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

**FATORES QUE INFLUENCIAM A DIVERSIDADE DE HYMENOPTERA NA
FAUNA CADAVÉRICA**

BIANCA RAISSA NOGUEIRA

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

**FATORES QUE INFLUENCIAM A DIVERSIDADE DE HYMENOPTERA NA
FAUNA CADAVERICA**

BIANCA RAISSA NOGUEIRA

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.

N778f Nogueira, Bianca Raissa
Fatores que influenciam a diversidade de Hymenoptera na fauna
cadavérica / Bianca Raissa Nogueira. -- Rio Claro, 2023
145 f. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Claudio José Von Zuben
Coorientador: Odair Correa Bueno

1. Entomologia forense. 2. Ecologia. 3. Biologia molecular. 4.
Hymenoptera. 5. Formicidae. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: FATORES QUE INFLUENCIAM A DIVERSIDADE DE HYMENOPTERA NA FAUNA CADAVERICA

AUTORA: BIANCA RAISSA NOGUEIRA

ORIENTADOR: CLAUDIO JOSÉ VON ZUBEN

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciências Biológicas, área: Zoologia pela Comissão Examinadora:

Claudio José Von Zuben

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

Mariana de C. Morini
Profa. Dra. MARIA SANTINA DE CASTRO MORINI (Participação Virtual)
Departamento de Biotecnologia e Políticas Públicas / Universidade de Mogi das Cruzes

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

Rio Claro, 17 de janeiro de 2023

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Claudio José Von Zuben, pela orientação. Ao Prof. Dr. Odair Correa Bueno, pela coorientação e suporte desde o início da graduação. À Universidade Estadual Paulista (UNESP) e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Evolução e Biodiversidade, pela formação. Ao Laboratório de Formigas-Cortadeiras (LAFC), minha segunda casa, e das pessoas que tanto me apoiaram durante este trabalho; e ao Laboratório de Entomologia (LENT). Aos Professores Dr. Fernando José Von Zuben e Dr. José Silvio Govone pelo auxílio, colaboração e norteamto durante a análise dos dados. À Prof. Maria Santana de Castro Morini e a especialista em taxonomia de formigas Claudia Tiemi Wazema, por terem aceitado identificar o material coletado.

A Antonio Bacoquina, pela doação dos cadáveres de suínos. À família Maimoni, pelo acolhimento e uso do espaço do Sítio São Paulo para as coletas.

Aos meus pais, por possibilitarem a minha dedicação e comprometimento ao trabalho que amo, e pelos direcionamentos ao longo do caminho.

A todos os voluntários do experimento da bibszinha.

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

RESUMO

Devido, sobretudo, a sua eficiência em captar odores, insetos estão entre os primeiros animais a colonizarem tecidos orgânicos de origem animal em decomposição (carcaças). A chamada entomofauna cadavérica, abriga diversas famílias da ordem Hymenoptera e embora pouco estudadas, podem estar presentes em abundância, exercendo hábitos necrófagos, predadores e parasitoides, e onívoros. Destaca-se a família das formigas (Formicidae), que de forma recorrente, tem sido registrada em associação com o recurso. Com o objetivo de inventariar e explorar a diversidade desses himenópteros, e entender quais fatores a impulsiona, o presente trabalho buscou: (1) reunir dados de ocorrência e diversidade de himenópteros associados à fauna cadavérica em busca de padrões; e, (2) investigar os efeitos de variáveis ambientais e antropização sobre a diversidade da mirmecofauna cadavérica, e explorar seus hábitos comportamentais e alimentares. Para isto, primeiramente, foi conduzida uma revisão bibliográfica sistemática, a partir da qual foram registrados dados de himenópteros observados em tecido de vertebrados em decomposição e atributos de macro e micro escala associados às suas ocorrências. Com o banco de dados gerado, foram verificados os atributos de maior importância para predição de padrões de ocorrência dos grupos de Hymenoptera (formigas, abelhas e vespas) através de uma árvore de decisão (software Weka 3.8). Foram registradas 1.850 ocorrências de aproximadamente 600 espécies de himenópteros. A função ecológica foi o atributo mais importante para determinação de tendências, seguido por elevação e bioma de ocorrência. Sugere-se que o hábito alimentar é o fator principal a modular ocorrências dos grupos de himenópteros em material orgânico em decomposição, sendo influenciado pelas características físicas dos habitats. Buscando melhor entender as influências desses fatores, foram executados experimentos utilizando carcaças de suínos natimortos em três ambientes: residencial, rural e transição urbano-florestal. Durante os ensaios, foram coletados, filmados e fotografados indivíduos da família Formicidae. Métricas e índices de diversidade foram calculados e comparados para cada ambiente, e correlacionados com variáveis ambientais. Aproximadamente 25 mil indivíduos de 79 espécies da família Formicidae foram amostrados. A composição das espécies foi similar entre os ambientes residencial e rural, onde foram beneficiadas colônias de dominância numérica e alto recrutamento. Acredita-se, então, que a dinâmica de colonização de formigas e a influência das mesmas no processo decomposição, sofre variação de acordo com o ambiente em que o recurso se encontram. Para investigar o hábito alimentar dessas formigas, testes preliminares utilizando técnicas moleculares foram executados em formigas onívoras do gênero *Solenopsis*, para recuperação do material genético ingerido. Após oferecidas larvas de mosca e tecido suíno para as colônias, em ambiente controlado, as formigas foram coletadas e analisadas. Os materiais genéticos foram detectados até 48 horas após a extinção dos recursos no ambiente das colônias, validando o método para investigação do hábito alimentar dos indivíduos e destacando seu potencial em investigações criminais. Finalmente, destaca-se a importância de estudos que se aprofundam na ecologia e biologia de himenópteros da fauna cadavérica.

Palavras-chaves: Formiga; Vespa; Abelha; Carcaça; *Sus scrofa*.

ABSTRACT

Insects are among the first animals to colonize carrion. The cadaveric entomofauna, harbors several families of the order Hymenoptera and although less studied, they can be present in abundance, exercising scavenger, predators and parasitoids, and omnivores feeding habits. The ant family (Formicidae) stands out, which has recurrently been recorded in association with the resource. Aiming to assess the diversity of these Hymenoptera, and understand which factors drive it, the present work sought to: (1) gather data on the occurrence and diversity of hymenopterans associated with cadaveric fauna in search of patterns; and, (2) investigate the effects of environmental variables and anthropization on the diversity of cadaveric myrmecofauna, and explore their behavioral and feeding habits. For this, firstly, a systematic literature review was conducted, from which data on Hymenoptera observed in carrion and macro and micro scale attributes associated with their occurrences were recorded. With the generated database, the most important attributes for predicting occurrence patterns of ants, bees, and wasps, were verified through a decision tree (Weka 3.8 software). 1,850 occurrences of approximately 600 species of Hymenoptera were recorded. Ecological function was the most important attribute for determining trends, followed by elevation and biome of occurrence. It is suggested that feeding habits are the main factor modulating occurrences of hymenopteran groups in decomposing organic material, being influenced by the physical characteristics of the habitats. Seeking to better understand the influences of these factors, experiments were carried out using carcasses of stillborn pigs in three environments: residential, rural and urban-forest transitional. During the tests, individuals of the Formicidae family were collected, filmed and photographed. Metrics and diversity indices were calculated and compared for each environment, and correlated with environmental variables. Approximately 25,000 individuals of 79 species of the Formicidae family were sampled. Species composition was similar between residential and rural environments, where numerical dominance and high recruitment colonies benefited. It is believed, therefore, that the ant colonization dynamics and their influence on the decomposition process vary according to the environment in which the resource is found. To investigate the feeding habits of these ants, preliminary tests using molecular techniques were performed on the omnivorous fire-ants, in order to recover the ingested DNA. After offering fly larvae and swine tissue to the colonies, in a controlled environment, the ants were collected and analyzed. The genetic materials were detected up to 48 hours after the extinction of resources in the colonies' environment, validating the method for investigating the eating habits of individuals and highlighting its potential in criminal investigations. Finally, the importance of studies that delve deeper into the ecology and biology of cadaveric hymenopterans is highlighted.

Key-words: Ant; Bee; Wasp; Carrion; *Sus scrofa*.

Lista de ilustrações

CAPÍTULO I

Figuras

- Figura 1** – Raiz da árvore de decisão (atributo função ecológica), com ênfase no hábito necrófago e suas ramificações. *Ant*: formiga; *Wasp*: vespa.....47
- Figura 2** – Sequência da árvore de decisão com destaque à função ecológica necrófaga, ramificada em biomas até os nós-folhas. *Ant*: formiga; *Bee*: abelha; *Wasp*: vespa.....47
- Figura 3** – Sequência da árvore de decisão, com ênfase no comportamento necrófago no bioma pastagens tropicais até os nós-folhas. *Ant*: formiga; *Wasp*: vespa.48
- Figura 4** - Seguimento da árvore de decisão do hábito onívoro, com ênfase na elevação e biomas até os nós-folhas. *Ant*: formiga; *Bee*: abelha; *Wasp*: vespa.....48
- Figura 5** – Árvore de decisão, com destaque ao comportamento parasitoide até os nós-folhas. *Ant*: formiga; *Wasp*: vespa.....49
- Figura 6** – Árvore de decisão com ênfase no comportamento predatório até os nós-folhas. *Ant*: formiga; *Wasp*: vespa.50
- Figura 7** – Resumo das regras de decisão observadas na árvore de decisão para cada classe (abelha vespa e formiga) de acordo com a raiz (função ecológica), em que os atributos que se encontram juntos em uma célula estão conectados por ramos, a bifurcação sendo resultado dos atributos em verde.51

Gráficos

- Gráfico 1**- Distribuição dos estudos elegidos através da revisão bibliográfica sistemática de acordo com os anos de publicação.38
- Gráfico 2** - Frequência de himenópteros em vertebrados em decomposição classificados por grupo. N/A: Casos em que não houve a descrição do vertebrado utilizado no estudo.....42
- Gráfico 3** – Ocorrências de himenópteros nos diferentes estágios de decomposição de cadáveres, relatadas nos estudos elegidos.46
- Gráfico 4** – Erros de predição de classes da árvore de decisão. A coloração indica a classificação real das ocorrências.49
- Gráfico 5** – O papel ecológico das classes de acordo com a elevação (m).52

Gráfico 6 - O papel ecológico das classes de acordo com o tipo de atrativo.	52
---	----

Mapas

Mapa 1 - Distribuição dos estudos elegidos através da revisão bibliográfica sistemática de acordo com o país em que foram realizados os experimentos e observações.	39
Mapa 2 - Pontos de coleta de formigas classificados por biomas (coloração) e número de ocorrências (tamanho).	43
Mapa 3 - Pontos de coleta de vespas classificados por biomas (coloração) e número de ocorrências (tamanho).	44
Mapa 4 - Pontos de coleta de abelhas classificados por biomas (coloração) e número de ocorrências (tamanho).	45

Quadros

Quadro 1 - Número de estudos elegidos por país e sua contribuição no proporcional total, e o número de ocorrências de himenópteros registrados em cada um.	40
--	----

CAPÍTULO II

Figuras

Figura 1 - Na esquerda, mapas de uso do solo e pontos de coleta da área residencial, de transição e rural, respectivamente. E direita, a visão aérea das respectivas áreas. Os mapas podem ser encontrados ampliados no Apêndice B. Rs: pontos amostrais no ambiente residencial; Rr: pontos amostrais no ambiente rural; e Tr: pontos amostrais no ambiente de transição.	69
Figura 2 - Gaiolas utilizadas nos experimentos de coleta de Formicidae.	70
Figura 3 - Formigas da espécie <i>Camponotus rufipes</i> fragmentando tecido da região do dorso do cadáver de <i>Sus scrofa</i> em associação com larvas de mosca.	99
Figura 4 - Formigas <i>Camponotus rufipes</i> fragmentando e carregando porções de tecido da região oral do cadáver de <i>Sus scrofa</i>	100

Figura 5 - Moscas adultas ovipositando em injúrias causadas por formigas <i>Camponotus renggeri</i> em período anterior.....	100
Figura 6 - Formigas do gênero <i>Camponotus</i> ingerindo sangue proveniente do cadáver de porco doméstico. À direita, encontra-se a imagem da esquerda ampliada e dando ênfase no gáster túrgido e avermelhado em decorrência da ingestão (seta).....	101
Figura 7 - Operárias de <i>Dolichoderus bispinosus</i> em atividade intensa de forrageio em carcaça de porco doméstico em ambiente de transição.	102
Figura 8 - Formigas do gênero <i>Odontomachus</i> predando larvas de mosca em cadáver de <i>Sus scrofa</i>	103
Figura 9 - Operária de <i>Pachycondyla striata</i> interagindo com fezes provenientes do cadáver de porco doméstico <i>Sus scrofa</i>	103
Figura 10 - Operárias de <i>Atta sexdens</i> recortando o tecido da região da face do cadáver de porco doméstico.....	105
Figura 11 - Operárias de <i>Atta sexdens</i> coletando porções de areia da área de decomposição do cadáver de porco doméstico.	105
Figura 12 - Formigas <i>Solenopsis invicta</i> cobrindo os orifícios oral e nasal de cadáver de <i>Sus scrofa</i> com partículas de solo no ambiente residencial.	106
Figura 13 - Gel de agarose observado sob luz ultravioleta e revelando as regiões amplificadas de DNA de larva de mosca ingerido por formigas do gênero <i>Solenopsis</i> . Cada coluna representa uma amostra. C+: Controle positivo; C-: controle negativo; e, GenR: Gene Ruller 1 kb (para dimensionamento do tamanho do fragmento).	107

Gráficos

Gráfico 1 - Precipitação (mm) e temperatura média (°C) mensais, da região de Rio Claro (22° 23' S 47° 32' O; elevação 626,5 m) durante o período em que foram realizadas as coletas.	77
Gráfico 2 - Densidade dos valores de temperatura, umidade relativa e incidência de luz registrados em intervalos de 30 minutos durante os experimentos, organizados por unidades amostrais (A, C e E) e ambientes (B, D e F). Rs: pontos amostrais no ambiente residencial; Rr: pontos amostrais no ambiente rural; e Tr: pontos amostrais no ambiente de transição.	78

Gráfico 3 - Duração dos estágios de decomposição, em horas, por unidade amostral nos ambientes. Rs: pontos amostrais no ambiente residencial; Rr: pontos amostrais no ambiente rural; e Tr: pontos amostrais no ambiente de transição.	80
Gráfico 4 - Número de indivíduos de Formicidae coletados nos três ambientes, organizados por subfamílias.	82
Gráfico 5 - Proporção de indivíduos por gênero de formigas nos ambientes.....	84
Gráfico 6 - Curvas de distribuição de abundância de espécies.....	92
Gráfico 7 - Média e desvio padrão da riqueza de espécies nas diferentes comunidades (A), nos diferentes estágios de decomposição (B) e nos períodos do dia (C). Em cada gráfico, as diferentes letras representam as diferenças significativas computadas pelo teste post-hoc de Tukey.	93
Gráfico 8 - Curvas de rarefação de acordo com o esforço amostral e número de indivíduos para cada ambiente.	93
Gráfico 9 - Matrizes para visualização do valor de dissimilaridade total para dados de presença e ausência (índice de Jaccard) e abundância (índice de Bray-Curtis) entre as comunidades.	94
Gráfico 10 - nMDS da dissimilaridade de Jaccard entre os ambientes.	95
Gráfico 11 - Gráficos para visualização dos dados de correlação de Pearson entre a riqueza de espécies e as variáveis ambientais: temperatura (A), umidade relativa (B), incidência de luz (C) e precipitação (D).	96
Gráfico 12 - Gráfico de barras circular representando a abundância total de formigas nos períodos da manhã, tarde e noite. Os índices de Shannon e de Pielou, e a riqueza de espécies para cada período também estão indicados.	97
Gráfico 13 - Gráficos para visualização dos comportamentos das espécies de formigas mais abundantes nas coletas, frente à variáveis ambientais e os estágios de decomposição.	98

Quadros

Quadro 1 - Sequência dos primers para amplificação do DNA de porco e larvas de mosca. .	73
Quadro 2 - Número total de indivíduos por ambiente e a contribuição percentual de cada subfamília e espécie.....	87
Quadro 3 - Abundância, riqueza de espécies, índice de diversidade Shannon-Wiener e índice de Pielou de cada unidade amostral e de cada ambiente.	91

Quadro 4 - Índice de dissimilaridade de Jaccard dos ambientes dividido nos componentes de aninhamento e substituição.....	95
Quadro 5 – Intervalos em que o DNA suíno e de moscas ingerido por formigas foi detectado.	107

APÊNDICE A – CAPÍTULO I

Mapas

Mapa 1 – Mapa de distribuição de estudos por país ampliado.	122
Mapa 2 – Mapa de ocorrências de formigas ampliado.	123
Mapa 3 - Mapa de ocorrências de vespas ampliado.	124
Mapa 4 - Mapa de ocorrências de abelhas ampliado.	125

Quadros

Quadro 1 - Grupo artificial, famílias e espécies de himenópteros associados a tecidos orgânicos de vertebrados em decomposição registrados na literatura, e reunidos através da revisão bibliográfica sistemática.	126
--	-----

APÊNDICE B – CAPÍTULO II

Figuras

Figura 1 - Mapa de uso do solo com pontos de coleta e vista aérea do ambiente residencial.	135
Figura 2 - Mapa de uso do solo com pontos de coleta e vista aérea do ambiente de transição.	136
Figura 3 - Mapa de uso do solo com pontos de coleta e vista aérea do ambiente rural.	137

Quadros

Quadro 1 - Número total de indivíduos, de ocorrências, e o número de porcos em que as espécies de formigas foram encontradas.	138
Quadro 2 - Número de indivíduos por estágio de decomposição para cada espécie, de acordo com o ambiente de coleta. Fr: estágio fresco; In: estágio inchado; Pt: estágio de putrefação; Rs: estágio de restos.	141
Quadro 3 - Resultados da análise PERMANOVA.....	144
Quadro 4 – Resultados da ANOVA e teste <i>post-hoc</i> de Tukey para riqueza de espécies entre ambientes, períodos do dia e estágios de decomposição.	144

Lista de tabelas

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Descrição dos parâmetros e os dados coletados dos artigos selecionados na revisão sistemática.	34
---	----

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Descrição dos locais amostrados no estudo e pontos onde foram realizadas as coletas com as respectivas coordenadas geográficas decimais (Datum SIRGAS 2000) e a elevação. Rs: ambiente residencial; Rr: ambiente rural; Tr: ambiente de transição.....	68
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivo geral.....	18
<i>1.1.1 Objetivos específicos</i>	<i>18</i>
2 APRESENTAÇÃO	18
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO I – UMA METANÁLISE ACERCA DOS PADRÕES DE OCORRÊNCIA DE HIMENÓPTEROS ASSOCIADOS À MATÉRIA ORGÂNICA ANIMAL EM DECOMPOSIÇÃO.....	26
RESUMO.....	27
1 INTRODUÇÃO	28
1.1 Objetivo geral.....	31
<i>1.1.1 Objetivos específicos</i>	<i>31</i>
2 MATERIAL E MÉTODOS	32
2.1 Revisão bibliográfica sistemática	32
2.2 Análise de dados	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
3.1 Análise descritiva.....	38
3.2 Árvore de decisão	46
4 CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS	54
CAPÍTULO II – INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS SOBRE A DIVERSIDADE DE FORMIGAS NA FAUNA CADAVERICA	61
RESUMO.....	62
1 INTRODUÇÃO	63
1.1 Objetivo geral.....	66
<i>1.1.1 Objetivos específicos</i>	<i>66</i>
2 MATERIAL E MÉTODOS	67
2.1 Caracterização das áreas de estudo	67
2.2 Desenho experimental	70
2.3 Testes moleculares	72
2.4 Análise de dados	74
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
3.1 Variáveis abióticas.....	77
3.2 Estágios de decomposição	79
3.3 Diversidade.....	80
3.4 Observações comportamentais.....	98
3.5 Análises moleculares	106
4 CONCLUSÕES.....	108
REFERÊNCIAS	109
APÊNDICE A – CAPÍTULO I.....	121
APÊNDICE B – CAPÍTULO II	134

1 INTRODUÇÃO

Entomologia forense é uma vertente multidisciplinar da ciência forense que advém da interação do estudo dos artrópodes, particularmente dos insetos, com o sistema judicial; sua aplicação pode contribuir para a resolução de casos legais relacionados a humanos e animais selvagens (BYRD; CASTNER, 2010; CATTS; GOFF, 1992; GENNARD, 2007). Uma das áreas da entomologia forense, a Entomologia Médico-Legal, se fundamenta no uso de evidências, como o desenvolvimento, os padrões de colonização e a sucessão de artrópodes em cadáveres na investigação de casos, principalmente violentos (CATTS; HASKELL, 1990), em que há morte ou não. Os insetos estão entre os primeiros colonizadores de cadáveres, pois, percebem rapidamente os odores exalados por tecidos em decomposição através de órgãos altamente especializados. Esses tecidos são fonte de proteínas que podem servir como recurso alimentar para o desenvolvimento de formas imaturas, além de atuarem como local de reprodução de adultos; e, portanto, caracterizam um micro-habitat ideal para esses animais (OLIVEIRA-COSTA, 2008). Os termos “cadáver” e “carcaça” (do inglês “*carrion*” *s.l* OLEA; MATEO-TOMÁS; SÁNCHEZ-ZAPATA, 2019) aqui mencionados, dizem respeito a corpos de matéria orgânica de origem humana e animal, também referidos pelo termo “tecido”.

Uma vez que, os insetos se sucedem com preferência por determinada condição do cadáver, a comunidade de indivíduos se modifica com a progressão do processo de decomposição de acordo com o padrão de sucessão das espécies (BYRD; CASTNER, 2010; PAYNE, 1965). Sendo assim, pode-se relacionar um grupo de insetos a um determinado estágio de decomposição, e a atividade e abundância desses organismos com a variação das propriedades físicas do corpo, a velocidade de decomposição e a sazonalidade (BYRD; CASTNER, 2010; PAYNE, 1965). Isso porque, a presença e as interações entre insetos, bem como as condições climáticas, influenciam a taxa de decomposição de carcaças de vertebrados (DOS SANTOS; ALVES, 2016; SIMMONS; ADLAM; MOFFATT, 2010). Sabe-se que cada inseto possui maneiras ordenadas e únicas de colonização ou visita ao cadáver. Alguns grupos se alimentam apenas do tecido em decomposição (necrófagos), enquanto outros predam ou parasitam insetos que são atraídos à carcaça (predadores e parasitas ou parasitoides); e espécies que realizam ambos (onívoros). Há indivíduos que podem ser encontrados no corpo, mas que não são atraídos a ele (acidentais), e, os que apenas usam cadáveres como extensão de seu habitat (oportunistas) (AMENDT *et al.*, 2010; CAMPOBASSO *et al.*, 2009; SMITH, 1986).

O conhecimento dos padrões comportamentais da fauna cadavérica permite associar diferentes espécies de animais com os tipos de lesões que causam, a espécie do cadáver e o

ambiente em que são encontrados (BYARD; HEATH, 2014). E, através do estágio de desenvolvimento de espécies de artrópodes colonizadores presentes, e do grau do processo de decomposição em que o cadáver encontra-se, além de outros fatores, pode-se estimar o intervalo post-mortem (IPM). Moscas (Diptera) e besouros (Coleoptera) estão entre os insetos mais estudados e utilizados em análises de cenas de crime; são considerados insetos de importância forense em virtude de sua abundância recorrente em cadáveres e seu padrão documentado e previsível de colonização que auxilia na determinação do IPM (ANDRADE-SILVA *et al.*, 2015; BIAVATI; DE ASSIS SANTANA; PUJOL-LUZ, 2010; CARVALHO *et al.*, 2000; LINDGREN *et al.*, 2011; PUJOL-LUZ *et al.*, 2006; SOUZA; LINHARES, 1997). Para verificar a diversidade da fauna cadavérica e seus padrões de sucessão e decomposição de tecidos, recomenda-se o uso de cadáveres de porcos domésticos (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) como modelo animal (MATUSZEWSKI *et al.*, 2019), pois, apresentam um processo de decomposição semelhante ao dos seres humanos em razão da pele e microbiota intestinal similares (CAMPOBASSO; DI VELLA; INTRONA, 2001). Sendo assim, a sua utilização dispensa o uso de seres humanos e permite a aplicação dos dados em casos reais (ANDRADE-SILVA *et al.*, 2015; CATTS; GOFF, 1992; NETO-SILVA; DINIS-OLIVEIRA; PRADO E CASTRO, 2018; PAYNE, 1965).

Além de outros aspectos, em casos específicos, a presença de um inseto não comumente encontrado na área, associado a um cadáver, pode sugerir que o corpo foi movido após a morte (BYRD; CASTNER, 2010). E, insetos encontrados em locais de onde o corpo foi removido podem auxiliar na identificação da vítima, como no caso de larvas de mosca, que podem ainda possuir o tecido ingerido da vítima no interior de seu corpo e prover amostras de DNA (CARVALHO *et al.*, 2005; MARCHETTI *et al.*, 2013). Em ambos os casos, técnicas moleculares podem ser utilizadas para a identificação de espécimes e indivíduos (BYRD; CASTNER, 2010). Perfis químicos cuticulares também podem ser utilizados como ferramenta complementar para indicar diferentes comunidades de insetos e distribuição geográfica (KULA *et al.*, 2022; MOORE *et al.*, 2022; PAULA *et al.*, 2017).

A presença de tecidos orgânicos em decomposição (*carrion*) gera aglomerados de biodiversidade nos ecossistemas, atraindo grande diversidade de vertebrados e invertebrados (OLEA; MATEO-TOMÁS; SÁNCHEZ-ZAPATA, 2019) que interagem direta ou indiretamente com a matéria em putrefação. Em resultado à presença destes organismos, assim como os vestígios que deixam no ambiente (*e.g.* fezes e penas), outros animais predadores e saprófagos são atraídos (CARTER; YELLOWLEES; TIBBETT, 2007). A ocorrência desses indivíduos em conjunto a processos químicos e microbiológicos, resulta na deterioração e

fracionamento do material orgânico, e consequentemente, na ciclagem de nutrientes, que também influencia as plantas e as propriedades físicas do solo da região (OLEA; MATEO-TOMÁS; SÁNCHEZ-ZAPATA, 2019). Os nutrientes também são dispersos pelos próprios invertebrados e vertebrados, que por vezes possuem mecanismos especializados ou facultativos no consumo do recurso efêmero (OLEA; MATEO-TOMÁS; SÁNCHEZ-ZAPATA, 2019). Finalmente, nota-se a complexidade dos processos compreendidos no estudo da ecologia da decomposição (“*carrion ecology*” *s.l.* OLEA; MATEO-TOMÁS; SÁNCHEZ-ZAPATA, 2019); e, considerando a importância da decomposição da matéria orgânica (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979), além do uso aplicado da entomologia em casos forenses, compreender os padrões de colonização de insetos da fauna cadavérica é crucial para conhecer o funcionamento do sistema de decomposição (OLEA; MATEO-TOMÁS; SÁNCHEZ-ZAPATA, 2019).

A fauna cadavérica também inclui diversas famílias da ordem Hymenoptera (abelhas, formigas e vespas), geralmente presentes em grande abundância (BYRD; CASTNER, 2010; OLEA; MATEO-TOMÁS; SÁNCHEZ-ZAPATA, 2019). Contudo, apesar de registradas em diversos trabalhos que investigam a diversidade geral de insetos atraídos a tecidos em decomposição (MAÑAS-JORDÁ *et al.*, 2018; PAYNE, 1965) e em estudos de caso (BONACCI; VERCILLO; BENECKE, 2017; BUGELLI *et al.*, 2018; GARCÍA *et al.*, 2021; GENNARD, 2007; GO, 2018), pouco são alvo de pesquisas que se aprofundam em padrões ecológicos e comportamentais a nível de grupo (BARTON *et al.*, 2013; DAWSON *et al.*, 2022; EVANS; WALLMAN; BARTON, 2020; MARSCHALEK; DEUTSCHMAN, 2022) e de espécies (CAIRNCROSS *et al.*, 2022; DE JONG; MEYER; GODDARD, 2021; SIMÕES *et al.*, 2013).

Algumas espécies de abelhas são observadas coletando exsudatos e fragmentos de carcaças de animais para construção e vedação de ninhos (BAUMGARTNER; ROUBIK, 1989; WILLE, 1983), enquanto outras possuem hábitos necrófagos obrigatórios (CAMARGO; ROUBIK, 1991; DOS SANTOS *et al.*, 2014). Diversos grupos de vespas parasitoides são conhecidos por atacarem moscas presentes durante o período de decomposição de tecidos (CÁRCAMO *et al.*, 2022; FREDERICKX *et al.*, 2013, 2014; RIVERS *et al.*, 2012; VOSS; SPAFFORD; DADOUR, 2009); e, sabe-se que vespas sociais podem apresentar comportamentos necrófagos em carcaças (BARBOSA *et al.*, 2015; MORETTI *et al.*, 2008, 2011; SOMAVILLA; LINARD; RAFAEL, 2019). Formigas (Formicidae) podem estar presentes em cadáveres em maior abundância, e exibir comportamentos necrófago, predatório e onívoro, influenciando a decomposição de forma negativa, ou positiva (ADETIMEHIN *et al.*,

2022; CAMPOBASSO *et al.*, 2009; NOOTEN *et al.*, 2022; PARK; MOON, 2020; PEREIRA *et al.*, 2017).

Apesar de Barton *et al.* (2013) sugerirem que formigas não apresentam um padrão de colonização previsível, possivelmente devido à sua forma de locomoção e a falta de especialização a recursos efêmeros, como carcaças, elas estão presentes na maior parte de habitats terrestres (WILSON, 1971); e, podem ser observadas poucos minutos após a morte, até os estágios finais da decomposição de cadáveres (CAMPOBASSO *et al.*, 2009). Além disso, a composição e diversidade de espécies de formigas pode ser influenciada pela sazonalidade (MORETTI *et al.*, 2011; NETO-SILVA; DINIS-OLIVEIRA; PRADO E CASTRO, 2018), pelo habitat (MASHALY *et al.*, 2018), e pela eventual contaminação de carcaças (VIANA *et al.*, 2022). Poucos são os casos em que a presença de formigas e seus vestígios e artefatos contribuíram para resolução de casos legais (GOFF; WIN, 1997), porém, podem atuar como indicadores geográficos (NETO-SILVA; DINIS-OLIVEIRA; PRADO e CASTRO, 2018; PRADO e CASTRO *et al.*, 2014), e desde que influenciam o processo de decomposição (PAULA *et al.*, 2016; PEREIRA *et al.*, 2017), deve-se contabilizar sua presença na estimativa do IPM. Observa-se que, por comporem uma única família, formigas devem ser estudadas a nível de espécie em busca de padrões vestigiais, comportamentais e ecológicos (DAWSON *et al.*, 2022; LINDGREN *et al.*, 2011; NOOTEN *et al.*, 2022; PAULA *et al.*, 2016; WEI *et al.*, 2022).

Fica claro, que, a Ordem Hymenoptera, tem sido negligenciada dentro da área da entomologia forense (CAMPOBASSO *et al.*, 2009), e que, tampouco os comportamentos e hábitos alimentares relacionados à decomposição de tecidos animais são explorados em estudos específicos dos grupos. Sendo assim, o presente trabalho buscou reunir conhecimentos acerca dos himenópteros associados a essa matéria orgânica em decomposição através de dados da literatura publicada, e por meio de uma metanálise, verificar os padrões de ocorrência dos grupos artificiais (i.e., abelhas, formigas e vespas). Além disso, pretendeu-se explorar e investigar a influência da antropização e das variações ambientais na diversidade de espécies da família Formicidae presentes na fauna cadavérica, e explorar seus comportamentos e hábitos alimentares. Espera-se, que, a partir dos dados, sejam elencados os atributos de maior importância na determinação de padrões de ocorrência e diversidade dos grupos de himenópteros. Estudos com essa finalidade podem auxiliar o trabalho de peritos forenses e colaborar para o aprimoramento de pesquisas em áreas relacionadas e específicas aos grupos de himenópteros.

