÃO BIOLÓGICA DE
HISTERIDAE DE INTERESSE FORENSE EM LABORATÓRIO**

MERYELLEN SILVANIA CAVALCANTI

**Rio Claro – SP
2024**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E
BIODIVERSIDADE

DIVERSIDADE DE COLEOPTERA ASSOCIADA AO PROCESSO DE
DECOMPOSIÇÃO DE CARCAÇA SUÍNA E AVALIAÇÃO BIOLÓGICA DE
HISTERIDAE DE INTERESSE FORENSE EM LABORATÓRIO

MERYELLEN SILVANIA CAVALCANTI

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Ecologia, Evolução e Biodiversidade.

Orientador: Dr. Cláudio José Von Zuben
Coorientador: Dr. Vinícius Costa-Silva

Rio Claro – SP
2024

C376d	Cavalcanti, Meryellen Silvania Diversidade de Coleoptera associada ao processo de decomposição de carcaça suína e avaliação biológica de Histeridae de interesse forense em laboratório. / Meryellen Silvania Cavalcanti. -- Rio Claro, 2024 89 p. : il., tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro Orientador: Claudio José Von Zuben Coorientador: Vinícius Costa-Silva 1. Entomologia Forense. 2. Ecologia. 3. Coleoptera. 4. Avaliação Biológica. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

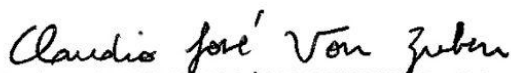
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DIVERSIDADE DE COLEOPTERA ASSOCIADA AO PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO DE CARÇA SUÍNA E AVALIAÇÃO BIOLÓGICA DE HISTERIDAE DE INTERESSE FORENSE EM LABORATÓRIO

AUTORA: MERYELLEN SILVÂNIA CAVALCANTI

ORIENTADOR: CLAUDIO JOSÉ VON ZUBEN

COORDENADOR: VINÍCIUS DA COSTA SILVA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ecologia, Evolução e Biodiversidade, área: Biodiversidade pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. CLAUDIO JOSÉ VON ZUBEN (Participação Virtual)
Departamento de Biodiversidade / Unesp - IB Rio Claro



Profa. Dra. PATRICIA JACQUELINE THYSSEN (Participação Virtual)
Departamento de Biologia Animal / Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. FERNANDO WILLYAN TREVISAN LEIVAS (Participação Virtual)
Departamento de Biodiversidade / Universidade Federal do Paraná



Rio Claro, 14 de março de 2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por ter me permitido chegar até aqui.

Ao Prof. Dr. Claudio José Von Zuben, pela orientação. Ao Dr. Vinícius Costa-Silva, pela coorientação e suporte. À Universidade Estadual Paulista (UNESP) e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Evolução e Biodiversidade, pela formação. Ao Prof. Dr. Odair Correa Bueno, pelo acolhimento no Laboratório de Formigas-Cortadeiras (LAFC), que virou a minha segunda casa. Aos colegas do Laboratório de Entomologia (LENT), que me ajudaram nas coletas, manutenção e alimentação dos besouros. A Msc. Bianca Raissa Nogueira pela amizade, companheirismo durante todo o trabalho, auxílio, colaborações e norteamto durante a análise dos dados. Ao Danilo Azevedo pelo auxílio com as figuras do segundo capítulo. A Dra. Amanda de Oliveira pelo auxílio, companheirismo e amizade. A Dra. Janieli Pereira pelo auxílio no começo da manutenção dos besouros. Ao Prof. Dr. Fernando Z. Vaz-de-Mello e o Dr. Vinícius Costa-Silva, por terem me auxiliado na identificação do material do primeiro capítulo. Ao Prof. Dr. Fernando Willyan Trevisan Leivas pelo auxílio na identificação do material do segundo capítulo, e treinamento de dissecação. A Prof. Dra. Patricia J. Thyssen pelo fornecimento das larvas de Diptera.

A Antonio Bacoquina, pela doação dos cadáveres de suínos.

Aos meus pais, Cícero e Sulamita, agradeço pelos ensinamentos, pelas orações ao longo de toda a minha trajetória e por sempre me apoiarem na busca pelos meus sonhos. A minha irmã Gabrielly, minha Vó Regina e ao Carlos, por sempre estarem comigo. A Família Silva por todo apoio. Ao Batatinha, meu cão e companheiro de todas as horas.

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

RESUMO

A entomologia forense é a ciência que aplica o estudo dos insetos e outros artrópodes a procedimentos legais. Dentro desse vasto espectro, a ordem Coleoptera, representada pelos besouros, destaca-se como o táxon mais rico e diverso dentre todos os insetos, sendo elementos úteis em investigações criminais desempenhando um papel importante tanto para estimativa de intervalo pós-morte (IPM), quanto para inferir a movimentação de um cadáver do local original de ocorrência da morte. Diante disso, a presente pesquisa teve como objetivo primário investigar a diversidade de espécies da ordem Coleoptera associada ao processo de decomposição de suínos (*Sus scrofa* L.) e a influência dos diferentes níveis de antropização na diversidade local. A coleta de dados foi realizada em três ambientes distintos, utilizando porcos natimortos como iscas e armadilhas de queda para coleta dos indivíduos. A análise identificou 620 indivíduos, distribuídos em 17 famílias, 55 gêneros e 99 espécies de Coleoptera. Embora o ambiente de transição tenha sido o mais abundante, o ambiente rural foi o mais rico em espécies. Dado que a família Histeridae foi uma das mais abundantes nas coletas realizadas, o segundo objetivo deste trabalho propôs a elaboração de um protocolo de manutenção em laboratório de besouros adultos. Para isto, coletas ativas foram conduzidas em três locais, e em dois períodos distintos (matutino e vespertino), utilizando porcos natimortos para atrair indivíduos adultos de Histeridae, com o intuito de mantê-los em laboratório. Dos 86 indivíduos identificadas, cinco espécies foram mantidas em laboratório, sendo *Euspilotus azureus* (Sahlberg, 1823), *Hister cavifrons* Marseul, 1854, *Hister lissurus* Marseul, 1854, *Omalodes foveola* Erichson, 1834 e *Omalodes (Omalodes)*sp1. Erichson, 1834. Mantidos em laboratório durante um ano completo (365 dias), o protocolo comprovou ser eficaz, principalmente para *Euspilotus azureus* e *Omalodes foveola*, dado que tiveram uma menor taxa de mortalidade.

Palavras Chaves: Entomologia Forense. Besouros. Histeridae. Staphylinidae.

ABSTRACT

Forensic entomology is the science that applies the study of insects and other arthropods to legal procedures. Within this vast spectrum, the order Coleoptera, represented by beetles, stands out as the richest and most diverse taxon among all insects, being useful elements in criminal investigations by playing an important role in both post-mortem interval (PMI) estimation and inferring the movement of a corpse from the original death scene. In light of this, the present research aimed to investigate the diversity of Coleoptera species associated with the decomposition process of pigs (*Sus scrofa* L.) and the influence of different levels of anthropization on local diversity. Data collection was conducted in three distinct environments, using stillborn pigs as baits and pitfall traps for collecting individuals. The analysis identified 620 individuals, distributed among 17 families, 55 genera, and 99 species of Coleoptera. Although the transitional environment was the most abundant, the rural environment was the richest in species. Since the family Histeridae was one of the most abundant in the collections conducted, the second objective of this work proposed the elaboration of a maintenance protocol for adult beetles in the laboratory. For this, active collections were conducted in three locations, and at two different periods (morning and afternoon), using stillborn pigs to attract adult individuals of Histeridae, with the aim of keeping them in the laboratory. Out of the 86 individuals identified, five were kept in the laboratory, namely *Euspilotus azureus* (Sahlberg, 1823), *Hister cavifrons* Marseul, 1854, *Hister lissurus* Marseul, 1854, *Omalodes foveola* Erichson, 1834, and *Omalodes* (*Omalodes*) sp1. Erichson, 1834. Maintained in the laboratory for a complete year (365 days), the protocol proved to be effective, especially for *Euspilotus azureus* and *Omalodes foveola*, as they had a lower mortality rate.

Keywords: Forensic Entomology. Beetles. Histeridae. Staphylinidae.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I

Figuras

- Figura 1.** Ponto de coleta em área de transição urbano-florestal. A área demarcada em amarelo demarca a Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", campus Rio Claro, São Paulo, enquanto a área em vermelho sinaliza o local de coleta..... 26
- Figura 2.** Ponto de coleta área Rural. A área marcada em azul é um curso d'água que passa perto do local de coleta, enquanto a área em vermelho sinaliza o local de coleta..... 26
- Figura 3.** Ponto de coleta em área residencial. A área demarcada em vermelho sinaliza o local de coleta..... 27
- Figura 4.** Gaiola utilizada nos experimentos..... 28
- Figura 5.** Porco natimorto (*Sus scrofa*) utilizado para coleta e armadilha de queda no solo ao lado do porco..... 28
- Figura 6.** Indivíduo coletado de *Aleochara* sp1 da família Staphylinidae..... 32
- Figura 7.** Indivíduo coletado de *Xanthopygina* sp1 da família Staphylinidae..... 33
- Figura 8.** Indivíduo coletado de *Euspilotus azureus* (Sahlberg, 1823) da família Histeridae.. 33
- Figura 9.** Indivíduo coletado de *Hister* sp. da família Histeridae..... 33
- Figura 10.** Indivíduo coletado de *Ataenius platensis* (Blanchard, 1847) da família Scarabaeidae..... 34
- Figura 11.** Indivíduo coletado de *Canthon conformis* Harold, 1869 da família Scarabaeidae 34

Gráfico

- Gráfico 1.** Densidade dos valores de temperatura, umidade relativa e incidência de luz registrados durante os experimentos, organizados por unidades amostrais (A, C e E) e ambientes (B, D e F). Rs: unidades amostrais no ambiente residencial; Rr: unidades amostrais no ambiente rural; e Tr: unidades amostrais no ambiente de transição..... 39
- Gráfico 2.** Gráficos para visualização dos dados de correlação de Pearson entre a riqueza de espécies e as variáveis ambientais: temperatura (A) ($p=0,805$, $r=-0,295$), umidade relativa (B) ($p=0,359$, $R=0,109$), incidência de luz (C) ($p=0,005$, $R=-0,324$) e precipitação (D) ($p=0,642$, $R=0,556$)..... 40
- Gráfico 3.** Duração dos estágios de decomposição (horas) por unidade amostral nas áreas. Rs: pontos amostrais na área residencial; Rr: pontos amostrais na área rural; e Tr: pontos amostrais na área de transição..... 42
- Gráfico 4.** Curva de rarefação/extrapolação de riqueza de espécies pelo número de indivíduos..... 44
- Gráfico 5.** Média e desvio padrão da riqueza de espécies por ambientes..... 45
- Gráfico 6.** Curvas de distribuição de abundância de espécies..... 46
- Gráfico 7.** Média e desvio padrão da abundância de espécies por ambientes..... 47
- Gráfico 8.** Matrizes para visualizar o valor da dissimilaridade total para os dados de presença

e ausência (índice de Sorensen e Jaccard) e abundância (índice de Bray-Curtis) entre os ambientes.....	48
Gráfico 9. NMDS da dissimilaridade de Jaccard entre os ambientes.....	49
Gráfico 10. Média e desvio padrão da riqueza de espécies por estágio de decomposição.....	51
Gráfico 11. Média e desvio padrão da abundância de espécies por estágio de decomposição.....	52
Gráfico 12. Matrizes para visualizar o valor da dissimilaridade total para os dados de presença e ausência (índice de Sorensen e Jaccard) e abundância (índice de Bray-Curtis) entre os estágios de decomposição.....	53
Gráfico 13. Média e desvio padrão da riqueza de espécies por períodos.....	54
Gráfico 14 - Média e desvio padrão da abundância de espécies por períodos.....	55
Gráfico 15. Matrizes para visualizar o valor da dissimilaridade total para os dados de presença e ausência (índice de Sørensen e Jaccard) e abundância (índice de Bray-Curtis) entre os períodos.....	56

Quadro

Quadro 1. Número total de famílias por ambiente e percentual em relação a abundância total.....	34
Quadro 2. Número total de indivíduos por ambiente, com seu hábito alimentar (indivíduos adultos) e a contribuição percentual de cada espécie.....	35
Quadro 3. Resultados de testes de correlação de Pearson entre os fatores abióticos e a riqueza de espécies.....	40
Quadro 4. Riqueza de espécies, Abundância, índice de diversidade Shannon-Wiener, Simpson e índice de Pielou, de cada ambiente.....	43
Quadro 5. Riqueza e abundância de espécies, índice de diversidade Shannon-Wiener, Simpson e índice de Pielou, por estágio de decomposição.....	50
Quadro 6. Riqueza de espécies, Abundância, índice de diversidade Shannon-Wiener, Simpson e índice de Pielou, por período.....	54

CAPÍTULO II

Figuras

Figura 1. Área de coleta. A área demarcada em azul demarca a Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", campus Rio Claro, São Paulo. A área em amarelo sinaliza o local um de coleta, a área em laranja sinaliza o local dois de coleta e a área em vermelha sinaliza o local três de coleta.....	71
Figura 2. Porco natimorto (<i>Sus scrofa</i>) utilizado para coleta.....	72
Figura 3. Gaiola utilizada nos experimentos.....	72
Figura 4. Coleta ativa em carcaça de porco natimorto (<i>Sus scrofa</i>).....	73
Figura 5 - <i>Lucilia cuprina</i> (Diptera, Calliphoridae).....	74
Figura 6. Pote de polipropileno de 200 mL contendo carne moída bovina para alimentação das larvas (1) e pote de polipropileno de 750mL para emergir moscas adultas	

(2).....	74
Figura 7. Gaiolas (42,5 x 30,5 x 30,7 cm) de criação de <i>Lucilia cuprina</i> (Diptera, Calliphoridae).....	75
Figura 8. Modelo do pote de polipropileno de 1000mL para a manutenção dos besouros (1), Pote simulando os besouros e a sua alimentação (2).....	76
Figura 9. Câmara de criação com temperatura controlada utilizada nos experimentos.....	76

Quadro

Quadro 1. Quadro de espécies, contendo a sexagem, período coletado, tempo de vida em laboratório em dias e meses (x = não identificados).....	79
Quadro 2. Quadro contendo o total da razão sexual para cada espécie.....	81
Quadro 3. Quadro contendo o total de períodos de coleta para cada espécie.....	82
Quadro 4. Quadro com tempo de vida dos indivíduos até 12 Meses.....	83
Quadro 5. Quadro com tempo de vida dos indivíduos até 14 Meses.....	83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	12
1.1 Objetivo Geral.....	15
1.1.1 Objetivos Específicos.....	15
2. APRESENTAÇÃO.....	15
CAPÍTULO 1 - DIVERSIDADE DE COLEOPTERA (INSECTA) DE INTERESSE FORENSE ASSOCIADOS AO PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO DE <i>SUS SCROFA L.</i>.....	20
1 INTRODUÇÃO.....	22
1.1 Objetivo Geral.....	24
1.1.1 Objetivos Específicos.....	24
1.2 Hipótese Geral.....	24
1.2.1 Hipóteses Específicas.....	24
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.1 Áreas de Coleta.....	25
2.2 Desenho Experimental.....	27
2.3 Análise de Dados.....	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
3.1 Inventário das espécies.....	31
3.2 Fatores Abióticos.....	38
3.3 Estágios de decomposição.....	41
3.4 Diversidade de Coleoptera.....	43
3.4.1 Diversidade por ambiente.....	43
3.4.2 Diversidade por estágios de decomposição.....	49
3.4.3 Diversidade por períodos.....	54
4. CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS.....	60
CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO BIOLÓGICA DE MORTALIDADE EM LABORATÓRIO PARA ESPÉCIES ADULTAS DE HISTERIDAE (COLEOPTERA) DE INTERESSE FORENSE	66
1 INTRODUÇÃO.....	68
1.1 Objetivo Geral.....	69
1.1.1 Objetivos Específicos.....	70
1.2 Hipótese Geral.....	70
1.2.1 Hipóteses Específicas.....	70
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	70
2.1 Coletas.....	70
2.2 Criação de Diptera para a alimentação.....	73
2.3 Manutenção dos besouros em laboratório.....	75
2.4 Mortalidade.....	76
2.5 Identificação e sexagem dos espécimes.....	77

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
3.1 Manutenção dos Besouros em Laboratório.....	77
3.2 Identificação dos indivíduos.....	78
3.3 Mortalidade dos Indivíduos em laboratório.....	82
4. Conclusão.....	84
REFERÊNCIAS.....	85

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Entomologia Forense é a ciência que é dedicada a estudar a taxonomia, ecologia, biologia dos insetos (Pujol-luz; Arantes; Constantino, 2008), utilizando-os como ferramenta elucidativa em procedimentos legais (Pujol-luz; Arantes; Constantino, 2008). Ela pode ser classificada em três subáreas, sendo elas a médico-legal, urbana e de produtos estocados (Pujol-luz; Arantes; Constantino, 2008). A subárea urbana inclui ações cíveis envolvendo a presença de insetos em imóveis, como, por exemplo, referente à ação de cupins que podem danificar estruturas; a de produtos estocados trata da contaminação por artrópodes de produtos comerciais estocados em grande extensão; enquanto a médico-legal envolve casos de morte violenta ou não (Pujol-luz; Arantes; Constantino, 2008).

Algumas das contribuições da entomologia forense, são: a entomotoxicologia, deslocamento de cadáver, rota de drogas, maus tratos contra crianças e idosos, e a estimativa do intervalo pós-morte (IPM) (Pujol-luz; Arantes; Constantino, 2008). O IPM corresponde ao período de tempo entre a ocorrência da morte e o momento em que o cadáver é encontrado (Thyssen; Grella, 2011). O primeiro caso em que um besouro foi utilizado para estimar o IPM no Brasil, foi reportado na Amazônia, no ano de 2014. Foi calculado pelo padrão de sucessão ecológica do “besouro de carniça” *Oxelytrum caynnense* Sturm, 1826, (Souza *et al.*, 2014).

Em relação às mortes violentas, o vestígio entomológico pode ajudar a esclarecer a causa da morte, o lugar de ocorrência (Oliveira-Costa; Ururahy-Rodrigues, 2013) e, principalmente, o IPM (Lira *et al.*, 2020). Os insetos estão entre os primeiros animais a encontrar um cadáver em decomposição. Após serem atraídos pelos compostos voláteis ricos em enxofre liberados após a morte, os insetos utilizam o cadáver para sua alimentação, reprodução e desenvolvimento (Ashworth; Wall, 1994; Cornaby, 2009).

Quanto à alimentação, os insetos podem ser divididos em quatro categorias de hábito alimentar (Smith, 1986): os necrófagos colonizam os cadáveres, alimentando-se diretamente dos tecidos em decomposição, como diversas espécies de dípteros das famílias Calliphoridae e alguns Coleoptera (Catts; Goff, 1992); os predadores e parasitóides de espécies necrófagas se alimentam de outros insetos ou artrópodes presentes no cadáver, usufruindo das reservas desses indivíduos para concluir seu ciclo de vida, como coleópteros predadores de larvas de dípteros; os onívoros se alimentam tanto da matéria em decomposição, quanto da fauna ; e, por fim, as espécies acidentais, que estão no cadáver por acaso e acabam utilizando-o como uma extensão do seu habitat, visitando-o esporadicamente, como os ácaros.

A ordem Coleoptera é a mais rica e diversa da classe Insecta, sendo que já foram descritos cerca de 400.000 espécies, sendo que para o Brasil são 35.562 espécies. (“Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil”, [s.d.]). Os insetos dessa ordem são popularmente chamados de besouros, joaninhas, vagalumes, rola-bostas, serra-paus etc. (Silva; Silva, 2011).

A principal característica dos besouros é o exoesqueleto esclerotizado, composto por camadas de placas de quitina, os escleritos, separadas por suturas finas, fornecendo um corpo duro e resistente sem alterar a flexibilidade (Carvalho, 2015). As asas anteriores, do tipo élitro, servem como um estojo protetor para as asas posteriores, as membranosas, e o abdômen (Carvalho, 2015). Contudo, em algumas famílias, os élitros são mais curtos deixando desprotegida a extremidade do abdômen (e.g. Staphylinidae e Nitidulidae). Os coleópteros possuem aparelho bucal do tipo mastigador e as mandíbulas em muitas espécies são robustas e usadas para quebrar sementes ou mastigar madeira (Carvalho, 2015). Os besouros utilizam os cadáveres como fonte de alimentação, reprodução e desenvolvimento do seu ciclo de vida holometábolo (ovo, larva, pupa e adulto) (Alexander *et al.*, 2022). Dadas suas mandíbulas fortes, podem predar outros insetos menores desde a fase larval até a fase adulta, na qual se reproduzem (Casari; Ide, 2012). Em experimentos anteriores (Fonseca *et al.*, 2020) constatou-se que a ocorrência dos coleópteros atinge pico populacional durante as fases mais avançadas da deterioração.

De acordo com a literatura, as principais famílias de besouros encontrados em carcaças são (Bo, 2013; Fernandes, 2014; Azevedo Filho *et al.*, 2023):

Carabidae, que são predadores ativos e a sua presença pode fornecer informações sobre o ambiente e a sucessão de insetos em um cadáver. Cleridae, que são encontrados na carcaça associado ao estágio gasoso da decomposição (Booth *et al.*, 1990; Gennard, 2007).

Dermestidae, em que seus estágios larvais se alimentam de matéria orgânica em decomposição. Quando encontrados em corpos humanos, podem ajudar a estimar o IPM (Tavares, 2003). Staphylinidae, que são predadores de outros insetos. Seu estágio larval pode se alimentar de larvas de moscas presentes no cadáver, podendo ser útil para estimar o IPM do cadáver (Haskell & Catts, 1990).

Scarabaeidae, que utilizam cadáveres em decomposição como fonte de alimento para suas larvas (Wells & Lamunyon, 1996). Silphidae, que são necrófagos, e portanto, têm um papel importante na decomposição de cadáveres. Eles são atraídos por matéria orgânica em decomposição, onde depositam seus ovos. As larvas se alimentam dos tecidos em

decomposição, ajudando a acelerar o processo de decomposição e a estimar o IPM (Byrd & Castner, 2010).

Leiodidae, que são besouros pequenos, cujas larvas se alimentam de matéria orgânica em decomposição, incluindo tecidos de cadáveres. Esses besouros auxiliam na determinação do IPM (Campos; Oliveira, 2019). Trogidae, cujos representantes são atraídos por odores do cadáver e são necrófagos. Sua presença e atividade podem ser úteis na estimativa do IPM (Costa-Silva *et al.*, 2017).

Tenebrionidae, conhecidos como besouros-da-farinha, podem ser encontrados em ambientes de decomposição, alimentando-se de matéria orgânica em estágios avançados de decomposição. Suas larvas são capazes de consumir uma variedade de materiais em decomposição, incluindo cadáveres (Silva; Santos, 2007).

Nitidulidae, que são conhecidos como besouros saprófagos. Atraídos por odores característicos da decomposição, são frequentemente encontrados se alimentando de matéria orgânica em estágios avançados de decomposição em cadáveres. Por isso, podem ajudar a estimar o IPM (Silva; Santos, 2007).

Hydrophilidae, cujos representantes são conhecidos como besouros- d'água, e estão associados a habitats aquáticos, como rios, lagos e poças d'água. No contexto forense, eles podem ser encontrados em cadáveres submersos ou em estágios avançados de decomposição em locais com acúmulo de água. Suas larvas se alimentam de matéria orgânica em decomposição, incluindo tecidos de cadáveres (Bonfanti *et al.*, 2018).

E finalmente Histeridae, que são conhecidos como besouros predadores. Comumente encontrados em cadáveres em decomposição, no qual seus estágios de larva e adulto se alimentam das larvas de outros insetos (Gonçalves; Leivas, 2017).

A última família listada, a Histeridae, possui 4.252 espécies, 391 gêneros, 17 tribos e 11 subfamílias (Mazur 2011). No Brasil, há 611 espécies e 131 gêneros válidos (“Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil”, [s.d.]). São de grande importância para a entomologia forense, podendo ser utilizados para estimar o IPM (Szelecz *et al.*, 2018), e a sua ampla distribuição geográfica, os torna uma ferramenta de grande importância para investigações em diferentes localidades. Para maior compreensão e estudos da utilização destes besouros para estimativa do IPM, é necessário a sua manutenção correta em laboratório. Portanto, é imprescindível um protocolo de manutenção que permita avaliação biológica destes

indivíduos, para assim estabelecer uma população e criação em ambiente controlado. Além disso, pode permitir a realização de outros testes, como por exemplo, análises de taxa de predação.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente estudo foi avaliar a diversidade de Coleoptera coletada em carcaças de suínos (*Sus scrofa*) em diferentes níveis de antropização. Além disso, o presente estudo visou realizar avaliação biológica de espécies de Histeridae em laboratório.