1.1 Objetivo geral

De forma geral, o objetivo da pesquisa foi inventariar a diversidade e observar padrões comportamentais e de ocorrência de himenópteros associados à matéria orgânica de origem animal em decomposição.

1.1.1 Objetivos específicos

Primeiramente, buscou-se (1) avaliar padrões de ocorrência e diversidade de himenópteros associados a tecidos de vertebrados em decomposição, na literatura. E, em sequência, procurou-se (2) analisar a diversidade e verificar padrões comportamentais e alimentares de espécies da família Formicidae em ambientes de diferentes graus de antropização, e a influência de variáveis ambientais.

2 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho encontra-se dividido em dois capítulos, cada um sendo subdividido em resumo, introdução teórica, objetivos propostos, métodos empregados, resultados obtidos e discussão dos mesmos, e conclusões. O Capítulo I, aborda uma metanálise obtida a partir de uma revisão bibliográfica sistemática, que buscou coletar dados de estudos em que foram observados, ou coletados, indivíduos da ordem Hymenoptera, a fim de observar padrões de ocorrência. O Capítulo II, apresenta procedimentos experimentais que objetivaram a coleta de indivíduos da família Formicidae atraídos a cadáveres em decomposição, tendo em vista o levantamento da diversidade e composição das espécies em diferentes ambientes, a observação de padrões comportamentais e a verificação de hábitos alimentares através de técnicas de biologia molecular. Ao final do Capítulo 2 se encontram todos os apêndices da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ADETIMEHIN, A. D.; MOLE, C. G.; FINAUGHTY, D. A.; HEYNS, M. Caught in the act: impact of *Crematogaster* cf. *liengmei* (Hymenoptera: Formicidae) necrophagous behavior on neonate pigs (*Sus scrofa domesticus* L.) in the Western Cape Province of South Africa. **International Journal of Legal Medicine**, [S. l.], n. 0123456789, 2022. DOI: 10.1007/s00414-022-02835-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00414-022-02835-9>.
- AMENDT, J.; GOFF, M. L.; CAMPOBASSO, C. P.; GRASSBERGER, M. Current concepts in forensic entomology. **Current Concepts in Forensic Entomology**, [S. l.], p. 1–376, 2010. DOI: 10.1007/978-1-4020-9684-6.
- ANDRADE-SILVA, J.; PEREIRA, E. K. C.; SILVA, O.; SANTOS, C. L. C.; DELABIE, J. H. C.; REBÊLO, J. M. M. Ants (Hymenoptera: Formicidae) associated with pig carcasses in an Urban Area. **Sociobiology**, [S. l.], v. 62, n. 4, p. 527–532, 2015. DOI: 10.13102/sociobiology.v62i4.795.
- BARBOSA, R. R.; CARRIÇO, C.; SOUTO, R. N. P.; ANDENA, S. R.; URURAHY-RODRIGUES, A.; QUEIROZ, M. M. C. Record of postmortem injuries caused by the Neotropical social wasp *Agelaia fulvofasciata* (Degeer) (Hymenoptera, Vespidae) on pig carcasses in the Eastern Amazon region: Implications in forensic taphonomy. **Revista Brasileira de Entomologia**, [S. l.], v. 59, n. 3, p. 257–259, 2015. DOI: 10.1016/j.rbe.2015.07.004.
- BARTON, P. S.; CUNNINGHAM, S. A.; MACDONALD, B. C. T.; MCINTYRE, S.; LINDENMAYER, D. B.; MANNING, A. D. Species traits predict assemblage dynamics at ephemeral resource patches created by carrion. **PLoS ONE**, [S. l.], v. 8, n. 1, 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0053961.
- BAUMGARTNER, D. L.; ROUBIK, D. W. Ecology of necrophilous and filth-gathering stingless bees (Apidae: Meliponinae) of Peru. **Journal of the Kansas Entomological Society**, [S. l.], p. 11–22, 1989.
- BIAVATI, G. M.; DE ASSIS SANTANA, F. H.; PUJOL-LUZ, J. R. A checklist of Calliphoridae blowflies (Insecta, Diptera) associated with a pig carrion in Central Brazil. **Journal of Forensic Sciences**, [S. l.], v. 55, n. 6, p. 1603–1606, 2010.
- BONACCI, T.; VERCILLO, V.; BENECKE, M. Flies and ants: A forensic entomological neglect case of an elderly man in Calabria, southern Italy. **Romanian Journal of Legal Medicine**, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 283–286, 2017. DOI: 10.4323/rjlm.2017.283.
- BUGELLI, V.; GHERARDI, M.; FOCARDI, M.; PINCHI, V.; VANIN, S.; CAMPOBASSO, C. P. Decomposition pattern and insect colonization in two cases of suicide by hanging. **Forensic Sciences Research**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 94–102, 2018. DOI: 10.1080/20961790.2017.1418622. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/20961790.2017.1418622>.
- BYARD, R. W.; HEATH, K. J. Patterned postmortem ant abrasions outlining clothing and body position after death. **Journal of Forensic and Legal Medicine**, [S. l.], v. 26, p. 10–13,

2014. DOI: 10.1016/j.jflm.2014.04.022. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jflm.2014.04.022>.

BYRD, H. J.; CASTNER, L. J. **Forensic entomology: the utility of athropods in legal investigations**. CRC. Boca Raton, FL, 2001.

CAIRNCROSS, R. J.; BARTON, P. S.; BONAT, S.; CROWTHER, M. S.; DICKMAN, C. R.; VANDERSTEEN, J.; NEWSOME, T. M. The predatory impacts of invasive European wasps on flies are facilitated by carcasses with open wounds. **Food Webs**, [S. l.], v. 31, n. January, p. e00227, 2022. DOI: 10.1016/j.fooweb.2022.e00227.

CAMARGO, J. M. F.; ROUBIK, D. W. Systematics and bionomics of the apoid obligate necrophages: the *Trigona hypogea* group (Hymenoptera: Apidae; Meliponinae). **Biological Journal of the Linnean Society**, [S. l.], v. 44, n. 1, p. 13–39, 1991.

CAMPOBASSO, C. P.; DI VELLA, G.; INTRONA, F. Factors affecting decomposition and Diptera colonization. **Forensic Science International**, [S. l.], v. 120, n. 1–2, p. 18–27, 2001. DOI: 10.1016/S0379-0738(01)00411-X.

CAMPOBASSO, C. P.; MARCHETTI, D.; INTRONA, F.; COLONNA, M. F. Postmortem artifacts made by ants and the effect of ant activity on decompositional rates. **American Journal of Forensic Medicine and Pathology**, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 84–87, 2009. DOI: 10.1097/PAF.0b013e318187371f.

CÁRCAMO, M. C.; GUIDOTTI, L.; ABREU, T. F.; EGEWARTH, J.; DUARTE, J. P.; COSTA, V. First list of parasitoids in flies of medical, veterinary, and forensic importance in Rio Grande do Sul – Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, [S. l.], v. 82, p. 1–6, 2022. DOI: 10.1590/1519-6984.238772.

CARTER, D. O.; YELLOWLEES, D.; TIBBETT, M. Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. **Naturwissenschaften**, [S. l.], v. 94, n. 1, p. 12–24, 2007. DOI: 10.1007/S00114-006-0159-1.

CARVALHO, L. M. L.; THYSSEN, P. J.; LINHARES, A.; PALHARES, F. A. B. A checklist of arthropods associated with pig carrion and human corpses in Southeastern Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, [S. l.], v. 95, p. 135–138, 2000.

CARVALHO, F.; DADOUR, I. R.; GROTH, D. M.; HARVEY, M. L. Isolation and detection of ingested DNA from the immature stages of *Calliphora dubia* (diptera: Calliphoridae). **Forensic Science, Medicine, and Pathology** 2005 1:4, [S. l.], v. 1, n. 4, p. 261–265, 2005. DOI: 10.1385/FSMP:1:4:261. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1385/FSMP:1:4:261>. Acesso em: 19 dez. 2022.

CATTS, E. P.; GOFF, M. L. Forensic entomology in criminal investigations. **Annual review of entomology**, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 253–272, 1992. DOI: 10.1146/ANNUREV.EN.37.010192.001345. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1539937/>. Acesso em: 23 dez. 2022.

CATTS, E. P.; HASKELL, N. H. **Entomology & death: a procedural guide**. [s.l.] : Forensic Entomology Assocs, 1990.

- DAWSON, B. M.; WALLMAN, J. F.; EVANS, M. J.; BARTON, P. S. Insect abundance patterns on vertebrate remains reveal carrion resource quality variation. **Oecologia**, [S. l.], v. 198, n. 4, p. 1043–1056, 2022. DOI: 10.1007/S00442-022-05145-4/FIGURES/5. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-022-05145-4>. Acesso em: 20 dez. 2022.
- DE JONG, G. D.; MEYER, F.; GODDARD, J. Relative roles of blow flies (Diptera: Calliphoridae) and invasive fire ants (Hymenoptera: Formicidae: *Solenopsis* spp.) in carrion decomposition. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 58, n. 3, p. 1074–1082, 2021. DOI: 10.1093/jme/tjab014.
- DOS SANTOS, W. E.; ALVES, A. C. F. Record of beetles (Coleoptera) in bovine carcass and rapid decomposition under natural conditions in a semi-arid environment, Northeastern Brazil. **Entomotropica**, [S. l.], v. 31, n. 14, p. 105–108, 2016.
- DOS SANTOS, W. E.; CARNEIRO, L. T.; ALVES, A. C. F.; CREÃO-DUARTE, A. J.; MARTINS, C. F. Stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) attracted to animal carcasses in the Brazilian dry forest and implications for forensic entomology. **Sociobiology**, [S. l.], v. 61, n. 4, p. 490–493, 2014. DOI: 10.13102/sociobiology.v61i4.490-493.
- EVANS, M. J.; WALLMAN, J. F.; BARTON, P. S. Traits reveal ecological strategies driving carrion insect community assembly. **Ecological Entomology**, [S. l.], v. 45, n. 5, p. 966–977, 2020. DOI: 10.1111/een.12869.
- FREDERICKX, C.; DEKEIRSSCHIELTER, J.; VERHEGGEN, F. J.; HAUBRUGE, E. Host-habitat location by the parasitoid, *Nasonia vitripennis* Walker (Hymenoptera: Pteromalidae). **Journal of Forensic Sciences**, [S. l.], v. 59, n. 1, p. 242–249, 2014. DOI: 10.1111/1556-4029.12267.
- FREDERICKX, C.; DEKEIRSSCHIELTER, J.; VERHEGGEN, F. J.; HAUBRUGE, E. The community of Hymenoptera parasitizing necrophagous Diptera in an urban biotope. **Journal of Insect Science**, [S. l.], v. 13, n. 32, p. 1–14, 2013. DOI: 10.1673/031.013.3201.
- GARCÍA, M. D.; ARNALDOS, M. I.; LAGO, V.; RAMÍREZ, M.; UBERO, N.; PRIETO, J.; PRESA, J. J.; LUNA, A. The paradigm of interdisciplinarity in forensic investigation: a case in Southeastern Spain. **Legal Medicine**, [S. l.], v. 48, n. October 2020, 2021. DOI: 10.1016/j.legalmed.2020.101817.
- GENNARD, D. E. **Forensic entomology: an introduction**. [S. l.], p. 224, 2007. Disponível em: https://books.google.com/books/about/Forensic_Entomology.html?hl=pt-BR&id=rrb4RQAACAAJ. Acesso em: 23 dez. 2022.
- GO, M. A. Case of human bone modification by ants (Hymenoptera: Formicidae) in the Philippines. **Forensic Anthropology**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 117–123, 2018. DOI: 10.5744/fa.2018.0012.
- GOFF, M. L.; WIN, B. H. Estimation of postmortem interval based on colony development time for *Anoplolepis longipes* (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Forensic Sciences**, [S. l.], v. 42, n. 6, p. 14281J, 1997. DOI: 10.1520/jfs14281j.

- KULA, C.; AMENDT, J.; DRIJFHOUT, F. P.; MOORE, H. E. Geographical variation of cuticular hydrocarbon profiles of adult flies and empty puparia amongst three populations of *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae). **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], 2022. DOI: 10.1093/JME/TJAC167. Disponível em: <https://academic.oup.com/jme/advance-article/doi/10.1093/jme/tjac167/6827102>. Acesso em: 20 dez. 2022.
- LINDGREN, Na. K.; BUCHELI, S. R.; ARCHAMBEAULT, A. D.; BYTHEWAY, J. A. Exclusion of forensically important flies due to burying behavior by the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) in southeast Texas. **Forensic Science International**, [S. l.], v. 204, n. 1–3, p. e1–e3, 2011. DOI: 10.1016/j.forsciint.2010.05.016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.05.016>.
- MAÑAS-JORDÁ, S.; LEÓN-CORTÉS, J. L.; GARCÍA-GARCÍA, M. D.; CABALLERO, U.; INFANTE, F. Dipteran diversity and ecological succession on dead pigs in contrasting mountain habitats of Chiapas, Mexico. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 55, n. 1, p. 59–68, 2018. DOI: 10.1093/jme/tjx190.
- MARCHETTI, D.; ARENA, E.; BOSCHI, I.; VANIN, S. Human DNA extraction from empty puparia. **Forensic Science International**, [S. l.], v. 229, n. 1–3, p. e26–e29, 2013. DOI: 10.1016/J.FORSCIINT.2013.03.043.
- MARSCHALEK, D. A.; DEUTSCHMAN, D. H. Differing insect communities and reduced decomposition rates suggest compromised ecosystem functioning in urban preserves of southern California. **Global Ecology and Conservation**, [S. l.], v. 33, n. January, p. e01996, 2022. DOI: 10.1016/j.gecco.2021.e01996.
- MASHALY, A.; SHARAF, M.; AL-SUBEAI, M.; AL-MEKHLAFI, F.; ALDAWOOD, A.; ANDERSON, G. Ants (Hymenoptera: Formicidae) attracted to rabbit carcasses in three different habitats. **Sociobiology**, [S. l.], v. 65, n. 3, p. 433–440, 2018. DOI: 10.13102/sociobiology.v65i3.2895.
- MATUSZEWSKI, S.; HALL, M. J. R.; MOREAU, G.; SCHOENLY, K. G.; TARONE, A. M.; VILLET, M. H. Pigs vs people: the use of pigs as analogues for humans in forensic entomology and taphonomy research. **International Journal of Legal Medicine**, [S. l.], v. 134, n. 2, p. 793–810, 2020. DOI: 10.1007/S00414-019-02074-5/TABLES/5. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00414-019-02074-5>. Acesso em: 13 mar. 2023.
- MOORE, H.; LUTZ, L.; BERNHARDT, V.; DRIJFHOUT, F. P.; CODY, R. B.; AMENDT, J. Cuticular hydrocarbons for the identification and geographic assignment of empty puparia of forensically important flies. **International Journal of Legal Medicine**, [S. l.], v. 136, n. 6, p. 1791–1800, 2022. DOI: 10.1007/S00414-022-02786-1/FIGURES/2. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00414-022-02786-1>. Acesso em: 20 dez. 2022.
- MORETTI, T. D. C.; THYSSEN, P. J.; GODOY, W. A. C.; SOLIS, D. R. Necrophagy by the social wasp *Agelaia pallipes* (Hymenoptera: Vespidae, Epiponini): possible forensic implications. **Sociobiology**, [S. l.], v. 51, n. 2, p. 393–398, 2008.
- MORETTI, T. D. C.; GIANNOTTI, E.; THYSSEN, P. J.; SOLIS, D. R.; GODOY, W. A. C. Bait and habitat preferences, and temporal variability of social wasps (Hymenoptera:

Vespidae) attracted to vertebrate carrion. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 48, n. 5, p. 1069–1075, 2011. DOI: 10.1603/ME11068.

NETO-SILVA, A.; DINIS-OLIVEIRA, R. J.; PRADO E CASTRO, C. Diversity of the Formicidae (Hymenoptera) carrion communities in Lisbon (Portugal): preliminary approach as seasonal and geographic indicators. **Forensic Sciences Research**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 65–73, 2018. DOI: 10.1080/20961790.2017.1372875.

NOOTEN, S. S.; CHAN, K. H.; SCHULTHEISS, P.; BOGAR, T. A.; GUÉNARD, B. Ant body size mediates functional performance and species interactions in carrion decomposer communities. **Functional Ecology**, [S. l.], v. 36, n. 5, p. 1279–1291, 2022. DOI: 10.1111/1365-2435.14039. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2435.14039>. Acesso em: 20 dez. 2022.

OLEA, P. P.; MATEO-TOMÁS, P.; SÁNCHEZ-ZAPATA, J. A. **Carrion Ecology and Management**. v. 2, Springer, 2019.

OLIVEIRA-COSTA, J. Entomologia forense: quando os insetos são os vestígios. In: **Entomologia forense: quando os insetos são os vestígios**. Campinas: Millenium, 2008.

PARK, S. H.; MOON, T. Y. Forensic implication of cadaveric behaviors of the Japanese pavement ant (*Tetramorium tsushimae* Emery) attending to rabbit cadavers. **Entomological Research**, [S. l.], v. 50, n. 4, p. 177–181, 2020. DOI: 10.1111/1748-5967.12416.

PAULA, M. C.; ANTONIALLI-JUNIOR, W. F.; MENDONÇA, A.; MICHELUTTI, K. B.; EULALIO, A. D. M. M.; CARDOSO, C. A. L.; DE LIMA, T.; VON ZUBEN, C. J. Chemotaxonomic profile and intraspecific variation in the blow fly of forensic interest *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae). **Journal of medical entomology**, [S. l.], v. 54, n. 1, p. 14–23, 2017. DOI: 10.1093/jme/tjw142.

PAULA, M. C.; MORISHITA, G. M.; CAVARSON, C. H.; GONÇALVES, C. R.; TAVARES, P. R. A.; MENDONÇA, A.; SÚAREZ, Y. R.; ANTONIALLI, W. F. Action of ants on vertebrate carcasses and blow flies (Calliphoridae). **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 53, n. 6, p. 1283–1291, 2016. DOI: 10.1093/jme/tjw119.

PAYNE, J. A. A Summer Carrion Study of the Baby Pig *Sus Scrofa* Linnaeus. **Ecology**, [S. l.], v. 46, n. 5, p. 592–602, 1965. DOI: 10.2307/1934999.

PEREIRA, E. K. C.; ANDRADE-SILVA, J.; SILVA, O.; SANTOS, C. L. C.; MORAES, L. S.; BANDEIRA, M. C. A.; SILVA, C. R. R.; REBÊLO, J. M. M. *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) activity delays vertebrate carcass decomposition. **Sociobiology**, [S. l.], v. 64, n. 3, p. 369–372, 2017. DOI: 10.13102/sociobiology.v64i3.1266.

PRADO E CASTRO, C.; GARCÍA, M. D.; PALMA, C.; MARTÍNEZ-IBÁÑEZ, M. D. First report on sarcosaprophagous Formicidae from Portugal (Insecta: Hymenoptera). **Annales de la Societe Entomologique de France**, [S. l.], v. 50, n. 1, p. 51–58, 2014. DOI: 10.1080/00379271.2014.934037.

PUJOL-LUZ, J. R.; MARQUES, H.; URURAHY-RODRIGUES, A.; RAFAEL, J. A.; SANTANA, F. H. A.; ARANTES, L. C.; CONSTANTINO, R. A forensic entomology case

from the Amazon rain forest of Brazil. **Journal of Forensic Sciences**, [S. l.], v. 51, n. 5, p. 1151–1153, 2006.

RIVERS, D. B.; KAIKIS, A.; BULANOWSKI, D.; WIGAND, T.; BROGAN, R. Oviposition restraint and developmental alterations in the ectoparasitic wasp, *Nasonia vitripennis*, when utilizing puparia resulting from different size maggot masses of *Lucilia illustris*, *Protophormia terraenovae*, and *Sarcophaga bullata*. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 49, n. 5, p. 1124–1136, 2012. DOI: 10.1603/ME11232.

SIMMONS, T.; ADLAM, R. E.; MOFFATT, C. Debugging decomposition data—comparative taphonomic studies and the influence of insects and carcass size on decomposition rate. **Journal of forensic sciences**, [S. l.], v. 55, n. 1, p. 8–13, 2010.

SIMÕES, M. H.; GUEDES, A. O.; THYSSEN, P. J.; SILVA, M. S. Ecological and forensic implications of social wasps on pig carcass degradation in brazilian Savannah. **Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 286–293, 2013. DOI: 10.17063/bjfs2(3)y2013286.

SMITH, K. G. V. A manual of forensic entomology. Trustees of the British Museum. **Natural History and Cornell University Press, London**, [S. l.], v. 205, 1986.

SOMAVILLA, A.; LINARD, V.; RAFAEL, J. A. Social wasps (Vespidae: Polistinae) on carcasses of *Rattus norvegicus* (Mammalia: Muridae) in the Central Amazonia, Brazil: possible forensic implications. **Revista Brasileira de Entomologia**, [S. l.], v. 63, n. 1, p. 18–21, 2019. DOI: 10.1016/J.RBE.2018.12.001. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbent/a/yLVNDFnw5gRPRzk7fwVYW8r/?lang=en>. Acesso em: 23 dez. 2022.

SOUZA, A. M. ; LINHARES, A. X. Diptera and Coleoptera of potential forensic importance in southeastern Brazil: relative abundance and seasonality. **Medical and veterinary entomology**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 8–12, 1997.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M.. Decomposition in terrestrial ecosystems. **Studies in ecology (USA)**, [S. l.], p. 372, 1979. DOI: 10.3/JQUERY-UI.JS. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US8108702>. Acesso em: 19 dez. 2022.

VIANA, G. S.; DE PAULA, M. C.; DE MOURA EULALIO, A. D. M.; DOS SANTOS, P. G.; LIMA-JUNIOR, S. E.; ANTONIALLI-JUNIOR, W. F.. Formicidae fauna in pig carcasses contaminated by insecticide: Implications for forensic entomology. **Revista Brasileira de Entomologia**, [S. l.], v. 66, n. 1, p. 1–8, 2022. DOI: 10.1590/1806-9665-RBENT-2021-0085.

VOSS, S. C.; SPAFFORD, H.; DADOUR, I. R. Hymenopteran parasitoids of forensic importance: Host associations, seasonality, and prevalence of parasitoids of carrion flies in Western Australia. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 46, n. 5, p. 1210–1219, 2009. DOI: 10.1603/033.046.0532.

WEI, Ch.; SUN, W.; HU, X.; XIE, M.; WU, X.; SUN, S.. Territorial ants delay carrion decomposition by depressing Diptera larvae in a Tibetan alpine meadow. **Ecological Entomology**, [S. l.], 2022. DOI: 10.1111/EEN.13207. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/een.13207>. Acesso em: 20 dez. 2022.

WILLE, A. Biology of the stingless bees. **Annual review of entomology**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 41–64, 1983.

WILSON, E. O. **The insect societies**. Harvard University Press : Cambridge, Massachusetts, USA, 1971.

**CAPÍTULO I – UMA METANÁLISE ACERCA DOS PADRÕES DE OCORRÊNCIA
DE HIMENÓPTEROS ASSOCIADOS À MATÉRIA ORGÂNICA ANIMAL EM
DECOMPOSIÇÃO**

RESUMO

Sabe-se que, no decorrer da decomposição de cadáveres, a colonização de insetos pode ser ordenada em função de variações abióticas e bióticas, e, em diversos casos, se tornar previsível mediante estudos exploratórios relacionados ao recurso. Dentre as Ordens mais diversas na entomofauna cadavérica estão Diptera (moscas), Coleoptera (besouros) e Hymenoptera (abelhas, formigas e vespas), sendo a última pouco investigada em escala mundial. Frente a carcaças, himenópteros podem apresentar comportamento necrófago, predador ou parasitoide, e onívoro, e gerar alterações no padrão de colonização das comunidades. Pouco se conhece a respeito das variações comportamentais e padrões de ocorrência da diversidade de himenópteros associados a fauna cadavérica e os fatores de macro e micro escala que os modulam. Com esse intuito, foi conduzida uma revisão bibliográfica sistemática, onde estudos em que foram observados ou coletados himenópteros em tecidos de vertebrados em decomposição foram elegidos. Dados acerca da identificação dos indivíduos e das condições bióticas e abióticas em que as observações ocorreram foram coletados. As informações reunidas podem ser organizadas em atributos gerais, condizendo às características gerais do ambiente e a geografia do local, e, portanto, de macro escala; e atributos específicos, correspondendo a propriedades do tecido em decomposição e comportamentos exibidos pelos himenópteros, assim, de micro escala. Com o conjunto de dados, foi efetuada uma metanálise em busca de padrões e tendências de ocorrência dos grupos de himenópteros. Para isto, foi utilizado o software Weka 3.8 e conduzida uma análise de árvore de decisão classificadora, para observar atributos de maior importância na determinação das tendências dos grupos. A diversidade de himenópteros foi inventariada e o panorama de estudos sobre Hymenoptera associada a material orgânico em decomposição foi descrito. A partir da busca literária, 222 trabalhos foram elegidos, publicados entre os anos de 1984 e 2022. Foram registradas 1.850 ocorrências de himenópteros, sendo 1.296 de formigas, 469 de vespas e 85 de abelhas; entre 601 espécies pertencentes a 38 famílias e 204 gêneros. Os resultados da árvore de decisão evidenciaram o papel ecológico dos himenópteros como o atributo classificador mais importante, seguido por elevação e então pelos biomas. Sugere-se, que os hábitos alimentares modulam a diversidade e ocorrência de himenópteros em carcaças, e que estes podem se agregar diferentemente em gradientes de elevações mais altas em biomas mais frios, quando comparados a regiões mais quentes. Conclui-se, que, a observação e discriminação dos hábitos alimentares de himenópteros devem ser consideradas em estudos da área, e que, pesquisas sobre a ecologia de himenópteros que investigam a diversidade e composição de espécies atraídas à tecidos em decomposição são necessários.

Palavras-chaves: Papel ecológico; Elevação; Biomas; Árvore de decisão.

1 INTRODUÇÃO

A Ordem Hymenoptera é composta pelos grupos das abelhas, formigas e vespas, compreendendo aproximadamente 154.000 espécies descritas (HUBER, 2017). É dividida nas subordens Symphyta e Apocrita; a primeira inclui os himenópteros mais basais, que comparativamente apresentam venação completa, larvas fitófagas e adultos que não apresentam constrição entre os segmentos do abdômen (HUBER, 2017; JOHNSON; TRIPLEHORN, 2011; SHARKEY, 2007). Já a subordem Apocrita, que inclui 96% dos himenópteros (HUBER, 2017), é composta por espécies em que os indivíduos adultos exibem o segmento basal do abdômen fundido ao tórax (propódeo) e o restante do abdômen dividido por acentuada constrição (pecíolo), havendo a necessidade dos termos mesossoma e metassoma (gáster) para as regiões pré e pós a constrição, respectivamente (HUBER, 2017; JOHNSON; TRIPLEHORN, 2011; SHARKEY, 2007). A subordem Apocrita pode ser subdividida no grupo Aculeata, composta por himenópteros que ferroam, incluindo formigas, vespas sociais ou predadoras, parasitoides aculeatus, e abelhas; e no grupo Parasitica, composto por vespas parasitoides (HUBER, 2017; JOHNSON; TRIPLEHORN, 2011; SHARKEY, 2007).

A ordem exibe alta diversidade e complexidade comportamental, seus membros podendo ser organizados em sistemas sociais intrincados, ou em espécies solitárias; e hábitos de vida que vão do fitófago ao parasitário e predatório. A morfologia geral da ordem compreende a presença de quatro asas membranosas fixadas por pequenos ganchos presentes na margem anterior das asas posteriores, no caso de indivíduos alados (JOHNSON; TRIPLEHORN, 2011). Apresentam mandíbulas para defesa, captura de presas e construção de ninho, e em alguns casos, estruturas especializadas para recolhimento do recurso alimentar (JOHNSON; TRIPLEHORN, 2011). Podem possuir aparelho ovipositor desenvolvido, que, em alguns casos, se modificou em um ferrão, exercendo a função de órgão de ataque ou defesa (JOHNSON; TRIPLEHORN, 2011).

Os himenópteros apresentam desenvolvimento holometábolo, de modo que os adultos e os imaturos podem exibir diferenças expressivas em sua morfologia e nos hábitos de vida (KLOWDEN, 2013). Ou seja, exibem metamorfose completa, que pode ser observada na progressão dos estágios de ovo, larva, pupa e adulto. Algumas espécies de himenópteros são verdadeiramente sociais, como todas as espécies de formigas, e algumas espécies de vespas e abelhas. Colônias que apresentam sociedades altamente complexas podem possuir milhões de indivíduos, como no caso das formigas *Linepithema humile* (Mayr, 1868) (VOGEL *et al.*, 2010) e *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) (TINDO *et al.*, 2012). A fase adulta pode ser

longeva, como em rainhas de formigas, ou durar alguns dias ou até algumas horas em espécies de pequenos parasitoides (HUBER, 2017).

A subordem Symphyta é composta por seis superfamílias e 14 famílias (HUBER, 2017; TAEGER; BLANK; LISTON, 2010). Pouco sabe-se a respeito das espécies do hemisfério oriental tropical, e o contrário é verdadeiro para o hemisfério ocidental (HUBER, 2017). A fase larval chama atenção, onde observa-se larvas semelhantes a lagartas de outros artrópodes que exibem diferentes hábitos alimentares. As larvas das famílias Siricidae, Anaxyelidae e Xiphydriidae se alimentam e perfuram madeira; enquanto as larvas das famílias Blasticotomidae, Cephidae e Xyelidae são especializadas em alimentarem-se de samambaias, gramíneas, e esporófilos ou pólen de pinheiros (YATES; SMITH, 2009), respectivamente. Os membros da família Orussidae parasitam outras larvas de insetos xilófagos, como besouros; e as demais famílias possuem larvas que se alimentam de folhas (HUBER, 2017; TAEGER; BLANK; LISTON, 2010).

As 12 superfamílias do grupo Parasitica são parasitoides de insetos e outros artrópodes. A maior superfamília do grupo, Ichneumonoidea, é composta por duas famílias: Braconidae e Ichneumonidae. Braconídeos são pequenos parasitoides (1-40 mm) de interesse na área de controle biológico, pois parasitam larvas de borboletas, mariposas, besouros, moscas e outros artrópodes. Ichneumonídeos são parasitoides de larvas ou pupas de outros insetos holometábolos; apesar de pequena parte das espécies serem predadoras (HUBER, 2017). Brothers (1999), propõe que o grupo Aculeata seja dividido em três superfamílias, contudo, evidências moleculares sugerem que o grupo possa ser dividido em oito superfamílias (PILGRIM; VON DOHLEN; PITTS, 2008).

Considerando a classificação de Brothers (1999), a superfamília Chrysidoidea é composta por três famílias bem conhecidas e diversas (HUBER, 2017): Chrysididae, um grupo de vespas parasitoides ou cleptoparasitas conhecidas como vespas-cuco, que exibem cores vibrantes (PAULI *et al.*, 2019); Dryinidae, composta por vespas solitárias ectoparasitas que se assemelham a formigas (GUGLIELMINO; OLMÍ; BÜCKLE, 2013); e a família Bethyidae, que apresenta espécies de vespas parasitoides ou predadoras de coloração escura. A superfamília Vespoidea, abriga duas das famílias mais bem conhecidas do grupo (HUBER, 2017), a família Vespidae, que inclui todas as subfamílias de vespas sociais e algumas de vespas solitárias; e a família Formicidae, que compreende todas as formigas. Por fim, a terceira superfamília, Apoidea (BROTHERS, 1999), apresenta dois grupos informais, o Apiformes, composto por abelhas, e o Spheciformes, composto majoritariamente por vespas solitárias (HUBER, 2017).

Dentre os hábitos alimentares já mencionados, himenópteros também podem apresentar comportamento necrófago, alimentando-se de tecidos de vertebrados em decomposição e colonizando carcaças. Como cadáveres podem gerar conglomerados de diversidade de animais vertebrados e invertebrados (OLEA; MATEO-TOMÁS; SÁNCHEZ-ZAPATA, 2019), himenópteros predadores, parasitoides e onívoros também podem ser encontrados colonizando o recurso; e podem consistir, de fato, a terceira Ordem a colonizar carcaças em decomposição quanto ao número de indivíduos (OLIVEIRA-COSTA, 2008). Por este motivo, destaca-se a importância da Ordem no âmbito forense e especificamente na área da entomologia médico-legal (BYRD; CASTNER, 2010; CATTS; GOFF, 1992; GENNARD, 2007), em que investiga-se casos legais, principalmente violentos (HALL; HUNTINGTON, 1990), envolvendo seres humanos ou animais, amparando-se em evidências e vestígios deixados por insetos.

Moscas da ordem Diptera, comumente são utilizadas para gerar estimativas quanto ao período entre a morte e o descobrimento de corpos em decomposição, o chamado intervalo post-mortem (IPM). As estimativas são baseadas no ciclo de desenvolvimento das moscas, que é amplamente estudado e conhecido (BIAVATI; DE ASSIS SANTANA; PUJOL-LUZ, 2010; CARVALHO *et al.*, 2000; PUJOL-LUZ *et al.*, 2006; SOUZA; LINHARES, 1997). Visto que o número de himenópteros parasitoides (e.g. Pteromalidae, Diapriidae, Braconidae) de dípteros visitantes de carcaças, especializados ou facultativos, é grande, (OLIVEIRA-COSTA, 2008) esses insetos são amplamente estudados em busca de compreender a maneira que influenciam imaturos e adultos de moscas; e em verificar seu próprio potencial como indicadores do IPM (GRASSBERGER; FRANK, 2003).

Além dos himenópteros parasitoides, vespas sociais também foram observadas predando moscas e se alimentando diretamente do tecido em decomposição (BARBOSA *et al.*, 2015; CAIRNCROSS *et al.*, 2022; MORETTI *et al.*, 2008, 2011; SOMAVILLA; LINARD; RAFAEL, 2019). O mesmo foi observado em formigas (CAMPOBASSO *et al.*, 2009; EUBANKS; LIN; TARONE, 2019), e Oliveira-Costa (2008) chama atenção para sete subfamílias de interesse forense: Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae, Ponerinae, Ecitoninae, Ectatomminae e Pseudomyrmecinae; e Eubanks, Lin e Tarone (2019), menciona também Amblyoponinae, Proceratiinae e Dorylinae. Pouco conhece-se a respeito de abelhas em carcaças, porém, sabe-se que algumas espécies do gênero *Trigona* Jurine, 1807 possuem hábitos necrófagos obrigatórios (CAMARGO; ROUBIK, 1991; DOS SANTOS *et al.*, 2014), enquanto que outras são observadas coletando exsudatos e fragmentos de carcaças de animais para construção e vedação de ninhos (BAUMGARTNER; ROUBIK, 1989; NOLL *et al.*, 1996; WILLE, 1983).

Apesar da recente revisão bibliográfica de Eubanks, Lin e Tarone (2019) a respeito do papel de formigas na decomposição de carcaças de vertebrados, os conhecimentos a respeito dos membros da ordem Hymenoptera envolvidos no processo de putrefação é pouco aprofundado. Com isso em mente, o presente trabalho buscou reunir dados de himenópteros observados em tecidos de vertebrados em decomposição, e suas condições de coletas de micro e macro escala; bem como, informações gerais a respeito dos estudos elaborados. Com isso, pretendeu-se verificar padrões de ocorrência dos grupos artificiais de Hymenoptera (i.e., abelhas, formigas e vespas), e elencar os atributos de maior importância em determinar essas tendências. Além de, conhecer o cenário atual de estudos que mencionam indivíduos da Ordem associados à tecidos animais em decomposição. À vista disso, espera-se contribuir em trabalhos futuros de diversas áreas da entomologia.

1.1 Objetivo geral

Pretendeu-se, verificar e analisar a diversidade e padrões de ocorrência de himenópteros associados à fauna cadavérica e os fatores que os influenciam.

1.1.1 Objetivos específicos

Especificamente, buscou-se (1) inventariar a diversidade de himenópteros associados à fauna cadavérica na literatura e descrever o cenário de estudos produzidos nessa área de pesquisa. E, (2) observar os efeitos dos aspectos de macro e micro escala na ocorrência desses insetos em matéria orgânica de origem animal em decomposição.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Revisão bibliográfica sistemática

Para a coleta de dados, conduziu-se uma busca bibliográfica sistemática por estudos da área de entomologia forense que abordam direta ou indiretamente a diversidade de himenópteros envolvidos no processo de decomposição de tecidos de vertebrados. A pesquisa se deu nas bases de dados Google Scholar, Scopus e Periódicos Capes, durante o mês de abril de 2021 e novamente em outubro de 2022, para atualização do acervo. Não houve restrição quanto à data de publicação dos trabalhos. A combinação de palavras-chaves utilizada foi: "Forensic entomology" AND (carrión OR carcass) AND hymenoptera AND (bee OR ant OR wasp). Revisões bibliográficas não foram incluídas na coleta de dados, diferentemente de teses e dissertações. Dados observados em teses e dissertações publicados em revistas científicas pelos mesmos autores, portanto, duplicados, foram excluídos. As exclusões foram realizadas por meio da leitura do título e resumo dos trabalhos. Durante a leitura completa e coleta de dados, estudos em que (1) não foram utilizadas ou observadas carcaças ou tecidos (iscas) de vertebrados em decomposição que atraíram insetos, e (2) não apresentaram coleta e identificação de himenópteros ao nível de família minimamente, foram descartados.

Visando análise descritiva e computacional dos dados, para cada ocorrência foram levantadas informações de identificação do himenóptero e as condições e observações de coleta, como: (1) tipo e descrição do ambiente, (2) elevação, (3) coordenadas geográficas, (4) localização, (5) tipo de atrativo, (6) classificação do vertebrado, (7) superfície do atrativo, (8) contaminação do atrativo, (9) estágios de decomposição, (10) papel ecológico, (11) insetos predados, (12) necrofagia de tecidos, (13) vestígios, (14) tipo de estudo, (15) tipo de publicação. Cada parâmetro se encontra descrito na Tabela 1. Os parâmetros podem ser organizados em atributos gerais, condizendo às características gerais do ambiente e a geografia do local, e, portanto, de macro escala; e atributos específicos, correspondendo a propriedades do tecido em decomposição e comportamentos exibidos pelos himenópteros, assim, de micro escala. As informações gerais acerca dos estudos (e.g., tipo de estudo, tipo de publicação, ano de publicação, tipo de atrativo) foram utilizadas para descrição do cenário de pesquisas na área.

A partir das coordenadas geográficas, foram estabelecidos os biomas em que cada ocorrência foi registrada de acordo com a classificação de Dinerstein *et al.* (2017), que dividem as ecorregiões do mundo em 14 biomas terrestres, sendo eles: (1) *Tropical e subtropical moist broadleaf forests*; (2) *Tropical e subtropical dry broadleaf forests*; (3) *Tropical e subtropical*

coniferous forests; (4) *Temperate broadleaf e mixed forests*; (5) *Temperate conifer forests*; (6) *Boreal forests* ou *taiga*; (7) *Tropical* ou *subtropical grasslands, savannas, e shrublands*; (8) *Temperate grasslands, savannas, e shrublands*; (9) *Flooded Grasslands e Savannas*; (10) *Montane grasslands e shrublands*; (11) *Tundra*; (12) *Mediterranean forests, woodlands, e scrub*; (13) *Deserts e xeric shrublands*; e (14) *Mangroves*. Foram utilizados os arquivos de extensão shp. disponibilizados pelos mesmos autores em <https://ecoregions.appspot.com> para produção dos mapas.

Tabela 1 - Descrição dos parâmetros e os dados coletados dos artigos selecionados na revisão sistemática.

n	Parâmetros	Descrição
1	Tipo e descrição do ambiente	Classificação mencionada no estudo dos ambientes em que foram realizadas as coletas (e.g. urbano, rural, florestal) e suas características (e.g. floresta secundária)
2	Elevação	Elevação dos pontos de coleta de acordo com o nível do mar.
3	Coordenadas geográficas	Coordenadas exatas dos pontos de coleta, ou do local mais próximo mencionado.
4	Localização	Cidade onde foram realizadas as coletas ou a mais próxima ao local, estado/província e país.
5	Tipo de atrativo	O tipo de atrativo utilizado: isca, no caso de tecidos fragmentados ou órgãos, e carcaças, quando utilizados corpos inteiros.
6	Identificação do vertebrado	Nome popular, grupo (mamífero, ave, réptil, anfíbio) a que pertence o tecido utilizado como atrativo, e nome científico do vertebrado utilizado.
7	Superfície do atrativo	Superfície em que os atrativos foram posicionados (i.e., concreto, grama, suspenso).
8	Contaminação do atrativo	Em casos em que os atrativos foram contaminados com alguma substância, qual foi ela, sua concentração e modo de aplicação.
9	Estágios de decomposição	Estágios de decomposição em que os himenópteros foram encontrados. Padronizados em quatro estágios principais, sendo eles: fresco (<i>fresh</i>), inchado (<i>bloated</i>), putrefação (<i>decay</i>) e restos (<i>remains</i>).
10	Papel ecológico	Papel ecológico desempenhado pelo himenóptero: onívoro, necrófago, predador, parasitoide, e acidental ou oportunista.
11	Insetos predados	Os insetos predados por himenópteros onívoros, predadores e parasitoides.
12	Necrofagia de tecidos	Tecidos ou regiões específicas de matéria orgânica animal removidas por himenópteros necrófagos.
13	Vestígios	Marcas ou padrões deixados por insetos que possam sugerir sua presença.
14	Tipo de estudo	Classificação do estudo: estudos de casos (i.e., observação de cadáveres ou fragmentos de cadáveres de vertebrados encontrados no ambiente) ou experimentos (i.e., disposição intencional de cadáveres ou fragmento de cadáveres de vertebrados para observação).
15	Tipo de publicação	Classificação da publicação (i.e., dissertação, tese, artigo, nota científica).

Fonte: A autora.

2.2 Análise de dados

Para o conjunto de dados gerado, foi utilizada uma análise de árvores de decisão. O algoritmo C4.5 (QUINLAN, 1986), que quando implementado na linguagem Java recebe a denominação de J48, no ambiente WEKA 3.8 (FRANK; HALL; WITTEN, 2016), foi utilizado. O C4.5 está entre os algoritmos de árvore de decisão mais utilizados na literatura (ZAKI; MEIRA JR, 2014). Existem vários parâmetros internos que precisam ser definidos pelo usuário, sendo que os mais importantes são o número mínimo de dados admitidos por folha e a existência ou não de poda após a construção da árvore de decisão. A visualização da árvore de decisão foi feita por meio da versão 1.0.4 do pacote `prefuseTree` (<https://weka.sourceforge.io/packageMetaData/prefuseTree/index.html>).

Neste trabalho, o foco não está no classificador em si, mas na interpretação da árvore de decisão obtida como classificador, ou seja, que realiza a tarefa de classificação dos dados. Definindo adequadamente o que se quer como classes de saída (tem que ser um atributo categórico do problema, ou seja, que assume apenas valores discretos, que podem ser associados a classes) e o que se quer como atributos candidatos na entrada (podem ser atributos categóricos ou numéricos e podem conter valores faltantes), a árvore de decisão, ao ser automaticamente produzida a partir dos dados disponíveis para treinamento, vai revelar ao usuário quais subconjuntos de atributos de entrada condicionam cada classe de saída, explicitando assim associações fundamentais existente entre os atributos de entrada e as classes de saída. Os atributos de entrada mais próximos da raiz são aqueles com maior poder discriminante das classes de saída. Neste sentido, atributos que nunca são escolhidos ou que aparecem mais próximos das folhas das árvores são aqueles de menor poder discriminante das classes de saída.

As classes de saída definidas aqui, foram os agrupamentos de himenópteros em abelhas, formigas e vespas. E, os atributos selecionados, considerando aspectos de macro e micro escala que influenciam a ocorrência de insetos em carcaças, foram: tipo de atrativo, grupo do vertebrado, função ecológica do himenóptero, estágio de decomposição, tipo de ambiente, elevação e bioma.

Em aprendizado de máquina, um classificador é um mapeamento de entrada-saída que recebe na entrada os atributos de um objeto e produz na saída o rótulo da classe associada àquele objeto (MITCHELL, 1997). Esse classificador geralmente é concebido automaticamente a partir de um conjunto de dados disponíveis para treinamento supervisionado, sendo o classificador denominado de modelo de aprendizado a partir de dados de entrada-saída. Existe

na literatura uma ampla variedade de modelos de aprendizado, sendo que árvores de decisão se destacam por exibirem bom desempenho, ao mesmo tempo em que produzem modelos de aprendizado interpretáveis, sendo esta última propriedade a principal razão de sua escolha neste trabalho.

Um grafo é uma estrutura composta por nós e arestas conectando esses nós. Uma árvore é um tipo particular de grafo que apresenta um caminho único entre quaisquer pares de nós. A árvore pode ser com ou sem raiz, mas toda árvore apresenta nós internos, que ainda vão se ramificar, e nós terminais, chamados de nós-folhas. Portanto, numa árvore com raiz, existe um caminho único entre o nó-raiz e qualquer nó-folha. Quanto maior este caminho, maior a altura da árvore. Em aprendizado de máquina, uma árvore de decisão é um classificador que toma decisões em seus nós internos, partindo do nó-raiz e distribuindo os dados pelos nós subsequentes da árvore, até se chegar nos nós-folhas. Cada nó-folha define uma classe para os dados que ali chegam. Portanto, caminhar do nó-raiz da árvore de decisão até algum nó-folha produz uma regra que descreve explicitamente as condições que levam a uma certa classe (QUINLAN, 1986). Este é o principal objetivo ao se empregar árvores de decisão neste trabalho.

Em cada nó de decisão, a árvore testa um dos atributos de entrada, sendo que o número de nós-filho depende do tipo de teste que é feito no nó-pai. Portanto, cada nó da árvore pode ter zero ou mais sucessores. Se tiver zero sucessores, então é um nó terminal ou nó-folha. O nó-raiz é o único nó da árvore que não tem associado a si um nó-pai (QUINLAN, 1986).

O conjunto de dados de treinamento é composto por amostras de entrada-saída, cada qual associando um rótulo ou classe a uma lista de atributos de entrada de um certo objeto. É fundamental que os atributos de entrada sejam os mesmos para todos os objetos, embora possa haver valores faltantes junto a esses atributos de entrada. Logo, uma árvore de decisão realiza um particionamento recursivo desses dados de treinamento a partir do nó-raiz, onde se encontram todos os dados do conjunto de treinamento. Após testar todos os atributos como candidatos a realizarem a decisão no nó-raiz, é escolhido aquele que melhor discrimina as classes, ou seja, aquele que melhor distribui os dados nos nós-filhos, de acordo com seu rótulo, visando chegar a nós-filhos contendo dados de apenas uma classe (ZAKI; MEIRA JR, 2014). Após definir a decisão no nó-raiz, o mesmo processo de teste exaustivo é realizado junto a cada nó-filho da árvore, definindo recursivamente a decisão a ser tomada em cada nó-interno da árvore, até chegar nos nós-folhas. Na prática, para evitar sobreajuste aos dados, não se busca necessariamente nós-folhas contendo dados de apenas uma classe, mas tal que a maior parte dos dados pertença a uma mesma classe (ZAKI; MEIRA JR, 2014).

Os nós-folhas são nomeados, portanto, de acordo com a classe predominante dos dados que ali chegam, após o processo de particionamento recursivo. Como as decisões a cada nó não-terminal da árvore são definidas após testes exaustivos, então é possível dizer que as decisões tomadas na raiz da árvore e em nós internos próximos da raiz são os mais relevantes para o processo de classificação (QUINLAN, 1986). O mesmo argumento permite afirmar que o número de decisões que a árvore toma até chegar à classe de um objeto tende a ser mínimo, aumentando assim a interpretabilidade do modelo de aprendizado.

Árvores mais simples são provavelmente as que melhor compreendem a estrutura dos dados, uma vez que geram regras de classificação mais generalistas. Para melhorar a taxa de acerto junto a dados não vistos durante o treinamento, também conhecida como capacidade de generalização do modelo de aprendizado, as árvores de decisão podem ser podadas, evitando a formação de sub-ramos muito complexos, que levam a árvores de elevada altura e de difícil interpretação (QUINLAN, 1986). Quando são produzidos erros de classificação, o segundo número observado ao lado de um nó-folha indica o seu número de ocorrência. O primeiro número indica o total de dados (amostras de treinamento) que chegaram naquele nó da árvore. Subtraindo o segundo valor do primeiro valor, tem-se as classificações corretas.

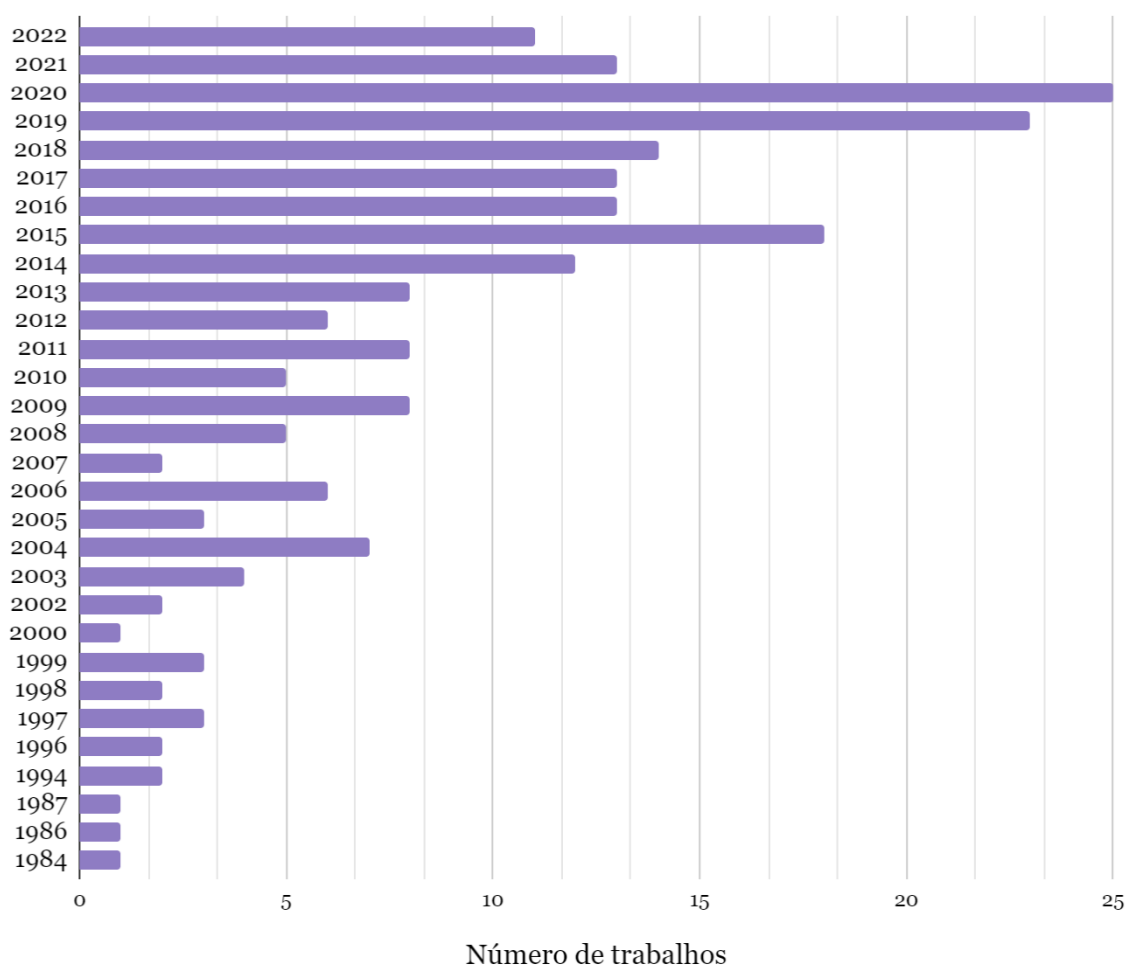
Gráficos foram produzidos para visualização dos dados gerais dos estudos, e o software Qgis 3.28.3 foi utilizado para produção dos mapas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise descritiva

A partir da busca bibliográfica sistemática nas diferentes bases de dados, foram encontrados 954 resultados. Destes, 291 trabalhos foram selecionados com base no título e resumo, porém, durante a coleta de dados, 69 trabalhos foram desconsiderados por não mencionarem himenópteros identificados ao menos ao nível de família, associados a tecidos de vertebrados em decomposição, resultando em 222 trabalhos elegidos. As datas de publicação dos estudos variaram entre os anos de 1984 a 2022. No ano de 2020 foi observado o maior número de publicações (n=25), seguido pelo ano de 2018 (n=14; Gráfico 1).

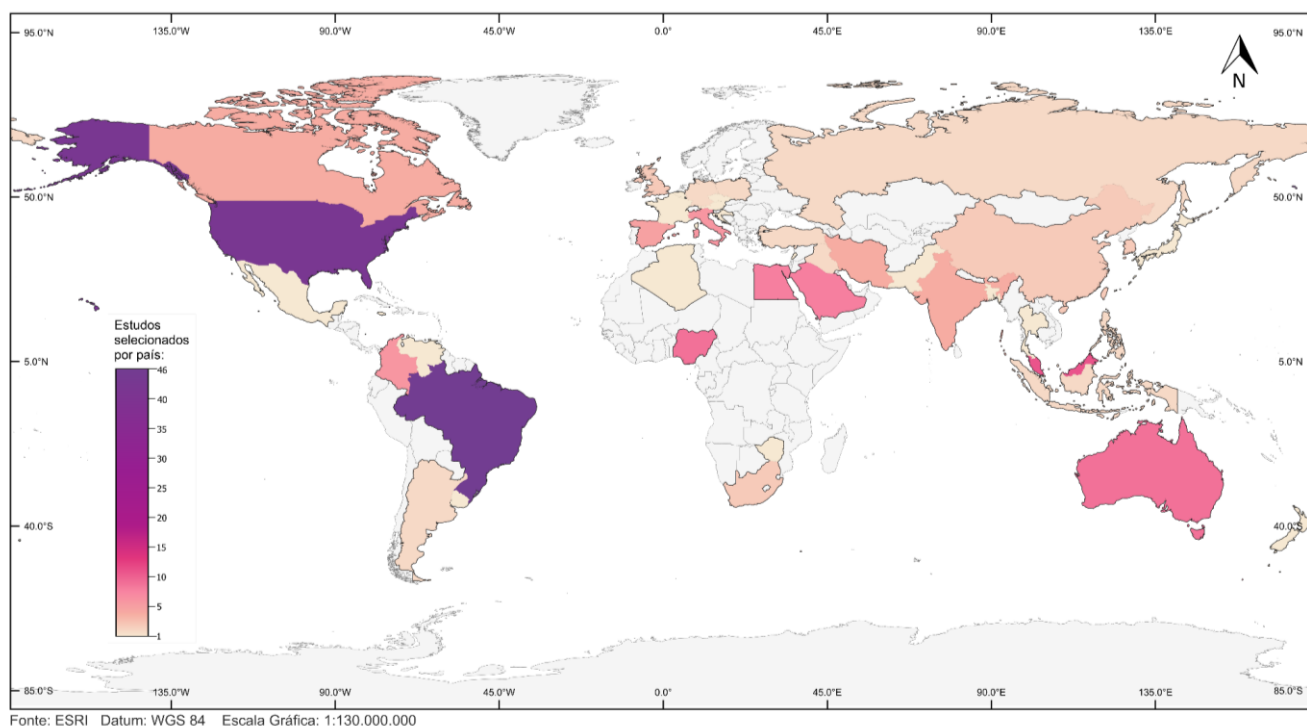
Gráfico 1- Distribuição dos estudos elegidos através da revisão bibliográfica sistemática de acordo com os anos de publicação.



Fonte: Dados da pesquisa.

Os estudos se encontram distribuídos em 45 países (Mapa 1), sendo os quatro mais amostrados Brasil (n=46), EUA (n=43) e Malásia (n=12; Quadro 1). Das 27 unidades federativas do Brasil, 16 foram amostradas, com destaque ao estado de São Paulo, que apresentou mais de 15 estudos. Nos EUA, 21 estados foram amostrados, notadamente o Texas, com oito estudos. É possível observar um lapso de estudos no continente africano (Mapa 1), com quatro países amostrados do total de 54 que constituem o continente.

Mapa 1- Distribuição dos estudos elegidos através da revisão bibliográfica sistemática de acordo com o país em que foram realizados os experimentos e observações.



Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 1 - Número de estudos elegidos por país e sua contribuição no proporcional total, e o número de ocorrências de himenópteros registrados em cada um.

Países	N de estudos	% do total	N de ocorrências	Países	N de estudos	% do total	N de ocorrências
Argélia	1	0.05%	1	Japão	1	0.49%	9
Argentina	2	1.14%	21	Líbano	1	0.05%	1
Australia	10	4.22%	78	Malásia	12	4.92%	91
Áustria	1	0.32%	6	México	1	0.22%	4
Bangladesh	1	0.11%	2	Nova Zelândia	1	0.22%	4
Bélgica	1	0.32%	6	Nigéria	10	3.35%	62
Brasil	46	33.89%	627	Paquistão	1	0.11%	2
Canadá	5	1.03%	19	Filipinas	2	0.38%	7
China	2	4.65%	86	Polônia	2	0.16%	3
Colômbia	7	3.08%	57	Portugal	2	0.70%	13
Croácia	1	0.05%	1	Rússia	2	0.59%	11
Cuba	1	0.59%	11	Arábia Saudita	9	2.59%	48
República Tcheca	1	0.11%	2	África do Sul	3	0.43%	8
Egito	9	2.38%	44	Coréia do Sul	3	1.62%	30
Inglaterra	3	0.59%	11	Espanha	6	2.97%	55
França	1	0.38%	7	Taiwan	1	4.00%	74
Alemanha	2	0.97%	18	Tailândia	1	0.76%	14
Índia	5	0.59%	11	Turquia	2	0.22%	4
Indonésia	2	0.27%	5	Uruguai	1	0.76%	14
Irã	5	1.46%	27	USA	43	17.57%	325
Iraque	2	0.27%	5	Venezuela	1	0.38%	7
Itália	7	0.86%	16	Zimbábue	1	0.05%	1
Jamaica	1	0.11%	2	Total Geral	222	100.00%	1850

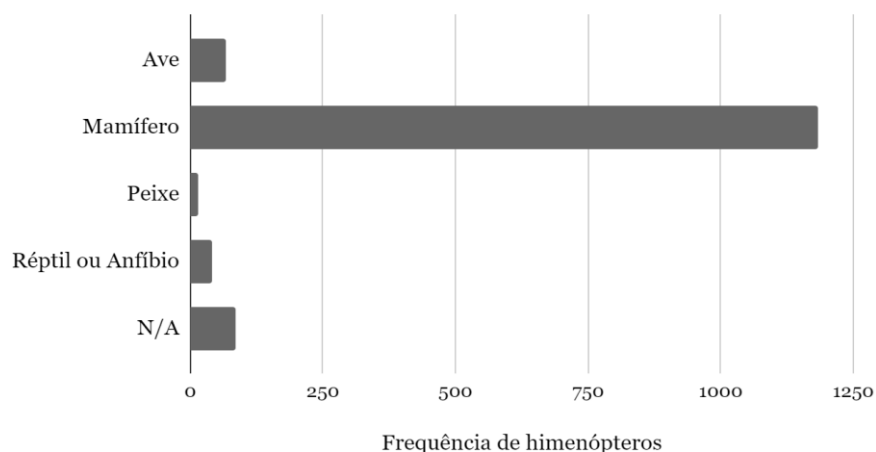
Fonte: Dados da pesquisa.

Dentre os trabalhos selecionados, foi possível observar duas diferentes abordagens que resultaram na coleta de himenópteros. A mais utilizada (n=201), foi a condução de procedimentos experimentais, que resultaram na disposição de cadáveres ou fragmentos dos mesmos para atrair insetos e outros artrópodes; e por vezes, foram relatados estudos de casos (n=21) em que cadáveres de humanos ou animais vertebrados foram encontrados e a presença de insetos foi descrita e avaliada. Quanto aos tipos de publicação dos estudos, foram observados artigos (n=167), notas científicas (n=17), dissertações de mestrado (n=21), teses de doutorado (n=10), trabalhos de conclusão de curso ou equivalentes (n=5), e resumos (n=2).

No total, foram contabilizadas 1.850 ocorrências de himenópteros, sendo 1.296 ocorrências de formigas, 469 de vespas e 85 de abelhas. Foram registradas 601 espécies pertencentes a 204 gêneros e 38 famílias. As cinco famílias mais frequentes foram: Formicidae (n=1.296), Vespidae (n=200), Apidae (n=62), Pteromalidae (n=59), e Braconidae (n=47). A família Formicidae esteve representada por 351 espécies, divididas em 107 gêneros e 12 subfamílias. Os gêneros mais frequentes da família foram *Camponotus* Mayr, 1861 (n=207), *Pheidole* Westwood, 1839 (n=138), *Solenopsis* Westwood, 1840 (n=93) e *Crematogaster* Lund, 1831 (n=63). Em se tratando do geral de espécies, as mais frequentes foram *Solenopsis invicta* Buren, 1972 (n=35), *Nasonia Vitripennis* (Walker, 1836) (n=33), *Agelaia pallipes* (Olivier, 1792) (n=30), *Paratrechina longicornis* (Latreille, 1802) (n=13), e *Camponotus pennsylvanicus* (De Geer, 1773) (n=12).

Do total de ocorrências de formigas, 85,3% foram registradas em carcaças de vertebrados, enquanto 14,7% em iscas provenientes de fragmentos, órgãos ou tecidos de vertebrados. De forma similar foi observado para vespas e abelhas, com 84,4% e 92,9% das ocorrências em carcaças, respectivamente. Fígado suíno foi majoritariamente utilizado como isca (27,8%), seguido por fígado bovino (19,6%), vísceras de frango (17%), e sardinha (9,6%). Em se tratando de cadáveres de vertebrados, suínos foram associados a 53,2% das ocorrências, seguido por coelhos (12,4%) e ratos (6,6%). Cadáveres de répteis e anfíbios foram pouco amostrados, estando relacionados com apenas 1,5% das ocorrências (Gráfico 2), sendo 21 de formigas, 6 de vespas e 1 de abelha. Ao todo, foram observadas 45 espécies de vertebrados em decomposição associados a himenópteros.