1.1.1 Objetivos Específicos

Buscou-se:

- (1) identificar a diversidade alfa e beta de Coleoptera associadas ao processo de decomposição de suínos (*Sus scrofa* L.);
- (2) analisar a influência dos diferentes níveis de antropização na diversidade local;
- (3) Avaliar parâmetros como tempo de vida, taxa de sobrevivência de histerídeos mantidos sob condições controladas.

2. APRESENTAÇÃO

O estudo foi dividido em dois capítulos, cada um contendo o seu escopo com resumo, introdução, objetivos, métodos, resultados e discussão, e por fim conclusão. O Capítulo I, intitulado “DIVERSIDADE DE COLEOPTERA (INSECTA) DE INTERESSE FORENSE ASSOCIADOS AO PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO DE *SUS SCROFA* L.” buscou analisar a diversidade de espécies de coleópteros em três ambientes diferentes no município de Rio Claro, São Paulo. O Capítulo II, intitulado "AVALIAÇÃO BIOLÓGICA DE MORTALIDADE EM LABORATÓRIO PARA ESPÉCIES ADULTAS DE HISTERIDAE (COLEOPTERA) DE INTERESSE FORENSE " apresenta uma avaliação biológica de mortalidade em laboratório para algumas espécies de Histeridae (Coleoptera) de interesse forense.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, Herick *et al.* Aplicabilidade da entomologia nas práticas forenses: uma revisão narrativa. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, [S. L.], v. 15, n. 3, p. 1-8, 2022. ISSN 2178-2091.
- ALMEIDA, L. M.; MISE, K. M. Diagnosis and key of the main families and species of South American Coleoptera of forensic importance. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, p. 227-244, 2009.
- AMENDT, J. *et al.* Melhor prática em padrões e diretrizes de entomologia forense. **International Journal of Legal Medicine**, v. 121, n. 2, p. 90-104, 2007.
- ASHWORTH, Jeremy R.; WALL, Richard. Responses of the sheep blowflies *Lucilia sericata* and *L. cuprina* to odour and the development of semiochemical baits. **Medical and Veterinary Entomology**, [S. L.], v. 8, n. 4, p. 303-309, 1994.
- AZEVEDO FILHO, W. S. *et al.* Formigas (Hymenoptera: Formicidae) de importância forense ocorrentes em carcaça suína (*Sus scrofa*) no município de Bento Gonçalves, RS. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 12, n. 1, p. 87-92, 2023.
- BÓ, D. D. Besouros (Coleoptera) associados a carcaças de *Sus scrofa* (Linnaeus) em área de restinga na Paraíba. [s.l: s.n.].
- BONFANTI, CF; GAEDKE, A.; MONIQUE DUBET DA SILVA MOUGA, D. Diversidade de Coleoptera em cadáveres humanos na região nordeste de Santa Catarina. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 3, p. 13, 2018.
- BOOTH, R. G.; COX, M. L.; MADGE, R. B. 3. IIE guides to insects of importance to man: 3. Coleoptera. London: International Institute of Entomology / The Natural History Museum, 1990. 384 p.
- BYRD, J. H.; CASTNER, J. L. **Forensic entomology: The utility of arthropods in Legal investigations**. [s.l.] CRC Press, 2010
- CARVALHO, P. E. G. R. Entomofauna associada e aspectos bioecológicos de *Pygiopachymerus lineola* em frutos e sementes de *Cassia fistula* L. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 21 jul. 2015.

CAMPOS, D.; OLIVEIRA, A. Levantamento de fauna entomonecrófaga de importância forense atraída por iscas com carne suína (*sus scrofa l.*) no distrito de Rosana- SP. **Colloquium Vitae**, v. 11, n. 1, p. 57-62, 2019.

CASARI, S. A.; BIFFI, G.; IDE, S. Capítulo 31: Coleoptera Linnaeus, 1758. Em: **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. [s.l.] Editora INPA, 2024. p. 575–698., [S. l.], p. 436–453, 2012.

CATTS, E. P.; GOFF, M. L. Forensic Entomology in Criminal Investigations. **Annual Review of Entomology**, v. 37, n. 1, p. 253-272, jan. 1992.

CORNABY, B. W. Carrion Reduction by Animals in Contrasting Tropical Habitats. **Biotropica**, [S. L.], v. 6, n. 1, p. 51-63, 2009. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2989697>. Acesso em: [19 fev. 2024].

Costa C, Caron E, Monné ML 2024. **Coleoptera in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD**. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/223>>. Acesso em: 19 fev. 2024.

COSTA-SILVA, V.; THYSSEN, P. J.; DI MARE, R. A. Levantamento da fauna de Coleoptera (Insecta) associada à carcaça de roedores na região Sul do Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 10, n. 3, p. 162–169, 2017.

FERNANDES, M. T. Levantamento da fauna entomológica em carcaça de suíno em ambiente de restinga no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. 2014.[s.l: s.n.].

FONSECA, Patrícia Pereira *et al.* Estudo Preliminar Da Comunidade De Coleópteros De Potencial Forense, Coletados Em Carcaça De Suíno Exposta Em Fragmento De Mata Atlântica No Município De Salvador - Bahia. **Revista Internacional de Ciências**, [S. L.], v. 10, n. 2, p. 85-98, 2020. DOI: 10.12957/ric.2020.50002.

GENNARD, D. E. **Identifying beetles that are important in Forensic Entomology**. [s.l.] John Wiley & Sons Ltd, 2007.

GONÇALVES, G. M.; LEIVAS, F. W. T. Checklist de Histeridae do sul do Brasil (Insecta: Coleoptera: Staphyliniformia). **Entomobrasilis**, v. 10, n. 3, p. 194-213, 29 dez. 2017.

HASKELL, N. H.; CATTS, E. P. Seasonal distribution of necrophagous insects on small mammal carrion in a temperate forest ecosystem. **The American Midland Naturalist**, v. 123, n. 1, p. 106-117, 1990.

LIRA, L. A. *et al.* The carrion beetle *Oxelytrum discicolle* (Coleoptera: Silphidae) and the estimative of the minimum post-mortem interval in a forensic case in Brasília, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, [S. L.], v. 64, n. 1, p. 2000-2002, 2020. DOI: 10.1590/1806-9665-RBENT-2019-92.

MAZUR, S. 2011. A concise catalogue of the Histeridae (Insecta: Coleoptera). **Warsaw University of Science- SGGW Press**, Warsaw, p.1-332.

OLIVEIRA COSTA, Janyra. Insetos “peritos”: a entomologia forense no Brasil. 1.ed. Campinas: Millennium Editora, 2013.

PUJOL-LUZ, J. R.; ARANTES, L. C.; CONSTANTINO, R. Cem anos da Entomologia Forense no Brasil (1908-2008). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 4, p. 485-492, 2008.

SILVA, P. G.; DA; SILVA, F. C. G. Besouros (Insecta: Coleoptera) Utilizados Como Bioindicadores. **Congrega URCAMP**, p. 1–16, 2011.

SILVA, R. C. DA; SANTOS, W. E. DOS. Fauna de Coleoptera Associada a Carcaças de Coelhos Expostas em uma Área Urbana no Sul do Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 5, n. 3, p. 185–189, 2012.

SZELECZ, I., FEDDERN, N., SEPPEY, C., AMENDT, J., & MITCHELL, E. (2018). A importância de *Saprinus semistriatus* (Coleoptera: Histeridae) para estimativa do intervalo pós-morte mínimo.. **Medicina legal**, 30, 21-27. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2017.10.011> .

SOUZA, E. R. DE *et al.* Primeiro caso de entomologia forense médico-legal da Amazônia Central: suicídio por enforcamento com suspensão incompleta. **EntomoBrasilis**, [S. l.], v. 1, pág. 12–15, 2014. DOI: 10.12741/ebrazilis.v7i1.375. Acesso em: 19 fev. 2024.

TAVARES, M. C. H. 2003. Sucessão faunística de populações de insetos associados à decomposição de carcaças de suínos expostas em diferentes altitudes e condições

pluviométricas na Reserva Florestal da Serra do Japi, Jundiaí, SP. **Tese Doutorado em Parasitologia**. Universidade Estadual de Campinas, 111 p.

THYSSEN, P. J.; GRELLA, M. D. Efeito da escopolamina sobre o desenvolvimento de *Chrysomya putoria* (Diptera: Calliphoridae) e sua importância para a estimativa do intervalo pós-morte. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 1, n. 1, p. 39-42, 2011.

WELLS, J. D.; LAMUNYON, C. W. Insects and mites of forensic importance: regulatory aspects and development of standard methods for documenting insect infestation. **Forensic entomology: The utility of arthropods in legal investigations**, 2, 259-271, [s.d.].

**CAPÍTULO 1 - DIVERSIDADE DE COLEOPTERA (INSECTA) DE INTERESSE
FORENSE ASSOCIADOS AO PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO DE *SUS SCROFA*
*L.***

RESUMO

A entomologia forense é a ciência que aplica o estudo dos insetos em procedimentos legais, sendo as ordens Diptera (moscas) e Coleoptera (besouros) um dos primeiros grupos de animais a colonizarem cadáveres. Coleoptera é uma das ordens de maior importância forense, com reconhecida importância para auxiliar na estimativa do intervalo pós-morte (IPM). O presente estudo teve como objetivo analisar a diversidade de besouros que compõem a entomofauna cadavérica e sua influência em diferentes níveis de antropização. Entender a diversidade desses besouros é importante pois a análise da composição e da abundância desses insetos em um cadáver pode ajudar os investigadores a estimar com maior precisão o tempo decorrido desde o óbito, fornecendo informações cruciais para resolver crimes e estabelecer linhas do tempo nos processos legais. O material foi coletado em três ambientes, utilizando porcos natimortos (*Sus scrofa* L.) como isca e armadilhas de queda no entorno dos porcos, totalizando 18 porcos utilizados em todo o experimento. Ao total, foram coletados 620 indivíduos de Coleoptera que correspondem a 17 famílias, 55 gêneros e 99 espécies. Dentre os ambientes de coleta, o de maior riqueza foi o rural, após o ambiente residencial e o de transição. Em relação a abundância de espécies, o ambiente de transição foi o que apresentou maior número de indivíduos coletados. A família Staphylinidae foi a mais abundante, seguida por Histeridae e Scarabaeidae. A diversidade desses insetos variou significativamente entre diferentes ambientes e estágios de decomposição. A urbanização foi identificada como um fator que pode impactar negativamente a diversidade biológica, especialmente em áreas de transição entre ambientes urbanos e rurais. A análise estatística mostrou uma diferença marcante na composição de besouros entre os ambientes residencial, rural e de transição. Além disso, mais de um quinto da variação na diversidade de besouros pode ser explicada pelas variações nos ambientes.

Palavras Chaves: Entomologia Forense. *Sus scrofa*. Staphylinidae. Histeridae. Scarabaeidae.

1 INTRODUÇÃO

Os insetos (Insecta) compõem um dos grupos mais diversos do mundo, podendo ser encontrados em praticamente todos os ambientes terrestres, incluindo locais de crime (Pujol-Luz; Arantes; Constantino, 2008). A íntima relação entre os insetos e os locais de crime é estudada através da entomologia forense, que é a subárea das ciências biológicas que aplica o conhecimento sobre biologia e história natural dos insetos em casos criminais. As principais ordens de insetos que compõem a entomofauna cadavérica são Diptera, as moscas e Coleoptera, os besouros. Cada grupo tendo sua importância, com as moscas sendo mais importantes nos estágios iniciais e os besouros nos estágios finais e pouco explorados nos estágios iniciais (Gonçalves, 2014).

Pode-se observar a ação dos coleópteros na entomologia forense por diversas maneiras, como por exemplo, na sucessão ecológica, em que diferentes espécies de insetos aparecem em sequência durante o processo de decomposição (Moraes Cruz, 2008). Desenvolvimento de imaturos, em que o desenvolvimento de larvas de besouros pode ser usado para estimar o IPM. A idade das larvas (mensurada a partir de dados como morfologia, peso e tamanho), juntamente com as condições ambientais, podem ajudar a determinar o tempo decorrido entre a morte e o encontro do cadáver (Santos, 2014). Movimentação do corpo após a morte, em que a análise dos insetos presentes pode indicar se o corpo foi movido após a morte. Insetos de uma localização geográfica específica podem não ser encontrados em outra; portanto, sua presença pode sugerir que o corpo foi movido (Guedes; Sartorello; Prezoto, 2019). Uso de drogas ou venenos, em que a presença de toxinas ou drogas no corpo pode afetar o desenvolvimento dos insetos. Portanto, anomalias no desenvolvimento das larvas podem indicar a presença dessas substâncias (Pontes; Costa Frances; Magalhães, 2022). Essa técnica de detectar substâncias pode fornecer informações sobre causa da morte, por exemplo, um suicídio por overdose.

É possível observar nos besouros um hábito alimentar variado, e quando associados a carcaças, alguns são necrófagos, em que se alimentam de tecidos em decomposição. As famílias mais comuns incluem: Silphidae (larvas): Conhecidos como besouros da carniça, que desempenham um papel importante na decomposição de carcaças (Smith, 1986). Trogidae: Esses besouros também são necrófagos e podem ser encontrados em carcaças (Ganho; Marinoni, 2005). Dermestidae: Esses besouros se alimentam de cabelos e esqueletização de pele e podem ser usados para estimar o IPM (Smith, 1986). Cleridae: São conhecidos por se alimentarem de outros insetos, mas algumas espécies são necrófagas (Ganho; Marinoni,

2005). Scarabaeidae: Alguns escaravelhos são necrófagos, alimentando-se de matéria em decomposição, enquanto outros visitam as plantas, alimentando-se de pólen ou seiva. Suas larvas se alimentam de madeira em decomposição (Smith, 1986).

E alguns podem ser predadores, ou seja, que se alimentam de outros insetos. As famílias mais comuns incluem: Histeridae: Esses besouros são predadores e podem ser encontrados em carcaças, onde se alimentam de larvas de moscas e outros insetos (Smith, 1986). Silphidae (adultos): Enquanto as larvas são necrófagas, os adultos são predadores (Smith, 1986). Staphylinidae: Esses besouros são predadores e podem ser encontrados em carcaças (Smith, 1986).

Também tem-se os oportunistas, que são besouros que podem se alimentar de uma variedade de fontes de alimentos, dependendo da disponibilidade. Eles podem consumir plantas e pequenos animais, como outros insetos (Ganho; Marinoni, 2005). E finalmente os acidentais, que não têm uma dieta específica e podem ser encontrados se alimentando de carcaças ou outros insetos de forma oportunista (Ganho; Marinoni, 2005).

Em resumo, a diversidade geral de coleópteros de interesse forense é ampla, com diferentes famílias e espécies desempenhando papéis específicos durante a decomposição do cadáver e na estimativa do IPM (Catts & Haskell 1990). O processo de decomposição pode ser dividido entre, Fresco, Gasoso, Putrefação e Esqueletização, segundo a classificação de Rodriguez (1982).

Considerando a grande diversidade de besouros, estudos na área de Entomologia Forense são necessários para verificar quais grupos de espécies participam ativamente e influenciam no processo de redução da matéria orgânica (Mann; Bass; Meadows, 1990). Ademais, os mesmos podem ser utilizados para estimativas do IPM, mas para isto, deve-se compreender detalhadamente sua biologia e história natural, além da sucessão entomológica da fauna cadavérica. Existem vários fatores que influenciam na decomposição do cadáver, e por consequência no desenvolvimento dos insetos que irão colonizar esse substrato, tais como umidade, água, exposição solar, temperatura, presença e ausência de roupas (Ribeiro *et al.*, 2017). Por exemplo, temperaturas mais altas podem acelerar o ciclo de vida dos besouros, enquanto temperaturas mais baixas podem retardá-lo (Smith, 1986). Da mesma forma, a umidade pode afetar a taxa de desidratação dos ovos e larvas, o que pode impactar na sobrevivência e no desenvolvimento dos besouros (Ganho; Marinoni, 2005).

Além disso, as condições climáticas também podem afetar a distribuição geográfica dos besouros. Algumas espécies de besouros podem ser encontradas apenas em certas regiões devido às condições climáticas específicas dessas regiões. Portanto, a presença de certas

espécies de besouros em uma carcaça pode indicar que a carcaça foi exposta a certas condições climáticas ou que foi movida de uma região para outra (Smith, 1986)

A identificação das espécies presentes em diferentes regiões é importante para o desenvolvimento de um banco de dados sobre a distribuição das espécies de importância forense. É possível observar a presença de diversas espécies de coleópteros envolvidos no processo de decomposição de suínos (*Sus scrofa*) (Junior; Antonio, 2022), levando em consideração as diferentes regiões de coletas, o que pode auxiliar o trabalho de peritos forenses e colaborar para o desenvolvimento de estudos na área da entomologia forense.

1.1 Objetivo Geral

O presente capítulo tem como objetivo verificar e analisar a diversidade de espécies de Coleoptera que compõem a entomofauna associada a carcaças, correlacionando-a com diferentes níveis de antropização e fatores abióticos.

1.1.1 Objetivos Específicos

Especificamente, buscou-se:

- (1) Inventariar as espécies de besouros presentes em carcaças de suínos (*Sus scrofa*) em diferentes níveis de antropização e avaliar a diversidade e abundância desses insetos durante o processo de decomposição;
- (2) Investigar possíveis correlações entre a diversidade de besouros e fatores abióticos associados a cada nível de antropização.

1.2 Hipótese Geral:

A diversidade de espécies de Coleoptera associadas às carcaças de suínos variará significativamente em diferentes níveis de antropização, refletindo a influência das atividades humanas sobre a composição da entomofauna necrófaga.

1.2.1 Hipóteses Específicas:

- (1) A composição de espécies será única para cada ambiente, onde, a diversidade e abundância serão maiores em ambientes menos antropizados;
- (2) Haverá correlações positivas entre a diversidade de besouros e fatores abióticos.

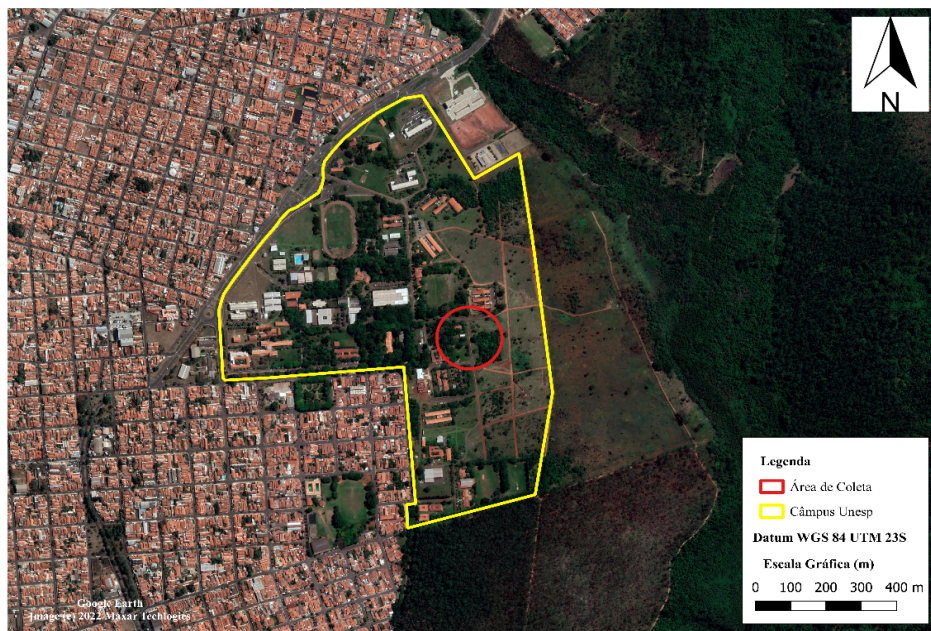
(3) As fases de putrefação e esqueletização, e o período noturno vão apresentar uma maior diversidade e abundância de espécies.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de Coleta

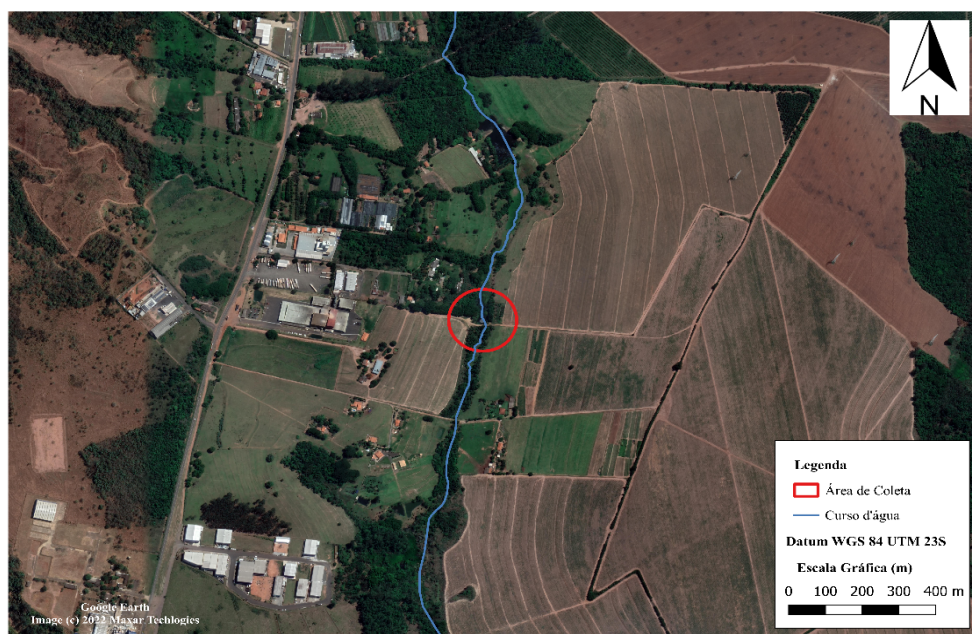
As coletas foram realizadas na estação chuvosa, entre o período de dezembro de 2021 a abril de 2022, nas cidades de Rio Claro e Ipeúna, região interior do estado de São Paulo (Brasil). Para entendermos a composição de espécies em diferentes níveis de antropização, foram selecionados três tipos diferentes de ambientes: área de transição urbano-florestal (22°23'46"S, 47°32'33"W (Datum SIRGAS 2000) - Figura 1); área rural-agrícola (22°20'13"S, 47°32'20"W (Datum SIRGAS 2000) - Figura 2); e área residencial (22°24'41"S, 47°41'05"W (Datum SIRGAS 2000) - Figura 3). A área de transição urbano-florestal é localizada na cidade de Rio Claro, São Paulo, Brasil, entre o Campus da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP (região urbana) e a Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (144 diferentes espécies de eucalipto). A área rural-agrícola é uma propriedade com diferentes áreas de cultivo agrícola e criação de bovinos, que atualmente é utilizada para produção de soja (*Glycine max* (L.) Merrill, 1917). Esta área tem um curso d'água e uma mata ciliar. A área residencial é localizada na cidade de Ipeúna, a 20 km de distância da cidade de Rio Claro.

Figura 1. Ponto de coleta em área de transição urbano-florestal. A área demarcada em amarelo demarca a Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", campus Rio Claro, São Paulo, enquanto a área em vermelho sinaliza o local de coleta.



Fonte: Google Maps. Imagens © 2021 CNES/, Maxar Technologies.

Figura 2. Ponto de coleta área Rural. A área marcada em azul é um curso d'água que passa perto do local de coleta, enquanto a área em vermelho sinaliza o local de coleta.



Fonte: Google Maps. Imagens © 2021 CNES/, Maxar Technologies.

Figura 3. Ponto de coleta em área residencial. A área demarcada em vermelho sinaliza o local de coleta.



Fonte: Google Maps. Imagens © 2021 CNES/, Maxar Technologies.

2.2 Desenho Experimental

Os porcos (de 1 a 2,5kg) (unidades amostrais), utilizados no experimento foram doados natimortos por criadouros (empresa Antonio Bacochina de Cordeirópolis, São Paulo). Em laboratório, os porcos foram armazenados em freezer com a temperatura de -14 °C e retirados 24h antes do início dos experimentos.

Para a realização do estudo, três porcos natimortos (*Sus scrofa* L.) foram colocados equidistantes em triângulo com 15 m de distância entre eles, e cobertos por uma gaiola (60cmx40cmx40cm - Figura 4) para evitar o ataque de vertebrados necrófagos. Adicionalmente, foram instaladas quatro armadilhas de queda dispostas no entorno de cada porco e uma dentro da gaiola (Figura 5). Foram feitas duas réplicas por área, resultando em seis porcos por local e 18 porcos no total.

É importante reforçar que, dadas as normas da UNESP e da CEUA, não foi necessária a aprovação do Comitê de Ética para o uso dos animais já mortos no experimento.

Figura 4 - Gaiola utilizada nos experimentos.



Fonte: A autora.

Figura 5 - Porco natimorto (*Sus scrofa*) utilizado para coleta e armadilha de queda no solo ao lado do porco.



Fonte: A autora.

Para preservação dos espécimes coletados nas armadilhas de queda, utilizou-se água e detergente líquido. Essa solução é comumente utilizada em armadilhas de queda para quebrar

a tensão superficial da água e evitar que os insetos capturados fujam da armadilha (Costa-Silva; Grella; Thyssen, 2018).

As armadilhas foram revisadas em três períodos do dia: às 5h30min, 12h e 18h30min. Os horários de coleta foram selecionados com base nos horários de nascer e pôr do sol fornecidos pelo Astronomical Applications Dept., US Naval Observatory para a localização -22.3992, -47.5620 UTC-3. Durante esses períodos também foram realizados: coletas ativas; registros fotográficos com o auxílio das câmeras à prova d'água GoPro ® Hero 4 black e GoPro ® Hero 6 black.; e registro de dados abióticos (i.e., temperatura externa, umidade relativa e incidência de luz solar) através de um Data Logger instalado nos ambientes estudados. Os estágios de decomposição serão apresentados conforme a classificação de Rodriguez (1982), com base nos registros fotográficos dos porcos em decomposição retirados em cada coleta, juntamente com as características físicas e químicas analisadas em campo, sendo o odor e a quantidade de tecido.

Após coleta, os besouros foram triados no Laboratório de Formigas-Cortadeiras (LAFC) da UNESP de Rio Claro, e conservados em câmara fria a 4 °C.

A identificação dos espécimes coletados foi realizada com o auxílio de literatura (Almeida; Mise, 2009; Casari; Ide, 2012) e, posteriormente, confirmada pelos especialistas Prof. Dr. Fernando Z. Vaz-de-Mello e Dr. Vinícius da Costa-Silva, ambos do Laboratório de Scarabaeoidologia na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Após confirmação das identificações, vouchers foram depositados na Coleção de Zoologia da UFMT.

2.3 Análise de Dados

Para analisar os fatores abióticos, foi realizada a análise dos valores de temperatura, umidade relativa e incidência de luz registrados durante os experimentos. A relação entre a riqueza de espécies e as condições ambientais foi examinada por meio do teste de correlação de Pearson, utilizando médias de temperatura, umidade relativa, precipitação e incidência de luz diária.

Devido à variação na duração do processo de decomposição em diferentes ambientes e unidades amostrais, a comparação da riqueza de espécies entre esses ambientes foi realizada utilizando a técnica de rarefação. Isso envolveu a interpolação dos dados, considerando tanto o esforço amostral quanto o número total de indivíduos presentes, utilizando o pacote estatístico iNEXT.

Serão apresentadas tabelas contendo o número total de famílias por ambiente e percentual em relação à abundância total, e o número total de indivíduos por ambiente, com seu hábito alimentar, segundo a classificação de Smith (1987) e a contribuição percentual de cada espécie.

Para examinar a diversidade de besouros em diferentes ambientes, estágios de decomposição, períodos e unidades amostrais, foram empregados: o Índice de Shannon-Wiener (H'), que mede a diversidade ou heterogeneidade de uma comunidade biológica com base na abundância e uniformidade relativa das espécies presentes. Esse índice é usado para quantificar a diversidade de espécies em uma comunidade, levando em consideração tanto a riqueza de espécies quanto a uniformidade na distribuição dessas espécies (Odum, 1988). O Índice de Pielou, que avalia a equitabilidade ou uniformidade na distribuição das abundâncias das espécies em uma comunidade. Esse índice complementa o Índice de Shannon-Wiener, fornecendo uma medida de como a abundância das espécies está distribuída dentro de uma comunidade em relação ao número total de espécies presentes (Silva; Garcia; Vidal, 2008). O Índice de Margalef é uma medida de diversidade, que leva em conta apenas a riqueza de espécies em uma comunidade. Ele é usado para quantificar a diversidade de espécies em uma comunidade, fornecendo uma medida simples da variedade de espécies presentes independentemente de sua abundância relativa (Endres; Creão-Duarte; Hernández, 2007). O Índice de Menhinick é uma medida de diversidade que considera a riqueza de espécies em relação ao tamanho da amostra. Ele é usado para corrigir a influência do tamanho da amostra na estimativa da diversidade de espécies, permitindo comparações mais precisas entre diferentes amostras (Endres; Creão-Duarte; Hernández, 2007). O Índice de Simpson é uma medida de diversidade que quantifica a probabilidade de duas amostras aleatórias pertencerem à mesma espécie. Ele fornece uma medida da dominância ou inversamente da diversidade em uma comunidade, enfatizando a importância relativa das espécies mais comuns em relação à riqueza total de espécies (Silva; Garcia; Vidal, 2008).

Foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis para avaliar a influência dos ambientes, estágios de decomposição, períodos na riqueza e abundância de espécies. O teste de Kruskal-Wallis é uma análise estatística não paramétrica utilizada para avaliar diferenças estatisticamente significativas entre três ou mais grupos independentes em relação a uma variável ordinal ou contínua (Frizzas *et al.*, 2003).

A diversidade de espécies entre diferentes comunidades de besouros nos ambientes, estágios de decomposição e períodos, foi comparada por meio do Índice de Sørensen e o Índice de Jaccard. Ambos foram utilizados para medir a similaridade entre duas amostras ou

comunidades com base em sua composição de espécies (Endres; Creão-Duarte; Hernández, 2007). Adicionalmente, o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis, que leva em conta a abundância das espécies, também foi calculado (Oliveira; Nessimian, 2010).

Através da curva de rarefação/extrapolação, foi realizada a comparação da riqueza de espécies entre os diferentes ambientes e número de amostras, considerando a rarefação, levando em conta o esforço amostral e o número de indivíduos. Também foram confeccionadas curvas de distribuição de abundância, para verificar qual modelo teórico melhor as explica através da função *radift* do pacote Vegan. A análise BETADISPER foi empregada para identificar diferenças na composição entre os ambientes. Um nMDS (*non-Metric Multidimensional Scaling* - Escalonamento multidimensional não-métrico) foi utilizado na matriz de composição de espécies para visualizar a similaridade.

O nível de significância adotado foi de $\alpha = 0,05$, e os gráficos foram elaborados por meio do pacote ggplot2. Gráficos de densidade foram gerados para visualizar os valores de temperatura, umidade relativa e incidência solar em cada unidade amostral. Todas as análises estatísticas foram conduzidas utilizando o software R (r core Team 2017) e R Studio (versão 4.3.2).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Inventário das espécies

Foram coletados um total de 620 indivíduos, pertencentes a 17 famílias (Quadro 1), 55 gêneros e 99 espécies de besouros (Quadro 2). A família Staphylinidae foi a mais abundante, sendo representada por 253 indivíduos (47.39%) e 11 gêneros. A segunda família mais abundante coletada foi Histeridae, com 128 indivíduos (20.36%) e quatro gêneros. E a terceira família mais abundante foi Scarabaeidae com 92 indivíduos coletados (14.98%).

A presença abundante de espécies das famílias Staphylinidae e Histeridae, que são em sua maioria predadores ou parasitóides, e se alimentam da massa de larvas que estão se desenvolvendo na carcaça (Fontebasso, 2020). Isso sugere uma relação ecológica entre esses insetos e as larvas de moscas, provavelmente com os Staphylinidae e Histeridae atuando como consumidores das larvas. Os trabalhos de Mise e colaboradores (2007), Silva e Santos (2012), Bó (2013) e Fonseca e colaboradores (2015) corroboram estes resultados, indicando que essa relação pode ser consistente em diferentes contextos e ambientes. Isso reforça a

importância dos Staphylinidae e Histeridae como predadores nas comunidades de decomposição de carcaças.

Os indivíduos encontrados com mais frequência (Quadro 3) foram:

- Família Staphylinidae, *Aleochara* sp1 (Figura 6) n=198 sendo, dois na área residencial, **n=187 na área rural** e nove na área de transição. *Xanthopygina* sp1 (Figura 7), n=20, sendo nenhum na área residencial, n=12 na área rural e oito indivíduos na área de transição. Esse gênero é carnívoro parasitoide.
- Família Histeridae, *Euspilotus azureus* (Sahlberg, 1823) (Figura 8) n=54 sendo, seis na área residencial, **n=27 área rural** e n=21 área de transição. *Hister* sp. (Figura 9) n=35, sendo nenhuma na área residencial, nove na área rural e n=26 na área de transição. Esses indivíduos são carnívoros predadores.
- Família Scarabaeidae, *Ataenius platensis* (Blanchard, 1847) (Figura 10) n=41 sendo, três na área residencial, **n=31 área rural** e sete área de transição. *Canthon conformis*, Harold, 1869 (Figura 11) n=09, todas da área de transição. Esses indivíduos são coprófagos.

Figura 6 - Indivíduo coletado de *Aleochara* sp1 da família Staphylinidae.



Fonte: A autora

Figura 7 - Indivíduo coletado de *Xanthopygina* sp1 da família Staphylinidae.



Fonte: A autora

Figura 8 - Indivíduo coletado de *Euspilotus azureus* (Sahlberg, 1823) da família Histeridae.



Fonte: A autora

Figura 9 - Indivíduo coletado de *Hister* sp. da família Histeridae.



Fonte: A autora

Figura 10 - Indivíduo coletado de *Ataenius platensis* (Blanchard, 1847) da família Scarabaeidae.



Fonte: A autora

Figura 11 - Indivíduo coletado de *Canthon conformis* Harold, 1869 da família Scarabaeidae.



Fonte: A autora

Quadro 1- Número total de famílias por ambiente e percentual em relação à abundância total.

Famílias	Área Residencial	Área Rural	Área Transição	Abundância Geral	% Total
Bolboceratidae	0	0	1	1	0.16%
Cantharidae	0	0	1	1	0.16%
Carabidae	1	36	18	55	8.96%
Cerambycidae	0	3	1	4	0.65%
Chrysomelidae	3	0	5	8	1.30%
Curculionidae	0	8	1	3	0.49%
Dermestidae	1	0	0	1	0.16%

Elateridae	3	3	1	7	1.14%
Erotylidae	0	0	1	1	0.16%
Histeridae	12	43	70	125	20.36%
Monotomidae	0	0	1	1	0.16%
Nitidulidae	3	1	2	6	0.98%
Scarabaeidae	10	53	29	92	14.98%
Ptiliidae	0	0	5	5	0.81%
Staphylinidae	4	250	37	291	47.39%
Tenebrionidae	0	2	11	13	2.12%
Total :	37	399	184	620	-

Fonte: Dados da pesquisa

Quadro 2- Número total de indivíduos por ambiente, com seu hábito alimentar (indivíduos adultos) e a contribuição percentual de cada espécie.

Hábito Alimentar	Espécies	Família	Área Residencial	Área Rural	Área de Transição	Total Abundância	% Total
Micetófago	<i>Bolbapium striatopunctatum</i> (Castelnau, 1840)	Bolboceratidae	0	0	1	1	0,16%
Acidental	<i>Polaminus sp1.</i>	Cantharidae	0	0	1	1	0,16%
Predador	<i>Selenophorus sp1.</i>	Carabidae	1	11	1	13	2,10%
Predador	<i>Tetracha brasiliensis</i> (Kirby, 1818)	Carabidae	0	7	1	8	1,29%
Predador	<i>Harpalinae sp1.</i>	Carabidae	0	0	1	1	0,16%
Predador	<i>Harpalinae sp2.</i>	Carabidae	0	0	4	4	0,65%
Predador	<i>Harpalinae sp3.</i>	Carabidae	0	1	0	1	0,16%
Predador	<i>Harpalinae sp4.</i>	Carabidae	0	2	0	2	0,32%
Predador	<i>Harpalinae sp5.</i>	Carabidae	0	2	0	2	0,32%
Predador	<i>Harpalinae sp6.</i>	Carabidae	0	0	2	2	0,32%
Predador	<i>Harpalinae sp7.</i>	Carabidae	0	2	0	2	0,32%
Predador	<i>Scaritini sp1.</i>	Carabidae	0	3	0	3	0,48%
Predador	<i>Scaritini sp2.</i>	Carabidae	0	0	4	4	0,65%
Predador	<i>Cicindelinae sp.</i>	Carabidae	0	3	0	3	0,48%
Predador	<i>Odontocheila sp1.</i>	Carabidae	0	1	1	2	0,32%
Predador	<i>Scolytinae sp1.</i>	Carabidae	0	0	1	1	0,16%
Predador	<i>Scolytinae sp2.</i>	Carabidae	0	0	2	2	0,32%
Predador	<i>Scolytinae sp3.</i>	Carabidae	0	1	0	1	0,16%
Predador	<i>Scolytinae sp4.</i>	Carabidae	0	1	0	1	0,16%

Hábito Alimentar	Espécies	Família	Área Residencial	Área Rural	Área de Transição	Total Abundância	% Total
Predador	<i>Carabidae sp.</i>	Carabidae	0	1	0	1	0,16%
Predador	<i>Pelecium sp1.</i>	Carabidae	0	0	1	1	0,16%
Predador	<i>Ptilodactylidae sp1.</i>	Carabidae	0	1	0	1	0,16%
Fitofago	<i>Sphaeridopinae sp1.</i>	Cerambycidae	0	0	1	1	0,16%
Fitofago	<i>Sphaeridopinae sp2.</i>	Cerambycidae	0	1	0	1	0,16%
Fitofago	<i>Sphaeridopinae sp3.</i>	Cerambycidae	0	1	0	1	0,16%
Fitofago	<i>Sphaeridopinae sp4.</i>	Cerambycidae	0	1	0	1	0,16%
Fitofago	<i>Chrysomelidae sp1.</i>	Chrysomelidae	0	0	1	1	0,16%
Fitofago	<i>Chrysomelidae sp2.</i>	Chrysomelidae	0	1	0	1	0,16%
Fitofago	<i>Chrysomelidae sp3.</i>	Chrysomelidae	1	0	1	2	0,32%
Fitofago	<i>Chrysomelidae sp4.</i>	Chrysomelidae	2	0	2	4	0,65%
Fitofago	<i>Chrysomelidae sp5.</i>	Chrysomelidae	0	0	1	1	0,16%
Xilófago	<i>Platymus parvulus</i>	Curculionidae	0	2	0	2	0,32%
Xilófago	<i>Dryophthorinae sp1.</i>	Curculioninae	0	1	0	1	0,16%
Xilófago	<i>Dryophthorinae sp2.</i>	Curculioninae	0	2	0	2	0,32%
Xilófago	<i>Cryptorhynchinae sp1.</i>	Curculionidae	0	0	1	1	0,16%
Xilófago	<i>Curculioninae sp1.</i>	Curculioninae	0	1	0	1	0,16%
Xilófago	<i>Entiminae sp1.</i>	Curculioninae	0	1	0	1	0,16%
Necrofago	<i>Dermestes maculatus (De Geer, 1774)</i>	Dermestidae	1	0	0	1	0,16%
Fitofago	<i>Elateridae sp1.</i>	Elateridae	0	0	1	1	0,16%
Fitofago	<i>Elateridae sp2.</i>	Elateridae	0	1	0	1	0,16%
Fitofago	<i>Elateridae sp3.</i>	Elateridae	3	2	0	5	0,81%
Micetófago	<i>Erotylidae sp.</i>	Erotylidae	0	0	1	1	0,16%
Predador	<i>Euspilotus azureus (Sahlberg, 1823)</i>	Histeridae	6	27	21	54	8,72%
Predador	<i>Hister sp.</i>	Histeridae	0	9	26	35	5,65%
Predador	<i>Omalodes foveola Erichson, 1834</i>	Histeridae	0	2	10	12	1,94%
Predador	<i>Phelister sp1.</i>	Histeridae	0	0	1	1	0,16%
Predador	<i>Phelister sp2.</i>	Histeridae	0	2	10	12	1,94%
Predador	<i>Phelister sp3.</i>	Histeridae	3	0	1	4	0,65%
Predador	<i>Euspilotus sp1.</i>	Histeridae	3	2	0	5	0,81%
Predador	<i>Euspilotus sp2.</i>	Histeridae	0	1	0	1	0,16%
Predador	<i>Euspilotus sp3.</i>	Histeridae	1	0	1	2	0,32%
Predador ou Micófago	Monotomidae sp1.	Monotomidae	0	0	1	1	0,16%
Fitofago	<i>Stelidota sp1.</i>	Nitidulidae	0	0	1	1	0,16%
Fitofago	<i>Stelidota sp2.</i>	Nitidulidae	1	1	2	4	0,65%

Hábito Alimentar	Espécies	Família	Área Residencial	Área Rural	Área de Transição	Total Abundância	% Total
Fitófago	<i>Carpophilus sp1.</i>	Nitidulidae	2	0	0	2	0,32%
Detritívoro	<i>Nanosella sp.</i>	Ptiliidae	0	0	3	3	0,48%
Detritívoro	<i>Nanosella sp2.</i>	Ptiliidae	0	0	1	1	0,16%
Coprófagos	<i>Ataenius platensis (Blanchard, 1847)</i>	Scarabaeidae	3	31	7	41	6,62%
Necrófago	<i>Canthon conformis Harold, 1869</i>	Scarabaeidae	0	0	9	9	1,45%
Coprófagos	<i>Ataenius aequalis Harold, 1880</i>	Scarabaeidae	1	4	1	6	0,97%
Coprófagos	<i>Ataenius strigicauda Bates, 1887</i>	Scarabaeidae	0	6	0	6	0,97%
Necrófago	<i>Canthidium cavifrons Balthasar, 1939</i>	Scarabaeidae	0	0	4	4	0,65%
Necrófago	<i>Dichotomius bicuspis (Germar, 1823)</i>	Scarabaeidae	0	4	0	4	0,65%
Coprófagos	<i>Eurysternus caribaeus (Herbst, 1789)</i>	Scarabaeidae	0	0	4	4	0,65%
Coprófagos	<i>Ataenius impuser</i>	Scarabaeidae	0	2	1	3	0,48%
Coprófagos	<i>Ataenius morator Harold, 1869</i>	Scarabaeidae	3	0	0	3	0,48%
Coprófagos	<i>Ataenius sp1.</i>	Scarabaeidae	0	2	0	2	0,32%
Coprófagos	<i>Ataenius sp2.</i>	Scarabaeidae	0	1	0	1	0,16%
Coprófagos	<i>Ataenius sp3.</i>	Scarabaeidae	0	1	0	1	0,16%
Necrófago	<i>Dichotomius opacus (Blanchard, 1846)</i>	Scarabaeidae	0	0	2	2	0,32%
Coprófagos	<i>Ateuchus sp1.</i>	Scarabaeidae	0	1	0	1	0,16%
Necrófago	<i>Dichotomius reichei (Harold, 1869)</i>	Scarabaeidae	1	0	0	1	0,16%
Necrófago	<i>Euetheola humilis (Burmeister, 1847)</i>	Scarabaeidae	1	0	0	1	0,16%
Necrófago	<i>Strategus surinamensis hirtus Sternberg, 1910</i>	Scarabaeidae	0	0	1	1	0,16%
Parasitoide	<i>Aleochara sp1.</i>	Staphylinidae	2	187	9	198	31,99%
Predador	<i>Philonthus sp1.</i>	Staphylinidae	1	22	2	25	4,04%
Predador	<i>Xanthopygina sp1.</i>	Staphylinidae	0	12	8	20	3,23%
Predador	<i>Anotylus sp.</i>	Staphylinidae	0	10	0	10	1,62%
Predador	<i>Atheta sp.</i>	Staphylinidae	0	3	6	9	1,45%
Predador	<i>Xenopygus analis (Erichson, 1840)</i>	Staphylinidae	0	1	5	6	0,97%
Predador	<i>Eulissus chalybaeus Mannerheim, 1830</i>	Staphylinidae	0	0	4	4	0,65%
Predador	<i>Xantholinini sp1.</i>	Staphylinidae	0	4	0	4	0,65%
Predador	<i>Xantholinini sp2.</i>	Staphylinidae	0	4	1	5	0,81%
Predador	<i>Xantholinini sp3.</i>	Staphylinidae	0	1	0	1	0,16%
Predador	<i>Xantholinini sp4.</i>	Staphylinidae	0	1	0	1	0,16%
Predador	<i>Xantholinini sp5.</i>	Staphylinidae	1	2	0	3	0,48%
Predador	<i>Xantholinini sp6.</i>	Staphylinidae	0	1	0	1	0,16%
Predador	<i>Glenus chrysis (Gravenhorst, 1806)</i>	Staphylinidae	0	0	1	1	0,16%
Predador	<i>Osorinae sp.</i>	Staphylinidae	0	1	0	1	0,16%

Hábito Alimentar	Espécies	Família	Área Residencial	Área Rural	Área de Transição	Total Abundância	% Total
Predador	<i>Paederinae sp1.</i>	Staphylinidae	0	1	0	1	0,16%
Predador	<i>Staphylinidae sp1.</i>	Staphylinidae	0	0	1	1	0,16%
Generalista	<i>Diaperinae sp1.</i>	Tenebrionidae	0	0	7	7	1,13%
Generalista	<i>Cteisa sp1.</i>	Tenebrionidae	0	1	0	1	0,16%
Generalista	<i>Lobopoda sp1.</i>	Tenebrionidae	0	1	0	1	0,16%
Generalista	<i>Lobopoda sp2.</i>	Tenebrionidae	0	0	1	1	0,16%
Generalista	Tenebrionidae sp1.	Tenebrionidae	0	0	1	1	0,16%
Generalista	Tenebrionidae sp2.	Tenebrionidae	0	0	1	1	0,16%

Fonte: Dados da pesquisa

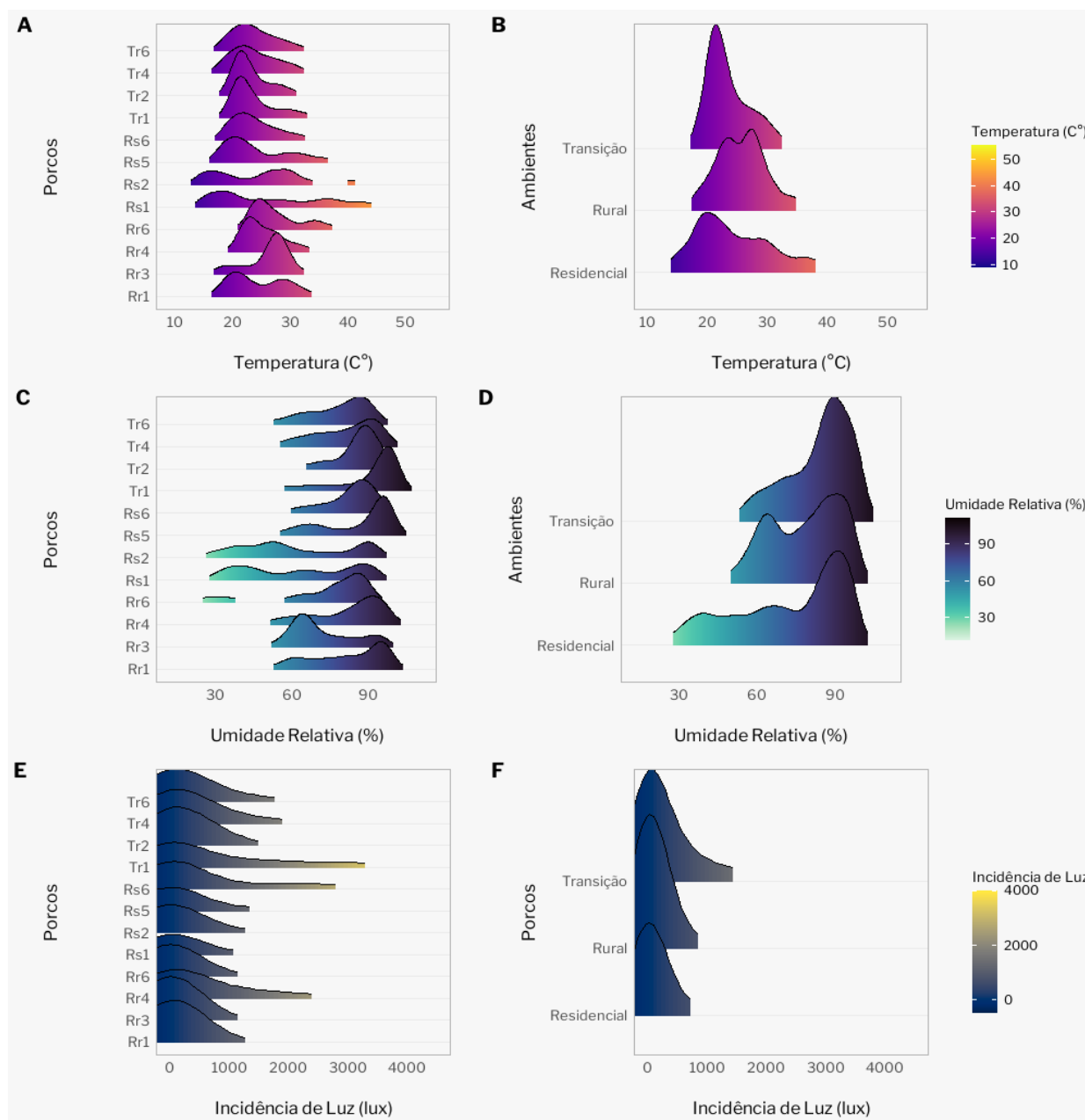
3.2 Fatores Abióticos

As médias de temperatura, umidade relativa e intensidade luminosa foram, respectivamente, 25,89 °C, 72,03% e 3.994 lux para a área residencial; 23,71 °C, 83,25% e 848 lux para a área de transição; e 26,52 °C, 76,51% e 1.003 lux para a área rural.