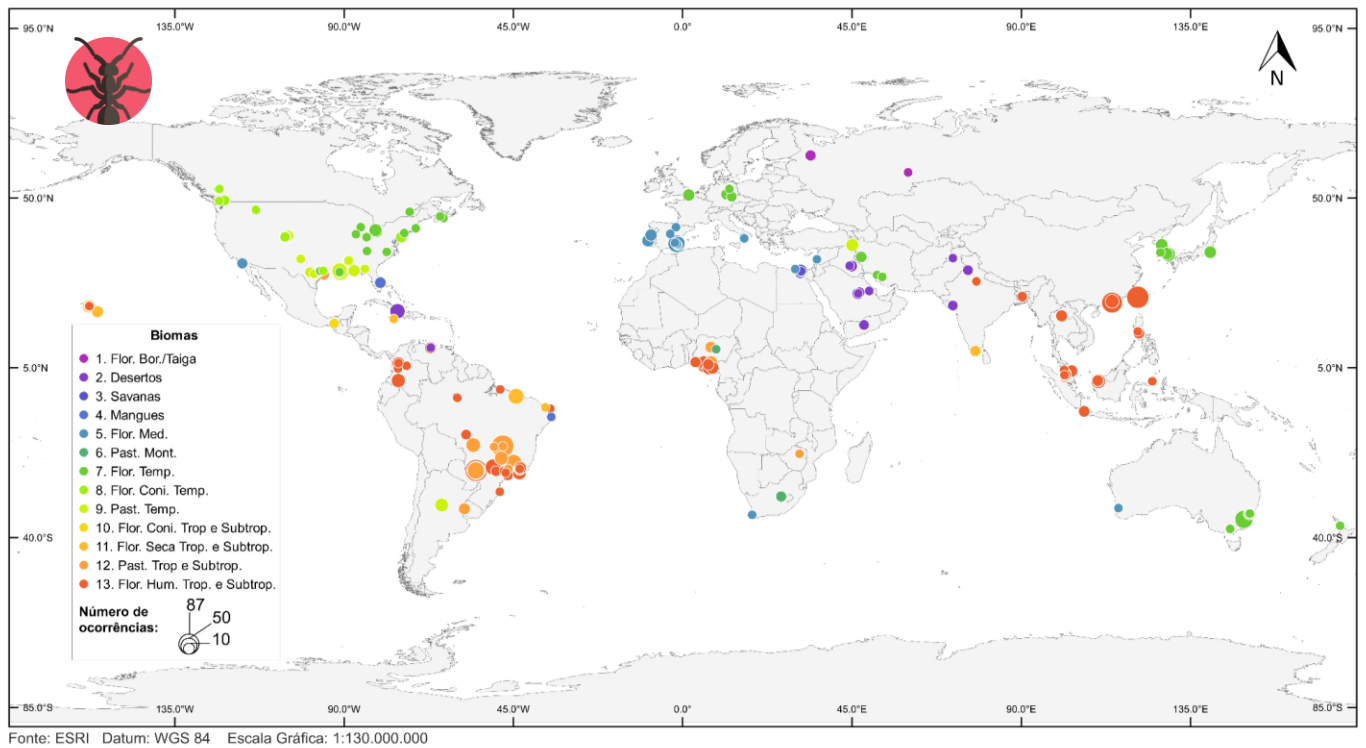
Gráfico 2 - Frequência de himenópteros em vertebrados em decomposição classificados por grupo.
N/A: Casos em que não houve a descrição do vertebrado utilizado no estudo.



Fonte: Dados da pesquisa.

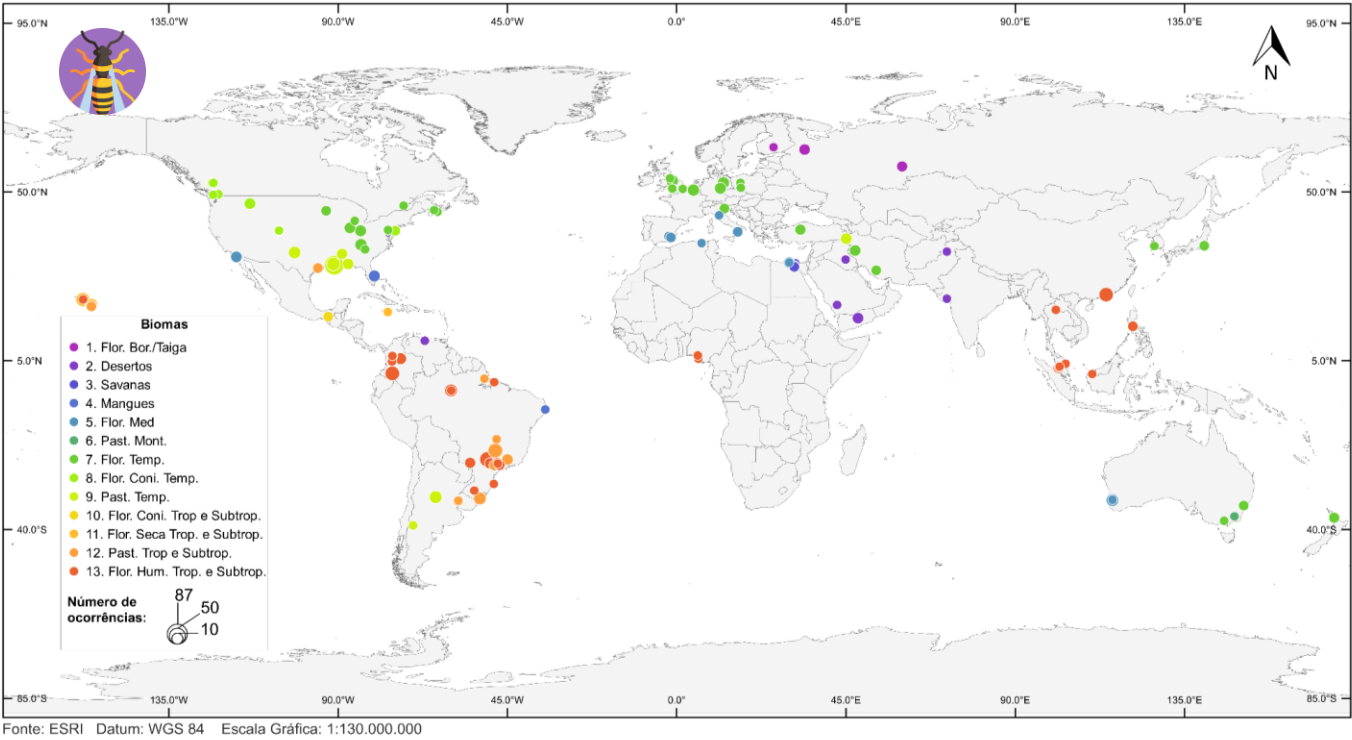
A partir da classificação e a descrição dos ambientes em que os estudos se sucederam, áreas florestais/naturais, rurais, desérticas e de dunas foram amostradas. Das ocorrências de himenópteros, 57,8% foram registradas em ambientes florestais/naturais, 20,6% em ambientes urbanos, 17,4% em ambientes rurais, e 0,1% e 0,4% em ambientes desérticos e de dunas, respectivamente. Os níveis de elevação registrados variaram de 0 a 4.191 m acima do nível do mar. Formigas foram registradas em 13 biomas diferentes, predominantemente em regiões tropicais e subtropicais (Mapa 1), assim como vespas (Mapa 2); e abelhas foram registradas em apenas oito biomas (Mapa 3). Os mapas podem ser encontrados ampliados no Apêndice A.

Mapa 2- Pontos de coleta de formigas classificados por biomas (coloração) e número de ocorrências (tamanho).



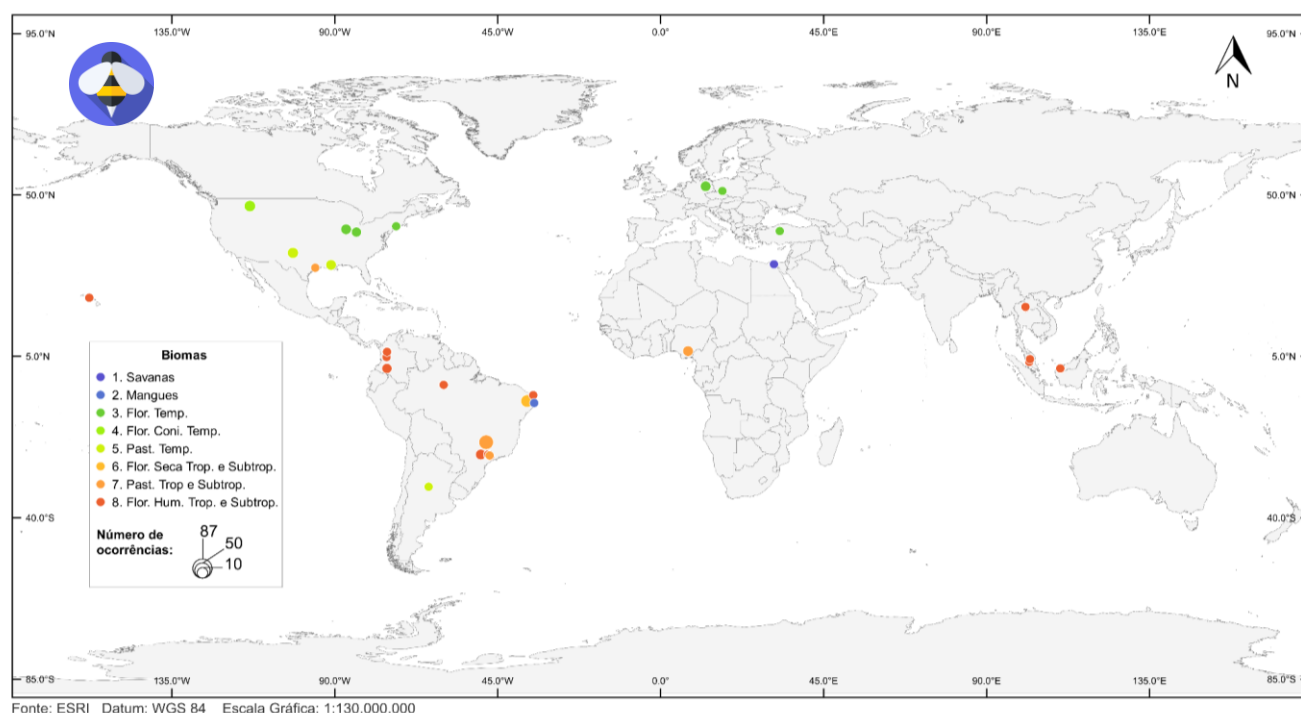
Fonte: Dados da pesquisa.

Mapa 3 - Pontos de coleta de vespas classificados por biomas (coloração) e número de ocorrências (tamanho).



Fonte: Dados da pesquisa.

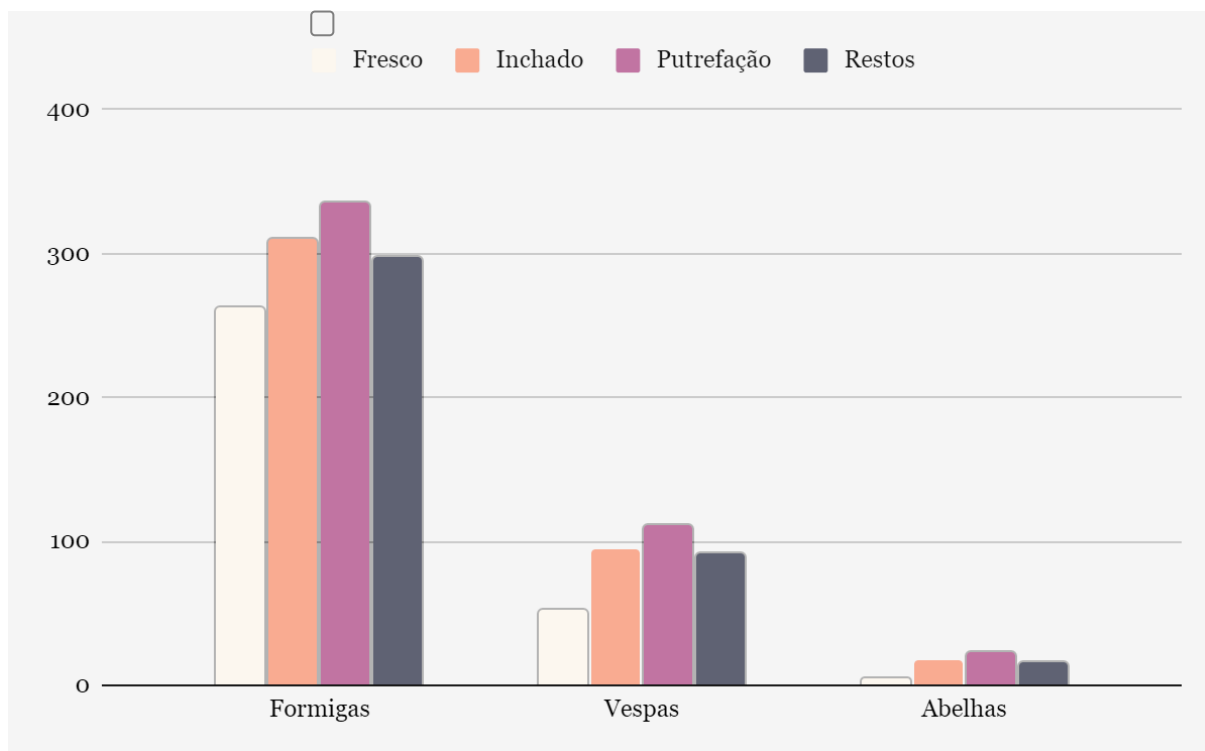
Mapa 4 - Pontos de coleta de abelhas classificados por biomas (coloração) e número de ocorrências (tamanho).



Fonte: Dados da pesquisa.

Foram citados sete papéis ecológicos desempenhados por himenópteros: necrófago, predador, onívoro, parasitoide, acidental, acidental/saprófito (SUKCHIT; DEOWANISH; BUTCHER, 2015), e de nidificação (GO, 2018). Para a análise de árvore de decisão os papéis acidental/saprófito e de nidificação foram reclassificados como acidental. Em apenas 613 ocorrências foi descrito o comportamento desempenhado pelos indivíduos, evidenciando a dificuldade em reconhecer os comportamentos desses insetos e a falta de estudos específicos aos grupos que verificam a fundo seus hábitos. Himenópteros foram observados predando ovos, larvas e pupas da ordem Diptera (AÇIKGÖZ1*; AÇIKGÖZ3; 1FORENSIC, 2017; HEO *et al.*, 2017; PARK; MOON, 2020). Formigas foram observadas se alimentando de pele, tecidos, sangue e exsudatos, nas regiões da orelha, boca, ânus e olhos (MACIEL *et al.*, 2015; MENDONÇA; SANTOS-PREZOTO; PREZOTO, 2019; PARK; MOON, 2020; PEREIRA *et al.*, 2017; SINGH *et al.*, 2020). De maneira semelhante, informações a respeito dos estágios de decomposição em que os indivíduos foram encontrados não foram observadas com frequência. Porém, a mesma tendência foi observada para os três grupos, em que notou-se maior frequência no estágio de putrefação, seguido pelo estágio inchado, de restos e, por último, fresco (Gráfico 3). Dentre os estudos selecionados, 17 envolveram contaminação de cadáveres por substâncias tóxicas.

Gráfico 3 – Ocorrências de himenópteros nos diferentes estágios de decomposição de cadáveres, relatadas nos estudos elegidos.



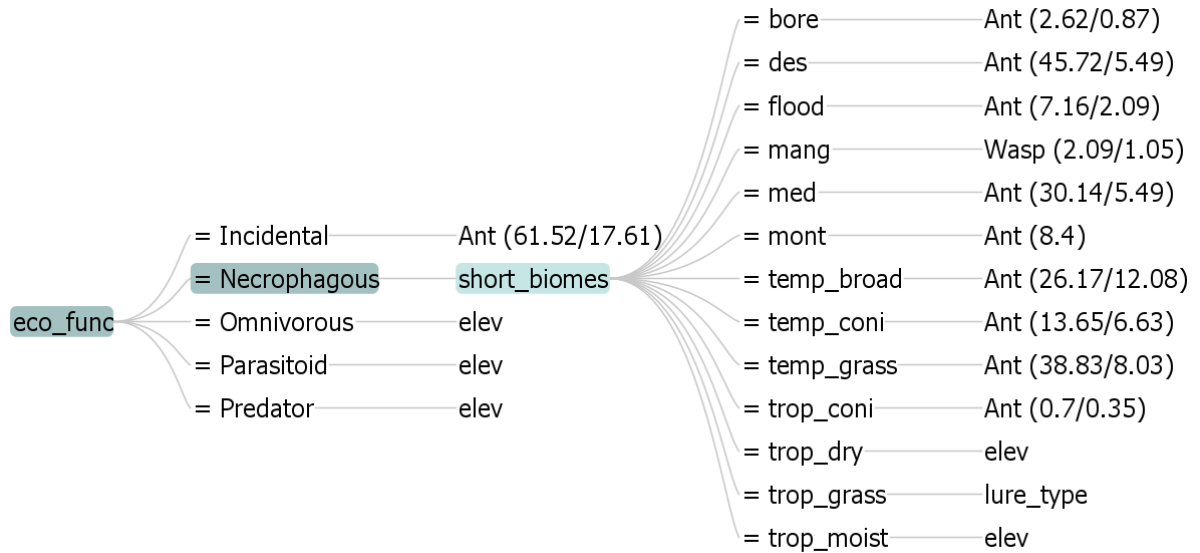
Fonte: Dados da pesquisa.

3.2 Árvore de decisão

A árvore de decisão chegou à 81.4147% de instâncias classificadas corretamente mediante os atributos utilizados. Através dela, a função ecológica foi elencada como melhor tributo classificador (raíz; Figura 1). A função ecológica accidental levou diretamente ao grupo formiga como uma folha, com 17,61 de 61,52 resultados sendo predito de forma incorreta. Sugerindo, que, o caráter exploratório e forrageamento de formigas em superfícies em contato com o solo favorece a utilização de carcaças como extensão de seu habitat (GO, 2018; PAULA *et al.*, 2016). O papel ecológico necrófago foi classificado majoritariamente pelos biomas em que os himenópteros foram encontrados, possivelmente devido às diferentes composições de espécies observadas nos diferentes habitats. Nos biomas temperados, verificou-se que formigas tiveram a tendência a desempenhar o papel necrófago, o mesmo sendo observado nos biomas boreal, desértico, pradarias e savanas inundadas, mediterrâneo, montanhoso, e tropical conífero (Figura 1). Nos demais biomas tropicais, a classificação dos himenópteros foi influenciada pela elevação e o tipo de atrativo. No bioma tropical seco e em elevações ≤ 186 m, formigas foram classificadas como necrófagas, enquanto que em elevações > 186 m, abelhas foram nomeadas, com 1,79 de 5,81 resultados preditos de forma errônea (Figura 2). Já, no ambiente tropical

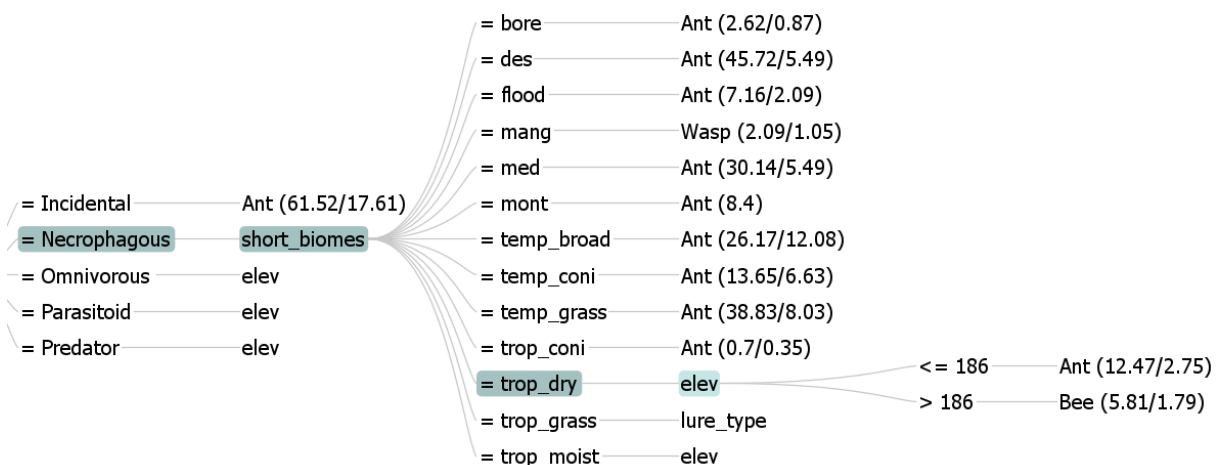
úmido, himenópteros necrófagos entre as elevações 68 m e 149 m foram classificados como vespas, e fora desse intervalo, como formigas.

Figura 1 – Raíz da árvore de decisão (atributo função ecológica), com ênfase no hábito necrófago e suas ramificações. *Ant*: formiga; *Wasp*: vespa.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 2 – Sequência da árvore de decisão com destaque à função ecológica necrófaga, ramificada em biomas até os nós-folhas. *Ant*: formiga; *Bee*: abelha; *Wasp*: vespa.

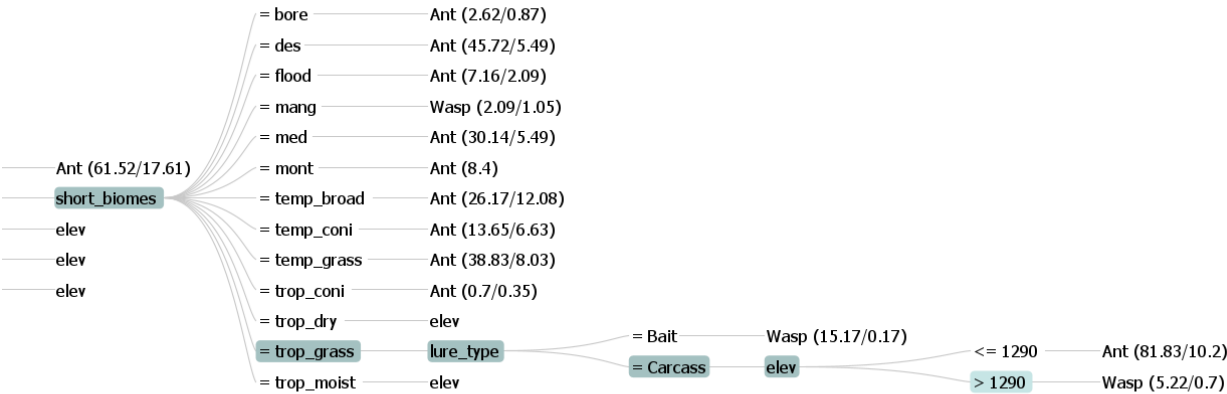


Fonte: Dados da pesquisa.

Em pastagens tropicais, himenópteros necrófagos presentes em iscas foram classificados como vespas, e himenópteros presentes em carcaças em elevações superiores a 1290 m, também. Himenópteros foram notadamente classificados como formigas em carcaças presentes em menores elevações (Figura 3). As demais funções ecológicas foram atribuídas

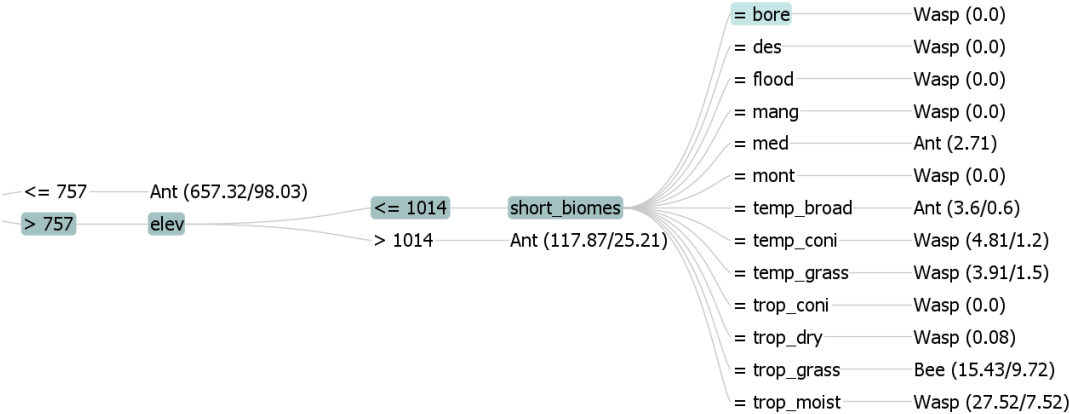
majoritariamente de acordo com a elevação (Figura 1). Himenópteros onívoros foram classificados como formigas em elevações ≤ 757 m e > 1.014 m, com exceção aos biomas floresta decídua temperada e mediterrâneo em elevações < 1.014 m (Figura 4). Vespas onívoras foram elencadas em elevações < 1.014 m nos biomas pastagem temperada, temperado conífero e tropical úmido, e abelhas onívoras em pastagens tropicais. Apenas um autor classificou abelhas do gênero *Melipona* Illiger, 1806 como onívoras em carcaças de suíno doméstico (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) nos estágios de decomposição inchado e putrefação (GRISALES; MAGNOLIA; VILLEGAS, 2010).

Figura 3 – Sequência da árvore de decisão, com ênfase no comportamento necrófago no bioma pastagens tropicais até os nós-folhas. *Ant*: formiga; *Wasp*: vespa.



Fonte: Dados da pesquisa.

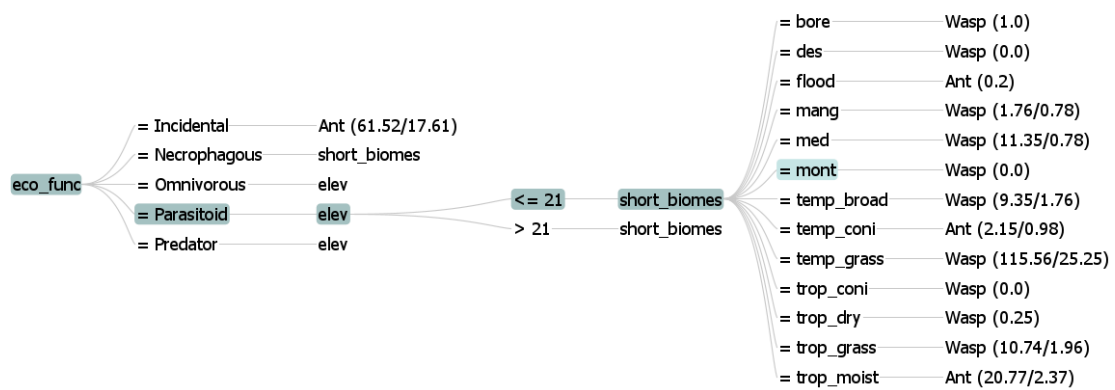
Figura 4 - Seguimento da árvore de decisão do hábito onívoro, com ênfase na elevação e biomas até os nós-folhas. *Ant*: formiga; *Bee*: abelha; *Wasp*: vespa.



Fonte: Dados da pesquisa.

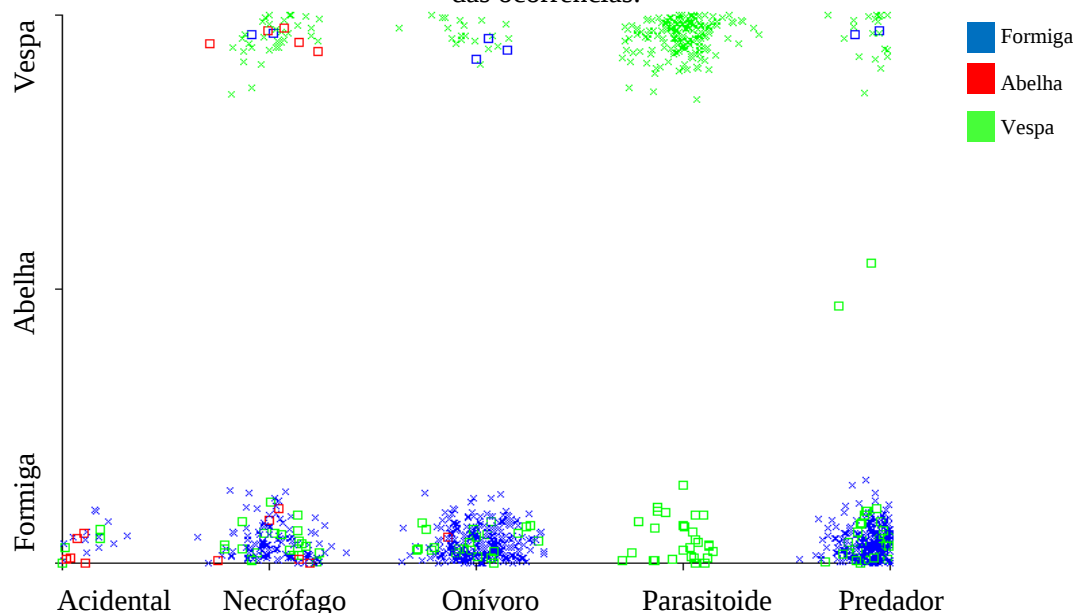
Vespas parasitoides foram observadas na maioria dos biomas, especialmente em pastagens temperadas (Figura 5). Os resultados sugerem que o habitat pode ser um fator mais importante que a elevação para a ocorrência de vespas parasitoides. De forma similar foi observado em Kendall e Ward (2016), onde é evidenciado que a diversidade funcional de vespas parasitoides pode estar associada principalmente ao tipo de vegetação, sendo que os padrões relacionados às variáveis dos habitats diferem entre taxa. Notou-se diversas predições incorretas no nível de parasitoides, com diversas classificações como formigas no comportamento, apesar de não desenvolverem esses hábitos (HUBER, 2017; Gráfico 4).

Figura 5 – Árvore de decisão, com destaque ao comportamento parasitoide até os nós-folhas. *Ant*: formiga; *Wasp*: vespa.



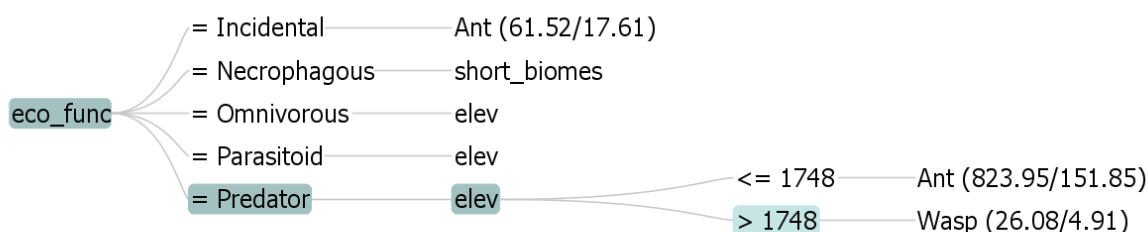
Fonte: Dados da pesquisa.

Gráfico 4 – Erros de predição de classes da árvore de decisão. A coloração indica a classificação real das ocorrências.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 6 – Árvore de decisão com ênfase no comportamento predatório até os nós-folhas. *Ant*: formiga; *Wasp*: vespa.



Fonte: Dados da pesquisa.

A elevação foi novamente um fator importante para o comportamento predador para discriminar formigas e vespas, sendo que em elevações < 1748 foram elencadas formigas e acima desse valor, vespas. A Figura 7 traz um resumo das condições observadas na árvore para cada grupo, onde atributos encontrados juntos em uma célula foram resultados de uma bifurcação ocasionada pelo atributo que se encontra em azul.

Reymond *et al.* (2013), verificaram que a diversidade funcional de formigas (estrutura social, tamanho de operária, desenvolvimento pupal e estrutura do ninho) decresce com a diminuição da temperatura em um gradiente de elevação de 1800 m a 2550 m. Enquanto que outros autores não observaram alterações na diversidade funcional de comunidades de formigas com a diminuição da temperatura em montanhas tropicais (BISHOP *et al.*, 2015; CASTRO *et al.*, 2020; PERILLO *et al.*, 2021). Em biomas mais frios, formigas e vespas foram classificadas como onívoras apenas em elevações abaixo de 1014 m (DE JONG; HOBACK, 2006; DE JONG; CHADWICK, 1999; KESHAVARZI *et al.*, 2019; MUÑOZ-LOZANO *et al.*, 2019; SALIMI *et al.*, 2018; VANLAERHOVEN; ANDERSON, 1999), o contrário sendo observado em ambientes tropicais e mais quentes (CAIRNCROSS *et al.*, 2022; DE SOUZA, 2020; KELLY, 2006; WOLFF *et al.*, 2006); possivelmente porque insetos mais generalistas apresentam a função onívora, e são menos favorecidos em condições mais adversas. Esses resultados também podem ser observados através do Gráfico 5, em que nota-se uma tendência dos papéis ecológicos de predador e parasitoide ocorrerem em altitudes mais altas. Visto que além da temperatura, a estação e a variedade da umidade podem influenciar a diversidade de himenópteros em altitudes mais altas (BISHOP *et al.*, 2014; LONGINO; BRANSTETTER; WARD, 2019; NOWROUZI *et al.*, 2016; SZEWCZYK; MCCAIN, 2016), analisar essas variáveis poderia contribuir para um melhor entendimento a respeito da ocorrência desses insetos em carcaças.

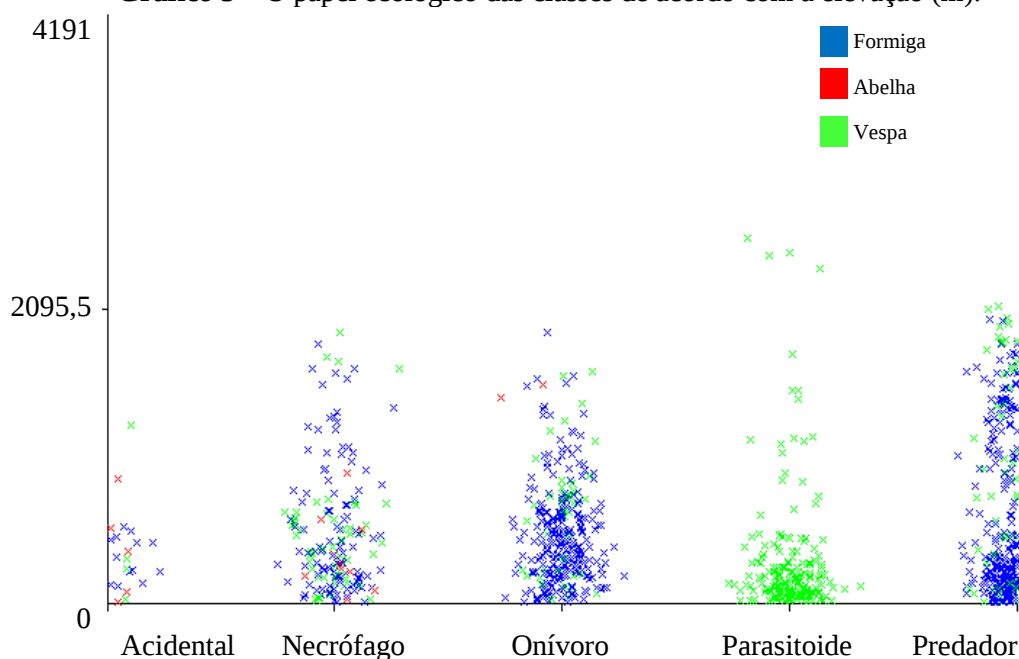
Formigas e vespas predadoras foram discriminadas pela elevação sugerindo uma suposta competição entre os grupos em se tratando de micro-habitats providos por carcaças em decomposição, uma vez que ambos os grupos são reportados predando o mesmo recurso (ovo, larvas e moscas adultas) (AÇIKGÖZ; KÖSE; AÇIKGÖZ, 2016; ANDRADE-SILVA *et al.*, 2015). Masciocchi, Farji-brener, Sackmann (2010), observaram que a exclusão de formigas nativas em iscas de proteínas aumentou o número de vespas exóticas. Contudo, vespas também podem ativamente preda formigas, e no caso de vespas invasoras, causar implicações a longo termo em populações formigas endêmicas (BURNE *et al.*, 2017).

Figura 7 – Resumo das regras de decisão observadas na árvore de decisão para cada classe (abelha vespa e formiga) de acordo com a raiz (função ecológica), em que os atributos que se encontram juntos em uma célula estão conectados por ramos, a bifurcação sendo resultado dos atributos em verde.

Formigas			Vespas				Abelhas
Necrófago	Predador	Onívoro	Necrófago	Predador	Onívoro	Parasitoide	Necrófago
Boreal	<= 1748	<= 757	Mangue	> 1748	> 757	<= 21	> 186
Desértico		> 1014	Isca		<= 1014	Boreal	Tropical seco
Inundado		<= 1014	Pastagem tropical		Temperado conífero	Mangue	
Mediterrâneo		Mediterrâneo	Carcaça		Pastagem temperada	Mediterrâneo	
Montanhoso		Temperado decíduo	> 1290		Tropical seco	Temperado decíduo	
Temperado			Pastagem tropical		Tropical úmido	Pastagem temperada	
<= 186			> 67			Tropical seco	
Tropical seco			<= 149			Pastagem tropical	
Carcaça			Tropical úmido			> 21	
<= 1290						Boreal	
Pastagem temperada						Temperado decíduo	
<= 67						Temperado conífero	
Tropical úmido							
> 149							
Tropical úmido							

Fonte: Dados da pesquisa.

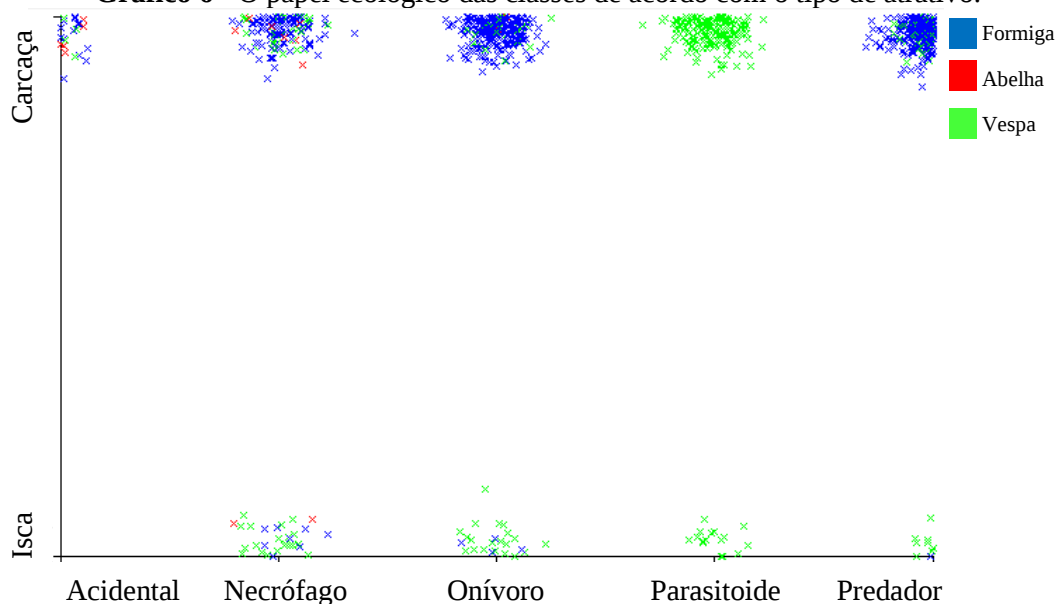
Gráfico 5 – O papel ecológico das classes de acordo com a elevação (m).



Fonte: Dados da pesquisa.

Apesar de carcaças serem mais utilizados em trabalhos da área, pôde-se observar uma tendência na ocorrência de vespas necrófagas em iscas, como também pode ser visualizado no Gráfico 6 para as demais funções ecológicas, com exceção da acidental (Figura 3). Sugere-se que devido à alta dispersão de vespas em detrimento da locomoção por voo (VENKATESWARAN *et al.*, 2017), esses himenópteros são mais atraídos ao recurso, que demandam uma percepção mais rápida e efetiva do que carcaças em decomposição.

Gráfico 6 - O papel ecológico das classes de acordo com o tipo de atrativo.



Fonte: Dados da pesquisa.

4 CONCLUSÕES

Para o banco de dados e os atributos utilizados na presente pesquisa, a função ecológica foi o classificador mais importante para grupo de himenópteros presentes na fauna cadavérica. Tendências foram observadas principalmente acerca dos diferentes níveis de elevação e biomas. A função accidental resultou apenas na classe formigas, destacando os efeitos do comportamento de forrageamento em ambientes terrestres. O hábito necrófago foi em sua maioria dividido de acordo com os diferentes biomas, sugerindo a importância da composição de espécies local na tendência de dominância de grupos de himenópteros em se tratando de remoção ativa de tecidos de carcaças. Notou-se, que formigas são os himenópteros que expressivamente apresentam o comportamento necrófago, com exceção quando há o uso de iscas como atrativos, onde observou-se maior número de vespas. Em ambientes tropicais, formigas necrófagas são previstas em menores altitudes, quando comparadas às abelhas e vespas. De forma similar, foi observado para vespas parasitoides.

Notou-se que a elevação, e indiretamente a temperatura e o tipo de vegetação característica dos biomas, influenciou a ocorrência de himenópteros de hábito mais generalista, aqui classificados como onívoros. A elevação contribui fortemente para a diferenciação entre as classes formiga e vespa, possivelmente destacando a competição entre o grupo que favorece a ocupação de diferentes habitats.

Os resultados evidenciam a importância na classificação correta do hábito alimentar de himenópteros em carcaças, já que mesmo sendo um atributo pouco descrito nos estudos elegidos, foi de grande importância preditiva. Destaca-se também a relevância na identificação correta dos himenópteros coletados em tecidos em decomposição ao menos a nível de família. E, sugere-se que estudos futuros investiguem as especificidades de cada grupo, possivelmente considerando gêneros e espécies como classes na árvore de decisão, de forma a aprofundar os conhecimentos a respeito da ocorrência da ordem Hymenoptera na fauna cadavérica. Ademais, o aprofundamento quanto a ecologia de himenópteros em tecidos em decomposição em diferentes condições, se faz necessário.

REFERÊNCIAS

- AÇIKGÖZ, H. N.; KÖSE, S. Ke.; AÇIKGÖZ, A. Determination of early colonizer urban blowfly species using small bait traps on a university campus. **Pakistan Journal of Zoology**, [S. l.], v. 49, n. 1, p. 117–124, 2016. DOI: 10.17582/journal.pjz/2017.49.1.117.124.
- BARBOSA, R. R.; CARRIÇO, C.; SOUTO, R. N. P.; ANDENA, S. R.; URURAHY-RODRIGUES, A.; QUEIROZ, M. M. C. Record of postmortem injuries caused by the Neotropical social wasp *Agelaia fulvofasciata* (Degeer) (Hymenoptera, Vespidae) on pig carcasses in the Eastern Amazon region: Implications in forensic taphonomy. **Revista Brasileira de Entomologia**, [S. l.], v. 59, n. 3, p. 257–259, 2015. DOI: 10.1016/j.rbe.2015.07.004.
- BAUMGARTNER, D. L.; ROUBIK, D. W. Ecology of necrophilous and filth-gathering stingless bees (Apidae: Meliponinae) of Peru. **Journal of the Kansas Entomological Society**, [S. l.], p. 11–22, 1989.
- BIAVATI, G. M.; DE ASSIS SANTANA, F. H.; PUJOL-LUZ, Jo. R. A checklist of Calliphoridae blowflies (Insecta, Diptera) associated with a pig carrion in Central Brazil. **Journal of Forensic Sciences**, [S. l.], v. 55, n. 6, p. 1603–1606, 2010.
- BISHOP, T. R.; ROBERTSON, M. P.; VAN RENSBURG, B. J.; PARR, C. L. Elevation-diversity patterns through space and time: Ant communities of the Maloti-Drakensberg Mountains of southern Africa. **Journal of Biogeography**, [S. l.], v. 41, n. 12, p. 2256–2268, 2014. DOI: 10.1111/jbi.12368.
- BISHOP, T. R.; ROBERTSON, M. P.; VAN RENSBURG, B. J.; PARR, C. L. Contrasting species and functional beta diversity in montane ant assemblages. **Journal of Biogeography**, [S. l.], v. 42, n. 9, p. 1776–1786, 2015. DOI: 10.1111/jbi.12537.
- BROTHERS, D. J. Phylogeny and evolution of wasps, ants and bees (Hymenoptera, Chrysidoidea, Vespoidea and Apoidea). **Zoologica Scripta**, [S. l.], v. 28, n. 1-2, p. 233–250, 1999.
- BURNE, A. R.; RITCHIE, P. A.; GRUBER, M. A. M.; LESTER, P. J. A genetic bottleneck in populations of a New Zealand endemic ant associated with density of an invasive predatory wasp. **Insectes Sociaux**, [S. l.], v. 64, n. 1, p. 65–74, 2017.
- BYARD, R. W.; HEATH, K. J. Patterned postmortem ant abrasions outlining clothing and body position after death. **Journal of Forensic and Legal Medicine**, [S. l.], v. 26, p. 10–13, 2014. DOI: 10.1016/j.jflm.2014.04.022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jflm.2014.04.022>.
- BYRD, H. J.; CASTNER, L. J. **Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations**. CRC. Boca Raton, FL, 2001.
- CAIRNCROSS, R. J.; BARTON, P. S.; BONAT, S.; CROWTHER, M. S.; DICKMAN, C. R.; VANDERSTEEN, J.; NEWSOME, T. M. The predatory impacts of invasive European wasps on flies are facilitated by carcasses with open wounds. **Food Webs**, [S. l.], v. 31, n.

January, p. e00227, 2022. DOI: 10.1016/j.fooweb.2022.e00227.

CAMARGO, J. M. F.; ROUBIK, D. W. Systematics and bionomics of the apoid obligate necrophages: the *Trigona hypogea* group (Hymenoptera: Apidae; Meliponinae). **Biological Journal of the Linnean Society**, [S. l.], v. 44, n. 1, p. 13–39, 1991.

CAMPOBASSO, C. P.; MARCHETTI, D.; INTRONA, F.; COLONNA, M. F. Postmortem artifacts made by ants and the effect of ant activity on decompositional rates. **American Journal of Forensic Medicine and Pathology**, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 84–87, 2009. DOI: 10.1097/PAF.0b013e318187371f.

CARVALHO, L. M. L.; THYSSEN, P. J.; LINHARES, A. X.; PALHARES, F. A. B. A checklist of arthropods associated with pig carrion and human corpses in Southeastern Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, [S. l.], v. 95, p. 135–138, 2000.

CASTRO, F. S.; DA SILVA, P. G.; SOLAR, R.; FERNANDES, G. W.; NEVES, F. S. Environmental drivers of taxonomic and functional diversity of ant communities in a tropical mountain. **Insect Conservation and Diversity**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 393–403, 2020. DOI: 10.1111/ICAD.12415. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/icad.12415>. Acesso em: 30 dez. 2022.

CATTS, E. P.; GOFF, M. L. Forensic entomology in criminal investigations. **Annual review of Entomology**, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 253–272, 1992.

DE JONG, G. D.; HOBACK, W. W. Effect of investigator disturbance in experimental forensic entomology: Succession and community composition. **Medical and Veterinary Entomology**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 248–258, 2006. DOI: 10.1111/j.1365-2915.2006.00618.x.

DE JONG, G. D.; CHADWICK, J. W. Decomposition and arthropod succession on exposed rabbit carrion during summer at high altitudes in Colorado, USA. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 36, n. 6, p. 833–845, 1999. DOI: 10.1093/jmedent/36.6.833.

DE SOUZA, A. A. F. Mirmecologia associada a carcaças de porcos (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) em duas áreas de Cerrado no Distrito Federal. [S. l.], n. D, p. 77, 2020.

DINERSTEIN, Eric *et al.* An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm. **BioScience**, [S. l.], v. 67, n. 6, p. 534–545, 2017. DOI: 10.1093/BIOSCI/BIX014. Disponível em: <https://academic.oup.com/bioscience/article/67/6/534/3102935>. Acesso em: 23 dez. 2022.

DOS SANTOS, W. E.; CARNEIRO, L. T.; ALVES, A. C. F.; CREÃO-DUARTE, A. J.; MARTINS, C. F. Stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) attracted to animal carcasses in the Brazilian dry forest and implications for forensic entomology. **Sociobiology**, [S. l.], v. 61, n. 4, p. 490–493, 2014. DOI: 10.13102/sociobiology.v61i4.490-493.

EUBANKS, M. D.; LIN, C.; TARONE, A. M. The role of ants in vertebrate carrion decomposition. **Food Webs**, [S. l.], v. 18, p. e00109, 2019. DOI: 10.1016/j.fooweb.2018.e00109. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2018.e00109>.

FRANK, E.; HALL, M.; WITTEN, I. The WEKA Workbench. Online Appendix for “Data

Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques”. **Morgan Kaufman**, Fourth Edition. Burlington, 2016.

GENNARD, Dorothy E. Forensic entomology : an introduction. [S. l.], p. 224, 2007. Disponível em: https://books.google.com/books/about/Forensic_Entomology.html?hl=pt-BR&id=rrb4RQAACAAJ. Acesso em: 23 dez. 2022.

GO, M. A case of human bone modification by ants (Hymenoptera: Formicidae) in the Philippines. **Forensic Anthropology**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 117–123, 2018. DOI: 10.5744/fa.2018.0012.

GRASSBERGER, M.; FRANK, C. Temperature-related development of the parasitoid wasp *Nasonia vitripennis* as forensic indicator. **Medical and Veterinary Entomology**, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 257–262, 2003. DOI: 10.1046/j.1365-2915.2003.00439.x.

GRISALES, D.; MAGNOLIA, R.; VILLEGAS, S. Insects associated with exposed decomposing bodies in the Colombian Andean Coffee Region. **Revista Brasileira de Entomologia**, [S. l.], v. 54, n. 4, p. 637–644, 2010. DOI: 10.1590/s0085-56262010000400016.

GUGLIELMINO, A.; OLMÍ, M.; BÜCKLE, C. An updated host-parasite catalogue of world Dryinidae (Hymenoptera: Chrysidoidea). **Zootaxa**, [S. l.], v. 3740, n. 1, p. 1–113–1–113, 2013. DOI: 10.11646/ZOOTAXA.3740.1.1. Disponível em: <https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.3740.1.1>. Acesso em: 20 dez. 2022.

HALL, R. D.; HUNTINGTON, T. E. Medicocriminal entomology. **Entomology and death: a procedural guide**. Joyce’s Print Shop, Clemson, SC, [S. l.], p. 1–8, 1990.

HEO, C. C.; LATIF, B.; KURAHASHI, H.; TAN, S. H.; CHEW, W. K.; NAZNI, W. A.; OMAR, B. Preliminary observations of necrophagous dipteran activities and a new host record of parasitoids on a high-rise building. **Polish Journal of Entomology**, [S. l.], v. 86, n. 2, p. 165–180, 2017. DOI: 10.1515/pjen-2017-0011.

HUBER, J. T. Biodiversity of Hymenoptera. **Insect Biodiversity**, [S. l.], p. 419–461, 2017. DOI: 10.1002/9781118945568.CH12. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/9781118945568.ch12>. Acesso em: 21 dez. 2022.

JOHNSON, N. F.; TRIPLEHORN, C. A. Estudo dos insetos. **São Paulo, Cengage Learning**, [S. l.], 2011.

KELLY, J. A. The influence of clothing, wrapping and physical trauma on carcass decomposition and arthropod succession in central South Africa. [S. l.], n. June, p. 229, 2006.

KENDALL, L. K.; WARD, D. F. Habitat determinants of the taxonomic and functional diversity of parasitoid wasps. **Biodiversity and Conservation**, [S. l.], v. 25, n. 10, p. 1955–1972, 2016.

KESHAVARZI, D.; ZAIMY, M. A.; AHMED YUSUF, M.; SHAHRIARINAMADI, M.; PARKHIDEH, S. Insect succession on carrion in Fars Province, southwestern Iran. **Egyptian**

Journal of Forensic Sciences, [S. l.], v. 9, n. 1, 2019. DOI: 10.1186/s41935-019-0124-8.

KLOWDEN, M. J. **Physiological systems in insects**. [s.l.] : Academic press, 2013.

LONGINO, J. T.; BRANSTETTER, M. G.; WARD, P. S. Ant diversity patterns across tropical elevation gradients: effects of sampling method and subcommunity. **Ecosphere**, [S. l.], v. 10, n. 8, p. e02798, 2019. DOI: 10.1002/ECS2.2798. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ecs2.2798>. Acesso em: 30 dez. 2022.

MACIEL, T. T.; CASTRO, M. M.; BARBOSA, B. C.; FERNANDES, E. F.; SANTOS-PREZOTO, H. H.; PREZOTO, F. Foraging behavior of fire ant *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) in *Felis catus* Linnaeus (Carnivora: Felidae) carcass. **Sociobiology**, [S. l.], v. 62, n. 4, p. 610–612, 2015. DOI: 10.13102/sociobiology.v62i4.736.

MASCIOCCHI, M.; FARJI-BRENER, A. G.; SACKMANN, P. Competition for food between the exotic wasp *Vespula germanica* and the native ant assemblage of NW Patagonia: Evidence of biotic resistance? **Biological Invasions**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 625–631, 2010. DOI: 10.1007/S10530-009-9469-5/FIGURES/3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-009-9469-5>. Acesso em: 30 dez. 2022.

MENDONÇA, R.; SANTOS-PREZOTO, H. H.; PREZOTO, F. Actions of the Fire Ant *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) on a Big-Eared Opossum Carcass. **Florida Entomologist**, [S. l.], v. 102, n. 2, p. 435–437, 2019. DOI: 10.1653/024.102.0224.

MITCHELL, T. M. **Machine learning**. McGraw-hill: New York, 1997. v. 1.

MORETTI, T. C.; THYSSEN, P. J.; GODOY, W. A. C.; SOLIS, D. R. Necrophagy by the social wasp *Agelaia pallipes* (Hymenoptera: Vespidae, Epiponini): Possible forensic implications. **Sociobiology**, [S. l.], v. 51, n. 2, p. 393–398, 2008.

MORETTI, T. D. C.; GIANNOTTI, E.; THYSSEN, P. J.; SOLIS, D. R.; GODOY, W. A. C. Bait and habitat preferences, and temporal variability of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) attracted to vertebrate carrion. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 48, n. 5, p. 1069–1075, 2011. DOI: 10.1603/ME11068.

MUÑOZ-LOZANO, Ca.; MARTÍN-VEGA, D.; MARTÍNEZ-CARRASCO, C.; SÁNCHEZ-ZAPATA, J. A.; MORALES-REYES, Z.; GONZÁLVEZ, M.; MOLEÓN, M. Avoidance of carnivore carcasses by vertebrate scavengers enables colonization by a diverse community of carrion insects. **PLoS ONE**, [S. l.], v. 14, n. 8, p. 1–22, 2019. DOI: 10.1371/journal.pone.0221890.

NOLL, F. B.; ZUCCHI, R.; JORGE, J. A.; MATEUS, S. Food collection and maturation in the necrophagous stingless bee, *Trigona hypogea* (Hymenoptera: Meliponinae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, [S. l.], p. 287–293, 1996.

NOWROUZI, S.; ANDERSEN, A. N.; MACFADYEN, S.; STAUNTON, K. M.; VANDERWAL, J.; ROBSON, S. K. A. Ant diversity and distribution along elevation gradients in the Australian wet tropics: the importance of seasonal moisture stability. **PLOS ONE**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. e0153420, 2016. DOI: 10.1371/JOURNAL.PONE.0153420. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0153420>.

Acesso em: 30 dez. 2022.

OLEA, P. P.; MATEO-TOMÁS, P.; SÁNCHEZ-ZAPATA, J. A. **Carrion Ecology and Management**. [s.l.] : Springer, 2019. v. 2

OLIVEIRA-COSTA, J. Entomologia forense: quando os insetos são os vestígios. In: **Entomologia forense: quando os insetos são os vestígios**. Campinas: Millenium, 2008.

PARK, S. H.; MOON, T. Y. Positive and negative impact to decomposition of pig cadavers by ants (hymenoptera: Formicidae) at the Islet Yeongdo in Busan, South Korea. **Entomological Research**, [S. l.], v. 50, n. 2, p. 124–127, 2020. DOI: 10.1111/1748-5967.12419.

PAULA, M. C.; MORISHITA, G. M.; CAVARSON, C. H.; GONÇALVES, C. R.; TAVARES, P. R. A.; MENDONÇA, A.; SÚAREZ, Y. R.; ANTONIALLI, W. F. Action of ants on vertebrate carcasses and blow flies (Calliphoridae). **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 53, n. 6, p. 1283–1291, 2016. DOI: 10.1093/jme/tjw119.

PAULI, T. *et al.* Phylogenetic analysis of cuckoo wasps (Hymenoptera: Chrysididae) reveals a partially artificial classification at the genus level and a species-rich clade of bee parasitoids. **Systematic Entomology**, [S. l.], v. 44, n. 2, p. 322–335, 2019. DOI: 10.1111/SYEN.12323. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/syen.12323>. Acesso em: 21 dez. 2022.

PEREIRA, E. K. C.; ANDRADE-SILVA, J.; SILVA, O.; SANTOS, C. L. C.; MORAES, L. S.; BANDEIRA, M. C. A.; SILVA, C. R. R.; REBÊLO, J. M. M. *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) activity delays vertebrate carcass decomposition. **Sociobiology**, [S. l.], v. 64, n. 3, p. 369–372, 2017. DOI: 10.13102/sociobiology.v64i3.1266.

PERILLO, L. N.; CASTRO, F. S. D; SOLAR, R.; NEVES, F. D. S. Disentangling the effects of latitudinal and elevational gradients on bee, wasp, and ant diversity in an ancient neotropical mountain range. **Journal of Biogeography**, [S. l.], v. 48, n. 7, p. 1564–1578, 2021.

PILGRIM, E. M.; VON DOHLEN, C. D.; PITTS, J. P. Molecular phylogenetics of Vespoidea indicate paraphyly of the superfamily and novel relationships of its component families and subfamilies. **Zoologica Scripta**, [S. l.], v. 37, n. 5, p. 539–560, 2008.

PUJOL-LUZ, J. R.; MARQUES, H.; URURAHY-RODRIGUES, A.; RAFAEL, J. A.; SANTANA, F. H. A.; ARANTES, L. C.; CONSTANTINO, R. A forensic entomology case from the Amazon rain forest of Brazil. **Journal of Forensic Sciences**, [S. l.], v. 51, n. 5, p. 1151–1153, 2006.

QUINLAN, J. R. Induction of decision trees. **Machine Learning** 1986 1:1, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 81–106, 1986. DOI: 10.1007/BF00116251. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00116251>. Acesso em: 30 dez. 2022.

REYMOND, A.; PURCELL, J.; CHERIX, D.; GUISAN, A.; PELLISSIER, L. Functional diversity decreases with temperature in high elevation ant fauna. **Ecological Entomology**, [S. l.], v. 38, n. 4, p. 364–373, 2013. DOI: 10.1111/EEN.12027. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/een.12027>. Acesso em: 30 dez. 2022.

SALIMI, M.; CHATRABGOUN, O.; AKBARZADEH, K.; OSHAGHI, M.; FALAHATI, M. H.; RAFIZADEH, S.; YUSUF, M. A.; RASSI, Y. Evaluation of insect succession patterns and carcass weight loss for the estimation of postmortem interval. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 55, n. 6, p. 1410–1422, 2018. DOI: 10.1093/jme/tjy095.

SHARKEY, M. J. Phylogeny and classification of Hymenoptera. **Zootaxa**, [S. l.], n. 1668, p. 521–548, 2007. DOI: 10.11646/ZOOTAXA.1668.1.25.

SINGH, S; ABDULLAH, N. A. B.; CARBAUGH, J.; HEO, C. C. Ants associated with a rat carcass: its implications in forensic entomology with special emphasis on *Carebara diversa* (Hymenoptera: Formicidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, [S. l.], 2020. DOI: 10.1007/s42690-020-00110-1.

SOMAVILLA, A.; LINARD, V.; RAFAEL, J. A. Social wasps (Vespidae: Polistinae) on carcasses of *Rattus norvegicus* (Mammalia: Muridae) in the Central Amazonia, Brazil: possible forensic implications. **Revista Brasileira de Entomologia**, [S. l.], v. 63, n. 1, p. 18–21, 2019. DOI: 10.1016/j.rbe.2018.12.001.

SOUZA, A. M. D; LINHARES, A. X. Diptera and Coleoptera of potential forensic importance in southeastern Brazil: relative abundance and seasonality. **Medical and veterinary entomology**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 8–12, 1997.

SUKCHIT, M.; DEOWANISH, S.; BUTCHER, B. A. Decomposition Stages and Carrion Insect Succession on Dressed Hanging Pig Carcasses in Nan Province, Northern Thailand. **Tropical Natural History**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 137–153, 2015.

SZEWCZYK, T.; MCCAIN, C. M. A Systematic Review of Global Drivers of Ant Elevational Diversity. **PLOS ONE**, [S. l.], v. 11, n. 5, p. e0155404, 2016. DOI: 10.1371/JOURNAL.PONE.0155404. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0155404>. Acesso em: 30 dez. 2022.

TAEGER, A.; BLANK, S. M.; LISTON, A. D. World Catalog of Symphyta (Hymenoptera). **Zootaxa**, [S. l.], v. 2580, n. 1, p. 1–1064–1–1064, 2010. DOI: 10.11646/ZOOTAXA.2580.1.1. Disponível em: <https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.2580.1.1>. Acesso em: 20 dez. 2022.

TINDO, M. *et al.* Current distribution and population dynamics of the little fire ant supercolony in Cameroon. **Insectes sociaux**, [S. l.], v. 59, n. 2, p. 175–182, 2012.

VANLAERHOVEN, S. L.; ANDERSON, Gail S. Insect succession on buried carrion in two biogeoclimatic zones of British Columbia. **Journal of Forensic Sciences**, [S. l.], v. 44, n. 1, p. 14409J, 1999. DOI: 10.1520/jfs14409j.

VENKATESWARAN, V.; SHRIVASTAVA, A.; KUMBLE, A. L. K.; BORGES, R. M. Life-history strategy, resource dispersion and phylogenetic associations shape dispersal of a fig wasp community. **Movement Ecology**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 1–11, 2017. DOI: 10.1186/S40462-017-0117-X/FIGURES/3. Disponível em:

<https://link.springer.com/articles/10.1186/s40462-017-0117-x>. Acesso em: 30 dez. 2022.

VOGEL, V.; PEDERSEN, J. S.; GIRAUD, T.; KRIEGER, M. J. B.; KELLER, L. The worldwide expansion of the Argentine ant. **Diversity and Distributions**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 170–186, 2010. DOI: 10.1111/J.1472-4642.2009.00630.X. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1472-4642.2009.00630.x>. Acesso em: 21 dez. 2022.

WILLE, A. Biology of the stingless bees. **Annual review of entomology**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 41–64, 1983.

WOLFF, M.; ZAPATA, Y.; MORALES, G.; BENECKE, M. Detección y cuantificación de propoxur en la sucesión de insectos de importancia médico-legal. **Revista Colombiana de Entomología**, [S. l.], v. 32, n. 2, p. 159–164, 2006. DOI: 10.25100/socolen.v32i2.9384.

YATES, H. O.; SMITH, D. R. History, distribution, damage, and life cycle of a pine shoot gall sawfly, *Xyela gallicaulis* (Hymenoptera: Xyelidae). **Journal of Entomological Science**, [S. l.], v. 44, n. 3, p. 276–283, 2009. DOI: 10.18474/0749-8004-44.3.276.

ZAKI, M. J.; MEIRA JR, W. **Data mining and analysis: fundamental concepts and algorithms**. [s.l.] : Cambridge University Press, 2014.