Ao observar a densidade de temperatura registrada no Gráfico 1, é possível notar que o ambiente de Transição apresentou temperaturas moderadas com baixa variação térmica. Esse mesmo padrão foi observado em todas as unidades amostrais do local. Por outro lado, o ambiente Rural teve maior quantidade de temperaturas mais quentes, com registros entre 25 e 40 °C. No ambiente Residencial, foi observado uma variação térmica, com temperaturas variando entre ± 15 °C e 50 °C. Essa ampla variação térmica pode ter impactos significativos na atividade e na distribuição das espécies de besouros, uma vez que a temperatura é um importante determinante do metabolismo e do comportamento dos insetos (Mellanby, 1939).

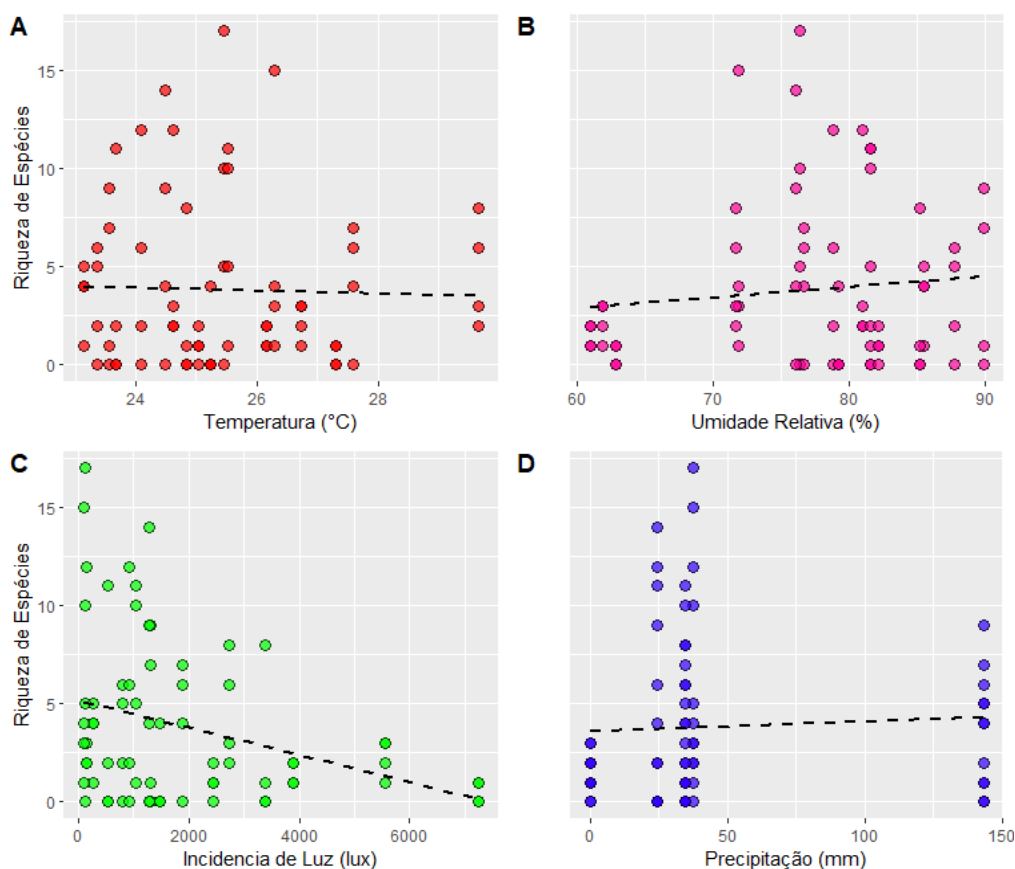
Os maiores valores de umidade relativa foram observados no ambiente de Transição, seguidos pelo ambiente Rural que também apresentou valores elevados, variando de 60% a 90%. O ambiente Residencial apresentou valores mais baixos de umidade, distribuídos uniformemente entre 30% e 60%, com exceção de um pico de 90%. A umidade relativa do ar desempenha um papel crucial na fisiologia e na sobrevivência dos insetos, influenciando seu desenvolvimento, atividade e distribuição (Enjin, 2017). A incidência de luz não varia muito entre os ambientes Residenciais e Rurais, com apenas duas unidades amostrais apresentando valores mais elevados.

Gráfico 1 - Densidade dos valores de temperatura, umidade relativa e incidência de luz registrados durante os experimentos, organizados por unidades amostrais (A, C e E) e ambientes (B, D e F). Rs: unidades amostrais no ambiente residencial; Rr: unidades amostrais no ambiente rural; e Tr: unidades amostrais no ambiente de transição.



Fonte: Bianca Nogueira

Gráfico 2 - Gráficos para visualização dos dados de correlação de Pearson entre a riqueza de espécies e as variáveis ambientais: temperatura (A) ($p=0,805$, $r=-0,295$), umidade relativa (B) ($p=0,359$, $R=0,109$), incidência de luz (C) ($p=0,005$, $R=-0,324$) e precipitação (D) ($p=0,642$, $R=0,556$).



Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 3- Resultados de testes de correlação de Pearson entre os fatores abióticos e a riqueza de espécies.

Fatores Abióticos	t	df	p-value	R
Temperatura	-0,247	70	0,805	-0,295
Umidade	0,922	70	0,359	0,109
Luz	-2,875	70	0,005	-0,324
Precipitação	0,466	70	0,642	0,556

Fonte: Dados da pesquisa.

Quando se analisa a riqueza de espécies e a temperatura (Gráfico 2A), pode-se observar que a concentração da maioria dos pontos abaixo de 5 na escala de riqueza de espécies indica uma limitada diversidade em todas as temperaturas observadas. Esse padrão sugere que a variação de temperatura dentro desse intervalo específico não está associada a uma mudança significativa na diversidade de besouros (Quadro 3). No entanto, é interessante notar que valores mais altos de riqueza foram observados em temperaturas mais amenas,

mesmo que não tenha sido observada uma correlação significativa entre temperatura e riqueza de espécies.

A falta de uma tendência clara ou padrão visível indica que não há uma correlação evidente entre a temperatura ($p=0,805$, $r=-0,295$) e a riqueza de espécies. A dispersão dos pontos sugere que outros fatores além da temperatura podem estar desempenhando um papel significativo na determinação da diversidade.

O coeficiente de correlação de Pearson a 0, reflete a ausência de uma correlação linear entre a riqueza de espécies e a temperatura. Isso fortalece a conclusão de que, a temperatura não demonstra uma influência direta e linear na diversidade de besouros associados a carcaças (Gómez-Cifuentes *et al.*, 2017).

Em relação à riqueza de espécies e a umidade relativa, a dispersão dos pontos no gráfico, não apresenta um padrão claro ao longo da linha tracejada, o que sugere uma falta de correlação ($p=0,359$, $R=0,109$). Porém é válido mencionar que na umidade abaixo de 70% não houve coletas; foi observado que em locais mais secos, pode-se encontrar menos besouros.

Levando em consideração a incidência de luz (Gráfico 2C), a linha de tendência descendente no gráfico sugere uma correlação negativa entre a mesma e a riqueza de espécies ($p=0,005$, $R=-0,324$). Isso significa que, à medida que a incidência de luz aumenta, a tendência é de uma diminuição na riqueza de espécies de besouros. Essa relação sugere uma influência da luz na diversidade desses insetos.

Quando se discute a precipitação em relação à riqueza de espécies, observou-se que não há uma correlação significativa entre a precipitação e a diversidade de besouros associada a carcaças ($p=0,642$, $R=0,556$).

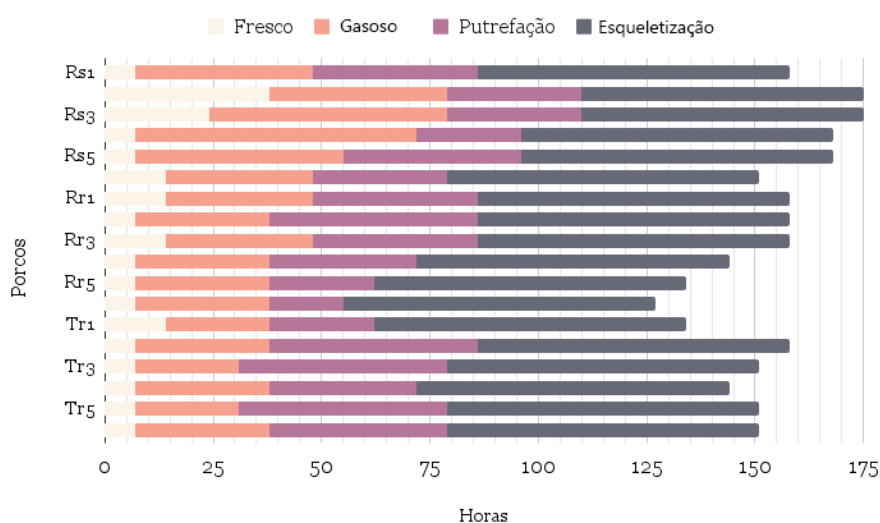
3.3 Estágios de decomposição

O processo temporal de decomposição oscilou entre 5 e 8 dias. Com base na classificação de Rodriguez (1982), foram identificados quatro estágios de decomposição: Fresco, Gasoso, Putrefação e Esqueletização. O tempo de duração de cada estágio variou de uma carcaça para outra, sendo em média de cerca de 7 horas para o estágio Fresco, 31 horas para o estágio Gasoso e 36 horas para o estágio de Putrefação, sendo 82,27 horas o tempo médio total de decomposição. Em média, o estágio Fresco durou cerca de 16 horas no ambiente Residencial, 9 horas no ambiente Rural e 8 horas no ambiente de Transição. Já o estágio Gasoso durou cerca de 47 horas, 32 horas e 27 horas, nos ambientes Residencial,

Rural e de Transição, respectivamente. O estágio de Putrefação durou cerca de 32 horas no ambiente Residencial, 33 horas no ambiente Rural e 40 horas no ambiente de Transição. Por fim, foi observado que os porcos do ambiente Rural demoraram mais tempo para atingir o estágio de Esqueletização, com uma média de aproximadamente 96 horas, enquanto os porcos do ambiente Rural e de Transição tiveram resultados semelhantes, com médias de 74 e 76 horas, respectivamente.

De acordo com o trabalho de Englmeier *et al.* (2022), a decomposição é influenciada pela elevação, temperatura, e aparição de insetos no local. Ao analisar os porcos que levaram mais tempo para completar o estágio de Esqueletização da decomposição (Gráfico 3), foi observado que esses porcos foram expostos a uma maior amplitude térmica (Gráfico 1) e temperaturas mais semelhantes, além de terem apresentado menor valor de umidade relativa (Gráfico 1). Isso está em linha com a observação de que, geralmente, em períodos quentes e secos, o tempo de decomposição é bem mais curto com uma alta diversidade. Por outro lado, em época de baixa temperatura e alta umidade, temos um maior tempo de exposição do recurso (carcaça), porém uma menor diversidade. Essas observações destacam a importância de considerar as condições climáticas ao estudar a entomofauna associada a carcaças, pois elas podem ter um impacto significativo na diversidade de espécies presentes e no tempo de decomposição.

Gráfico 3 - Duração dos estágios de decomposição (horas) por unidade amostral nas áreas. Rs: pontos amostrais na área residencial; Rr: pontos amostrais na área rural; e Tr: pontos amostrais na área de transição.



Fonte: Bianca Nogueira

3.4 Diversidade de Coleoptera

3.4.1 Diversidade por ambiente

Quando se analisa a riqueza e diversidade por local, no ambiente Residencial, a pesquisa revelou uma riqueza de 19 espécies de besouros necrófagos, acompanhada por uma abundância de 37 indivíduos (Quadro 4). Quando se considera a riqueza, a presença de 19 espécies sugere uma diversidade moderada, considerando a abundância e a riqueza de espécies (Quadro 4). Isso implica que o ambiente Residencial é fortemente influenciado pela presença humana. A abundância, representada pelos 37 indivíduos, embora não seja uma contagem alta em comparação com o ambiente Rural (395 indivíduos) e de Transição (188 indivíduos), indica uma comunidade robusta, o que é relevante para compreender o papel desses besouros na decomposição de carcaças nesse contexto específico.

Quadro 4 - Riqueza de espécies, Abundância, índice de diversidade Shannon-Wiener, Simpson e índice de Pielou, de cada ambiente.

Ambientes	Riqueza	Abundância	Shannon	Simpson	Pielou
Residencial	19	37	2,762	0,924	0,938
Rural	56	395	2,428	0,757	0,603
Transição	53	188	3,380	0,946	0,851

Fonte: Dados da pesquisa

Houve uma variação nos índices em relação aos ambientes, conforme Quadro 4. O índice de Shannon (3,380) no ambiente de transição, revela uma distribuição equilibrada de indivíduos entre as espécies, podendo indicar um ecossistema saudável, onde nenhuma espécie é superdominante, permitindo a coexistência de várias espécies. Em relação ao índice de Simpson (0,946) o ambiente de transição indica uma diversidade alta, com uma distribuição muito uniforme das espécies presentes.

O índice de Pielou (0,938) destaca a uniformidade na distribuição das espécies no ambiente residencial, sugerindo uma comunidade equitativa em termos de abundância.

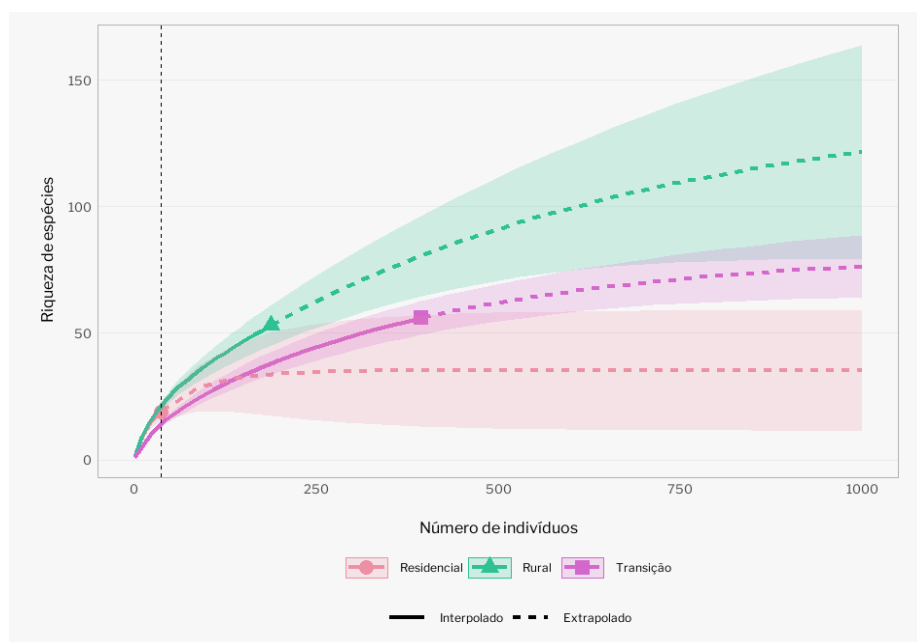
O ambiente Rural apresenta uma riqueza de 56 espécies e com uma abundância de 395 indivíduos (Quadro 4), destacando um cenário de alta diversidade no ambiente rural. Essa abundância de espécies sugere que fatores presentes nesse contexto, como a vegetação, disponibilidade de recursos alimentares, topografia e menor intervenção humana, criam condições propícias para a coexistência de uma ampla variedade de besouros (Tara *et al.*,

2021). Os 395 indivíduos observados corroboram a ideia de comunidades expressivas e robustas nesse ambiente. A relação entre a riqueza e a abundância reforça a importância do ambiente Rural como um habitat favorável para esses insetos. Os índices indicam uma diferenciação dos demais ambientes, conforme explicitado no Quadro 4. A presença humana limitada parece não apenas ser compatível com a diversidade desses insetos, mas pode até mesmo favorecer o florescimento de uma comunidade saudável (Tara *et al.*, 2021).

O ambiente de Transição, também destaca-se pela sua riqueza de 53 espécies e uma abundância de 188 indivíduos (Quadro 4). A alta riqueza de espécies indica que a área de transição é um ambiente rico em biodiversidade (Silva; Garcia; Vidal, 2008). Isso pode ser devido à variedade de habitats e recursos disponíveis nessa área, permitindo a coexistência de muitas espécies diferentes.

Pode-se observar que o ambiente de Transição contém características que favorecem uma rica fauna de besouros necrófagos, como pouca ação humana (Garcia *et al.*, 2014). A alta diversidade e a distribuição relativamente uniforme das espécies sugere uma ecologia equitativa, em que várias espécies coexistem harmoniosamente (Silva *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2009). Áreas de transição são cruciais para a preservação da biodiversidade de besouros, associados às carcaças (Bencke, 2009).

Gráfico 4 - Curva de rarefação/extrapolação de riqueza de espécies pelo número de indivíduos.



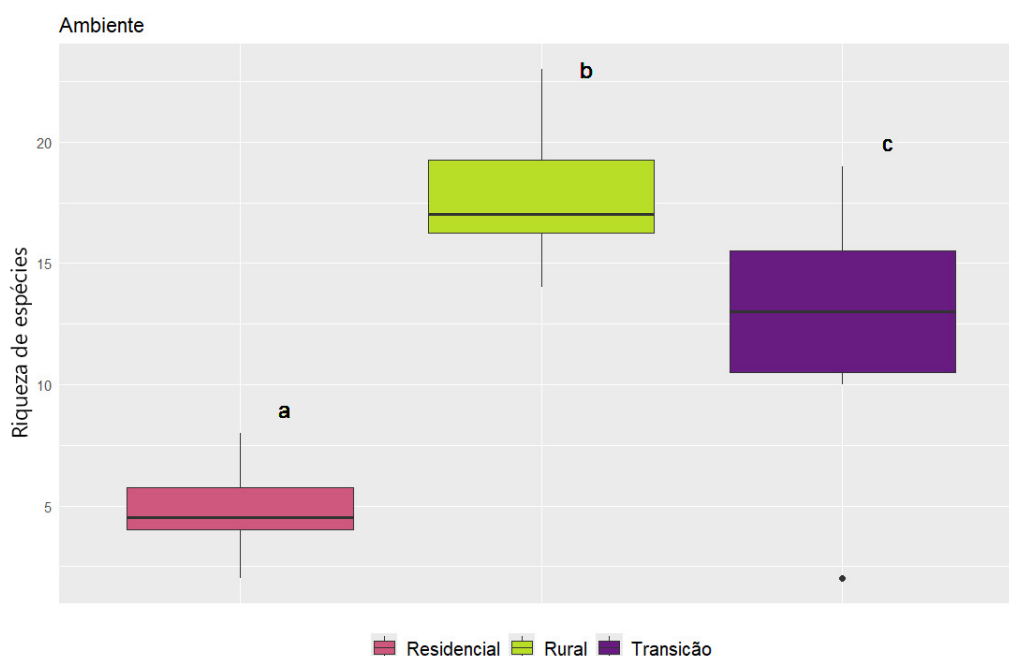
Fonte: Dados da pesquisa

Quando leva-se em consideração a relação entre o número de indivíduos e a riqueza de espécies, visualizada por meio das curvas de rarefação/extrapolação (Gráfico 4), pode-se

observar que a riqueza de espécies no ambiente Residencial foi mais baixa em relação aos outros ambientes. Porém, pode-se observar uma diferença significativa, considerando a extrapolação dos dados. Já referente ao ambiente Rural e de Transição as linhas de confiança se tocam e as linhas não atingiram ainda a assíntota.

Pode-se observar que a riqueza de espécies é maior no ambiente Rural, indicando uma tendência que sugere que ambientes mais naturais, menos perturbados pela atividade humana, favorecem uma maior diversidade, onde observa-se que a antropização pode ter um impacto negativo na diversidade desses insetos (Magura; Tóthmérész; Molnár, 2004).

Gráfico 5 - Média e desvio padrão da riqueza de espécies por ambientes.



Fonte: Dados da pesquisa

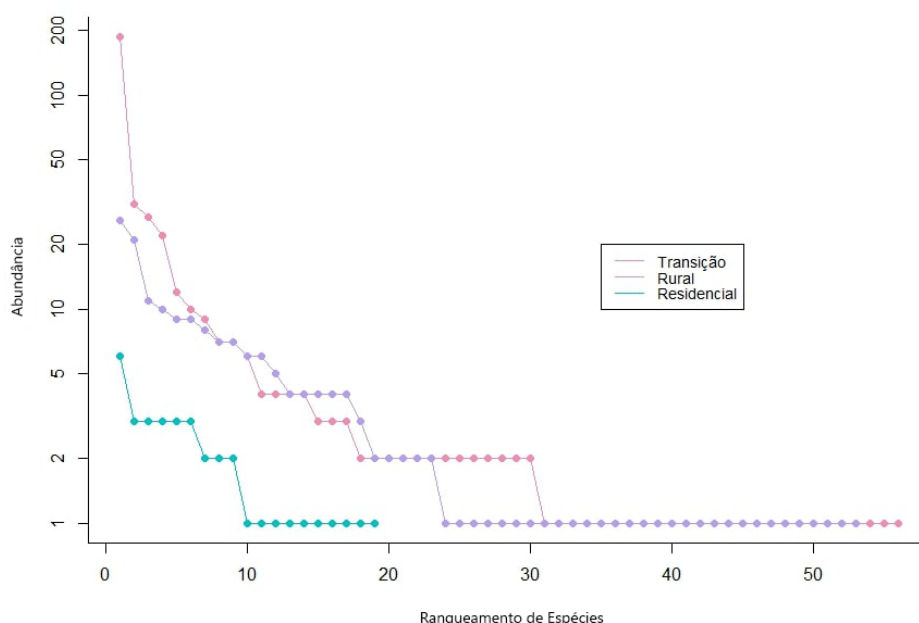
Quando se compara a riqueza de espécies entre os ambientes (Kruskal–Wallis $\chi^2 = 11,511$, $df=2$, $p\text{-value} = 0,003$; Gráfico 5), pode-se observar que todos os ambientes diferem entre si. Quando se analisa o ambiente residencial com o rural ($p=0,005$), tem-se uma diferença significativa, e quando se olha para o ambiente Residencial com o de Transição ($p=0,03$) e Transição com Rural ($p=0,04$), também se consegue observar uma diferença significativa entre estes ambientes.

O ambiente Residencial apresenta a menor riqueza de espécies, sugerindo que a presença humana e a urbanização podem reduzir a disponibilidade de habitats e recursos, resultando em condições menos favoráveis. Segundo Ramírez-Restrepo e Halffter (2016), a

urbanização tem impacto em diversos grupos biológicos, incluindo besouros copro-necrófagos, e espécies generalistas podem prevalecer, adaptando-se às alterações ambientais.