**CAPÍTULO II – INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS SOBRE A
DIVERSIDADE DE FORMIGAS NA FAUNA CADAVÉRICA**

RESUMO

Representante da ordem Hymenoptera, as formigas estão contidas na família Formicidae. Se tratam de insetos verdadeiramente sociais (eussociais), organizados em colônias de diversos níveis de complexidade. Além da grande gama de recursos utilizados como alimento, as formigas também estão abundantemente presentes em ambientes de decomposição de matéria orgânica animal. Frente a este recurso efêmero, estes insetos podem exibir comportamento necrófago, predatório ou onívoro. Fica evidente, que, perante a diversidade de hábitos e comportamentos desenvolvidos na família, o estudo acerca da mirmecofauna cadavérica, deve concentrar-se em entender suas dinâmicas ecológicas e comportamentais. Com esse objetivo, a presente pesquisa buscou analisar a diversidade de formigas associadas à fauna cadavérica em um gradiente de antropização sob variações abióticas, e observar seus hábitos comportamentais. Além de, explorar técnicas moleculares para investigação do hábito alimentar das formigas onívoras do gênero *Solenopsis* Westwood, 1840. Para isto, experimentos de coleta foram conduzidos em ambientes residencial, rural-agrícola, e transicional urbano-florestal. Foram utilizados 18 cadáveres de porcos domésticos (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) natimortos como atrativo. Parâmetros de diversidade, riqueza e abundância da mirmecofauna cadavérica foram calculados especificamente para cada local e comparados entre os mesmos. Análises foram realizadas considerando também as variantes ambientais. Foram coletados 25.454 indivíduos pertencentes à família Formicidae, organizados em 7 subfamílias, 38 gêneros e 79 espécies. A riqueza de espécies dos ambientes rural e transicional superou a do ambiente residencial. Contudo, considerando presença e ausência, a composição de espécies dos ambientes residencial e rural foi similar, onde colônias de dominância numérica e alto recrutamento foram registradas. Observou-se, principalmente, uma correlação negativa entre a riqueza de espécies e a incidência de luz. Sugere-se, que, a dinâmica de colonização de formigas e a influência das mesmas no processo decomposição, sofrerá variação de acordo com o ambiente em que os tecidos em decomposição se encontram, e as condições ambientais. E, que o habitat e a antropização são fatores importantes a considerar em se tratando da diversidade da mirmecofauna cadavérica. Colônias da formiga onívora *Solenopsis* foram coletadas para execução de procedimentos adaptados de extração e amplificação do DNA ingerido por indivíduos expostos a porções de tecido suíno e larvas de mosca, em ambiente controlado. Intervalos de coleta de 24h, 48h, 72h e 120h após o oferecimento do recurso, foram utilizados, e as formigas foram divididas em cabeça e gáster para as análises. O DNA do material ingerido por formigas *Solenopsis* foi detectado até 72h horas após o oferecimento, principalmente na região da cabeça dos indivíduos. O DNA também foi detectado em larvas da formiga. Os dados indicam que os recursos são dispersos pela colônia, e que o processamento completo dos mesmos, demanda tempo. Em suma, sugere-se, que, procedimentos moleculares podem ser utilizados para classificação do papel ecológico de formigas em cadáveres, possibilitando também o uso das evidências em investigações criminais.

Palavras-chaves: Alfa diversidade; Beta diversidade; Biologia molecular; Entomologia forense; Mirmecologia.

1 INTRODUÇÃO

Formigas (Formicidae) são insetos eussociais, ou seja, apresentam sobreposição de gerações, cuidado com a prole e organização de adultos em castas reprodutivas e não reprodutivas (WILSON, 1971). São encontradas na maioria dos habitats terrestres, onde quase sempre são os insetos comparativamente mais abundantes (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Em relação a outros insetos sociais, sua diversidade local é superior (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990) e estudos sugerem variações em seu mosaico de diversidade de acordo com estações chuvosas e secas (BISHOP *et al.*, 2015; HERNÁNDEZ-RUIZ; CASTAÑO-MENESES, 2006; LINDSEY; SKINNER, 2001; NEVES *et al.*, 2010; QUEIROZ *et al.*, 2022; SCHOFIELD; BISHOP; PARR, 2016).

As formigas exercem grande impacto nos ecossistemas terrestres, já que em diversos ambientes são os principais predadores de outros insetos e pequenos invertebrados (WILSON, 1971). Alguns gêneros estão entre os principais insetos considerados pragas nas áreas rural, urbana e hospitalar (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; WEBER, 1972). Entretanto, são consideradas importantes bioindicadores, possibilitando a verificação de níveis de restauração de ecossistemas por indicar traços ecológicos como estrutura vegetal e biodiversidade (CARVALHO *et al.*, 2020; LAWES *et al.*, 2017). Além disso, por facilmente acumularem metais pesados (DEL TORO *et al.*, 2010; RABITSCH, 1997; SKALDINA; PERÄNIEMI; SORVARI, 2018) e compostos utilizados na produção de plásticos e pesticidas, como os ftalatos, (LENOIR *et al.*, 2012) podem também apontar níveis de poluição.

Esses insetos se orientam em parte por sinais de odor e podem recrutar grupos de forrageamento de forma eficiente (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Alimentos que são levados ao ninho por operárias, geralmente são compartilhados com outros membros da colônia. Operárias de gêneros menos basais regurgitam alimento líquido às larvas, e operárias de gêneros basais podem carregar as larvas até a fonte alimentar (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Larvas de formigas, que diferentemente dos adultos podem digerir partículas sólidas, periodicamente produzem um líquido rico em nutrientes na região anal; o líquido pode ser requisitado por operárias, fazendo das larvas, potencialmente, uma casta digestiva especializada (CASSILL *et al.*, 2005; ERTHAL; PERES SILVA; IAN SAMUELS, 2007). O período imaturo, do nascimento do ovo até a emergência da formiga adulta a partir da pupa, normalmente representa apenas uma fração da vida adulta, podendo variar de 20 a 90 dias (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Formigas também são incluídas na entomofauna cadavérica, desde que exibem comportamento necrófago, predatório e onívoro em micro-habitats constituídos por carcaças de vertebrados em decomposição (CAMPOBASSO *et al.*, 2009; EUBANKS; LIN; TARONE, 2019). Podem ser os artrópodes numericamente dominantes colonizando um cadáver, e estar presentes durante toda a fase post-mortem, mesmo após adultos e larvas de moscas não estarem mais presentes (CAMPOBASSO *et al.*, 2009; PAYNE, 1965; PEREIRA *et al.*, 2017). Estudos também relatam o estabelecimento de ninhos de formigas em cadáveres e em suas proximidades (CAMPOBASSO *et al.*, 2009; GO, 2018; GOFF; WIN, 1997). Participam ativamente do processo de decomposição de cadáveres, atuando no fracionamento e decomposição das carcaças (ANDRADE-SILVA *et al.*, 2015; EUBANKS; LIN; TARONE, 2019; MORETTI; RIBEIRO, 2006a; NOOTEN *et al.*, 2022), ou diminuindo a população de larvas ativas no corpo e retardando o processo de decomposição (CARVALHO *et al.*, 2004; MORETTI; RIBEIRO, 2006b; WELLS; GREENBERG, 1994).

Lindgren *et al.* (2011) reportaram uma exclusão de moscas por nove dias em um cadáver humano onde havia a presença da formiga lava-pé *Solenopsis invicta* Buren, 1972. A exclusão foi resultado do conjunto do comportamento agressivo e predatório, e da adição de partículas de solo no interior de uma ferida, culminando em seu cobrimento total. Esse comportamento predatório pode dificultar e enviesar a estimativa do IPM, já que impossibilita e torna não confiável o uso do padrão de sucessão e desenvolvimento de moscas. Alguns estudos feitos com modelos animais indicam que a abundância, a área geográfica e as espécies de formigas encontradas no corpo influenciam os efeitos produzidos no processo de decomposição (CAMPOBASSO *et al.*, 2009). Segundo autores que compararam os efeitos de formigas em carcaças expostas (CAMPOBASSO *et al.*, 2009; SMITH, 1986), a ação dos indivíduos em cadáveres em ambientes tropicais tem maiores consequências.

Além de removerem tecidos moles, a remoção de cílios está entre os danos causados por formigas, possivelmente uma atividade espécie-específica (BYARD; JAMES; GILBERT, 2002). As lesões cutâneas produzidas aparecem como aglomerados de formato irregular com bordas recortadas, podendo haver perda de sangue dependendo da área lesionada; contudo, os artefatos produzidos por formigas podem variar de acordo com as diferentes características morfológicas das espécies, sendo importante a identificação desses insetos em estudos da área de entomologia forense (DE SOUZA *et al.*, 2020; PAULA *et al.*, 2016). Outros registros incluem o uso de sangue, pele úmida e exsudatos como fonte alimentar das formigas (EARLY; GOFF, 1986; SMITH, 1986).

Em análise superficial, as marcas post-mortem deixadas por esses indivíduos podem ser mal interpretadas e classificadas erroneamente como injúrias infligidas ante-mortem, e injúrias causadas em feridas preexistentes podem passar despercebidas (BYARD; HEATH, 2014; CAMPOBASSO *et al.*, 2009). Portanto, conhecer os padrões das modificações produzidas por formigas em tecidos em decomposição permite que, com inspeção meticulosa, seja possível confirmar ou descartar sua presença e atividade, e até mesmo inferir com mais confiança o agente causador e o período em que foi infligida a injúria (CAMPOBASSO *et al.*, 2009).

Apesar de assumir-se que as formigas estão se alimentando de tecidos de carcaças, como mencionado anteriormente, partículas sólidas são impedidas de entrar no trato digestivo de indivíduos adultos pelo filtro presente na cavidade infrabucal desses organismos (GLANCEY *et al.*, 1981; HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; LITTLE *et al.*, 2003). Estes fragmentos sólidos podem ser levados ao ninho para alimentar as larvas, assim como recursos líquidos que podem ser distribuídos por trofalaxia. Com isso em mente, De Jong (2020) utilizou técnicas moleculares para detectar DNA suíno e de moscas no intestino de formigas do gênero *Solenopsis* Westwood, 1840, coletadas diretamente e aos arredores de cadáveres de porco. A probabilidade de detectar DNA de porco ou mosca em formigas coletadas diretamente da carcaça aumentou a cada dia, e diminuiu com o aumento da distância entre o cadáver e o ninho de *Solenopsis*. De Jong (2020) fez o uso de técnicas de dissecação das formigas para remover o órgão digestivo, porém, em estudo que buscou verificar a detecção de material genético ingerido por formigas em diferentes órgãos e partes do corpo, (PENN; CHAPMAN; HARWOOD, 2016) a detecção pôde ser realizada sem a necessidade de dissecação.

Geralmente, não se considera as formigas como ferramentas ou modelos organizmicos para desvendar casos legais, com raras exceções (GOFF; WIN, 1997). E, ainda, pouco sabe-se a respeito da contribuição das formigas no sistema de decomposição de carcaças (OLEA; MATEO-TOMÁS; SÁNCHEZ-ZAPATA, 2019). Com isso em mente, a presente pesquisa buscou verificar como as comunidades de formigas associadas à fauna cadavérica se comportam em diferentes graus de antropização e variações ambientais, e observar seus comportamentos em tecidos de vertebrados em decomposição. Além disso, pretendeu-se conduzir testes preliminares para explorar os hábitos alimentares de formigas onívoras associadas à fauna cadavérica, através de procedimentos moleculares. Por meio dos resultados, a presente pesquisa espera contribuir com estudos que buscam o entendimento acerca da função ecológica de diferentes espécies de formigas na decomposição de carcaças; e auxiliar na compreensão de cenas de crimes baseando-se nas espécies encontradas.

1.1 Objetivo geral

Procurou-se, verificar e analisar a diversidade e composição de espécies da família Formicidae atraídas a vertebrados em decomposição, em ambientes de diferentes graus de antropização sob variações ambientais, e explorar possíveis padrões ecológicos e hábitos comportamentais e alimentares.

1.1.1 Objetivos específicos

Especificamente, teve-se como objetivos: (1) verificar e analisar a diversidade e composição de espécies da família Formicidae associadas à fauna cadavérica nos ambientes residencial, rural e de transição, sob suas variações abióticas; (2) observar e registrar os comportamentos dessas formigas em cadáveres de vertebrados; e, (3) explorar técnicas moleculares para determinação dos hábitos alimentares de adultos e imaturos de formigas onívoras, considerando variações temporais e espaciais, em material orgânico em decomposição.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização das áreas de estudo

As coletas foram realizadas no Estado de São Paulo ao longo de um gradiente de urbanização: área residencial; área de transição urbano-florestal; e área rural-agrícola (Tabela 1). Por urbanização, refere-se à conversão do uso de terra rural a um uso de terra urbano que ocorre ao longo do tempo (MCDONNELL *et al.*, 2008). As áreas, descritas na Tabela 1 e ilustradas da Figura 1, compreenderam a região das cidades de Rio Claro e Ipeúna, que estão há 20 km de distância. Para a escolha das localidades, deu-se prioridade à possibilidade de observação segura e constante, e à viabilidade em deixar equipamentos no local sem acompanhamento integral.

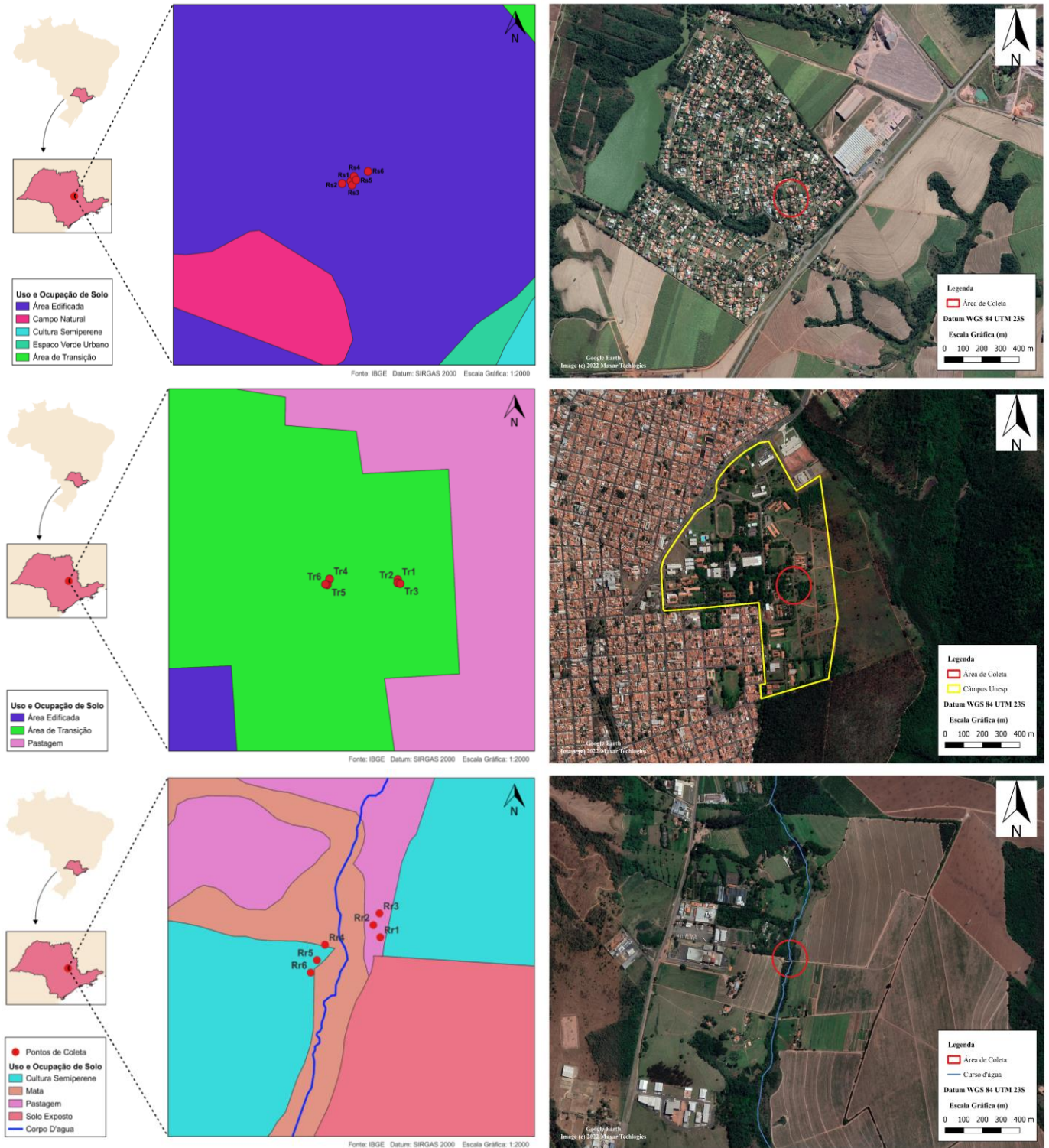
A região de estudo se enquadra no aglomerado populacional de Piracicaba, no centro-leste do Estado de São Paulo. O clima é temperado úmido com inverno seco e verão quente, do tipo Cwa de acordo com a classificação de Köppen (KOTTEK *et al.*, 2006). A precipitação é concentrada entre os meses de outubro a março e totalizou 1.204 mm no ano de 2020, com pico em fevereiro e dezembro; a temperatura média anual, também no ano de 2020, foi de 22,95°C, de acordo com a estação meteorológica localizada no Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) Câmpus de Rio Claro.

Tabela 1 - Descrição dos locais amostrados no estudo e pontos onde foram realizadas as coletas com as respectivas coordenadas geográficas decimais (Datum SIRGAS 2000) e a elevação. Rs: ambiente residencial; Rr: ambiente rural; Tr: ambiente de transição.

Áreas	Localização	Caracterização	Pontos de coleta e elevação
Residencial	Ipeúna, São Paulo, Brasil	Centro do complexo residencial Portal dos Nobres (Loteamento Núcleo Urbano Lajeado), na cidade de Ipeúna (7.687 habitantes - IBGE/2020) que possui uma área total de 1.207.482,42 metros quadrados, com 1.048 lotes com destinação exclusiva a residências ou áreas de recreio (Figura 1).	Rs1: -22.411441, -47.684829; 631,93 m Rs2: -22.411468, -47.684937; 632,81 m Rs3: -22.411488, -47.684811; 633,10 m Rs4: -22.411381, -47.684786; 633,61 m Rs5: -22.411425, -47.684759; 634,90 m Rs6: -22.411326, -47.684602; 633,20 m
Transição urbano-florestal	Rio Claro, São Paulo, Brasil	Limite da cidade de Rio Claro (208.008 habitantes - IBGE/2020), entre o Câmpus da UNESP e a Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA; Figura 1).	Tr1: -22.396349, -47.542576; 611,44 m Tr2: -22.396389, -47.542573; 610,82 m Tr3: -22.396397, -47.542538; 610,62 m Tr4: -22.396345, -47.543440; 618,06 m Tr5: -22.396410, -47.543469; 618,53 m Tr6: -22.396401, -47.543495; 621,06 m
Área agrícola-rural	Rio Claro, São Paulo, Brasil	Propriedade com produção de soja <i>Glycine max</i> (L.) Merrill, 1917, rodeada por diversas áreas de produção agrícola e criação de animais (Figura 1).	Rr1: -22.337362, -47.539017; 615,90 m Rr2: -22.337067, -47.539027; 615,45 m Rr3: -22.337454, -47.539721; 613,17 m Rr4: -22.337643, -47.539824; 621,54 m Rr5: -22.337796, -47.539904; 623,26 m Rr6: -22.337794, -47.539900; 624,35 m

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 1- Na esquerda, mapas de uso do solo e pontos de coleta da área residencial, de transição e rural, respectivamente. E direita, a visão aérea das respectivas áreas. Os mapas podem ser encontrados ampliados no Apêndice B. Rs: pontos amostrais no ambiente residencial; Rr: pontos amostrais no ambiente rural; e Tr: pontos amostrais no ambiente de transição.



Fonte: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SIMA/SP). Google Maps. Imagens © 2021 CNES/, Maxar Technologies.

2.2 Desenho experimental

Foram utilizados como atrativo cadáveres de porcos domésticos (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) natimortos doados pela empresa Antonio Bacochina (Cordeirópolis, São Paulo), do segmento de reprodução animal. Os cadáveres suínos utilizados variaram de 1,255 kg a 2,145 kg, apresentando, ainda, o cordão umbilical e indicando que a condição de natimortos. Os porcos foram mantidos em *freezer* a temperatura média de -14 °C desde a morte, e retirados 24h antes do uso nos experimentos para degelo. Cada carcaça foi posicionada diretamente no solo, no interior de uma gaiola de grade de ferro de fundo vazado, com o total de 56 cm de altura, 50 cm de largura e 50 cm de comprimento (Figura 2). Sendo as fendas das grades de 15 cm de altura por 2 cm de largura, e as hastes de ferro de 0,5 cm de diâmetro. A porta presente em uma das faces da gaiola pôde ser aberta com facilidade (Figura 2) e permitiu o manuseio de objetos no seu interior com mínima perturbação. A presença da gaiola evitou a interferência de animais vertebrados de porte médio e grande, e não afetou o processo natural de decomposição do cadáver. As gaiolas foram posicionadas no solo por 24h antes do início dos experimentos para ambientação, momento em que também foram montadas as armadilhas de queda (*pitfall*).

Figura 2 - Gaiolas utilizadas nos experimentos de coleta de Formicidae.



Fonte: A autora.

Os ensaios foram realizados nas três áreas descritas anteriormente, durante a estação chuvosa local, entre os meses de dezembro de 2021 e abril de 2022. Três porcos foram dispostos

simultaneamente por duas vezes em cada uma das áreas descritas, totalizando seis porcos por área, e 18 no total. Os cadáveres foram posicionados em locais diferentes em cada repetição (Figura 1), a ao menos 15 m de distância entre si, de forma a viabilizar as coletas, gravações e observações em horários semelhantes. Foram instaladas cinco armadilhas de queda no solo em torno de cada porco, uma no interior e uma à frente de cada face da gaiola. A solução para coleta dos indivíduos, composta por água e detergente, foi recolhida e repostada em três momentos diariamente, quando também foram realizadas coletas ativas, gravações e fotografias dos cadáveres. Os horários de coleta escolhidos foram baseados nos horários de pico, nascer e ocaso do Sol fornecidos pelo Astronomical Applications Dept., U. S. Naval Observatory, para a localização -22.3992, -47.5620 UTC-3 nos meses em que decorreram os experimentos. Dessa forma, foi verificada a ocorrência de espécies de formigas no período da noite ($\pm 18\text{h}30\text{min}$ às $\pm 5\text{h}30\text{min}$), da manhã ($\pm 5\text{h}30\text{min}$ às $\pm 12\text{h}$) e da tarde ($\pm 12\text{h}$ às $\pm 18\text{h}30\text{min}$).

Além da observação direta, gravações foram realizadas com o auxílio das câmeras à prova d'água GoPro® Hero 4 black e GoPro® Hero 6 black. As câmeras foram posicionadas direcionadas à região abdominal dos cadáveres durante todas as coletas, diariamente até o fim dos experimentos. As gravações foram iniciadas minutos antecedendo as coletas, e permaneceram por aproximadamente 1h30min, na função *timelapse* de 30 FPS (quadros/segundo), produzindo vídeos de aproximadamente cinco minutos. Para as gravações realizadas durante a noite foram utilizados flashes de LED à prova d'água de 200 lm (fluxo luminoso) e entre 5500 K e 6000 K (temperatura de cor). Para imagens e vídeos com mais definição e aproximação foi utilizado o celular Xiaomi® Mi 9.

A temperatura externa, umidade relativa e incidência de luz solar foram aferidas através do Data Logger HOBO® U12-012, com intervalos de 30 minutos, e os dados de precipitação da região foram cedidos pelo CEAPLA. As imagens e as condições abióticas foram registradas em apenas duas carcaças por vez, pela falta de um terceiro equipamento de cada tipo. Os cadáveres foram analisados em campo até que completassem três dias no estágio final de decomposição (restos), quando não há mais a presença de tecidos, apenas ossos, e os odores de deterioração começam a desaparecer (PAYNE, 1965); de forma a permitir a investigação de ocorrência de formigas durante todos os estágios, principalmente nos que poucos insetos são encontrados em abundância.

Os espécimes coletados foram levados ao Laboratório de Formigas-Cortadeiras (LAFC), na UNESP Câmpus de Rio Claro para triagem. Os indivíduos foram identificados a nível de espécie, pela especialista Claudia Tiemi Wazema, do Laboratório de Mirmecologia do

Alto Tietê (LAMAT), na Universidade de Mogi das Cruzes (UMC) e depositados em coleção de referência.

2.3 Testes moleculares

Para análise qualitativa da alimentação de formigas presentes em carcaças, foram realizados procedimentos de extração e amplificação de DNA, de forma similar ao protocolo utilizado por de Jong (2020). Para isso, colônias de formigas do gênero *Solenopsis* Westwood, 1840 foram mantidas em laboratório, alimentadas com tecido suíno e larvas de moscas de segundo e terceiro instar sem vida, e submetidas aos processos moleculares. As três colônias utilizadas foram coletadas na UNESP, Câmpus de Rio Claro (-22.393889, -47.548611- WGS84, 626 m acima do nível do mar; Figura 1). As colônias permaneceram as 24 horas prévias aos experimentos sem alimentação. Os recursos alimentares (tecido suíno e larvas de mosca) foram oferecidos simultaneamente, e permaneceram por 24 horas disponíveis para as formigas. Ao fim das 24 horas o recurso que não foi carregado foi retirado.

Previamente, um teste foi realizado com agrupamentos (*pools*) de três, cinco e 20 indivíduos por amostra, porém, nenhum material genético ingerido pôde ser recuperado em amostras com três indivíduos, e amostras com 20 indivíduos apresentaram pouca pureza. Dessa forma, os experimentos foram realizados com cinco espécimes adultos por amostra. Agrupamentos de três larvas de formigas por amostra também foram testados, e devido a quantidade de impurezas e corpo gorduroso, foi dada preferência a apenas uma larva de formiga por amostra. Pupas não foram testadas quanto à ingestão do alimento por não se alimentarem durante a fase. Outro teste foi realizado para verificar o método mais eficiente de esterilização da superfície do corpo dos indivíduos. Ficou estabelecido o procedimento de imersão dos espécimes em 500 µL de hipoclorito por 10 segundos, seguido por imersão em 500 µL de H₂O Milli-Q® por 10 segundos (adaptado de MOREAU, 2014). Ao todo, foram coletadas 460 formigas adultas e 36 larvas de formiga do gênero *Solenopsis*. As coletas ocorreram em intervalos de 24, 48, 72 e 120 horas após o oferecimento dos recursos. Os adultos foram divididos em cabeça e gáster para a extração do material genético.

Para dar início ao processo de extração, os tecidos foram dissociados através de cuidadosa maceração em 600 µ do tampão TNES (Tris-base: 0,605 g; NaCl: 2,337 g; EDTA: 0,744 g; SDS: 0,5 g; H₂O Milli-Q® 100 ml). Em seguida foi adicionado 3 µ de proteinase K (20mg/ml) e a solução foi incubada a 55°C por três horas. Para a lise das membranas celulares, assim que as amostras voltaram à temperatura ambiente, foram adicionados 200 µL de NaCl

5M e a solução foi centrifugada a 11.500 rpm por seis minutos. Para a lavagem do DNA, 600 µL do sobrenadante foi transferido para um novo tubo de 1,5 mL contendo 600 µL de isopropanol 100%, e a solução foi centrifugada a 13.000 rpm por quatro minutos. Cuidadosamente, o sobrenadante resultante foi removido e 600 µL de isopropanol 100% foram adicionados à solução, que foi centrifugada a 13.000 rpm por quatro minutos. O processo foi repetido com a adição de 600 µL de etanol 100%, e então 600 µL de etanol 70%. Por fim, o sobrenadante foi novamente descartado e o DNA foi seco à temperatura ambiente *overnight* e hidratado com 30 µL do tampão TE (Tris-HCl; EDTA).

O DNA foi quantificado através do espectrofotômetro NanoDrop™ Lite e a relação de absorbância 260 nm: 280 nm (A260/A280) foi aferida para verificar a pureza e qualidade das amostras. Foram consideradas viáveis as amostras que apresentaram a razão de A260/A280 entre 1,8 e 2,0, que caracteriza soluções relativamente puras e de boa qualidade para os procedimentos posteriores (KL, 1995). Para amplificação e detecção de DNA suíno e de larvas de moscas, foi utilizado um protocolo padrão de PCR. Para isso, foram utilizados microtúbulos de 0,2 mL, nos quais foram adicionados 5 µL de tampão GoTaq 5X Reaction Buffer, 0,5 µL de DNTp, 0,5 µL dos primers *foward* e *reverse* a 10 uM, 0,13 µL de GoTaq DNA polymerase (5U/µL), 2,5 µL de MgCl₂ (25 nM), 1,5 µL da solução de DNA extraído à concentração de 50 ng/µL e 14,37 µL de H₂O Milli-Q® estéril, totalizando 25 µL de solução. Os primers *foward* utilizados para a amplificação de DNA foram o AFPFw2 para suíno e AFPFw1 para mosca; e os primers *reverse* foram o PigR1 para suíno e FlyR1 para mosca (Quadro 2), como utilizado por de Jong (2020). Todas as amostras foram testadas para ambos os primers.

Quadro 1 - Sequência dos primers para amplificação do DNA de porco e larvas de mosca.

Alvo	Primer	Sequência
Mosca	FlyR1	5'-CAAATGTAATTCCTGTAGATC-3'
	AFPFw1	5'-TGCTTTTATTATAATTTTCTTTATAGT-3'
Porco	PigR1	5'-GGTTCTTTTTTACCTGAATAG-3'
	AFPFw2	5'-CTATTTTCAACAAATCACAAAGA-3'

Fonte: Adaptado de De Jong, 2020.

As reações foram conduzidas em termociclador Veriti™ 96 Well da Applied Biosystems. Para a desnaturação inicial do DNA as amostras foram submetidas a 95 °C por três

minutos, seguido por 40 ciclos de 95 °C por 45 segundos, anelamento por 45 segundos a 47 °C (PigR1 e AFPFw2) ou 42 °C (FlyR1 e AFPFw1) e extensão a 72 °C por 45 segundos (De JONG, 2020). Após a ciclagem, as amostras foram mantidas a 4 °C até a eletroforese. Os fragmentos de DNA amplificados foram separados utilizando eletroforese em gel de agarose 1% em TBE 1X. Foi produzida uma solução de 1,5 µL de DNA e 1,5 µL de Gel Red (1:1) para possibilitar a observação do DNA sob luz ultravioleta. O marcador molecular de 1000 pares de bases Gene Ruller DNA Ladder da Thermo Scientific foi utilizado. As condições da eletroforese foram de 115 volts a 80 mA por aproximadamente 45 min e ao final o gel foi visualizado e fotografado sob luz ultravioleta através do equipamento MiniBIS Pro. A amplificação bem-sucedida do DNA foi evidenciada por meio de uma banda fluorescente alinhada ao controle positivo, indicando a presença de níveis detectáveis de DNA suíno ou de larvas de mosca no interior das formigas amostradas. Os controles positivos consistiram em amostras coletadas diretamente dos recursos (i.e., tecido suíno e larvas de mosca).

2.4 Análise de dados

A diversidade taxonômica alfa (α) foi calculada para cada comunidade (ambientes) e unidades amostrais (porcos), e os índices de Shannon-Wiener (H') e de equitabilidade de Pielou (J) foram computados para determinar a dimensão de diversidade e o grau de uniformidade de distribuição de espécies (ODUM, 1988), respectivamente. O índice de Shannon-Wiener é fundamentado na distribuição da abundância e número de espécies, e quantifica a imprecisão em prever a identidade de uma espécie. Quanto ao índice de Pielou, se todas as espécies apresentarem abundância relativa semelhante, então $J = 1$, e se uma espécie apresenta dominância, J aproxima-se de zero. Para verificar a diversidade taxonômica entre as comunidades, a diversidade taxonômica beta (β) foi calculada para cada par de comunidades de formigas possíveis, utilizando o índice de dissimilaridade de Jaccard (BASELGA; ORME, 2012). Para isto, o índice total de dissimilaridade (β_{jac}), o componente de substituição (*turnover*; β_{tu}), e o componente de aninhamento (*nestedness*; β_{ne}) de Jaccard foram calculados (BASELGA, 2010; BASELGA; ORME, 2012). Onde, os componentes contam com a dissimilaridade derivada exclusivamente da substituição e aninhamento, respectivamente, e o índice de dissimilaridade total é a soma dos dois componentes (BASELGA, 2010; BASELGA; ORME, 2012).

O aninhamento reflete o processo de perda de espécies quando comunidades com menor número de espécies formam subconjuntos de comunidades com números maiores de espécies;

e de forma contrária, substituição consiste na rotatividade de espécies devido a restrições ambientais, espaciais ou históricas (BASELGA, 2010). O índice de dissimilaridade de Jaccard calcula as espécies não compartilhadas entre as comunidades como a proporção total das espécies coletadas considerando dados de presença e ausência (JACCARD, 1912). A função `beta.pair` do pacote `betapart` (BASELGA; ORME, 2012) foi utilizada para o processo. O índice de dissimilaridade de Bray-Curtis, uma versão modificada do índice de Sorensen que inclui a abundância das espécies, também foi calculado (CHAO; CHAZDON; SHEN, 2005).

Para verificar como a diversidade de formigas se deu nos diferentes ambientes, os dados de diversidade taxonômica alfa (riqueza de espécies) foram submetidos à análise de variância de um fator (ANOVA), seguida pelo teste post hoc de Tukey, respeitando a distribuição normal e homogênea (Mann-Whitney e Levene, $p > 0,05$). O mesmo procedimento foi conduzido para verificar a influência dos períodos do dia e dos estágios de decomposição na diversidade taxonômica alfa. Para observar como a riqueza de espécies variou com as condições ambientais, foi aplicado o teste de correlação de Pearson utilizando as médias de temperatura, umidade relativa e incidência de luz diárias, e os dados de precipitação dos períodos. Uma vez que a duração do processo de decomposição variou entre os ambientes e as unidades amostrais, a riqueza de espécies entre os ambientes também foi comparada através de rarefação (interpolação; HSIEH; MA; CHAO, 2016), considerando o esforço amostral (*sampled-based*) e o número de indivíduos (*individual-based*), utilizando o pacote `iNEXT` (HSIEH; MA; CHAO, 2016).

Curvas de distribuição de abundância foram avaliadas para verificar qual modelo teórico melhor as explica através da função `radfit` do pacote `vegan`. Os dados de abundância das seis espécies mais abundantes e frequentes foram comparados entre as classes de temperatura, umidade relativa, períodos do dia e estágios de decomposição através do teste Qui-quadrado (X^2), para verificar se há um padrão intraespecífico. Para observar os efeitos dos ambientes e das diferenças climáticas (temperatura, umidade relativa, incidência de luz e precipitação) na diversidade taxonômica beta, foi utilizada uma PERMANOVA (9.999 permutações) para a diversidade beta total de Jaccard. Para identificar as diferenças de composição entre os ambientes, foi realizada a análise BETADISPER. Um nMDS (*non-Metric Multidimensional Scaling* - Escalonamento multidimensional não-métrico) foi implementada na matriz de composição de espécies para visualização da similaridade. Todas as análises estatísticas foram feitas com auxílio do programa estatístico R (r core Team 2017) e R Studio (2022.07.2 + 576). O nível de significância foi de $\alpha = 0,05$. Os gráficos utilizados foram feitos através do pacote `ggplot2` (WHICKHAM, 2016). Gráficos de densidade foram produzidos para visualização dos

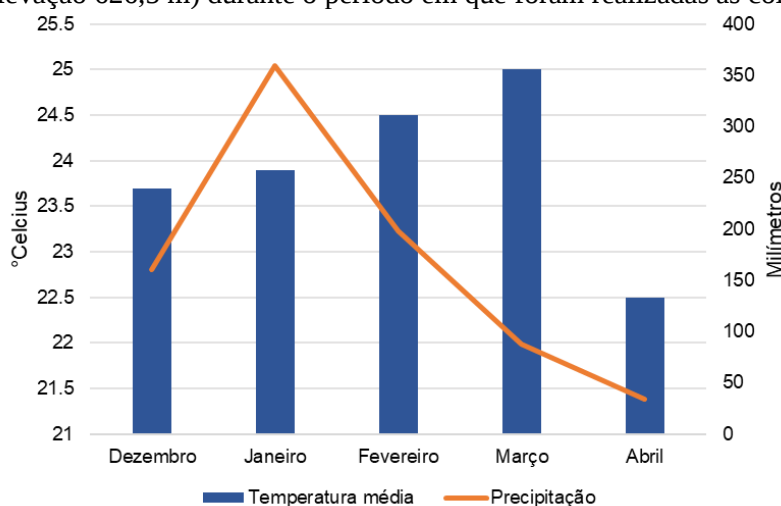
valores de temperatura, umidade relativa e incidência solar registrados em cada unidade amostral.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variáveis abióticas

A temperatura média mensal e a precipitação registradas pela estação meteorológica da região de Rio Claro, referentes ao período em que ocorreram os experimentos, pode ser observada no Gráfico 1. Especificamente, a temperatura, umidade relativa e incidência de luz médias, foi de $\pm 25,89^{\circ}\text{C}$, $\pm 72,03\%$ e ± 3.994 lux para o ambiente residencial; $\pm 23,71^{\circ}\text{C}$, $\pm 83,25\%$ e ± 848 lux para o ambiente de transição; $\pm 26,52^{\circ}\text{C}$, $\pm 76,51\%$ e ± 1.003 lux para o ambiente rural. A precipitação para cada ambiente, respectivamente, foi de $\pm 34,5$ mm, $\pm 168,3$ mm e $\pm 72,4$ mm. Através da densidade dos valores registrados (Gráfico 2), é possível observar que o ambiente de transição apresentou valores mais amenos de temperatura e que a amplitude térmica foi baixa. O mesmo padrão pôde ser observado em todas as unidades amostrais do local. O ambiente rural apresentou maior densidade de temperaturas mais quentes, entre ± 25 e $\pm 30^{\circ}\text{C}$. Em comparação com o ambiente de transição, percebe-se maior amplitude térmica, com registros de temperaturas aproximadas à 40°C . O padrão não foi observado em todas as unidades amostrais do local, uma carcaça especificamente registrando maior densidade de temperaturas mais altas. No ambiente residencial foi observado a maior amplitude térmica, com temperaturas entre $\pm 15^{\circ}\text{C}$ a $\pm 50^{\circ}\text{C}$.

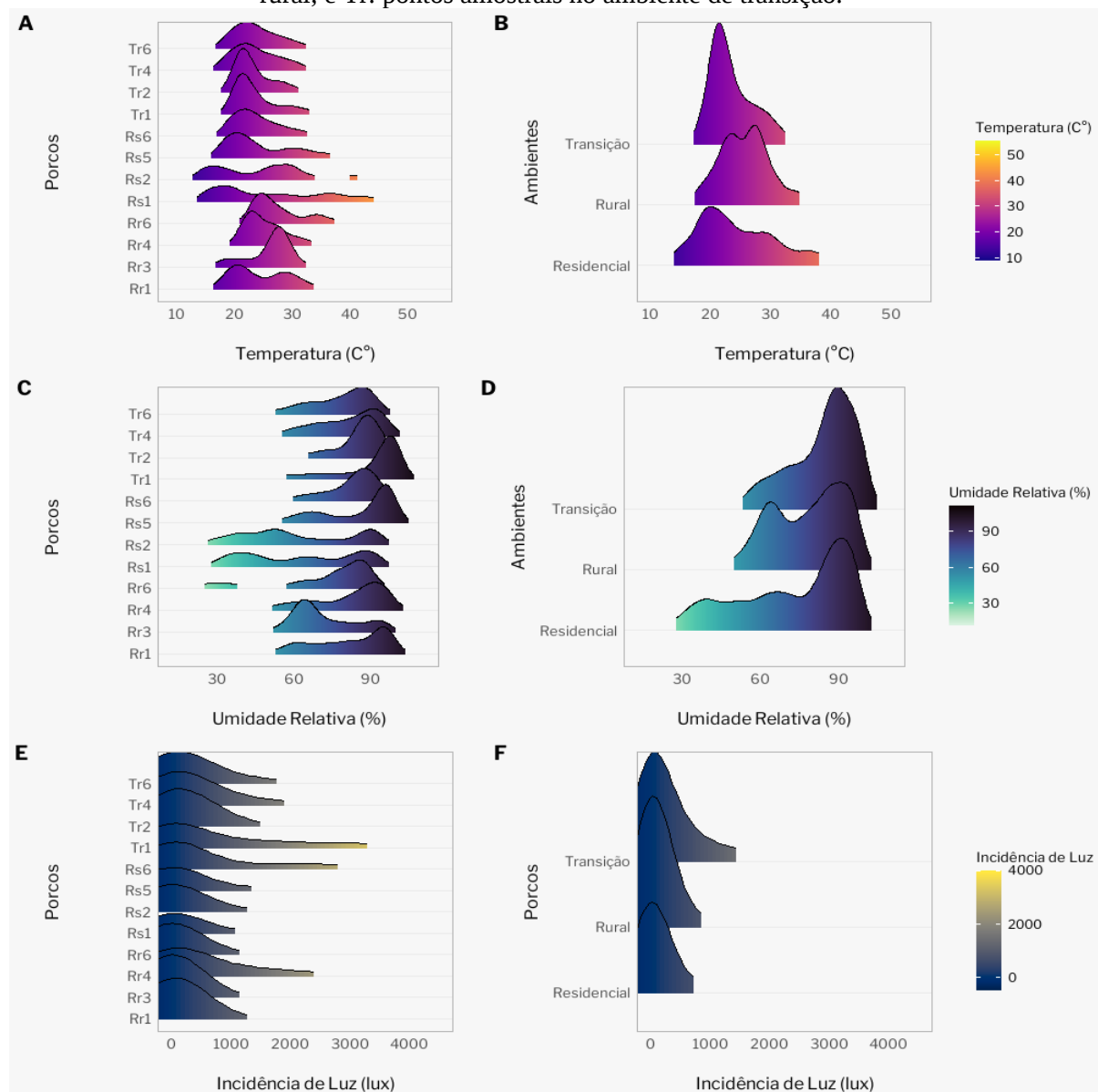
Gráfico 1 - Precipitação (mm) e temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) mensais, da região de Rio Claro ($22^{\circ} 23' \text{S}$ $47^{\circ} 32' \text{O}$; elevação 626,5 m) durante o período em que foram realizadas as coletas.



Fonte: Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA) da UNESP Rio Claro.

Os maiores valores de umidade relativa foram observados no ambiente de transição, suportado pelo maior valor de precipitação registrado entre os locais. De forma semelhante foi observado no ambiente rural, que apresentou valores entre $\pm 60\%$ a $\pm 90\%$ de umidade relativa, e o segundo maior valor de precipitação registrado. O ambiente residencial apresentou valores mais baixos de umidade relativa, distribuídos de forma mais ou menos uniforme entre $\pm 30\%$ e $\pm 60\%$. Contudo, apesar de baixo, também apresentou um pico de umidade a 90%. A incidência de luz não variou grandemente entre os ambientes residencial e rural, onde apenas duas unidades amostrais se destacaram por apresentarem valores mais altos.

Gráfico 2 - Densidade dos valores de temperatura, umidade relativa e incidência de luz registrados em intervalos de 30 minutos durante os experimentos, organizados por unidades amostrais (A, C e E) e ambientes (B, D e F). Rs: pontos amostrais no ambiente residencial; Rr: pontos amostrais no ambiente rural; e Tr: pontos amostrais no ambiente de transição.



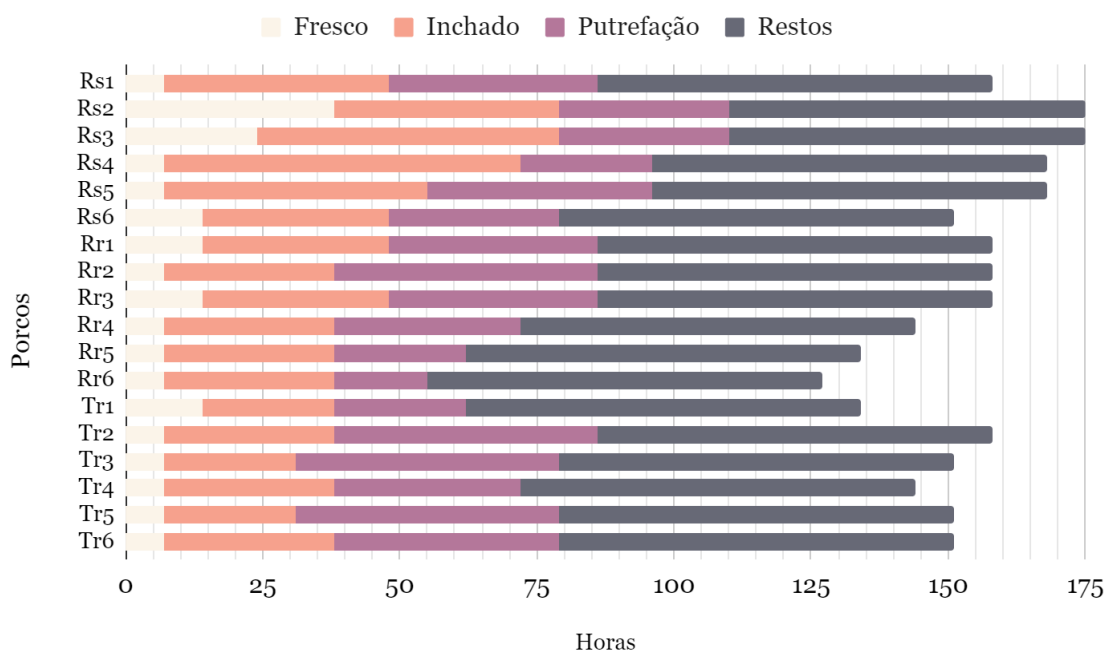
Fonte: Dados da pesquisa

3.2 Estágios de decomposição

O período de observação das carcaças variou entre 5 a 8 dias (média de $\pm 153,5$ horas). Considerando a classificação dos estágios de decomposição apresentada por Rodriguez (1982), foram distinguidos quatro estágios: fresco, inchado, putrefação e restos. O tempo total de cada estágio de decomposição variou entre cada carcaça, sendo em média ± 7 horas para o fresco, ± 31 horas para o inchado e ± 36 horas para o de putrefação. O período total de decomposição, descontando a observação por três dias no estágio de restos, foi em média ± 82.27 horas. Os porcos posicionados no ambiente residencial demoraram mais para se decompor (atingir o estágio de restos; em média ± 96 horas), enquanto os dos ambientes rural e de transição foram semelhantes (em média ± 74 horas e ± 76 horas, respectivamente). Em média, o período fresco durou ± 16 horas no ambiente residencial, ± 9 horas no ambiente rural e ± 8 horas no ambiente de transição. Já o período inchado, durou ± 47 horas, ± 32 horas e ± 27 horas, respectivamente. E o estágio de decomposição de putrefação durou ± 32 horas no ambiente residencial, ± 33 horas no ambiente rural e, por fim, ± 40 horas no ambiente de transição.

Englmeier *et al.* (2022) observaram que a decomposição de carcaças responde fortemente à temperatura local, elevação e à presença de insetos, enquanto que o uso da terra, local e regional, não influenciam no processo. Analisando os porcos que perduraram mais a atingir o estágio de decomposição de restos (Gráfico 3), nota-se que foram submetidos a maior amplitude térmica e temperaturas bem distribuídas (Gráfico 2), o mesmo ocorrendo com os valores de umidade relativa (Gráfico 2), e o menor valor de precipitação. Os resultados corroboram ao que foi ressaltado por Englmeier *et al.* (2022), em que a elevação da temperatura em 1°C acelerou em quatro dias o processo de decomposição.

Gráfico 3 - Duração dos estágios de decomposição, em horas, por unidade amostral nos ambientes. Rs: pontos amostrais no ambiente residencial; Rr: pontos amostrais no ambiente rural; e Tr: pontos amostrais no ambiente de transição.



Fonte: Dados da pesquisa

3.3 Diversidade

No total foram coletados 25.454 indivíduos pertencentes à família Formicidae, organizados em 7 subfamílias, 38 gêneros e 79 espécies. A diversidade de formigas coletadas foi superior às encontradas em outros estudos relacionados à decomposição de vertebrados, no Brasil (ANDRADE-SILVA *et al.*, 2015; PAULA *et al.*, 2016; VIANA *et al.*, 2022), e em outros continentes (BARTON *et al.*, 2017; LEONG *et al.*, 2019; PARK; MOON, 2020). A subfamília Myrmicinae foi representada por 13.411 indivíduos de 40 espécies, sendo a mais abundante e de maior riqueza, como normalmente observado em estudos de diversidade na maior parte dos ambientes no Brasil (FEITOSA *et al.*, 2022). A segunda subfamília mais abundante, Dolichoderinae (n=5.840), foi representada por apenas cinco espécies, onde 93,36% dos indivíduos pertenceram à espécie *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908.

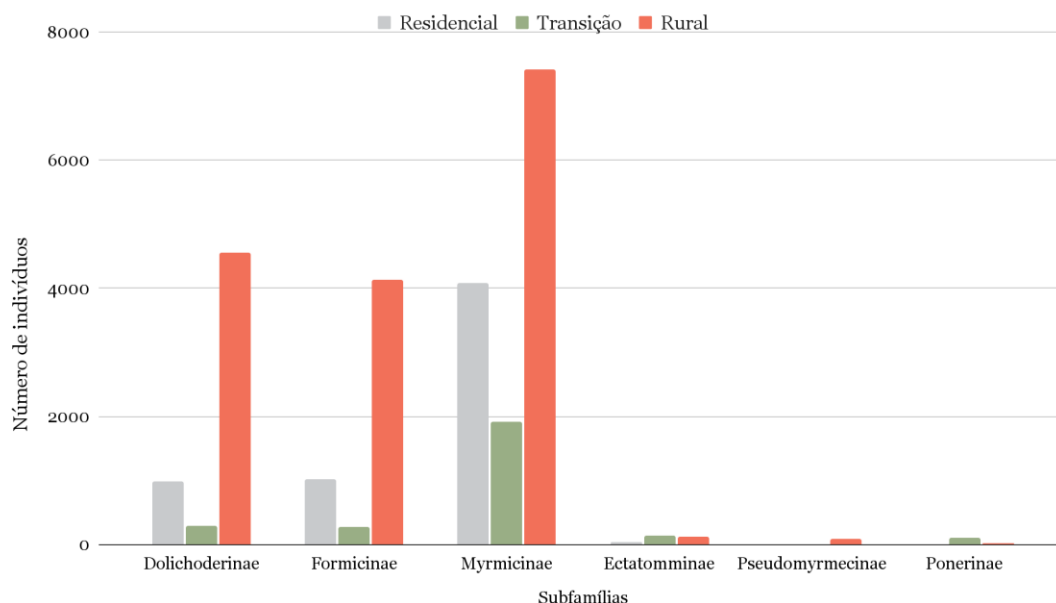
Formigas da subfamília Dolichoderinae podem exercer dominância numérica e comportamental em comunidades de formigas (ANDERSEN, 1997; WARD *et al.*, 2010). A espécie *Linepithema humile* (Mayr, 1868) é um exemplo de formiga invasora que apresenta colônias complexas com milhões de indivíduos (HELLER; INGRAM; GORDON, 2008). O gênero *Dorymyrmex* Mayr 1866 é exclusivo ao continente americano, e o mais complexo e

diverso da subfamília, com mais de 90 espécies descritas (CUEZZO; GUERRERO, 2012); constroem seus ninhos no solo, em regiões áridas ou semiáridas (FERNÁNDEZ, 2003).

Formicinae foi a terceira subfamília mais abundante em número de indivíduos (5.425) e a segunda mais diversa em número de espécies (16), salientando o sucesso de um dos maiores grupos da família Formicidae (WARD; BLAIMER; FISHER, 2016). As espécies *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862) e *Brachymyrmex admotus* Mayr, 1887 foram as mais expressivas correspondendo 13,63% e 5,30% do total de formigas coletadas, respectivamente. O gênero *Nylanderia* Emery, 1906 está entre os mais importantes economicamente e exibe ampla distribuição geográfica contemplando as espécies mais abundantes nos locais onde é encontrado (LAPOLLA; BRADY; SHATTUCK, 2011). Pouco sabe-se a respeito da biologia do gênero *Brachymyrmex* Mayr, 1868, mas espécies mais comuns são observadas nidificando em cavidades de plantas, sob epífitas ou na serapilheira (LAPOLLA; LONGINO, 2006).

A subfamília Dolichoderinae foi mais abundante no ambiente rural, com apenas 16,9% dos indivíduos coletados no ambiente residencial e 5,0% no ambiente de transição. O mesmo padrão foi observado na subfamília Formicinae (rural: 76,2%; residencial: 18,8%; e transição: 5,0%) e Myrmicinae (rural: 55,3%; residencial: 30,5%; e transição: 14,2%). As subfamílias Ectatomminae e Ponerinae foram mais abundantes no ambiente de transição, com 47,7% e 80% dos indivíduos sendo coletados no local, respectivamente. Apenas três indivíduos da subfamília Pseudomyrmecinae foram coletados no ambiente de transição e nenhum no ambiente residencial, sendo 96,4% dos indivíduos coletados no ambiente rural. A subfamília Amblyoponinae não foi representada no Gráfico 4 por estar representada por apenas um indivíduo da espécie *Prionopelta punctulata* Mayr, 1866. O registro da espécie é apenas o segundo até o momento em trabalhos envolvendo decomposição de carcaças (DE SOUZA, 2020). Indivíduos do gênero também foram encontrados por Ramos-Pastrana, Virguez-Díaz e Wolff (2018) no estágio de decomposição de putrefação em ambiente rural na Colômbia, porém não foram identificados a nível de espécie. Em todos os casos, foi utilizada carcaça suína (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758).

Gráfico 4 - Número de indivíduos de Formicidae coletados nos três ambientes, organizados por subfamílias.



Fonte: Dados da pesquisa

O gênero hiperdiverso *Pheidole* Westwood, 1839 que se concentra no Novo Mundo (FERNÁNDEZ; GUERRERO; SÁNCHEZ-RESTREPO, 2021; LONGINO, 2009; WILSON, 2003), foi o mais abundante e diverso do presente trabalho, com 6.919 indivíduos de 12 espécies presentes em todos os ambientes, com destaque ao ambiente residencial (Gráfico 5). Indivíduos do gênero foram coletados em diversos estudos da área forense, em iscas e carcaças de mamíferos, aves, répteis, anfíbios e peixes; especificamente, a espécie *Pheidole megacephala* Fabricius, 1793, esteve presente em todos os estágios, principalmente em ambientes urbanos (AL-AMERI; HAMZA; ALHASAN, 2020; EARLY; GOFF, 1986; EL-SAMAD; YOUSSEF, 2016; ILOBA; FAWOLE, 2006; LEONG *et al.*, 2019; RICHARDS; LEE GOFF, 1997; SALIMI *et al.*, 2018; SHAALAN *et al.*, 2017; TANTAWI *et al.*, 1996). Na presente pesquisa destaca-se a espécie *Pheidole obscurithorax* Naves, 1985, que representou 12,27% do total de formigas coletadas, ocorrendo em todos os ambientes, sobretudo no ambiente rural (Gráfico 5).

O segundo gênero mais diverso, *Camponotus* Mayr, 1861, esteve presente com 10 espécies, porém apenas 307 indivíduos, 62,4% coletados no ambiente de transição. O gênero é largamente citado em estudos de diversidade da área forense em diversos tipos de carcaça e isca; seus indivíduos geralmente descritos como onívoros, especialmente em ambientes florestais (DE SOUZA, 2020; EVANS; WALLMAN; BARTON, 2020; FONSECA; CAMPOS; SILVA, 2015; NOOTEN *et al.*, 2022; PAULA *et al.*, 2016; SANTOS-JUNIOR *et al.*, 2014; WATSON; CARLTON, 2005). Aqui, destacam-se as espécies *Camponotus rufipes*

(Fabricius, 1775) e *Camponotus renggeri* Emery, 1894, que foram observadas fragmentando expressivamente o tecido suíno, influenciando também o local de oviposição de moscas adultas. Estiveram presentes principalmente durante o período da noite (84,3%), apenas nos ambientes de transição e rural. O comportamento noturno de *C. renggeri* foi observado quando atendendo à cigarrinhas produtoras de *honeydew* (DEL-CLARO; OLIVEIRA, 1999). Apesar de observadas principalmente nos estágios iniciais com comportamento necrófago, as espécies foram coletadas sobretudo durante os estágios de putrefação (52,9%) e restos (35,7%).

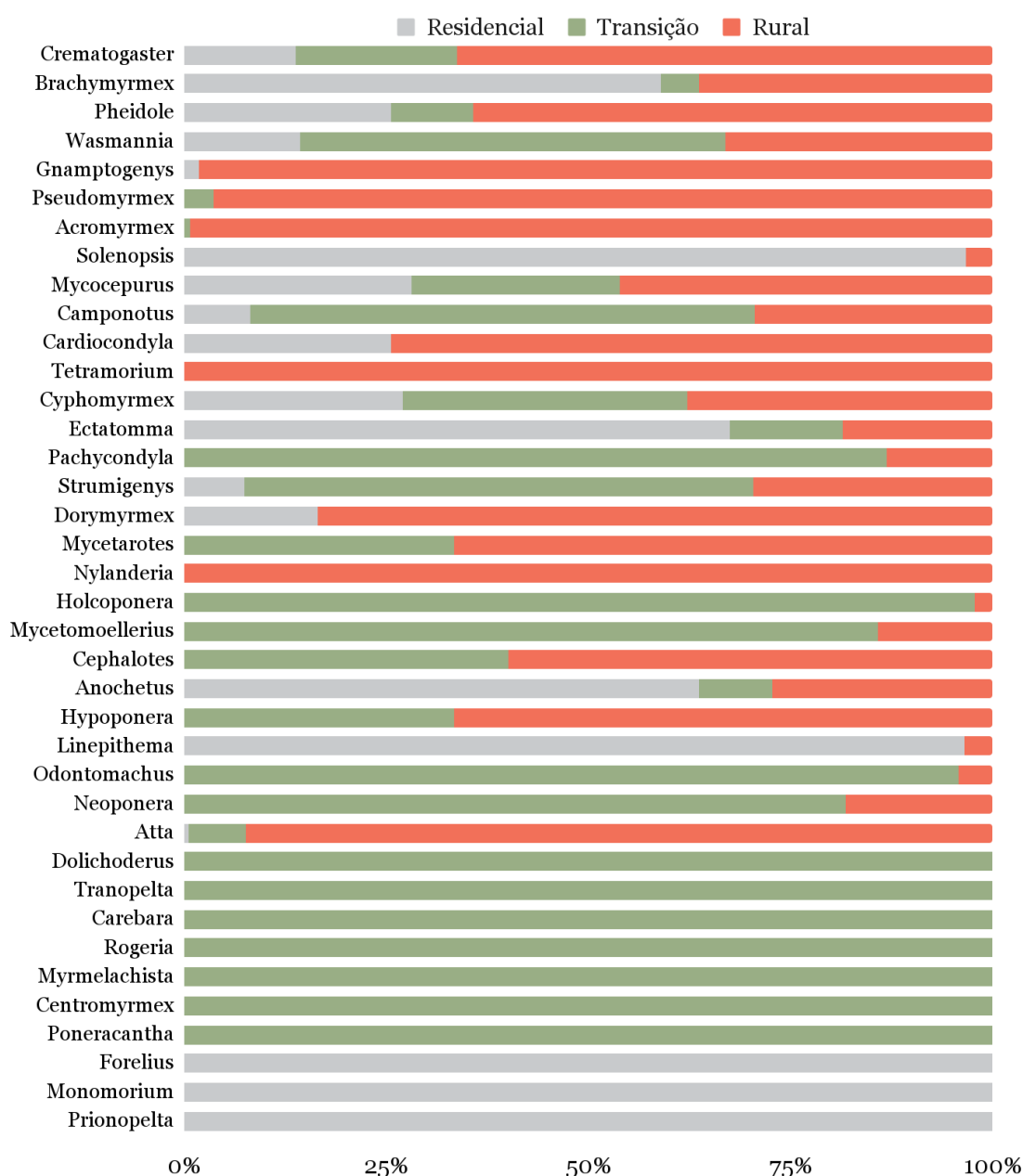
Os gêneros *Forelius* Emery, 1888, *Monomorium* Mayr, 1855 e *Prionopelta* Mayr, 1866 foram exclusivos ao ambiente residencial. *Forelius* foi representado apenas pela espécie *Forelius heyeri* (Forel, 1902), coletada pela primeira vez em trabalhos da área, contudo, as espécies *Forelius mccoocki* (McCook, 1880), *Forelius pruinosus* (Roger, 1863) e *Forelius brasiliensis* (Forel, 1908) também foram observadas em carcaças de mamíferos (DE JONG, 2020; DE SOUZA, 2020; LIN; TARONE; EUBANKS, 2022b; NARANJO; CRUZ; MAYEA, 2009; PATRICK EMEKA, 2020). Apenas um indivíduo da espécie *Monomorium floricola* (Jerdon, 1851) foi coletado, possivelmente, pela segunda vez observada no Brasil (PAULA, 2016). O gênero tem sido observado apenas em tecido de mamíferos (EVANS; WALLMAN; BARTON, 2020; HAMDY *et al.*, 2022; LEONG *et al.*, 2019; NOOTEN *et al.*, 2022; ZEARIYA *et al.*, 2015).

Os gêneros *Dolichoderus* Lund, 1831, *Tranopelta* Mayr, 1866, *Carebara* Westwood, 1840, *Rogeria* Emery, 1894, *Myrmelachista* Roger, 1863, *Centromyrmex* Mayr, 1866 e *Poneracantha* Emery, 1897, foram exclusivos ao ambiente de transição, cada um representado por apenas uma espécie. *Dolichoderus bispinosus* Olivier, 1792 (n=291), possivelmente relatada pela primeira vez em carcaças de mamíferos em decomposição no presente trabalho. Notou-se que 76,6% dos indivíduos visitaram as carcaças no estágio de restos e 16,2% no estágio inchado. As espécies *Dolichoderus lutosus* (Smith, 1858), *Dolichoderus thoracicus* (Smith, 1860) e *Dolichoderus validus* (Kempf, 1959) também foram observadas em ambientes florestais e naturais, visitando tecidos de mamíferos (ANDRADE-SILVA *et al.*, 2015; FONSECA; CAMPOS; SILVA, 2015; LEONG *et al.*, 2019).

A espécie *Tranopelta gilva* Mayr, 1866 foi observada apenas no estágio final da decomposição, e é possivelmente a única espécie do gênero associada à carcaças; seu comportamento foi descrito como necrófago em estudo anterior (DE SOUZA, 2020; PÉREZ; DUQUE; WOLFF, 2005). *Carebara urichi* (Wheeler, 1922) é a terceira espécie do gênero a ser observada em tecidos em decomposição, e assim como *Carebara diversa* (Jerdon, 1851) e *Carebara affinis* (Jerdon, 1851), em mamíferos. *Rogeria scobinata* Kugler, 1994 é a primeira

espécie do gênero identificada (DE SOUZA, 2020) em estudos da área. O mesmo é observado para *Myrmelachista nodigera* Mayr, 1887 (PAULA *et al.*, 2016). Os gêneros *Centromyrmex* e *Poneracantha* são registrados pela primeira vez no presente estudo, possivelmente como acidentais ou oportunistas. Os gêneros *Nylanderia* e *Tetramorium* Mayr, 1855, ambos representados por apenas uma espécie cada, foram exclusivos ao ambiente rural. *Nylanderia fulva* (n=3.432) foi observada em abundância no que acredita-se pela primeira vez (LIN; TARONE; EUBANKS, 2022a; SANFORD, 2017).