A curva de abundância de espécies por ambiente, conforme apresentada no Gráfico 6, reflete a distribuição diferencial de indivíduos nos três ambientes. Notavelmente, o ambiente de Transição exibe o maior número de indivíduos, seguido pelo ambiente Rural e, por último, o Residencial. Essa distribuição sugere uma relação positiva entre a heterogeneidade do habitat e a abundância de espécies, corroborando a teoria de que a diversidade biológica é frequentemente maior em ambientes mais heterogêneos (Da Silva; Diniz; Vaz-De-Mello, 2010).

Gráfico 6 - Curvas de distribuição de abundância de espécies.

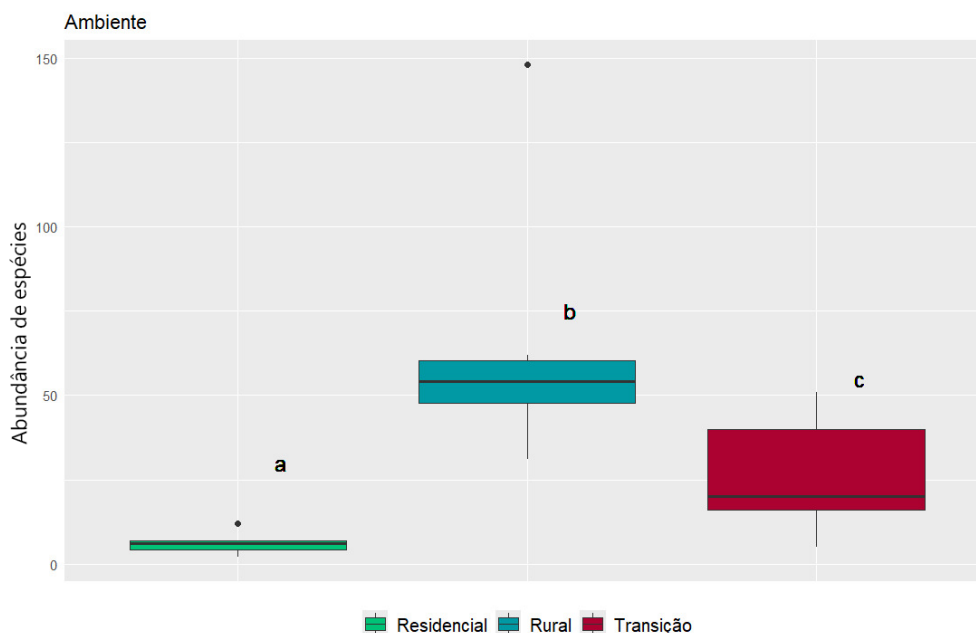


Fonte: Dados da pesquisa

A análise revela que a abundância de espécies diminui à medida que se avança no ranqueamento das espécies em todos os três ambientes. Este padrão é consistente com o conceito de que comunidades mais diversas são compostas por espécies menos dominantes, enquanto comunidades menos diversas são dominadas por poucas espécies abundantes. Além disso, a maior heterogeneidade do ambiente de Transição pode ser responsável pela coexistência de mais espécies e indivíduos, enquanto a menor heterogeneidade dos ambientes Rural e Residencial está associada a uma diversidade mais moderada e baixa, respectivamente (Da Silva; Diniz; Vaz-De-Mello, 2010).

A partir da análise da distribuição de espécies, fica evidente que a heterogeneidade do habitat desempenha um papel crucial na determinação da abundância e diversidade desses insetos. Ambientes mais heterogêneos, como o de Transição, sustentam uma maior diversidade de espécies, enquanto ambientes menos heterogêneos, como o Residencial, exibem uma diversidade mais baixa (Copatti; Gasparetto, 2012). Além disso, as atividades humanas exercem um impacto substancial na composição da entomofauna, com aproximadamente 21% da variação na diversidade de coleópteros sendo explicada pelas variações nos ambientes. Esses resultados destacam a importância da conservação e gestão adequada dos habitats naturais, especialmente em áreas urbanizadas, para preservar a biodiversidade e o equilíbrio dos ecossistemas (Tara *et al.*, 2021).

Gráfico 7 - Média e desvio padrão da abundância de espécies por ambientes.



Fonte: Dados da pesquisa

Assim como para riqueza de espécies, pode-se observar que todos os ambientes diferem entre si, quando leva-se em consideração a abundância (Gráfico 7) (Kruskal–Wallis $\chi^2 = 13,104$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0,001$). O ambiente Residencial apresenta uma abundância significativamente menor de besouros em comparação com o ambiente Rural ($p=0,005$) e de Transição ($p=0,015$), porém ambos diferem entre si. Esse padrão pode ser atribuído às alterações provocadas pela presença humana, urbanização e possíveis limitações de recursos para a fauna associada à matéria orgânica em decomposição. E quando se observa o ambiente de Transição com o Rural, ($p=0,014$), tem-se também uma diferença significativa. O ambiente

Rural, apesar de sofrer influências humanas, como a agricultura intensiva e a urbanização dispersa, ainda mantém certa conectividade com áreas naturais, o que pode fornecer uma variedade maior de recursos para a fauna de besouros (Viviani; Rocha; Hagen, 2010). O ambiente de Transição, caracterizado pela interface entre áreas naturais e antropizadas, pode oferecer uma combinação única de habitats e recursos, favorecendo uma maior abundância de besouros em comparação com o ambiente rural (Da Silva; Diniz; Vaz-de-Mello, 2010).

Gráfico 8 - Matrizes para visualizar o valor da dissimilaridade total para os dados de presença e ausência (índice de Sorensen e Jaccard) e abundância (índice de Bray-Curtis) entre os ambientes.



Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com a matriz de dissimilaridade (Gráfico 8), existe uma diferença substancial na composição de espécies entre os três ambientes, quando analisamos a Matriz de Sorensen e Jaccard que leva em consideração a presença e ausência, podemos observar os maiores valores de dissimilaridade quando se compara os ambientes Residencial e Rural (0,76 e 0,864). Isso significa que esses dois ambientes têm composições de espécies mais distintas em termos de quais espécies estão presentes ou ausentes.

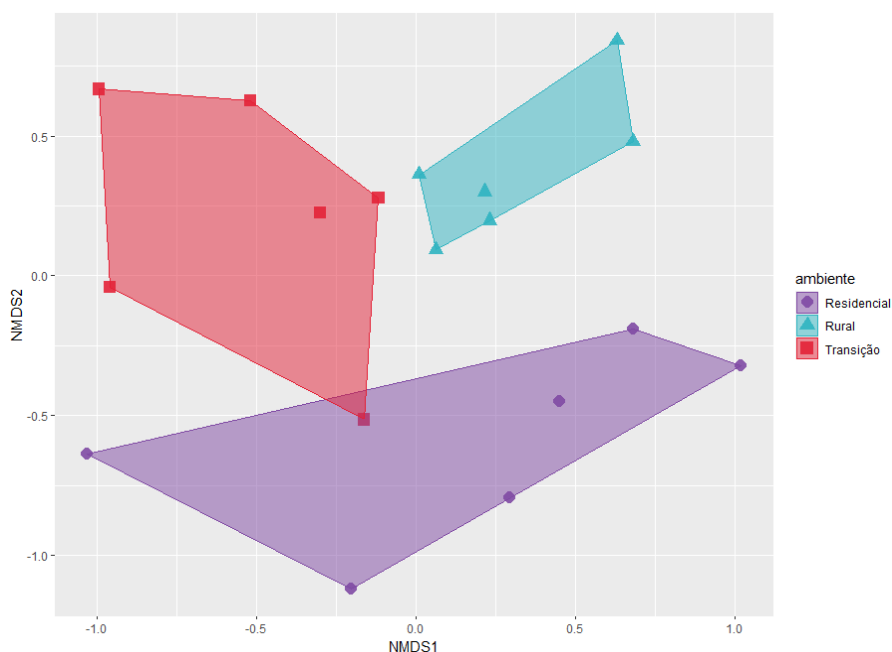
Na matriz de Bray-Curtis, que leva em consideração a abundância de espécies, também observa-se o mesmo resultado: os valores mais altos quando se compara o ambiente Residencial com o Rural (0,91). Isso indica que, em termos de abundância de espécies, esses dois ambientes também são os mais diferentes entre si.

Existem possíveis fatores que contribuem para essa diferenciação, como a presença de habitats naturais, como matas ciliares e áreas de conservação, o uso da terra para fins agrícolas ou urbanos, bem como variações na topografia e no microclima (Magura; Tóthmérész; Molnár, 2004).

A análise de variância permutacional multivariada (PERMANOVA) demonstrou diferenças estatisticamente significativas na composição da entomofauna de besouros associada às carcaças entre os ambientes. O valor do coeficiente de determinação (R^2) de 0,2094 indica que aproximadamente 21% da variação na diversidade de coleópteros pode ser explicada pelas variações nos ambientes. Isso ressalta a influência significativa dos níveis de antropização na composição da entomofauna, destacando a sensibilidade desses insetos às variações ambientais induzidas por atividades humanas (Santos *et al.*, 2021).

De acordo com o NMDS (escalonamento multidimensional não-métrico; Gráfico 9), o ambiente Residencial tem menor diversidade em comparação com os ambientes Rural e de Transição. Isso pode ser atribuído às características homogêneas das áreas Residenciais. Em contraste, os ambientes Rurais e de Transição mostram maior diversidade, possivelmente devido à variedade de ecossistemas e habitats presentes nessas áreas.

Gráfico 9 - NMDS da dissimilaridade de Jaccard entre os ambientes.



Fonte: Dados da pesquisa

3.4.2 Diversidade por estágio de decomposição

A análise dos índices de diversidade em relação aos diferentes estágios de decomposição oferece uma visão detalhada sobre a ecologia dos besouros necrófagos, revelando padrões que caracterizam cada fase do processo.

O estágio de Esqueletização (Quadro 5) se destaca como o mais diverso, apresentando a maior riqueza 69 espécies e abundância 449 indivíduos. Esse resultado indica a presença robusta e uma diversidade significativa nesse estágio específico de decomposição.

Em relação ao índice de Shannon, o estágio de Putrefação se destaca neste índice com um valor de (3,315) (Quadro 5), indicando uma distribuição equilibrada de indivíduos entre as espécies neste estágio.

E em relação ao índice de Simpson, o estágio de Gasoso se destaca neste índice com um valor de (0,953) (Quadro 5), indicando uma alta diversidade com uma distribuição muito uniforme das espécies presentes. Isso sugere que o estágio de Gasoso apresenta uma grande variedade de espécies de besouros em comparação com os outros estágios de decomposição.

Destaca-se que o estágio Fresco se sobressai no índice de Pielou (0,939), indicando uma distribuição mais uniforme das espécies em relação à equitabilidade (Quadro 5).

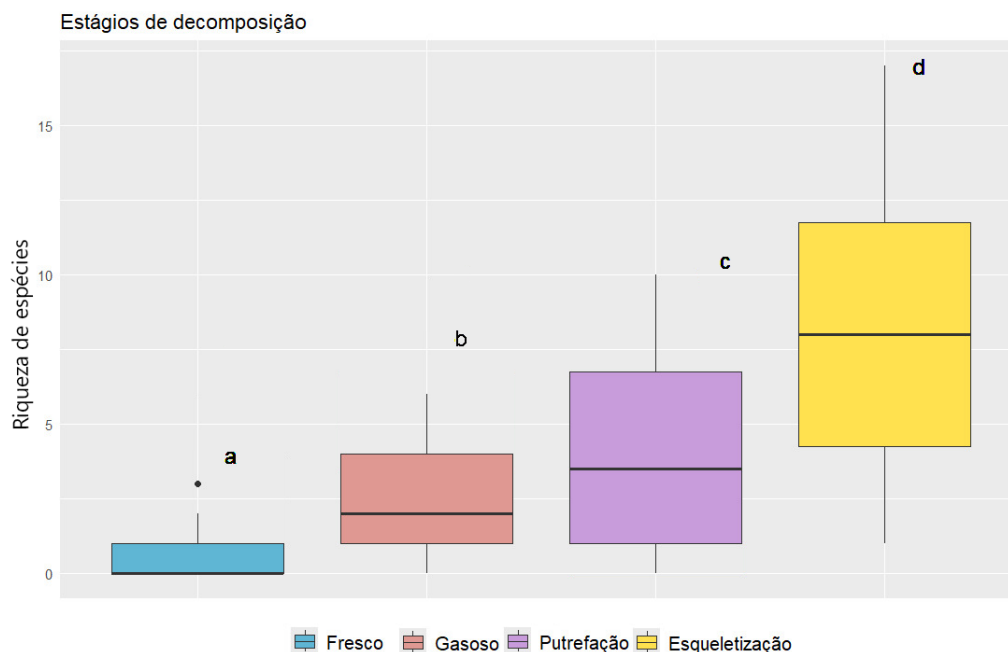
O estudo de Silva *et al.* (2013) corrobora essas observações, destacando a complexidade da ecologia dos besouros necrófagos e ressaltando a necessidade de uma abordagem temporal na análise da diversidade desses insetos. A compreensão das mudanças na composição e abundância das espécies ao longo do tempo fornece uma visão mais completa das interações entre besouros e carcaças, auxiliando na interpretação dos padrões observados nos diferentes estágios de decomposição.

Quadro 5 - Riqueza e abundância de espécies, índice de diversidade Shannon-Wiener, Simpson e índice de Pielou, por estágio de decomposição.

Estágio	Riqueza	Abundância	Shannon	Simpson	Pielou
Fresco	11	16	2,252	0,875	0,939
Gasoso	34	55	3,309	0,953	0,938
Putrefação	42	100	3,315	0,945	0,887
Esqueletização	69	449	2,654	0,808	0,626

Fonte: Dados da pesquisa.

Gráfico 10 - Média e desvio padrão da riqueza de espécies por estágio de decomposição.

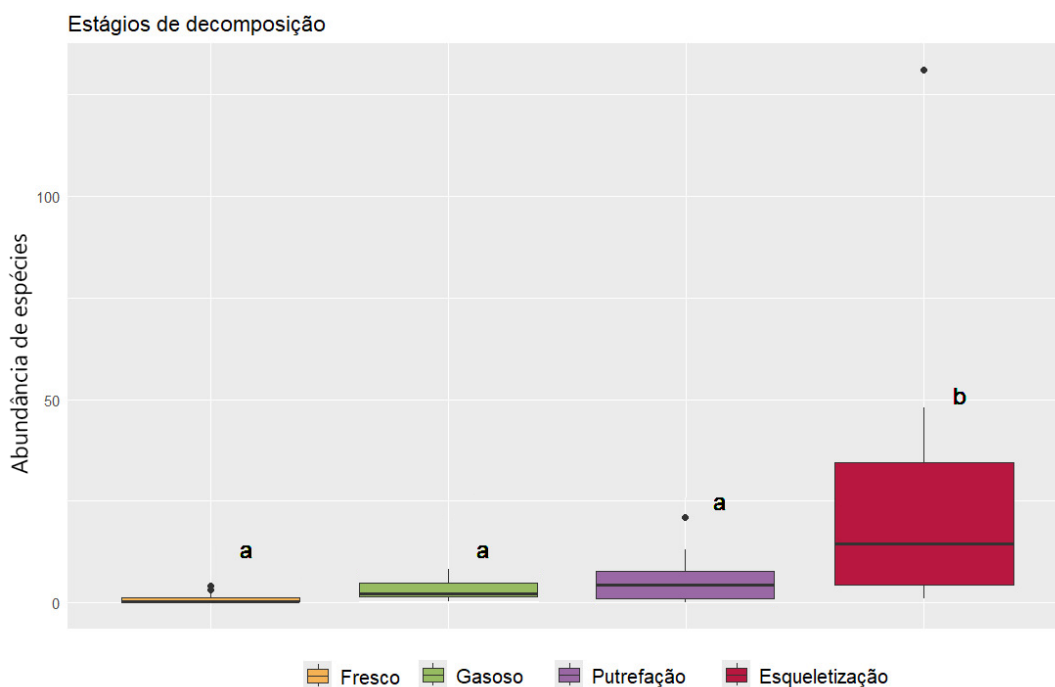


Fonte: Dados da pesquisa

Pode-se observar que há diferença significativa na riqueza de espécies entre os estágios de decomposição (Kruskal-Wallis $\chi^2=32,49$; $df=3$; $p\text{-value} \leq 0,001$) (Gráfico 10). Todos os estágios diferem entre si, com o estágio de Esqueletização apresentando uma riqueza de espécies maior em comparação com os outros estágios. Quando se compara o estágio Gasoso com Putrefação ($p=0,337$) não se observam diferenças significativas. Porém, quando se compara os estágios, Gasoso com Fresco ($p \leq 0,001$), Gasoso com Esqueletização ($p \leq 0,001$), Putrefação com Fresco ($p=0,001$), Putrefação com Esqueletização ($p=0,009$) e Fresco com Esqueletização ($p \leq 0,001$), tem-se diferenças significativas entre estes estágios.

Este resultado pode ser influenciado por fatores ambientais específicos de cada estágio, como a disponibilidade de recursos alimentares, condições microclimáticas e a presença de concorrentes ou predadores. Além disso, a influência dos diferentes níveis de antropização deve ser considerada ao interpretar essas diferenças, uma vez que atividades humanas podem impactar diretamente nos estágios de decomposição e, por consequência, na comunidade de Coleoptera associada.

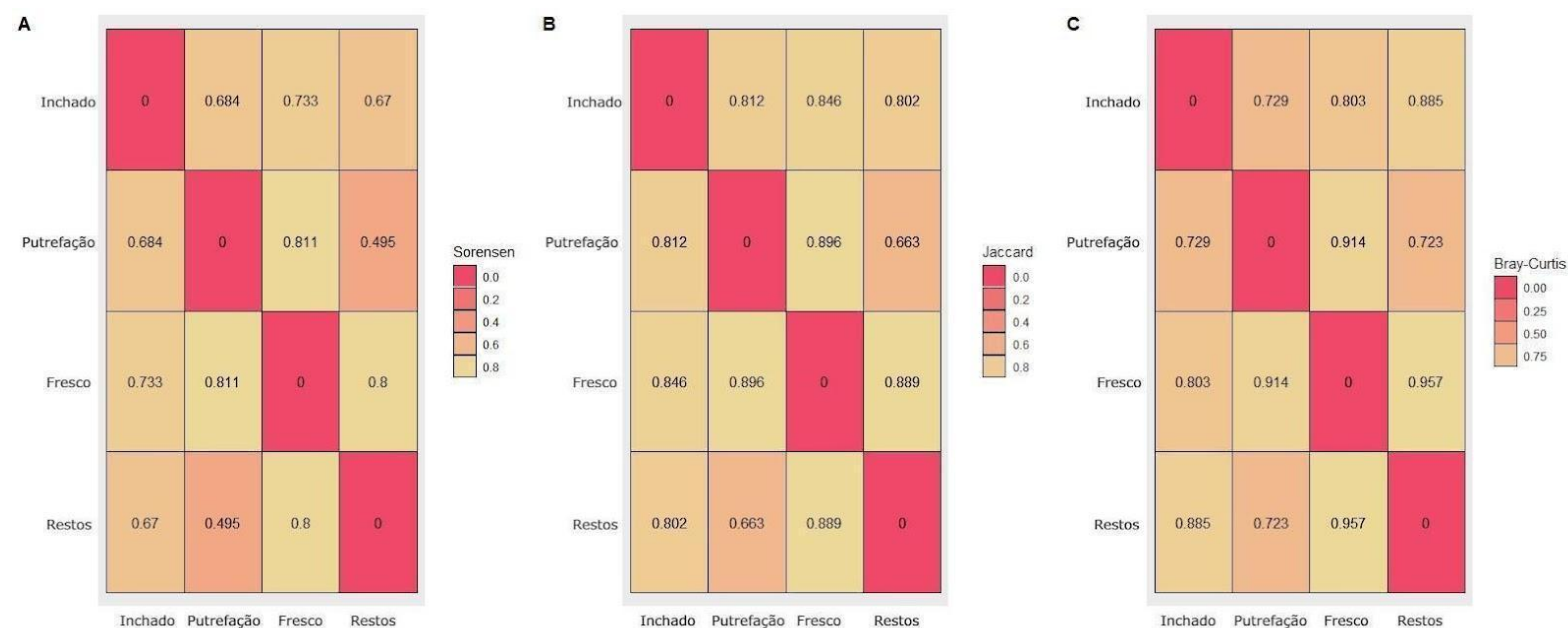
Gráfico 11 - Média e desvio padrão da abundância de espécies por estágio de decomposição.



Fonte: Dados da pesquisa.

Pode-se observar que há diferença significativa na abundância de espécies entre os estágios de decomposição (Kruskal-Wallis $\chi^2=32,2$; $df=3$; $p\text{-value} \leq 0,001$) (Gráfico 11). Quando se observa o estágio Gasoso com Putrefação ($p=0.354$) não há uma diferença significativa. Já o Gasoso com o Fresco ($p \leq 0,001$), Putrefação com Fresco ($p=0.002$), Gasoso com Esqueletização ($p \leq 0,001$), Putrefação com Esqueletização ($p=0,005$) e Fresco com Putrefação ($p \leq 0,001$), pode-se observar diferenças significativas. Os resultados contribuem para uma compreensão mais aprofundada da ecologia dos besouros, informando não apenas sobre sua diversidade, mas também sobre as condições ecológicas que moldam sua abundância.

Gráfico 12 - Matrizes para visualizar o valor da dissimilaridade total para os dados de presença e ausência (índice de Sorensen e Jaccard) e abundância (índice de Bray-Curtis) entre os estágios de decomposição.



Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com a matriz de dissimilaridade (Gráfico 12), pode-se observar diferenças substanciais na composição de espécies entre os estágios de decomposição. Na Matriz de Sorensen e de Jaccard que leva em consideração a presença e ausência, pode-se observar os maiores valores de dissimilaridade quando comparamos os estágios de Putrefação e Fresco (0,811 e 0,896). Isso significa que os estágios Putrefação e Fresco têm composições de espécies mais distintas em termos de quais espécies estão presentes ou ausentes. As diferenças na dissimilaridade entre os estágios podem refletir mudanças nas espécies presentes, adaptando-se às condições específicas de cada fase da decomposição (Morais Cruz, 2008).

Na matriz de Bray-Curtis, que leva em consideração a abundância de espécies, pode-se observar que os estágios Fresco e Esqueletização (0,957) possuem o valor mais alto, quando são comparados. Isso indica que, em termos de abundância de espécies, esses dois estágios são os mais diferentes entre si. A dissimilaridade observada, especialmente com Esqueletização, sugere que diferentes processos ecológicos podem estar influenciando a comunidade de insetos durante esses estágios (Morais Cruz, 2008).

3.4.3 Diversidade por períodos

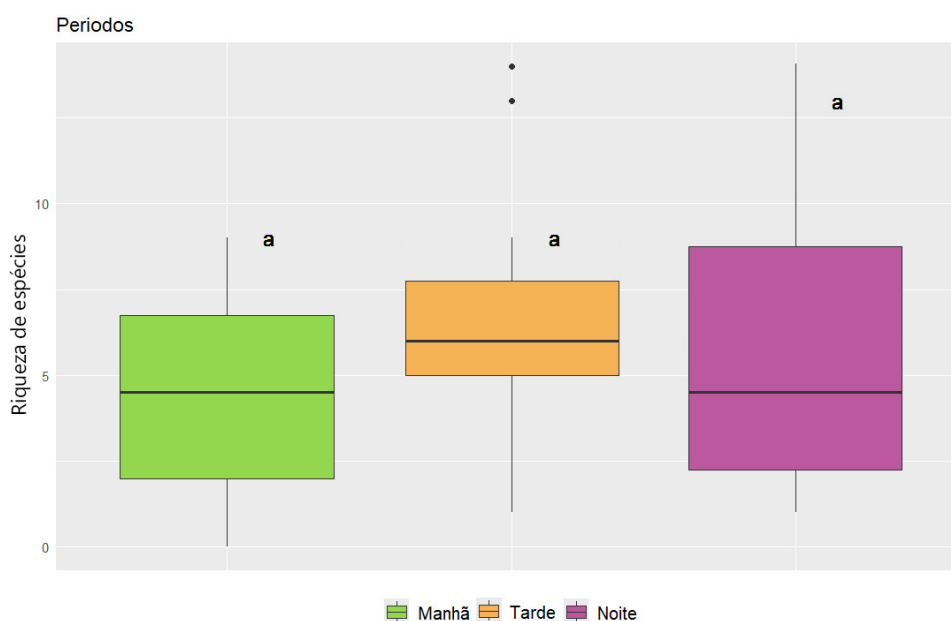
A análise dos índices de riqueza e abundância, levando em consideração os períodos (i.e., manhã, tarde e noite), revela padrões distintos (Quadro 6). O período da Tarde se destaca pela maior riqueza de espécies (61), enquanto o período da Noite se destaca pela maior abundância (294). O período da Tarde se destaca nos índices de Shannon (3,280) indicando distribuição equilibrada de indivíduos entre as espécies neste período, e no índice de Simpson (0,792) (Quadro 6) sugerindo uma alta diversidade com uma distribuição muito uniforme das espécies presentes. O índice de Pielou (0,806) (Quadro 6) se destaca no período da Manhã indica uma distribuição relativamente uniforme das espécies em comparação com os outros períodos. Isso sugere que o período da manhã apresenta uma equitabilidade na distribuição das abundâncias das espécies de besouros.

Quadro 6 - Riqueza de espécies, Abundância, índice de diversidade Shannon-Wiener, Simpson e índice de Pielou, por período.

Período	Riqueza	Abundância	Shannon	Simpson	Pielou
Manhã	41	125	2,996	0,887	0,806
Tarde	61	201	3,280	0,927	0,798
Noite	55	294	2,542	0,792	0,634

Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 13 - Média e desvio padrão da riqueza de espécies por períodos.

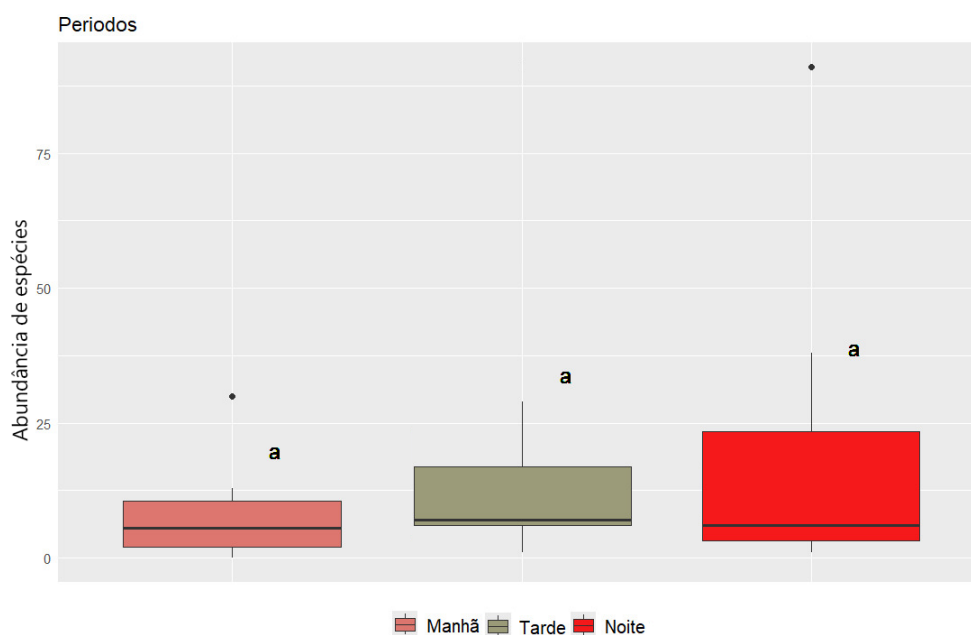


Fonte: Dados da pesquisa

A análise estatística dos dados de riqueza ($X^2 = 3,232$; $df = 2$; $p\text{-value} = 0,198$) (Gráfico 13) e abundância ($X^2 = 2,703$; $df = 2$; $p\text{-value} = 0,258$) (Gráfico 14) de espécies por período revelou que não há diferenças significativas entre os períodos investigados. Os resultados sugerem que todos os períodos do dia têm diversidades semelhantes, indicando uma maior abundância de espécies ao longo do período noturno (Quadro 6). Isso pode indicar que as espécies de besouros presentes na área estudada são adaptadas para serem ativas no período noturno (Da Silva; Diniz; Vaz-de-Mello, 2010).

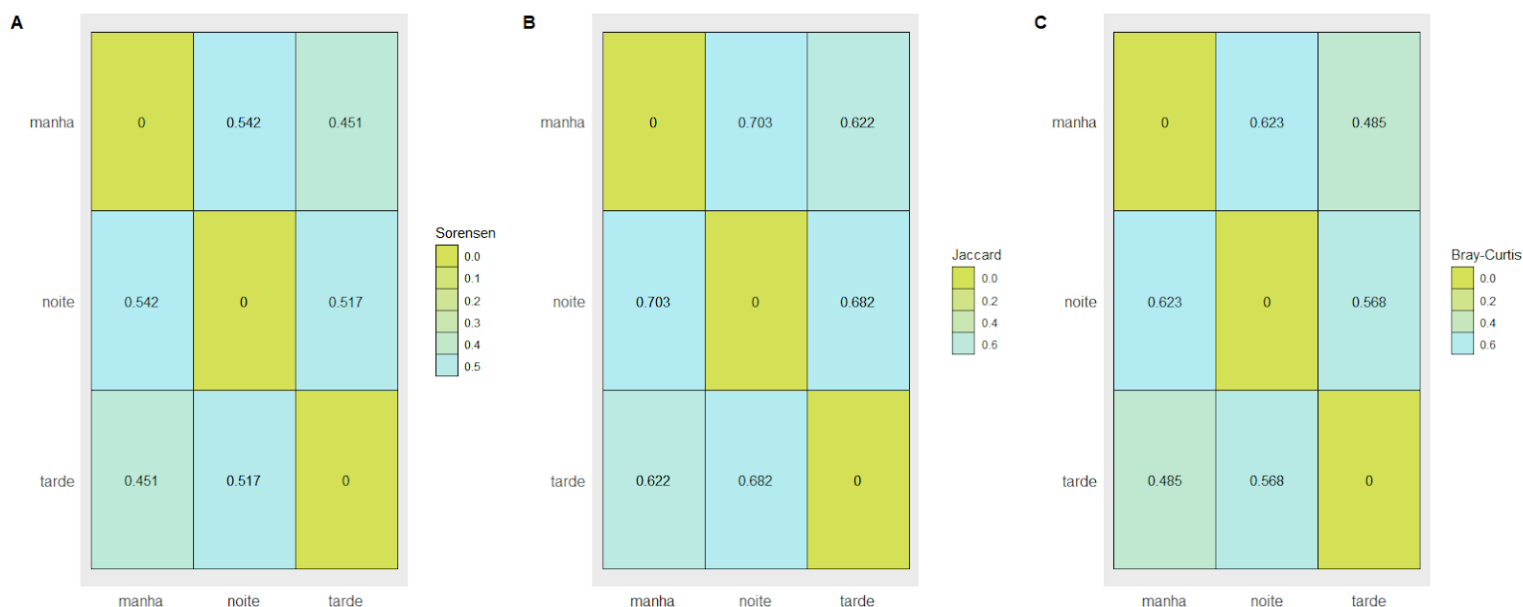
A ausência de diferenças significativas entre os períodos sugere que a riqueza e a abundância de espécies permanecem relativamente constantes durante essas horas do dia. Essa estabilidade na composição das espécies pode ser atribuída, em parte, à menor variação nos fatores ambientais, como temperatura e umidade (Gráfico 1), (Galhardo, 2020).

Gráfico 14 - Média e desvio padrão da abundância de espécies por períodos.



Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 15 - Matrizes para visualizar o valor da dissimilaridade total para os dados de presença e ausência (índice de Sørensen, Jaccard) e abundância (índice de Bray-Curtis) entre os períodos.



Fonte: Dados da pesquisa

Quando se observa as matrizes de Sørensen e de Jaccard que levam em consideração a presença e ausência, pode-se observar os maiores valores de dissimilaridade quando são comparados os períodos Manhã e Noite (0,542 e 0,703). Isso significa que esses períodos têm composições de espécies mais distintas em termos de quais espécies estão presentes ou ausentes. Essa disparidade pode ser atribuída a diferenças marcantes nas condições ambientais, como variações de temperatura e luminosidade (Almeida; Louzada; P. Ribeiro, 2011).

Na matriz de Bray-Curtis, que leva em consideração a abundância de espécies, pode-se observar o mesmo resultado, em que os períodos Manhã e Noite (0,623) possuem o valor mais alto, quando são comparados. Isso indica que, em termos de abundância de espécies, esses dois períodos são os mais diferentes entre si. As espécies de besouros, como muitos outros insetos, são conhecidas por exibir padrões diurnos de atividade, que são influenciados por fatores ambientais (Almeida; Louzada; P. Ribeiro, 2011). Por exemplo, algumas espécies podem ser mais ativas durante a manhã ou à noite, quando as temperaturas são mais amenas, enquanto outras podem ser mais ativas durante o dia, quando há mais luz disponível (Cavalcanti, 2023).

Os resultados das análises das matrizes de dissimilaridade destacam a influência das condições ambientais nos padrões de atividade e composição das espécies de besouros ao

longo do dia. Essas descobertas contribuem para uma compreensão mais profunda da ecologia dos besouros e fornecem informações para o manejo e conservação desses insetos e de seus habitats.

4. CONCLUSÃO

Os besouros que compõem a entomofauna cadavérica, desempenham um papel fundamental nos ecossistemas, contribuindo para o processo de decomposição de matéria orgânica, especialmente em carcaças. A diversidade desses insetos e sua distribuição estão ligadas a uma variedade de fatores. Compreender como esses fatores influenciam a diversidade de besouros necrófagos pode fornecer informações sobre a ecologia desses organismos e a dinâmica dos ecossistemas em que habitam.

Foi possível identificar uma rica diversidade de besouros, com a presença predominante de espécies das famílias Staphylinidae e Histeridae, que são principalmente parasitóides e consumidoras de larvas em desenvolvimento nas carcaças, sugerindo uma relação ecológica importante entre esses insetos e as larvas de moscas. Os trabalhos de Mise e colaboradores (2007), Silva e Santos (2012), Bó (2013) e Fonseca e colaboradores (2015) também corroboram esses resultados, indicando uma consistência dessa relação em diferentes contextos e ambientes. Isso ressalta a relevância dos Staphylinidae e Histeridae como predadores nas comunidades de decomposição de carcaças.

Quando são analisados os fatores abióticos, não foi observada uma correlação significativa entre a temperatura, umidade relativa e precipitação com a riqueza de espécies de besouros. Mas, em relação à incidência de luz, foi observada uma correlação negativa significativa entre a incidência de luz e a riqueza de espécies de besouros. Isso sugere que à medida que a incidência de luz aumenta, há uma tendência de diminuição na diversidade de besouros associados a carcaças.

A hipótese foi parcialmente confirmada, uma vez que a incidência de luz mostrou uma correlação significativa com a diversidade de besouros, enquanto temperatura e umidade relativa não apresentaram correlações diretas com a diversidade.

No que diz respeito aos estágios de decomposição, o tempo necessário para atingir cada estágio variou de acordo com o ambiente e os fatores abióticos presentes. Por exemplo, porcos expostos a maiores amplitudes térmicas e temperaturas mais altas tendiam a completar os estágios de decomposição mais rapidamente. Enquanto aqueles expostos a temperaturas mais baixas e maior umidade relativa demoravam mais para completar os estágios de

decomposição. Esses resultados destacam a importância de considerar os fatores abióticos, como temperatura, umidade e luz, ao estudar a diversidade de besouros associados a carcaças e o processo de decomposição.

A análise da diversidade e abundância de besouros necrófagos nos diferentes ambientes revela padrões distintos que refletem a influência de fatores ambientais e antropogênicos.

No ambiente Residencial, temos uma baixa diversidade, onde a urbanização parece contribuir para uma diminuição na diversidade, conforme indicado pelos índices.

Por outro lado, o ambiente Rural exibe uma maior riqueza e abundância de espécies entre os ambientes. Essa alta diversidade sugere que fatores como vegetação, disponibilidade de recursos e menor intervenção humana criam condições propícias para a coexistência de uma ampla variedade de besouros. Os índices de diversidade reforçam essa observação, destacando uma ampla distribuição equitativa das espécies.

O ambiente de Transição apresenta uma coexistência de espécies diferentes. Essa diversidade pode ser atribuída à variedade de habitats e recursos disponíveis nessa área, permitindo a coexistência de muitas espécies diferentes. Os índices de diversidade indicam uma distribuição relativamente uniforme das espécies, destacando uma ecologia equitativa e heterogênea.

Esses resultados destacam a importância da conservação e gestão adequada dos habitats. Especialmente em áreas urbanizadas, para preservar a biodiversidade e o equilíbrio dos ecossistemas. Visando garantir a coexistência saudável e sustentável de comunidades de besouros da entomofauna cadavérica.

A hipótese de que a composição de besouros varia de acordo com o nível de antropização, havendo uma relação negativa entre a antropização e a diversidade de besouros, foi confirmada. Os resultados demonstraram que a composição específica de besouros varia conforme o nível de antropização, e que menos antropizados mostraram-se mais propícios para a preservação da diversidade desses insetos.

Quando se analisa a diversidade de besouros necrófagos em diferentes estágios de decomposição, consegue-se observar que conforme o tempo de decomposição avança, há um aumento da diversidade de besouros necrófagos. O estágio de Esqueletização se destacou com o maior número de espécies diferentes e a maior quantidade de indivíduos, indicando uma grande variedade de espécies e uma população abundante. O estágio Gasoso mostrou uma variedade relativa de espécies, enquanto o estágio de Putrefação exibiu uma distribuição

equilibrada de indivíduos entre as espécies. O estágio Fresco teve uma distribuição de espécies uniformes.

Essa análise detalhada dos diferentes estágios de decomposição fornece informações importantes para entender melhor a ecologia dos besouros necrófagos e sua interação com o ambiente em diferentes fases da decomposição, destacando a importância de considerar a dinâmica temporal e as condições específicas de cada estágio na interpretação dos padrões observados.

A hipótese foi confirmada, uma vez que os resultados indicaram um aumento na diversidade e abundância de besouros durante a fase de Putrefação e Esqueletização da decomposição das carcaças. Isso ressalta a influência significativa dos estágios de decomposição na diversidade e abundância de besouros necrófagos, enfatizando a importância de considerar essa dinâmica na compreensão mais ampla da ecologia desses insetos.

Quando foram analisadas a diversidade durante os períodos, observou-se que o período da Tarde obteve o maior número de riqueza de espécies, quando o período da Noite foi o mais abundante. O período da Manhã, teve uma distribuição relativamente uniforme das espécies, sugerindo um equilíbrio na comunidade de besouros durante este período. O período da Tarde destacou-se pela maior riqueza de espécies e uma abundância intermediária, atingindo os valores máximos de diversidade. Isso sugere que as condições ambientais durante a Tarde são propícias para uma maior diversidade de besouros. E o período da Noite apresentou a máxima abundância de indivíduos, o que vai de acordo com os resultados anteriores, de que há uma correlação negativa da riqueza de espécies com o aumento de luz.

A hipótese inicial, foi parcialmente corroborada, pois os resultados indicaram que não houve diferenças significativas na diversidade e abundância de besouros entre os períodos. Apesar de ter a expectativa de um aumento da diversidade, o período noturno não foi significativo pela análise estatística. Entretanto, o período da Tarde foi o mais diverso em termos de riqueza e diversidade, mas, o período da Noite foi o mais abundante.

Em suma, a diversidade de besouros necrófagos está sujeita a uma série de fatores e dinâmicas complexas. Compreender esses elementos e suas interações é essencial para uma gestão eficaz dos ecossistemas e a conservação da biodiversidade.

Os ambientes menos antropizados tendem a favorecer uma maior diversidade de besouros, enquanto atividades humanas podem ter um impacto negativo na diversidade desses insetos. No entanto, ainda há lacunas a serem preenchidas e mais pesquisas são necessárias para uma compreensão mais completa da ecologia dos besouros necrófagos e para informar práticas de conservação e manejo adequadas desses insetos e de seus habitats.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. da S. P. de; LOUZADA, J. N. C.; RIBEIRO, S. P. Comunidades de besouros de serapilheira e a sucessão natural em uma floresta estacional semidecídua. *MG Biota*, v. 3, p. 32-47, 2011. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/biodiversidade/mg-biota>>. Acesso em: 15 out. 2014.
- BENCKE, G. A. *et al.* Diversidade e conservação da fauna dos Campos do Sul do Brasil. Em: **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília, DF: MMA, 2009. p. 101–121.
- BEYNON, S. A. *et al.* Species-rich dung beetle communities buffer ecosystem services in perturbed agro-ecosystems. **The journal of applied ecology**, v. 49, n. 6, p. 1365–1372, 2012.
- BHARTI, M.; SINGH, D. Insect Faunal Succession on Decaying Rabbit Carcasses in Punjab, India. **Journal of Forensic Sciences**, v. 48, n. 5, p. 2001358, 1 set. 2003.
- BÓ, D. D. Besouros (Coleoptera) associados a carcaças de *Sus scrofa* Linnaeus em área de restinga na Paraíba. [s.l: s.n.].
- CANEPARO, M. F. C.; FISCHER, M. L.; ALMEIDA, L. M. Effect of Temperature on the Life Cycle of *Euspilotus azureus*(Coleoptera: Histeridae), a Predator of Forensic Importance. **Florida Entomologist**, n. 4, p. 795–801, 2017.
- CATTS, E. P.; HASKELL, N. H. **Entomology and death: a procedural guide**. Clemson, SC: Joyce's Print Shop. Inc, 1990.
- CAVALCANTI, J. F. Diversidade e período de atividade de besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) da Estação Ecológica do Tapacurá. 2023. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2023. Disponível em: <<https://repository.ufrpe.br/handle/123456789/5302>>. Acesso em: 21 fev. 2024.
- COPATTI, C. E.; GASPARETTO, F. Diversidade de insetos em diferentes tipos de borda em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Biociências**, v. v. 18, n. 2, [s.d.].
- ENDRES, A. A.; CREÃO-DUARTE, A. J.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Diversidade de Scarabaeidae s. str. (Coleoptera) da Reserva Biológica Guaribas, Mamanguape, Paraíba,

Brasil: uma comparação entre Mata Atlântica e Tabuleiro Nordestino. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, p. 67–71, 1 mar. 2007.

ENGLMEIER, J. *et al.* Diverse effects of climate, land use, and insects on dung and carrion decomposition. **Ecosystems (New York, N.Y.)**, v. 26, n. 2, p. 397–411, 2023.

FONSECA, Patrícia Pereira; CORDEIRO, Fernanda Maria Pamponet; LOPES, Daniele Santos; DE OLIVEIRA, Favizia Freitas; THÉ, Torriceli Souza. Estudo Preliminar Da Comunidade De Coleópteros De Potencial Forense, Coletados Em Carcaça De Suíno Exposta Em Fragmento De Mata Atlântica No Município De Salvador - Bahia. **Revista Internacional de Ciências**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 85–98, 2020. DOI: 10.12957/ric.2020.50002.

FONTEBASSO, G. Diversidade de insetos necrófagos em remanescente de floresta estacional semidecídua. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista (UNESP), p. 12–2020, [s.d.].

FRIZZAS, M. R. *et al.* Avaliação da Comunidade de Insetos Durante o Ciclo da Cultura do Milho em Diferentes Agroecossistemas. **Revista brasileira de milho e sorgo**, v. 2, n. 2, p. 9–24, 2003.

GALHARDO, J. Diversidade e composição de besouros longicórneos (Coleoptera: Cerambycidae) em uma floresta estacional decidual. [s.l.] EDUFU - Universidade Federal de Uberlândia, 2020.

GAMA, R. A. *et al.* Terapia larval: protocolo básico de manutenção, desinfecção, transporte e aplicação de larvas de *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (Diptera: Calliphoridae). **Entomological Communications**, v. 3, p. ec03022, 12 ago. 2021.

GANHO, Norma G.; MARINONI, Renato C. A diversidade inventarial de Coleoptera (Insecta) em uma paisagem antropizada do Bioma Araucária. **Revista Brasileira de Entomologia**, [S. l.], v. 49, p. 535–543, 2005.

GARCIA, L. E. *et al.* Diversidade de besouros copro-necrófagos (Coleoptera; Scarabaeidae; Scarabaeinae) em campos naturais com pecuária do Bioma Pampa, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 58, n. 4, p. 349-355, 2014. Disponível em: 1. Acesso em: 25 jan. 2024.

GUEDES, M.; SARTORELLO; PREZOTO, H. Cadáveres e sua diversidade de insetos: uma revisão. *Biológica-Caderno do Curso de Ciências Biológicas*. [s.l: s.n.].

LIRA JÚNIOR, L. Besouros (Insecta: Coleoptera) de importância forense no Cerrado: ecologia e comportamento. 2021. 104 f, il. **Tese de Doutorado**. Universidade de Brasília. Brasília: [s.n.].

MAGURA, T.; TÓTHMÉRÉSZ, B.; MOLNÁR, T. Changes in carabid beetle assemblages along an urbanisation gradient in the city of Debrecen, Hungary. **Landscape ecology**, v. 19, n. 7, p. 747–759, 2004.

MANN, R. W.; BASS, W. M.; MEADOWS, L. Time since death and decomposition of the human body: Variables and observations in case and experimental field studies. **Journal of forensic sciences**, v. 35, n. 1, p. 12806J, 1990.

MAYER, A. C. G. Comunidade de coleoptera de interesse forense associados a uma carcaça em decomposição em uma área de caatinga de Pernambuco. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/17110>>. Acesso em: 21 fev. 2024.

MELLANBY, K. Low temperature and insect activity. **Proceedings. Biological sciences**, v. 127, n. 849, p. 473–487, 1939.

MISE, Kleber Makoto; ALMEIDA, L. M.; MOURA, Maurício Osvaldo. Levantamento da fauna de Coleoptera que habita a carcaça de *Sus scrofa* L., em Curitiba, Paraná. **Revista Brasileira De Entomologia**, v. 51, n. 3, p. 358–368, set. 2007.

MONTEIRO-FILHO, E.; PENEREIRO, J. L. Estudo de decomposição e sucessão sobre uma carcaça animal numa área do Estado de São Paulo. Brasil. **Rev Bras Biol**, v. 47, p. 289–295, 1987b.

MORAIS CRUZ, Tadeu; DIAS VASCONCELOS, Simão. Diversidade e sucessão ecológica de insetos associados à decomposição animal em fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco. 2008. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

NETO, H. Biologia e descrição dos imaturos de *Oxelytrum cayennense* (Stürm, 1826)(Coleoptera: Silphidae) associadas à decomposição de cadáver suíno na Reserva Florestal Ducke em Manaus. Amazonas, Brasil: [s.n.].

NIEMELÄ, J. Assembleias de besouros carabídeos (Coleoptera, Carabidae) em gradientes urbano-rurais: uma comparação internacional. **Landscape Ecology**, n. 5, p. 387–401, 2002.

OLIVEIRA COSTA, Janyra. Insetos “peritos”: a entomologia forense no Brasil. 1.ed. Campinas: Millennium Editora, 2013.

OLIVEIRA, A. L. H. DE; NESSIMIAN, J. L. Spatial distribution and functional feeding groups of aquatic insect communities in Serra da Bocaina streams, southeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 4, p. 424–441, 2010.

GÓMEZ-CIFUENTES, A., Munévar, A., Gimenez, V., Gatti, M., & Zurita, G. (2017). Influência do uso da terra na diversidade taxonômica e funcional de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) na mata atlântica sul da Argentina. **Jornal de Conservação de Insetos**, 21, 147-156. <https://doi.org/10.1007/s10841-017-9964-4>.

PETERSON, G.; ALLEN, C. R.; HOLLING, C. S. Original Articles: Ecological Resilience, Biodiversity, and Scale. **Ecosystems**, v. 1, n. 1, p. 6–18, 1 jan. 1998.

PECK, S. B.; ANDERSON, R. S. Taxonomia, filogenia e biogeografia dos besouros carniceiros da América Latina (Coleoptera: Silphidae). **Quest Ent**, v. 21, p. 247–317, 1985.

PONTES, L. P. P.; DA COSTA FRANCES, P. A.; MAGALHÃES, L. K. A. DE. Agentes tóxicos e o desenvolvimento de insetos: uma revisão bibliográfica e sua aplicabilidade em entomotoxicologia. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 11, n. 2, p. 30–37, 2022.

RAMÍREZ-RESTREPO, L.; HALFFTER, G. Copro-necrophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in urban areas: A global review. **Urban ecosystems**, v. 19, n. 3, p. 1179–1195, 2016.

RIBEIRO, J. *et al.* Entomofauna associada ao cadáver de suíno *sus scrofa linnaeus* (suidae) no município de Curuçá, Pará, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 26, p. 959–972, 2017.

RODRIGUES, A. C.; MUNHOZ, S.; MAIOLA, M. A. A importância da entomologia forense nas ciências criminais. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 33, n. 65, p. 11–24, 18 jun. 2018.

Rodriguez, William C. III, "Insect Activity and Its Relationship to Decay Rates of Human Cadavers in East Tennessee. " Master's Thesis, University of Tennessee, 1982. https://trace.tennessee.edu/utk_gradthes/4146

ROSSA, R.; GOCZAŁ, J. Global diversity and distribution of longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae). **The European Zoological Journal**, v. 88, n. 1, p. 289–302, 1 jan. 2021.

SANTOS, N. C. N. *et al.* Criação e manutenção de colônias de *Ceratitis capitata* e *Anastrepha obliqua* para estudos de biologia e ecologia da praga no estado da Bahia. [s.l: s.n.].

SANTOS, W. E. DOS. Papel dos besouros (Insecta, Coleoptera) na Entomologia Forense. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 3, n. 2, p. 36–40, 6 dez. 2014.

SILVA, R. J. DA; DINIZ, S.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Heterogeneidade do habitat, riqueza e estrutura da assembléia de besouros rola-bostas (Scarabaeidae: Scarabaeinae) em áreas de cerrado na Chapada dos Parecis, MT. **Neotropical entomology**, v. 39, n. 6, p. 934–940, 2010.

SILVA, P. G.; GARCIA, M. A. R.; VIDAL, M. B. Besouros copro-necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae sensu stricto) do município de Bagé, RS (Bioma Campos Sulinos). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 138-146, 2009.

SILVA, R. C. DA; SANTOS, W. E. DOS. Fauna de Coleoptera Associada a Carcaças de Coelho Expostas em uma Área Urbana no Sul do Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 5, n. 3, p. 185–189, 19 nov. 2012.

SILVA, R. M. *et al.* Besouros (Coleoptera) associados a carcaças de suínos em diferentes estágios de decomposição em área de Caatinga, Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 30, n. 1, p. 106-112, 2013. Disponível em: 3. Acesso em: 25 jan. 2024.

SMITH, K. G. A Manual of Forensic Entomology. Em: **London: British Museum (Natural History)**. [s.l: s.n.].

TARA, M. *et al.* Effect of urbanization on the diversity of beetle families in and around Aizawl, Mizoram. **Science & Technology Journal**, v. 9, n. 1, p. 66–71, 2021.

VIVIANI, V. R.; ROCHA, M. Y.; HAGEN, O. Fauna de besouros bioluminescentes (Coleoptera: Elateroidea: Lampyridae; Phengodidae, Elateridae) nos municípios de Campinas, Sorocaba-Votorantim e Rio Claro-Limeira (SP, Brasil): biodiversidade e influência da urbanização. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 103–116, 1 jun. 2010.

**CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO BIOLÓGICA DE MORTALIDADE EM
LABORATÓRIO PARA ESPÉCIES ADULTAS DE HISTERIDAE (COLEOPTERA)
DE INTERESSE FORENSE**

RESUMO

A entomologia forense utiliza os insetos para avaliar cenas de crimes. O conhecimento sobre a biologia e comportamento das espécies em carcaças (e.g. sucessão entomológica, taxas de desenvolvimento das espécies, padrões comportamentais, entre outros) auxilia na resolução de questões judiciais. Coleoptera é uma das ordens de insetos de importância forense, representada pelas espécies com hábitos alimentares necrófago, onívoro, além dos predadores. Histeridae é uma das famílias encontradas nos estádios iniciais da decomposição de uma carcaça, sendo predadores tanto na sua fase larval como na adulta, principalmente de larvas de Diptera. Existe uma escassez de informações sobre a biologia e comportamento de Histeridae que ocorrem em carcaças. Por essa razão, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma avaliação biológica de mortalidade em laboratório para algumas espécies de Histeridae (Coleoptera) de interesse forense. As coletas foram realizadas ativamente, utilizando porcos natimortos (*Sus scrofa* L.) com o objetivo de coletar indivíduos adultos da família Histeridae, para a manutenção dos mesmos em laboratório. Dos 86 indivíduos identificados, cinco espécies foram mantidas em laboratório, incluindo *Euspilotus azureus* (Sahlberg, 1823), *Hister cavifrons* Marseul, 1854, *Hister lissurus* Marseul, 1854, *Omalodes foveola* Erichson, 1834 e *Omalodes* (*Omalodes*) sp1. A câmara de manutenção foi mantida com a temperatura entre 25 °C e 27 °C e fotoperíodo de 12:12h e umidade relativa (UR) 65 ± 10%. O tempo máximo de avaliação foi de 365 dias, evidenciando que a manutenção em laboratório foi mais eficaz para *Euspilotus azureus* e *Omalodes foveola*.

Palavras Chaves: Entomologia Forense. Mortalidade. Besouros. *Hister*. *Euspilotus*. *Omalodes*.

1 INTRODUÇÃO

A Entomologia Forense é a ciência que se utiliza do conhecimento da biologia dos insetos (e.g. sucessão entomológica, tempo de desenvolvimento das espécies, padrões comportamentais) como ferramenta elucidativa em processos periciais (Eulalio, 2019).

A ordem Coleoptera, composta pelos insetos popularmente conhecidos como besouros, apresenta uma grande importância no escopo da Entomologia Forense, principalmente por terem hábitos que incluem interação com matéria orgânica em decomposição (Catts; Haskel, 1990). Os besouros têm hábitos alimentares variados, incluindo indivíduos necrófagos, que se alimentam de matéria orgânica em decomposição, como cadáveres, e também indivíduos predadores, que se alimentam de larvas de outros insetos (Ganho; Marinoni, 2005). Geralmente esses besouros possuem mandíbulas fortes e afiadas utilizadas para capturar suas presas, podendo ser úteis no controle de pragas agrícolas (Ganho; Marinoni, 2005). Outros grupos alimentares encontrados em carcaças incluem os onívoros, que consomem tanto material vegetal quanto animal, e os oportunistas, que se alimentam de uma ampla variedade de fontes, incluindo plantas, fungos e matéria orgânica em decomposição (Casari; Ide, 2012).

Os trabalhos com Coleoptera de interesse forense tendem a focar em levantamentos de espécies regionais e/ou sucessão ecológica (Silva; Santos, 2007; Silva; Santos, 2012; Assis; Santos, 2013; Souza; Aguiar-Coelho, 2015; Fonseca *et al.*, 2020). No entanto, existem poucos trabalhos sobre biologia e comportamento de Coleoptera presentes em carcaças (Santos, 2014; Kotzko; Costa-Silva, 2015; Silveira, 2022), com poucas informações associadas às colonizações de carcaças por besouros, o que poderia auxiliar os peritos forenses em resoluções de casos reais.

Quando expostos a um ambiente controlado, como um laboratório, os aspectos básicos dos besouros, como desenvolvimento, reprodução e alimentação, podem ser melhor estudados (Caneparo; Fischer; Almeida, 2017). Portanto, é extremamente importante uma manutenção adequada dessas espécies em laboratório para uma compreensão mais aprofundada de sua biologia.

Uma manutenção bem estabelecida é crucial para garantir que os indivíduos sejam mantidos em boas condições, diminuindo sua mortalidade em laboratório e aumentando a precisão dos resultados durante uma investigação. Além disso, o protocolo permite uma replicação consistente dos experimentos e resultados, podendo auxiliar na determinação de

uma população para a criação dessas espécies em laboratórios, bem como para testes e análises da taxa de predação com os espécimes adultos.

A manutenção de insetos em laboratório é um campo relativamente bem explorado para as moscas (Diptera; Gama *et al.*, 2021; Nascimento *et al.*, 2019), porém novo para os besouros (Humming Neto, 2015; Caneparo; Fischer; Almeida, 2017). A diferença na quantidade de estudos de moscas e besouros em carcaças é atribuída, em parte, à tradição e ênfase histórica na Entomologia Forense. Historicamente, as moscas têm sido foco principal nos estudos de Entomologia Forense devido à sua previsibilidade e padrões específicos de colonização de cadáveres. Isso levou a uma maior quantidade de pesquisas e uma manutenção bem estabelecida para moscas em laboratório (Byrd; Castner, 2010). Os besouros, por outro lado, embora igualmente importantes na decomposição de cadáveres, receberam menos atenção ao longo do tempo.

Quando se analisa a literatura sobre a diversidade de besouros em carcaças, observa-se que espécies da família Staphylinidae e Histeridae estão entre as mais abundantes nas coletas (Mise *et al.* 2007; Silva; Santos, 2012; Bó, 2013; Fonseca *et al.* 2015). Essa abundância tende a ser relacionada à alta incidência de larvas de moscas na carcaça. Espécies que compõem a família Histeridae possuem uma morfologia diversificada, com espécies que medem desde menos de 1 milímetro até 2 centímetros de comprimento (Sutil; Santos; Leivas, 2020). Esses indivíduos têm importância agrícola, sendo utilizados como controle biológico (Leonel; Leivas, 2023). Os besouros histerídeos são predadores generalistas, o que é uma característica importante na investigação forense, dado que se alimentam de outros insetos associados ao cadáver em decomposição, como larvas de moscas. Sua presença no cadáver auxilia na estimativa do intervalo pós-morte (IPM), uma vez que sua abundância muda ao longo do tempo à medida que o recurso se decompõe (Matuszewski, 2021).

Dado que os besouros têm um papel importante para a Entomologia Forense, a manutenção adequada em laboratório é vital para reduzir a mortalidade de indivíduos e contribuir para avanços de novos estudos na biologia destes indivíduos e para a Entomologia Forense.

1.1 Objetivo Geral

O presente capítulo tem como objetivo realizar uma avaliação biológica de mortalidade em laboratório para algumas espécies de Histeridae (Coleoptera) de interesse forense.

1.1.1 Objetivos Específicos

Especificamente, buscou-se:

1. Manter em laboratório espécies adultas de Histeridae (Coleoptera) de interesse forense.
2. Determinar as condições ideais de temperatura, umidade e iluminação para otimizar a longevidade dos adultos em laboratório.
3. Analisar a mortalidade destas espécies em laboratório.

1.2 Hipótese Geral:

A manutenção adequada para besouros da família Histeridae (Coleoptera) em laboratório, contribuirá significativamente para a preservação da vida desses insetos sob condições controladas.

1.2.1 Hipóteses Específicas:

- (1) A manutenção proposta será eficiente na preservação das espécies de Histeridae (Coleoptera) de interesse forense em laboratório.
- (2) Os indivíduos mantidos em laboratório sob o protocolo proposto alcançarão até 365 dias de observação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coletas

As coletas foram realizadas na cidade de Rio Claro, interior do estado de São Paulo (Brasil), em três áreas, sendo elas classificadas como áreas de transição urbano-florestal, na Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, UNESP (Figura 1). Em cada área, foi posicionado um porco natimorto (*Sus scrofa*) (Figura 2), com 100 m de distância entre eles, cobertos por uma gaiola (60cmx40cmx40cm) para evitar ataque de vertebrados necrófagos (Figura 3).

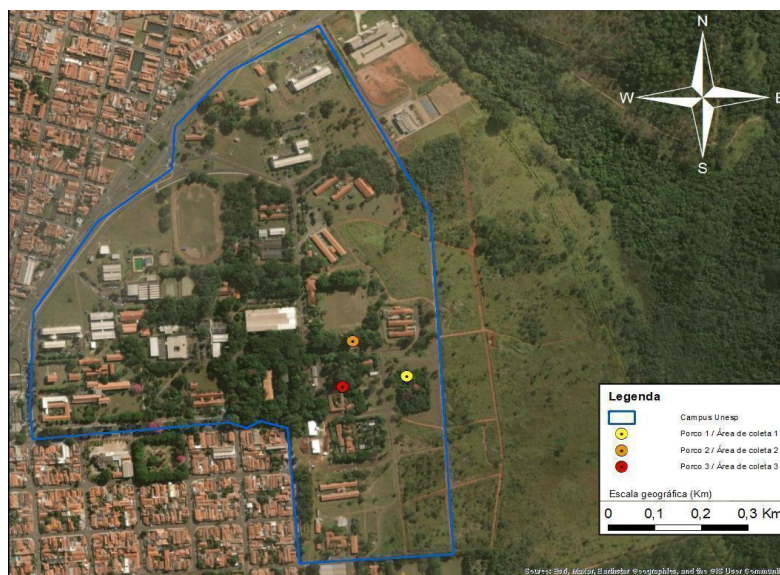
Os porcos, de aproximadamente 1.500kg foram doados pela empresa Antonio Bacochina, da cidade de Cordeirópolis, São Paulo. Os porcos foram colocados em freezer com a temperatura de -14 °C, e retirados 24h antes de serem utilizados nos experimentos para serem descongelados.

A escolha de suínos como isca, é em decorrência de sua semelhança com os seres humanos em relação às suas características morfológicas e fisiológicas como: pele com pelos

curtos, dieta e órgãos internos (Campobasso; Di Vella; Introna, 2001). Foram realizadas coletas em forma de projeto piloto para definir a metodologia utilizada no presente projeto. Os adultos de Histeridae foram coletados ativamente e colocados em potes com papel filtro para reter um pouco a umidade e terra vegetal, para triagem e identificação em laboratório.

As coletas foram realizadas em quatro períodos do dia: às 5h30h, 9h, 13h30 e 17h, em que foram separadas pelos períodos manhã e tarde. As coletas ativas (Figura 4) perduraram por 30 minutos em cada porco. Durante as coletas, foram registrados dados abióticos dos locais de coleta (i.e., temperatura e umidade). Os dados abióticos foram obtidos através de um termohigrômetro digital posicionado no local do experimento. Além dos dados abióticos, também foram coletados registros fotográficos e filmagens do processo de decomposição de cada porco durante as coletas ativas. Utilizou-se esses registros fotográficos e filmagens para ajudar na classificação dos estágios de decomposição. Foram classificados quatro estágios de decomposição, sendo eles, Fresco, Gasoso, Putrefação e Esqueletização, de acordo com Rodriguez (1982).

Figura 1. Área de coleta. A área demarcada em azul demarca a Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", campus Rio Claro, São Paulo. A área em amarelo sinaliza o local um de coleta, a área em laranja sinaliza o local dois de coleta e a área em vermelha sinaliza o local três de coleta.



Fonte: Google Maps. Imagens © 2021 CNES/, Maxar Technologies.

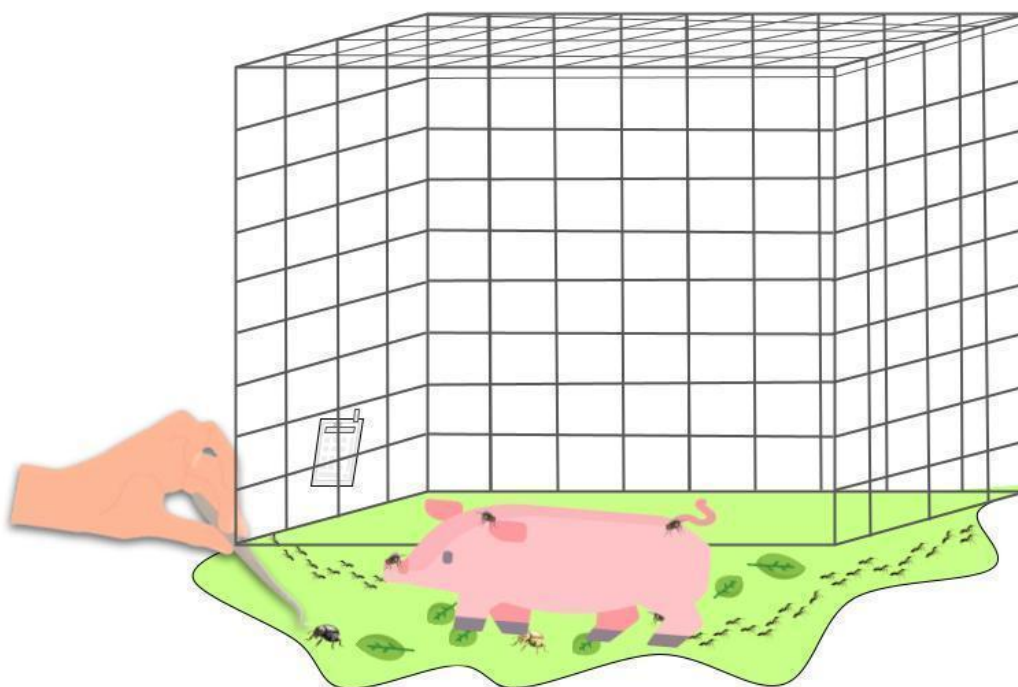
Figura 2 - Porco natimorto (*Sus scrofa*) utilizado para coleta .



Figura 3 - Gaiola utilizada nos experimentos.



Figura 4 - Coleta ativa em carcaça de porco natimorto (*Sus scrofa*).



Fonte: Danilo Azevedo.

2.2 Criação de Diptera para a alimentação

Os coleópteros da família Histeridae, são predadores desde a sua fase larval, até a sua fase adulta de desenvolvimento (Sutil; Santos; Leivas, 2020). Portanto, foi necessário estabelecer uma criação de Diptera para a sua alimentação em laboratório. A espécie escolhida foi a *Lucilia cuprina* (Diptera, Calliphoridae) (Figura 5), pela facilidade em sua coleta, manutenção e a aquisição larval. As larvas da primeira geração de *L. cuprina* (Diptera, Calliphoridae), foram doadas pelo Laboratório de Entomologia Integrativa da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), coordenado pela Professora Doutora Patrícia Jacqueline Thyssen.

As larvas de moscas foram alocadas em potes de polipropileno de 200 mL contendo carne moída bovina para sua alimentação (Yan *et al.*, 2018) e mantidas na sala de criação em condições controladas (20 °C ~ 25 °C e fotoperíodo de 12:12h), no Laboratório de Entomologia da UNESP, campus de Rio Claro, São Paulo. Durante a fase de pupa, os indivíduos foram realocados em novos potes de polipropileno de 750 mL com serragem no fundo para que os adultos pudessem emergir (Figura 6).

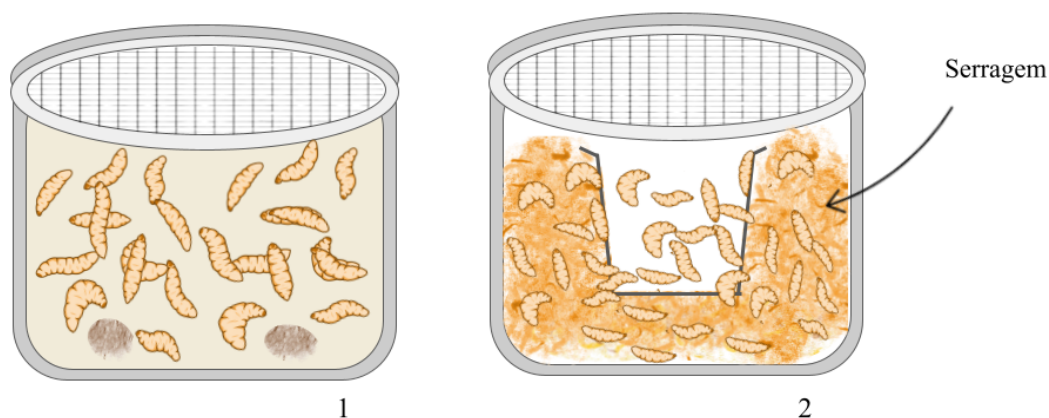
Os indivíduos adultos emergidos foram então realocadas em gaiolas (42,5 x 30,5 x 30,7 cm; 960 g) (Figura 7), e para a maturação dos ovários das fêmeas adultas e obtenção de novas posturas, colocou-se uma placa de Petri com carne bovina no interior das gaiolas. Ofereceu-se, para as moscas, água e açúcar *ad libitum*.

Figura 5 - *Lucilia cuprina* (Diptera, Calliphoridae).



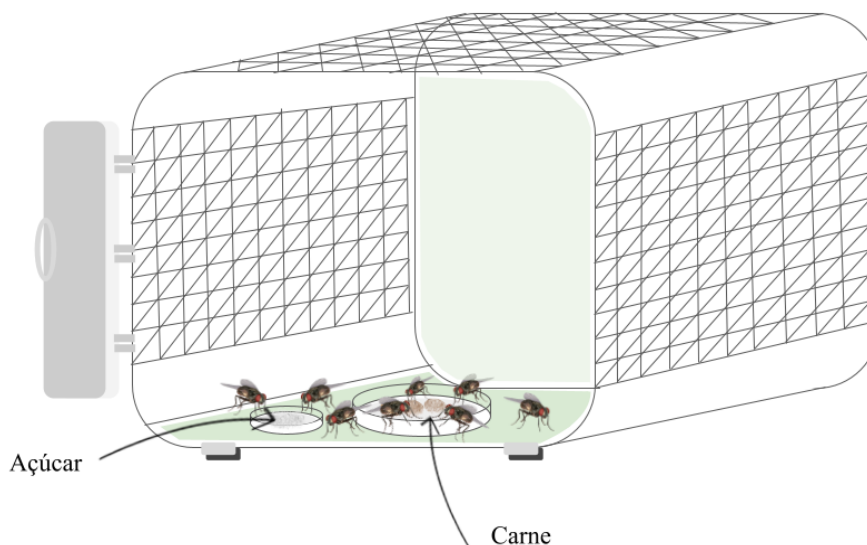
Fonte: Tracey Fandre, T. , [s.d.]. Disponível em: <<https://www.inaturalist.org/photos/7088354>>.

Figura 6 - Pote de polipropileno de 200 mL contendo carne moída bovina para alimentação das larvas (1) e pote de polipropileno de 750mL para emergir moscas adultas (2).



Fonte: Danilo Azevedo.

Figura 7 - Gaiolas (42,5 x 30,5 x 30,7 cm) de criação de *Lucilia cuprina* (Diptera, Calliphoridae).



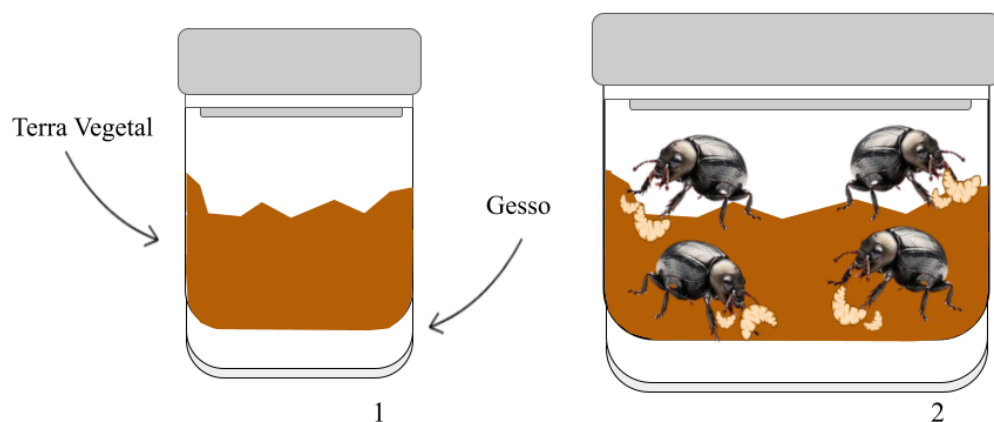
Fonte: Danilo Azevedo.

2.3 Manutenção dos besouros em laboratório

Após as coletas, os indivíduos coletados foram levados ao Laboratório de Entomologia (LENT) da UNESP, campus de Rio Claro, onde foram triados, codificados com a sua coleta e previamente identificados com o auxílio de chaves de identificação (Degallier, 1981; Caterino, 2004; Almeida; Mise, 2009; Moura, 2014; Celli *et al.*, 2015).

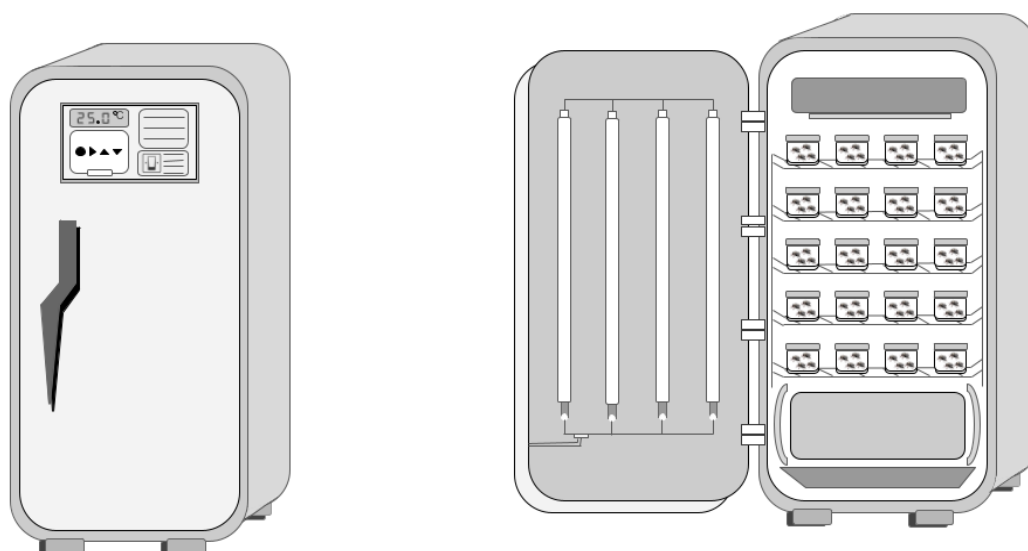
Após estes processos, os adultos foram alocados em potes de polipropileno de 1000mL, com furos na tampa. Na extremidade posterior dos potes foi colocado gesso hidrofílico, para auxiliar a reter a umidade do pote, seguido de terra vegetal (Figura 8-1). Em cada pote foram colocados quatro indivíduos, os mesmos sendo da mesma coleta e gênero, onde eram alimentados a cada dois dias com larvas de *L. cuprina* (Figura 8-2). Esses besouros foram mantidos em câmaras de criação (Figura 9) com a temperatura entre 25 °C e 27 °C e fotoperíodo de 12:12h. Para o acompanhamento e controle da umidade relativa (UR), foi utilizado o termohigrômetro digital dentro das câmaras de criação UR 65 ± 10%.

Figura 8- Modelo do pote de polipropileno de 1000mL para a manutenção dos besouros (1), Pote simulando os besouros e a sua alimentação (2).



Fonte: Danilo Azevedo

Figura 9 - Câmara de criação com temperatura controlada utilizada nos experimentos.



Fonte: Danilo Azevedo.

2.4 Mortalidade

Para avaliar a mortalidade dos besouros, a cada dois dias, juntamente com a alimentação, foi realizada a verificação dos indivíduos, anotando-se o número de besouros mortos e vivos de cada pote de criação. Após este registro, os besouros mortos eram retirados dos potes, etiquetados e armazenados em eppendorfs com álcool 95%. Essa avaliação foi feita durante um ano.

Para análise dos resultados, foi confeccionada uma tabela com a taxa de mortalidade dos indivíduos que sobreviveram até 12 meses.

2.5 Identificação e sexagem dos espécimes

Após a morte dos besouros, eles foram montados, etiquetados e levados para confirmar a identificação no Laboratório de Pesquisa em Coleoptera (LAPCOL) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), setor de Palotina, coordenado pelo Professor Doutor Fernando Willyan Trevisan Leivas e Professor Doutor Edilson Caron. Após a identificação, os besouros foram dissecados e sexados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Manutenção dos Besouros em Laboratório

A manutenção dos besouros iniciou-se com a coleta ativa de adultos da família Histeridae; quando coletados, foram alocados em potes de polipropileno de 750 mL com papel filtro, e terra vegetal até chegarem para triagem e identificação em laboratório.

Após as coletas, e chegada ao laboratório, os indivíduos foram triados, onde receberam uma codificação individual, com seu número de coleta, porco em que foi coletado e no período após este processo, foi realizada uma identificação preliminar.

Após o processo de identificação, os indivíduos foram separados por gênero e alocados 4 indivíduos por pote, sendo de polipropileno de 1000mL, com furos na tampa. Importante ressaltar que na extremidade posterior dos potes teve que ser colocado gesso hidrofílico, para auxiliar a reter a umidade do pote, seguido de terra vegetal (Figura 8-1).

Os potes foram colocados na câmara de criação, com a temperatura entre 25 °C e 27 °C e fotoperíodo de 12:12h. A média de temperatura, 25 °C e 27, foi a média em que foi encontrada uma maior abundância durante as coletas no período da tarde. Além disso, é fundamental utilizar um termohigrômetro digital para o acompanhamento e controle da umidade dentro da câmara. O valor ideal de umidade, conforme o trabalho de Caneparo (2017), é de 65%. A umidade é um fator crucial a ser considerado. No começo houve algumas dificuldades, pois antes de se colocar o gesso hidrofílico no pote de manutenção, observou-se que por conta da umidade, a terra estava fungando. A contaminação fúngica é um dos principais problemas que afetam a criação de insetos (Sikorowski & Lawrence, 1994).

As condições ideais para manutenção foram: Temperatura entre 25 a 27 graus, fotoperíodo a 12:12 horas e umidade relativa a 65%.

A alimentação dos indivíduos foi necessária a cada dois dias, em que são colocadas 2 larvas de 1 e 2 ínstar de *L. cuprina* para cada indivíduo no pote (Figura 8-2). Juntamente com

a alimentação, foi realizada a verificação da mortalidade, em que foi anotado o número de besouros mortos e vivos de cada pote de criação. Após este registro, os besouros mortos foram retirados dos potes, etiquetados com a sua data de morte e armazenados em eppendorfs com álcool 95%, para posteriormente serem montados e a identificação confirmada por especialistas.

3.2 Identificação dos indivíduos

No total, foram coletados 180 indivíduos, sendo que apenas 86 puderam ser identificados devido a alguns problemas que houve durante a manutenção, como por exemplo: até se conseguir controlar a umidade com o gesso hidrofílico, houve um aumento da umidade, e consequentemente, a terra fungada e a morte de alguns besouros. E também houve ação de parasitóides. Foram observadas larvas de besouros parasitóides dentro de besouros mortos; essas larvas estão em processo de identificação e posteriormente serão confeccionadas uma nota ou publicação sobre.

Dos 86 espécimes identificados, conseguiu-se observar cinco espécies: *Euspilotus azureus* (Sahlberg, 1823), *Hister cavifrons* Marseul, 1854, *Hister lissurus* Marseul, 1854, *Omalodes foveola* Erichson, 1834 e *Omalodes (omalodes)* sp1 (Quadro 1).

Euspilotus azureus é uma espécie que tem sido objeto de estudos sobre a dinâmica populacional e sua relação com variáveis climáticas (Leivas *et al.*, 2022) e frequentemente mencionada em estudos de escopo forense (Silva; Vasconcellos, 2012). Estudos indicam que a flutuação temporal na abundância da população e na proporção de sexos está relacionada com as variáveis climáticas de temperatura máxima, umidade e precipitação (Leivas *et al.*, 2022).

Hister cavifrons é uma espécie que tem sido registrada no Brasil e tem relevância para a entomologia forense (Celli *et al.*, 2015). Já *Hister lissurus* é uma espécie de um gênero que inclui pelo menos 210 espécies descritas (Celli *et al.*, 2015).

Omalodes foveola é uma espécie que tem sido estudada no contexto forense (MOURA, 2014). Esta espécie, juntamente com outras do gênero *Omalodes*, tem sido objeto de revisões taxonômicas, com o objetivo de melhorar o conhecimento sobre o gênero e sua importância em áreas como o controle biológico e a entomologia forense (Moura, 2014). *Omalodes (Omalodes)* sp1 é um morfotipo que faz parte do gênero *Omalodes*, que inclui três subgêneros e apresenta distribuição quase que exclusivamente Neotropical. O gênero *Omalodes* possui 51 espécies, sendo 25 com distribuição para o Brasil (Moura, 2014). Este

gênero tem sido objeto de revisões taxonômicas, visando melhorar o conhecimento sobre o gênero e sua importância em áreas como o controle biológico e a Entomologia Forense.

Quadro 1 - Quadro de espécies, contendo a sexagem, período coletado, tempo de vida em laboratório em dias e meses (x = não identificados).

Espécies	Sexagem	Período Coletado	Tempo de vida (Dias)	Tempo de vida (Meses)
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Fêmea	Manhã	386	12
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Fêmea	Tarde	11	0
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Fêmea	Tarde	385	12
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Fêmea	Tarde	375	12
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Fêmea	Tarde	365	12
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Fêmea	Manhã	385	12
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Fêmea	Tarde	399	13
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Fêmea	Tarde	398	13
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Fêmea	Manhã	388	12
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Fêmea	Tarde	2	0
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Fêmea	Tarde	365	12
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Macho	Tarde	389	12
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Macho	Tarde	24	0
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Macho	Tarde	356	11
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Macho	Tarde	11	0
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	x	Tarde	77	2
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	Macho	Tarde	77	2
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	x	Tarde	375	12
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	x	Tarde	375	12
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Manhã	395	12
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	443	14
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	383	12
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	439	14
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	439	14
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Manhã	439	14
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	2	0
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	2	0
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Manhã	66	2
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	123	4
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	123	4
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	123	4
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	123	4

Espécies	Sexagem	Período Coletado	Tempo de vida (Dias)	Tempo de vida (Meses)
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	188	6
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	190	6
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Manhã	438	14
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	398	13
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	383	12
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Manhã	130	4
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Manhã	130	4
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	387	12
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	189	6
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	375	12
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	77	2
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	389	12
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	77	2
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	440	14
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	77	2
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	10	0
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	188	6
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	375	12
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	77	2
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	443	14
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	443	14
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	443	14
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	x	Tarde	443	14
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	443	14
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	443	14
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	379	12
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	77	2
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	77	2
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	77	2
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	442	14
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	378	12
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Macho	Tarde	439	14
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	439	14
<i>Hister lissurus</i> Marseul, 1854	Fêmea	Tarde	438	14
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Manhã	438	14
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Manhã	442	14
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Manhã	439	14

Espécies	Sexagem	Período Coletado	Tempo de vida (Dias)	Tempo de vida (Meses)
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Manhã	440	14
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Tarde	440	14
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Tarde	440	14
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Tarde	77	2
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Tarde	77	2
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Tarde	77	2
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Tarde	188	6
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Tarde	442	14
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Manhã	440	14
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Tarde	76	2
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Tarde	76	2
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Tarde	443	14
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Macho	Tarde	443	14
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Tarde	391	12
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Macho	Tarde	76	2
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	Fêmea	Tarde	76	2
<i>Omalodes omalodes</i> sp1 Erichson, 1834	Macho	Tarde	443	14

Fonte: Dados da pesquisa

Quadro 2 - Quadro contendo o total da razão sexual para cada espécie.

Espécies	Fêmea	Macho	Não identificados
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	11	5	3
<i>Hister lissurus</i> Marseul, 1854	1	0	0
<i>Omalodes omalodes</i> sp1 Erichson, 1834	0	1	0
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	22	23	1
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	17	2	0
Total:	51	31	4

Fonte: Dados da pesquisa

Após a identificação, estes indivíduos foram dissecados a fim de se descobrir a sexagem. No total, foram observados 51 fêmeas e 31 machos, e quatro não foi possível identificar (Quadro 2). Dentre as 51 fêmeas, 22 eram da espécie *Hister cavifrons*, 17 *Omalodes* (*Omalodes*) sp1, e 11 eram da espécie *Euspilotus azureus*. Em relação aos 31 machos, 23 eram da espécie *Hister cavifrons*, 5 da espécie *Euspilotus azureus*, 2 *Omalodes foveola* e 1 *Omalodes* (*Omalodes*) sp1. O que é um resultado bem interessante, levando em

conta estudos anteriores em que a abundância de machos foi maior (Levesque, 2017; Leivas *et al.*, 2022).

Em relação aos períodos de coletas, foram observados 14 indivíduos no período da manhã e 72 no período da tarde (Quadro 3). Dentre os 14 indivíduos coletados no período da manhã, teve-se seis *Hister cavifrons*, cinco *Omalodes foveola* e três *Euspilotus azureus*. Já no período da tarde, em que ocorreu a maior abundância, dentre as 72 espécies coletadas, 40 *Hister cavifrons*, 16 *Euspilotus azureus*, 14 *Omalodes foveola* e um *Hister lissurus* e um *Omalodes (Omalodes)* sp. Com esses resultados, consegue-se observar que o período da Tarde é mais propício para realizar as coletas ativas com Histeridae.

Quadro 3 - Quadro contendo o total de períodos de coleta para cada espécie.

Espécies	Manhã	Tarde
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	3	16
<i>Hister lissurus</i> Marseul, 1854	0	1
<i>Omalodes omalodes</i> sp1 Erichson, 1834	0	1
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	6	40
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	5	14
Total:	14	72

Fonte: Dados da pesquisa

3.3 Mortalidade dos indivíduos em laboratório

Estudos têm mostrado que a mortalidade e a longevidade de besouros podem ser influenciadas por uma variedade de fatores, como genéticos, ambientais e relacionados ao manejo e também parasitas (Evans, 2014; Cloudsley-Thompson, 1975). Por exemplo, um estudo realizado pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) observou que a longevidade de besouros da subfamília Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) em laboratório variou entre três e cinco meses (Wuerges; Hernández, 2013).

O tempo para as avaliações no presente trabalho foi em geral de 365 dias, porém podem-se observar excepcionalmente que tiveram indivíduos que permaneceram até 14 meses, 443 dias mantidos em laboratório (Quadro 1).

Quadro 4 - Quadro com tempo de vida dos indivíduos até 12 Meses.

Indivíduo	Nº Indivíduos	Nº Mortes	Taxa de Mortalidade
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	9	0	0%
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	12	3	25%
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	15	0	0%

Fonte: Dados da pesquisa

Quadro 5 - Quadro com tempo de vida dos indivíduos até 14 Meses.

Indivíduo	Nº Indivíduos	Nº Mortes	Taxa de Mortalidade
<i>Euspilotus azureus</i> (Sahlberg, 1823)	2	0	0%
<i>Hister cavifrons</i> Marseul, 1854	7	6	85.71%
<i>Omalodes foveola</i> Erichson, 1834	9	2	22.22%

Fonte: Dados da pesquisa

Para *Euspilotus azureus*, os dados revelam uma eficiência notável, muito maior que a média obtida por Caneparo *et al.* (2017), que foi de 43 dias. Todos os indivíduos sobreviveram nos períodos de até 12 meses (Quadro 4) e 14 meses (Quadro 5), indicando uma adaptabilidade consistente à manutenção. Esses resultados sugerem que as condições fornecidas foram altamente propícias para a manutenção dessa espécie em laboratório. Os resultados para *Hister cavifrons* mostram uma eficácia aceitável no curto prazo, com uma taxa de mortalidade de 25% até 12 meses. No entanto, a eficiência diminuiu consideravelmente em períodos mais longos, atingindo 85.71% até 14 meses. Essa queda sugere a necessidade de ajustes, especialmente para manter a saúde e vitalidade dessa espécie em estudos prolongados em laboratório. Para *Omalodes foveola*, todos os indivíduos sobreviveram até 12 meses, e a taxa de mortalidade de 22.22% até 14 meses sugere uma eficiência geral satisfatória.

A manutenção demonstrou ser altamente eficaz para *Euspilotus azureus* e *Omalodes foveola* no período de 12 meses, que foi o período analisado no objetivo do estudo (Quadro 4). No entanto, para *Hister cavifrons*, particularmente em períodos mais longos (Quadro 5), a eficiência de manutenção foi comprometida, indicando a necessidade de ajustes.

4. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo têm implicações significativas tanto para a manutenção de espécies de besouros em laboratório quanto para a área da Entomologia Forense. A eficácia da manutenção fica evidente ao se observar a mortalidade dos besouros analisados ao longo de um período de 365 dias. Destaca-se a adaptabilidade de *E. azureus* e *O. foveola* ao ambiente laboratorial, confirmando a hipótese de que os indivíduos mantidos sob o protocolo proposto alcançariam até 365 dias de observação. Uma eficiência maior que a média obtida pela Caneparo *et al.* 2017, que foi de 43 dias, para *E. azureus*. No entanto, para *Hister cavifrons*, o protocolo não se mostrou tão eficiente a longo prazo. Esse resultado está em linha com pesquisas anteriores que indicam que diferentes espécies de insetos podem ter diferentes requisitos de manutenção (Klowden, 2007), ou o adulto tem uma longevidade mais curta.

No contexto da entomologia forense, a identificação das espécies *Euspilotus azureus*, *Hister cavifrons*, *Hister lissurus*, *Omalodes foveola* e *Omalodes omalodes* sp1 é de extrema importância, pois essas espécies podem ser empregadas na determinação do intervalo pós-morte (IPM) (Gennard, 2007). Além disso, a manutenção dessas espécies de besouros em um ambiente laboratorial pode fornecer dados valiosos para a Entomologia Forense, incluindo a determinação de populações iniciais para a criação dessas espécies em laboratório, possibilitando mais estudos com a sua biologia, ou a realização de testes, como análises de taxa de predação.

Essas descobertas ressaltam a necessidade de considerar as especificidades de cada espécie na manutenção de besouros em laboratório, podendo contribuir para avanços significativos no campo da Entomologia Forense.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. M.; MISE, K. M. Diagnosis and key of the main families and species of South American Coleoptera of forensic importance. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 2, p. 227–244, 2009.
- ASSIS, W. R. de; SANTOS, G. M. M. dos. Diversidade de Coleoptera (Insecta) em três fragmentos de Mata Atlântica do Bioma Caatinga, no município de Santa Cruz da Baixa Verde, Pernambuco, Brasil. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, jul. 2013. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/14084>. Acesso em: 01 fev. 2024.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistics notes: Multiple significance tests: the Bonferroni method. **BMJ**, v. 310, n. 6973, p. 170–170, 1995.
- BYRD, J. H.; CASTNER, J. L. **Forensic entomology: The utility of arthropods in Legal investigations**. [s.l.] CRC Press, 2010.
- CAMPOBASSO, C. P.; DI VELLA, G.; INTRONA, F. Factors affecting decomposition and Diptera colonization. **Forensic science international**, v. 120, n. 1–2, p. 18–27, 2001.
- CASARI, S. A.; BIFFI, G.; IDE, S. Capítulo 31: Coleoptera Linnaeus, 1758. Em: **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. [s.l.] Editora INPA, 2024. p. 575–698., [S. l.], p. 436–453, 2012.
- CATERINO, M. S. Taxonomy of the Hister criticus group, with description of a new species (Coleoptera: Histeridae). **Zootaxa**, v. 601, n. 1, p. 1, 8 ago. 2004.
- CELLI, N. G. R. *et al.* Chave de identificação e diagnose dos Histeridae (Insecta: Coleoptera) de interesse forense do Brasil. **Iheringia. Serie zoologia**, v. 105, n. 4, p. 461–473, 2015.
- CHAPMAN, R. F. **The insects: structure and function**. [s.l.] Cambridge University Press, 1998.
- CHOWN, S. L.; NICOLSON, S. W. **Insect Physiological Ecology: Mechanisms and Patterns**. [s.l.] Oxford University Press, 2004.
- CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L. Adaptations to extreme environments. Em: **Evolution and Adaptation of Terrestrial Arthropods**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1988. p. 80–98.

- DEGALLIER, Nicolás. Etude des *Euspilotus* du groupe *azureus* [Coleoptera, Histeridae, Saprininae]. **Revue française d'Entomologie (Nouvelle Série)**, v. 3, 1981, p. 59-67.
- EULALIO, A. D. M. DE M. Análise da ação da entomofauna em carcaças de suínos (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) contaminados com inseticida e uso de evidências entomológicas em um caso de homicídio no Centro-Oeste. **Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade)** - Faculdades de Ciências Biológicas. Dourados: [s.n.].
- EVANS, A. V. Beetles of Eastern North America. [s.l.] **Princeton University Press**, 2014.
- FESTING, M. F. W.; ALTMAN, D. G. Guidelines for the Design and Statistical Analysis of Experiments Using Laboratory Animals. **ILAR Journal**, v. 43, n. 4, p. 244-258, 2002.
- FONSECA, P. P. *et al.* Estudo preliminar da comunidade de coleópteros de potencial forense, coletados em carcaça de suíno exposta em fragmentos de Mata Atlântica no município de Salvador - Bahia. **Revista Internacional de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 85-98, 2020.
- GENNARD, D. E. Forensic entomology: an introduction. John Wiley & Sons, 2007.
- GOFF, M. L. Early postmortem changes and stages of decomposition. Em: **Current Concepts in Forensic Entomology**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009. p. 1-24.
- KLEINBAUM, D. G.; KLEIN, M. Recurrent event survival analysis. Em: **Statistics for Biology and Health**. New York, NY: Springer New York, 2012. p. 363-423.
- KLOWDEN, M. J. **Physiological Systems in Insects**. 2. ed. San Diego, CA, USA: Academic Press, 2007.
- KOTZKO, T.; COSTA-SILVA, S. A importância forense de *Oxelytrum discicollae* (Brullé, 1840) (Coleoptera, Silphidae) em carcaças de *Sus scrofa* Linnaeus (Artiodactyla, Suidae), em área de Cerrado, Mato Grosso do Sul, Brasil. 2015.
- KRYZANOWSKI, R.; MOURA, R. A. Revisão das espécies brasileiras de *Hister Lissurus* Marseul, 1854 (Coleoptera, Histeridae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 4, p. 517-521, 2011.

LEVESQUE, C.; LEVESQUE, G.-Y. Abundance and Flight Activity of Some Histeridae, Hydrophilidae and Scarabaeidae (Coleoptera) in Southern Quebec, Canada. **Great Lakes Entomologist**, v. 28, n. 1, 15 dez. 2017.

LEONEL, F.; LEIVAS, F. Biodiversity of histerid beetles (Coleoptera: Histeridae) from Brazil. I. Southern region. **Insecta Mundi**, 26 maio 2023.

LUEDERWALDT, H. 1911. Os insetos necrófagos paulistas. **Revista do Museu Paulista** 8: 414-433.

MISE, K. M.; ALMEIDA, L. M. DE; MOURA, M. O. Levantamento da fauna de Coleoptera que habita a carcaça de *Sus scrofa* L., em Curitiba, Paraná. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, n. 3, p. 358–368, 2007.

MATUSZEWSKI, S. Post-Mortem Interval Estimation Based on Insect Evidence: Current Challenges. **Insects**, v. 12, n. 4, p. 314, 1 abr. 2021.

MONTAGNINI, F.; JORDANO, D. **Forest Restoration in Landscapes: Beyond Planting Trees**. Springer, 2011. (ISBN: 978-94-007-1645-3).

MOURA, D. P. Análise cladística de *Omalodes* e revisão de *Omalodes* (*Omalodes*) Dejean, 1833 (Coleoptera, Histeridae, Histerinae). 2014.

MOURA, R. A.; CARVALHO, C. J. B.; MONTEIRO, R. F. Chave de identificação para as espécies de Histeridae (Insecta: Coleoptera) de interesse forense do Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 41, n. 2-4, p. 307-312, 1997.

NYLIN, S.; GOTTHARD, K. Plasticity in Life-History Traits. **Annual Review of Entomology**, v. 43, p. 63-83, 1998.

PAES, M. J. *et al.* Desenvolvimento pós-embrionário de *Lucilia cuprina* (Wied., 1830) (Diptera: Calliphoridae), criada em dieta a base de carne equina em diferentes estágios de putrefação. **Parasitología al día**, v. 24, n. 3-4, p. 102–108, 1 jul. 2000.

RODRIGUEZ, William. Insect Activity and Its Relationship to Decay Rates of Human Cadavers in East Tennessee. **Masters Theses**, [S. l.], 1982. Disponível em: https://trace.tennessee.edu/utk_gradthes/4146. Acesso em: 23 dez. 2022.

ROFF, D. A. **The Evolution of Life Histories: Theory and Analysis**. [s.l.] Chapman & Hall, 1992.

ROJAS, Mauricio Alejandro. Revisión del género *Hypocaccus* Erichson (Coleoptera: Histeridae: Hetaeriinae) en Colombia. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 36, n. 1, p. 62–77, 2010. DOI: 10.25100/socolen.v36i1.2320.

RUSSELL, W. M. S.; BURCH, R. L. **The Principles of Humane Experimental Technique**. Methuen: [s.n.].

SANTOS, W.E. Papel dos besouros (Insecta, Coleoptera) na Entomologia Forense. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 3, n. 2, p. 36-40, 2014.

SILVA, F. A. B.; VASCONCELLOS, A. Flutuação populacional de *Euspilotus Azureus* (Sahlberg, 1823) (Coleoptera: Histeridae) em fragmento de Mata Atlântica, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 56, n. 1, p. 77-81, 2012.

SILVA, R. C. DA; SANTOS, W. E. DOS. Fauna de Coleoptera Associada a Carcaças de Coelhos Expostas em uma Área Urbana no Sul do Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 5, n. 3, p. 185–189, 2012.

SILVEIRA, J. Efeito das condições de criação na reprodução e na ontogenia de besouros necrófagos (*Dermestes maculatus*). 2022. 35 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências. Fortaleza: [s.n.].