Gráfico 5 - Proporção de indivíduos por gênero de formigas nos ambientes.



Fonte: Dados da pesquisa

No geral, a espécie mais abundante foi *D. brunneus* (n=5.452), seguida por *N. fulva* (n=3.430), e *P. obscurithorax* (n=3.090; Quadro 2). No ambiente residencial, as espécies mais abundantes foram *Solenopsis invicta* Buren, 1972 (n=1.733), *D. brunneus* (n=896), e *B. admotus* (n=719). No ambiente de transição, as espécies *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) (n=740), *D. bispinosus* (n=291), e *Crematogaster nitidiceps* Emery, 1895 (n=234) foram as mais abundantes. Já no ambiente rural, as espécies *D. brunneus* (n=4.554), *N. fulva* (n=3.430), e *P. obscurithorax* (n=2.450) foram as mais abundantes. Ademais, as espécies *Pheidole aberrans* Mayr, 1868 e *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) também chamam atenção por apresentarem 1.492 e 1.351 indivíduos coletados no ambiente.

Estudos apontam que *D. brunneus* exibe alta competitividade em ambientes perturbados e abertos (ANDERSEN, 1997; CUEZZO; GUERRERO, 2012; HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). E Saad *et al.* (2017) classificou a espécie como indicadora em plantações de cana, pouco sendo observada em ambiente florestal. *Nylanderia fulva*, conhecida como formiga-louca, é nativa da América do Sul (KUMAR *et al.*, 2015), e invasora em diversos países da América Central, América do Norte, Europa e África (AntMaps, 2022; KUMAR *et al.*, 2015). Os indivíduos da espécie se organizam em colônias extremamente populosas com diversas rainhas. Se alimentam de pequenos insetos, incluindo outras formigas, vertebrados e *honeydew* (DE POLONÍA; RUIZ-BOLAÑOS, 1985). São observadas principalmente em plantações (LEBRUN; ABBOTT; GILBERT, 2013; PAZMIÑO-PALOMINO; MENDOZA; BRITO-VERA, 2020; SANABRIA *et al.*, 2016). *Pheidole obscurithorax*, também é uma espécie nativa da América do Sul, invasora da América do Norte (WILSON, 2002). É observada em planícies de inundação, pastagens abertas e habitats perturbados (OLIVEIRA *et al.*, 2017; STORZ; TSCHINKEL, 2004).

As espécies mais recorrentes, ou seja, encontradas com mais frequência nas coletas foram *B. admotus* (n=196), *D. brunneus* (n=187), *Pheidole subarmata* Mayr, 1884 (n=170), *W. auropunctata* (n=169), *P. obscurithorax* (n=144), *P. aberrans* (n=134; Apêndice B – Quadro 1). Todas as espécies mencionadas anteriormente foram encontradas em mais de 10 unidades amostrais. Quanto à exclusividade das espécies, *Camponotus atriceps* (Smith, 1858), *Camponotus balzani* Emery, 1894, *Camponotus blandus* (Smith, 1858), *Camponotus novogranadensis* Mayr, 1870, *F. heyeri*, *M. floricola*, *P. punctulata* e *S. invicta* foram restritas ao ambiente residencial. Ao ambiente rural, foram exclusivas as espécies *Acromyrmex coronatus* (Fabricius, 1804), *Acromyrmex rugosus* (Smith, 1858), *Camponotus sexguttatus* (Fabricius, 1793), *Dorymyrmex pyramicus* (Roger, 1863), *Gnamptogenys sulcata* (Smith, 1858), *N. fulva*, *Pheidole nitidula* Emery, 1888, *Pheidole sospes* Forel, 1908, *Pseudomyrmex*

termitarius (Smith, 1855), e *Tetramorium simillimum* (Smith, 1851). Ao ambiente de transição, 20 espécies foram exclusivas (Quadro 2).

Quadro 2 - Número total de indivíduos por ambiente e a contribuição percentual de cada subfamília e espécie.

Subfamílias e espécies	ARS	ATR	ARR	Total de indivíduos	% do Total
Amblyoponinae	1	0	0	1	0,00%
<i>Prionopelta punctulata</i> Mayr, 1866	1	0	0	1	0,00%
Dolichoderinae	986	293	4561	5840	23,20%
<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	896	2	4554	5452	21,66%
<i>Dolichoderus bispinosus</i> (Olivier, 1792)	0	291	0	291	1,16%
<i>Linepithema neotropicum</i> Wild, 2007	82	0	3	85	0,34%
<i>Forelius heyeri</i> (Forel, 1902)	8	0	0	8	0,03%
<i>Dorymyrmex pyramicus</i> (Roger, 1863)	0	0	4	4	0,02%
Ectatomminae	31	136	118	285	1,13%
<i>Holcaponera striatula</i> (Mayr, 1884)	0	129	3	132	0,52%
<i>Gnamptogenys continua</i> (Mayr, 1887)	2	0	92	94	0,37%
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863	29	6	8	43	0,17%
<i>Gnamptogenys sulcata</i> (Smith, 1858)	0	0	15	15	0,06%
<i>Poneracantha mediatrix</i> (Brown, 1958)	0	1	0	1	0,00%
Formicinae	1.020	272	4.133	5.425	21,55%
<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)	0	0	3430	3430	13,63%
<i>Brachymyrmex admotus</i> Mayr, 1887	719	15	599	1333	5,30%
<i>Brachymyrmex cordemoyi</i> Forel, 1895	275	3	13	291	1,16%
<i>Camponotus melanoticus</i> Emery, 1894	19	96	59	174	0,69%
<i>Brachymyrmex heeri</i> Forel, 1874	1	60	1	62	0,25%
<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)	0	60	2	62	0,25%
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	0	18	15	33	0,13%
<i>Camponotus lespesii</i> Forel, 1886	0	13	4	17	0,07%
<i>Camponotus renggeri</i> Emery, 1894	0	4	4	8	0,03%
<i>Camponotus sexguttatus</i> (Fabricius, 1793)	0	0	6	6	0,02%
<i>Camponotus atriceps</i> (Smith, 1858)	2	0	0	2	0,01%
<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870	2	0	0	2	0,01%
<i>Myrmelachista nodigera</i> Mayr, 1887	0	2	0	2	0,01%
<i>Brachymyrmex degener</i> Emery, 1906	0	1	0	1	0,00%
<i>Camponotus balzani</i> Emery, 1894	1	0	0	1	0,00%

Fonte: Dados da pesquisa

Continuação Quadro 2 - Número total de indivíduos por ambiente e a contribuição percentual de cada espécie e subfamília.

Subfamílias e espécies	ARS	ATR	ARR	Total de indivíduos	% do Total
<i>Camponotus blandus</i> (Smith, 1858)	1	0	0	1	0,00%
Myrmicinae	4.090	1.909	7.418	13.411	53,27%
<i>Pheidole obscurithorax</i> Naves, 1985	506	134	2.450	3.090	12,27%
<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1972	1.733	0	0	1.733	6,88%
<i>Pheidole aberrans</i> Mayr, 1868	75	5	1.492	1.572	6,24%
<i>Atta sexdens</i> (Linnaeus, 1758)	7	104	1.351	1.462	5,81%
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	203	740	465	1.408	5,59%
<i>Pheidole subarmata</i> Mayr, 1884	540	1	475	1.010	4,01%
<i>Crematogaster quadrimformis</i> Roger, 1863	164	1	784	949	3,77%
<i>Pheidole oxyops</i> Forel, 1908	643	222	6	871	3,46%
<i>Crematogaster nitidiceps</i> Emery, 1895	0	234	0	234	0,93%
<i>Solenopsis lorentana</i> Santschi, 1936	144	0	64	208	0,83%
<i>Pheidole gertrudae</i> Forel, 1886	1	190	0	191	0,76%
<i>Mycocepurus goeldii</i> (Forel, 1893)	37	34	61	132	0,52%
<i>Cardiocondyla wroughtonii</i> (Forel, 1890)	20	0	58	78	0,31%
<i>Pheidole triconstricta</i> Forel, 1886	4	67	4	75	0,30%
<i>Acromyrmex coronatus</i> (Fabricius, 1804)	0	0	71	71	0,28%
<i>Pheidole fimbriata</i> Roger, 1863	0	59	0	59	0,23%
<i>Acromyrmex balzani</i> (Emery, 1890)	0	1	34	35	0,14%
<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1851)	10	6	14	30	0,12%
<i>Acromyrmex rugosus</i> (Smith, 1858)	0	0	28	28	0,11%
<i>Tetramorium simillimum</i> (Smith, 1851)	0	0	20	20	0,08%
<i>Pheidole sospes</i> Forel, 1908	0	0	18	18	0,07%
<i>Mycetomoellerius relictus</i> (Borgmeier, 1934)	0	16	1	17	0,07%
<i>Pheidole flavens</i> Roger, 1863	0	13	2	15	0,06%
<i>Strumigenys louisianae</i> Roger, 1863	2	6	7	15	0,06%
<i>Tranopelta gilva</i> Mayr, 1866	0	14	0	14	0,06%

Fonte: Dados da pesquisa

Continuação Quadro 2 - Número total de indivíduos por ambiente e a contribuição percentual de cada espécie e subfamília.

Subfamílias e espécies	ARS	ATR	ARR	Total de indivíduos	% do Total
<i>Strumigenys eggersi</i> Emery, 1890	0	10	1	11	0,04%
<i>Mycetomoellerius urichii</i> (Forel, 1893)	0	7	3	10	0,04%
<i>Pheidole rugiceps</i> Wilson, 2003	0	10	0	10	0,04%
<i>Carebara urichi</i> (Wheeler, 1922)	0	9	0	9	0,04%
<i>Cyphomyrmex peltatus</i> Kempf, 1966	0	7	0	7	0,03%
<i>Rogeria scobinata</i> Kugler, 1994	0	7	0	7	0,03%
<i>Mycetarotes senticosus</i> Kempf, 1960	0	2	4	6	0,02%
<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)	0	2	3	5	0,02%
<i>Pheidole sigillata</i> Wilson, 2003	0	4	0	4	0,02%
<i>Crematogaster curvispinosa</i> Mayr, 1862	0	1	1	2	0,01%
<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)	1	0	0	1	0,00%
<i>Mycetomoellerius oetkeri</i> (Forel, 1908)	0	1	0	1	0,00%
<i>Pheidole nitidula</i> Emery, 1888	0	0	1	1	0,00%
<i>Solenopsis</i> gr. <i>brevicornis</i> Emery, 1888	0	1	0	1	0,00%
<i>Strumigenys elongata</i> Roger, 1863	0	1	0	1	0,00%
Ponerinae	7	103	18	128	0,51%
<i>Pachycondyla striata</i> Smith, 1858	0	46	7	53	0,21%
<i>Odontomachus affinis</i> Guérin-Méneville, 1844	0	20	0	20	0,08%
<i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905	0	18	2	20	0,08%
<i>Anochetus neglectus</i> Emery, 1894	7	1	3	11	0,04%
<i>Neoponera verenae</i> Forel, 1922	0	9	2	11	0,04%
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	0	6	0	6	0,02%
<i>Hypoponera foreli</i> (Mayr, 1887)	0	1	3	4	0,02%
<i>Hypoponera opacior</i> (Forel, 1893)	0	1	1	2	0,01%
<i>Centromyrmex brachycola</i> (Roger, 1861)	0	1	0	1	0,00%
Pseudomyrmecinae	0	3	81	84	0,33%
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1855)	0	0	81	81	0,32%
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804)	0	2	0	2	0,01%
<i>Pseudomyrmex elongatus</i> (Mayr, 1870)	0	1	0	1	0,00%

Fonte: Dados da pesquisa

O ambiente rural foi o mais abundante ($n=16.329$), seguido pelo ambiente residencial ($n=6.135$) e o de transição ($n=2.716$; Quadro 3). Contudo, com base no índice de alfa diversidade de Shannon-Wiener, o ambiente de transição foi o mais diverso ($H'=2,7234$), seguido pelo ambiente residencial ($H'=2,2448$) e o rural ($H'=2,1346$; Quadro 3). Quanto à distribuição da abundância relativa das espécies nas comunidades, o ambiente de transição ($J=0,6736$) apresentou a maior equitabilidade, seguido pelo ambiente residencial ($J=0,6537$) e rural ($J=0,5456$). Observando as unidades amostrais nota-se que apesar de apresentar o maior índice, o ambiente de transição exibe a unidade amostral de menor equitabilidade (Tr5; $J=0,3101$), onde a formiga *W. auropunctata* esteve presente com 587 indivíduos. Em Rs5, Rr4 as espécies dominantes são *S. invicta* ($n=1733$) e *N. fulva* ($n=3415$), respectivamente.

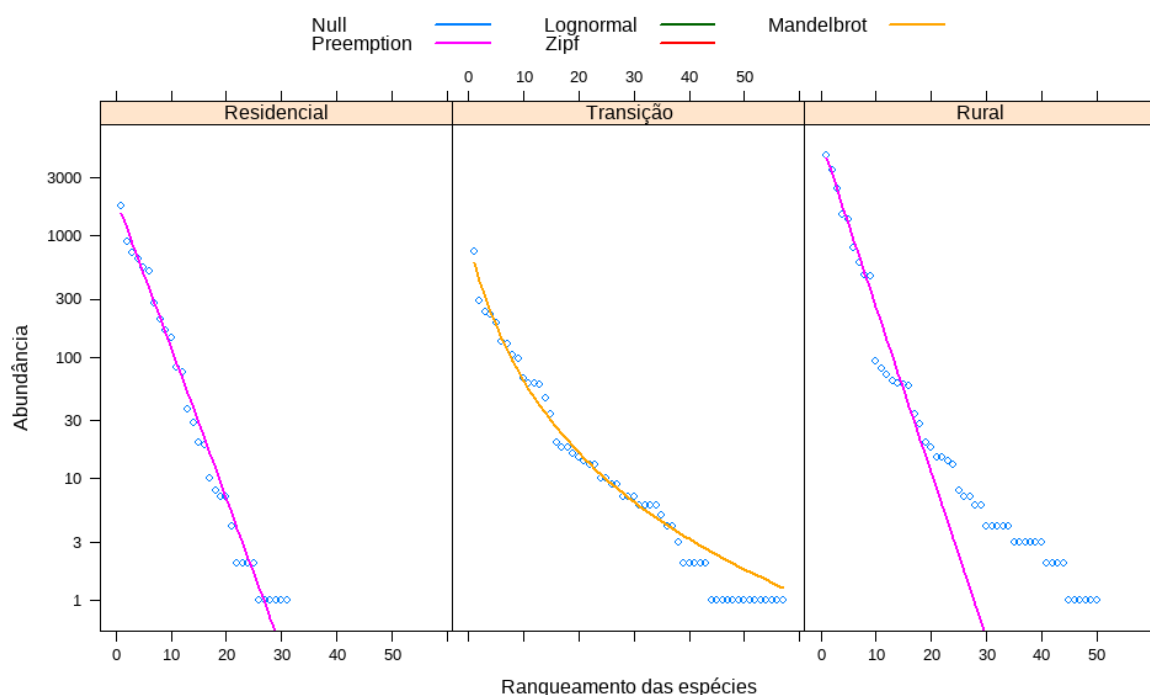
Calcaterra *et al.* (2008) analisaram a dominância ecológica da espécie *S. invicta* em ambiente nativo. *Solenopsis invicta* foi dominante nos ambientes estudados e os autores atribuem seu sucesso ao alto número de indivíduos, ao sistema de recrutamento, ao comportamento agressivo, e à atividade de forrageamento ininterrupta. Sua presença não reduziu a riqueza de espécies nas comunidades, e as competidoras mais eficientes comportamentalmente foram *Crematogaster quadriformis* Roger, 1863 e *C. blandus*; e as mais eficientes numericamente foram *P. cf. obscurithorax* e *L. humile*. Na presente pesquisa, *S. invicta* foi observada coexistindo na mesma carcaça com as formigas *C. quadriformis* ($n=34$) e *P. obscurithorax* ($n=59$), também dominante numericamente; e no mesmo ambiente com as demais espécies mencionadas pelos autores, em maior número.

Quadro 3 - Abundância, riqueza de espécies, índice de diversidade Shannon-Wiener e índice de Pielou de cada unidade amostral e de cada ambiente.

Ambientes	Porcos	Abundância	Riqueza	Shannon-Wiener (H')	Pielou (J)
	Rs1	519	12	1,6571934	0,666903692
	Rs2	648	14	1,6531682	0,626423766
	Rs3	776	13	1,6641832	0,648817165
	Rs4	584	13	1,8070553	0,704518917
	Rs5	2369	13	1,0408776	0,405808234
	Rs6	1239	18	1,8414942	0,637113253
Residencial	Rs	6135	31	2,244866	0,6537200667
	Tr1	245	30	1,9437823	0,571499418
	Tr2	276	27	2,135335	0,647888565
	Tr3	178	19	2,3012139	0,781545785
	Tr4	578	21	1,8340367	0,602405383
	Tr5	719	23	0,9724489	0,310142152
	Tr6	720	25	2,1315078	0,662190118
Transição	Tr	2716	57	2,723486	0,6736213381
	Rr1	350	22	2,0407551	0,660215818
	Rr2	908	26	1,9177941	0,58862409
	Rr3	681	22	1,7540596	0,567465389
	Rr4	6076	21	1,145283	0,376178208
	Rr5	5241	27	1,6693371	0,506498697
	Rr6	3073	19	1,4643385	0,497323428
Rural	Rr	16329	50	2,134609	0,5456534711

Fonte: Dados da pesquisa

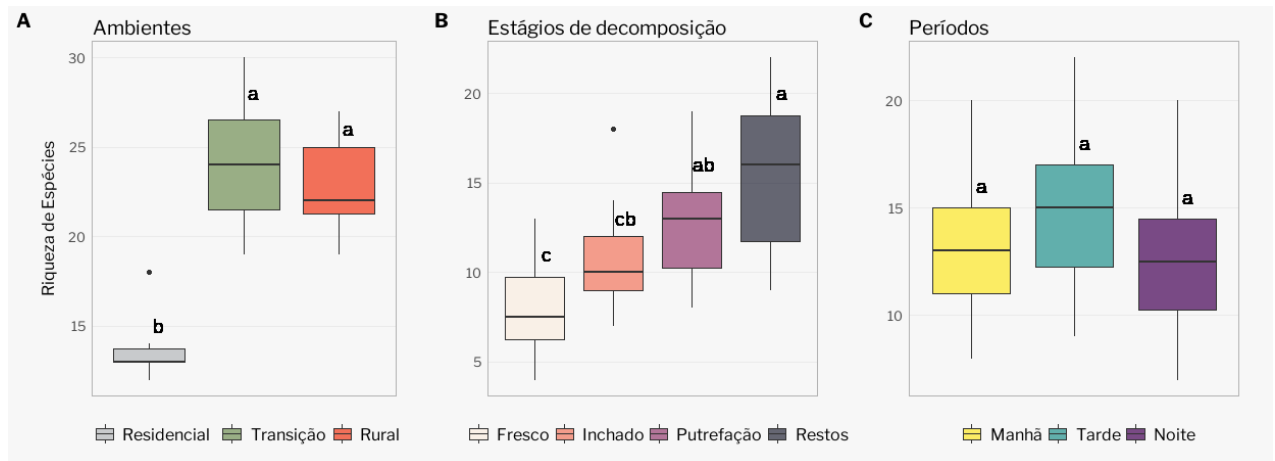
A comunidade de formigas associadas à fauna cadavérica do ambiente de transição seguiu o modelo de Mandelbrot, ou Zipf-Mandelbrot (Gráfico 6), de distribuição de espécies, em que espécies pioneiras monopolizam o espaço devido ao baixo custo exigido, enquanto que espécies que aparecem tardiamente têm alto custo, resultando em poucas espécies abundantes e diversas espécies comparativamente menos abundantes (MCGILL *et al.*, 2007; MOKAM *et al.*, 2014; WILSON, 1991). Já as comunidades residencial e rural, seguiram o modelo de Preemption (Gráfico 6), onde as espécies obtêm frações dos recursos dos cadáveres, e não assume-se que espécies pioneiras são as de maior sucesso (MCGILL *et al.*, 2007; MOTOMURA, 1932; WHITTAKER, 1965; WILSON, 1991).

Gráfico 6 - Curvas de distribuição de abundância de espécies.

Fonte: Dados da pesquisa

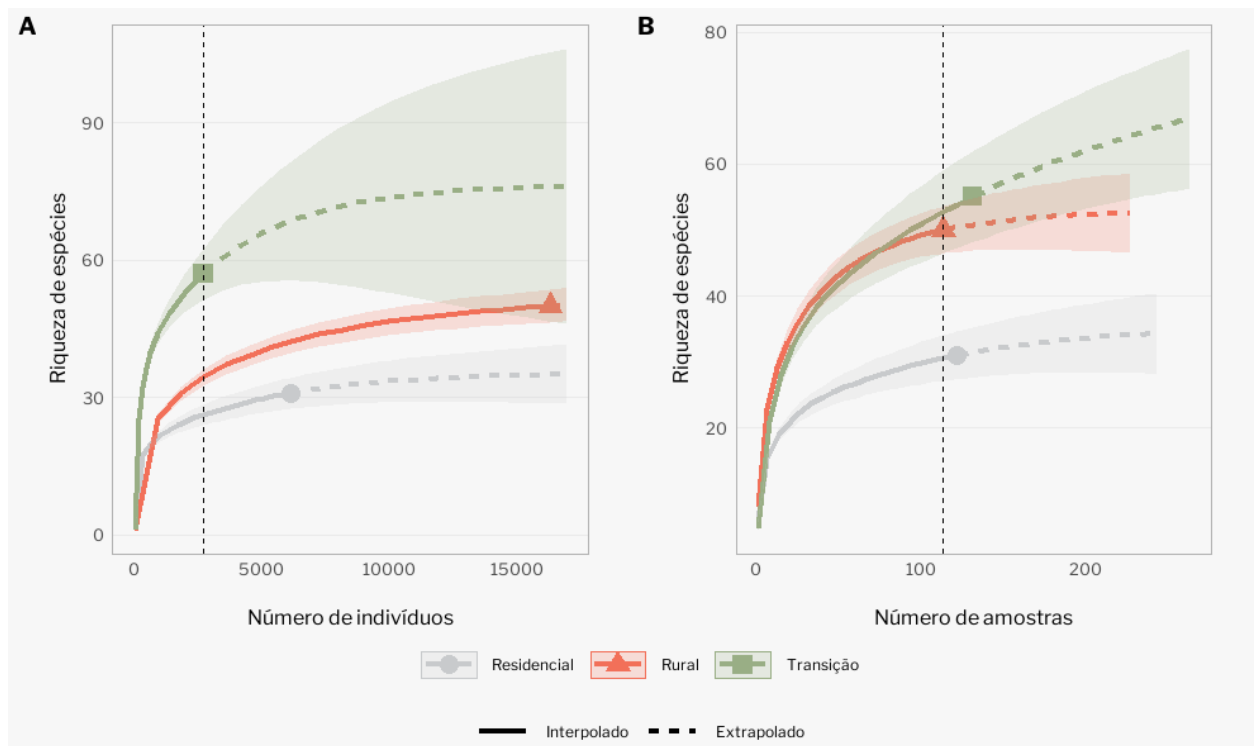
Os ambientes rural e de transição apresentaram significativamente maior riqueza de espécies de formigas da fauna cadavérica ($24,1666 \pm 4,020$ e $22,8333 \pm 3,0605$, respectivamente; Apêndice B - Quadro 4) quando comparados ao ambiente residencial ($13,8333 \pm 2,1369$; Gráfico 7), contudo, não diferiram entre si. Os ambientes rural e de transição se assemelham pela presença de fragmentos de floresta em matrizes urbanizadas. Através das curvas de rarefação que consideram a abundância das comunidades padronizada pelo menor número de indivíduos, é possível observar diferença na riqueza de espécies entre todos os ambientes nos dados interpolados, e sobreposição dos ambientes de transição e rural na extrapolação dos dados (Gráfico 8). Comparando a riqueza de espécies rarefeita, com base no esforço amostral, ocorre o mesmo verificado na análise de variância, onde os ambientes de transição e rural não diferem entre si, mas diferem do ambiente residencial (Gráfico 8). Contudo, nos dados extrapolados verifica-se que a curva do ambiente de transição ainda aumenta, e que com maior esforço amostral, mais espécies poderiam ser coletadas.

Gráfico 7 - Média e desvio padrão da riqueza de espécies nas diferentes comunidades (A), nos diferentes estágios de decomposição (B) e nos períodos do dia (C). Em cada gráfico, as diferentes letras representam as diferenças significativas computadas pelo teste post-hoc de Tukey.



Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 8 - Curvas de rarefação de acordo com o esforço amostral e número de indivíduos para cada ambiente.



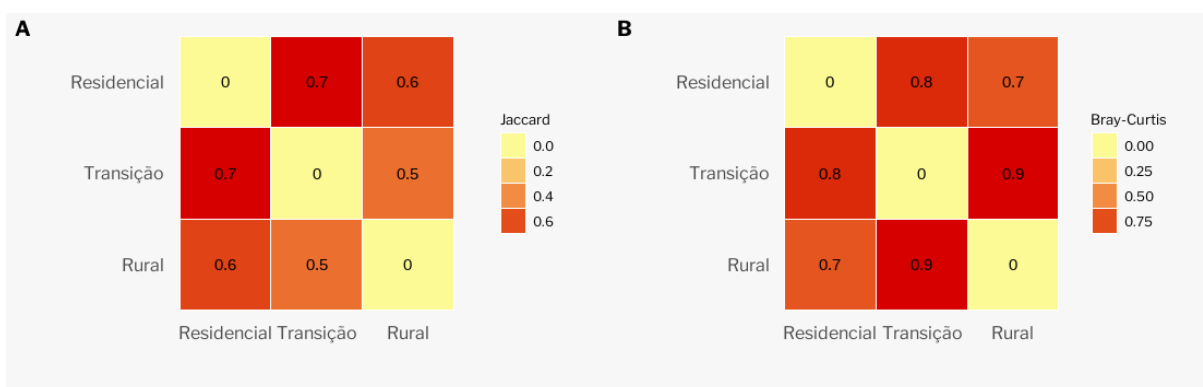
Fonte: Dados da pesquisa

Por meio dos dados de dissimilaridade da beta diversidade taxonômica, verificou-se que em se tratando de presença e ausência de espécies da mirmecofauna cadavérica, os ambientes residencial e de transição estão mais distantes, e os ambientes rural e de transição mais próximos (Gráfico 9). O mesmo foi notado na análise de variância de diversidade taxonômica alfa. Porém,

considerando os dados de abundância das espécies, o oposto foi observado, os ambientes rural e de transição se encontram mais distantes e os ambientes rural e residencial mais próximos (Gráfico 9). Também foi observado que o componente de substituição foi o principal fator que gerou dissimilaridade entre os ambientes (Quadro 4). Através das análises PERMANOVA e visualização no nMDS, verificou-se que a diferença entre a composição de espécies de formigas associadas à fauna cadavérica dos ambientes é significativa, e ainda que ela foi afetada pelas variáveis ambientais (Gráfico 10).

Estudos que analisaram a diversidade de formigas comparativamente entre ambientes naturais e urbanos verificaram resultados semelhantes aos descritos anteriormente, onde florestas apresentaram maior riqueza de espécies, menor abundância, e maior diversidade; e a composição de espécies entre os ambientes foi diferente (DALLE LASTE; DURIGAN; ANDERSEN, 2019; UNO; COTTON; PHILPOTT, 2010). Dalle Laste, Durigan, Andersen, (2019), observaram diminuição na diversidade de formigas em ambientes que exibem sistemas de uso de terra que incluem transformações na estrutura da vegetação; fortalecendo os resultados apresentados na presente pesquisa, nos quais notou-se o menor índice de diversidade no ambiente rural. Outros fatores que influenciam a riqueza, diversidade e composição de espécies não utilizados aqui devem ser contabilizados em trabalhos que verificam comunidades de formigas presentes na fauna cadavérica, como tamanhos de fragmentos, presença de parques, e riqueza e densidade de plantas (BRANDÃO; SILVA; FEITOSA, 2011; DALLE LASTE; DURIGAN; ANDERSEN, 2019; LEAL *et al.*, 2012; PACHECO; VASCONCELOS, 2007; UNO; COTTON; PHILPOTT, 2010).

Gráfico 9 - Matrizes para visualização do valor de dissimilaridade total para dados de presença e ausência (índice de Jaccard) e abundância (índice de Bray-Curtis) entre as comunidades.



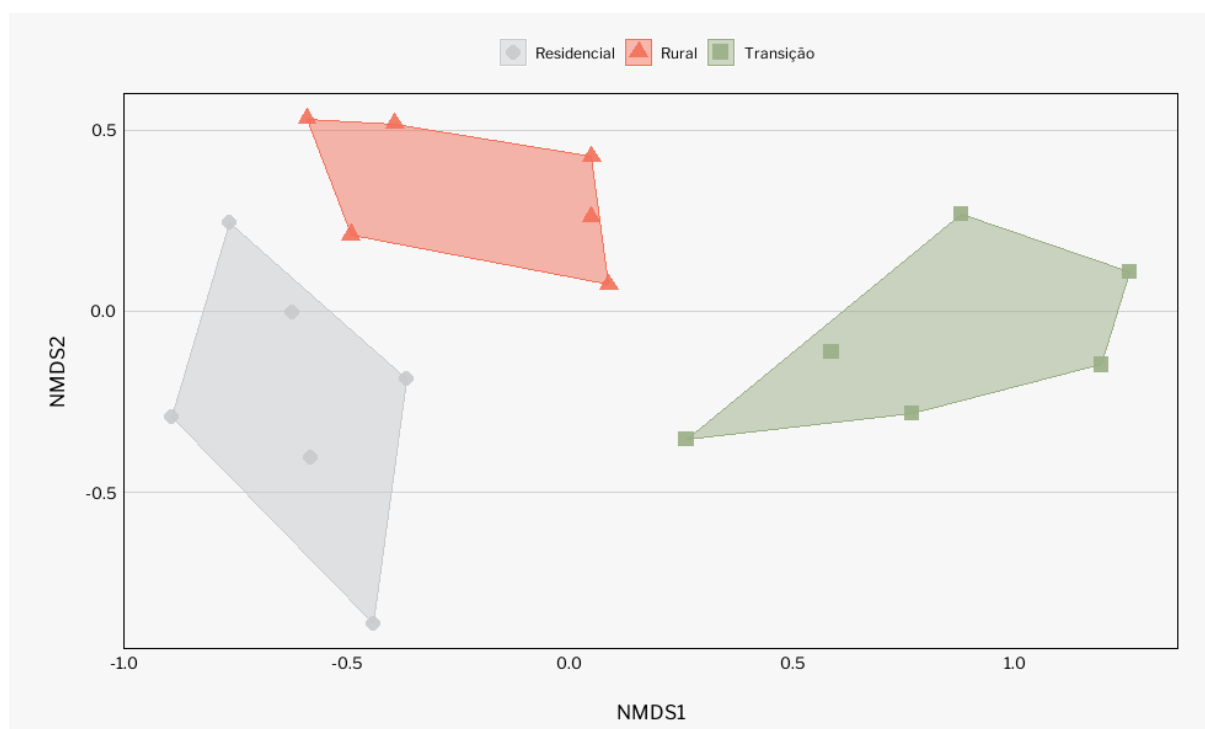
Fonte: Dados da pesquisa

Quadro 4 - Índice de dissimilaridade de Jaccard dos ambientes dividido nos componentes de aninhamento e substituição.

Ambientes	Dissimilaridade (β_{jac})	Substituição (β_{tu})	Aninhamento (β_{ne})
Residencial - Transição	0,72	0,56	0,17
Residencial - Rural	0,63	0,45	0,18
Transição - Rural	0,49	0,44	0,06

Fonte: Dados da pesquisa.

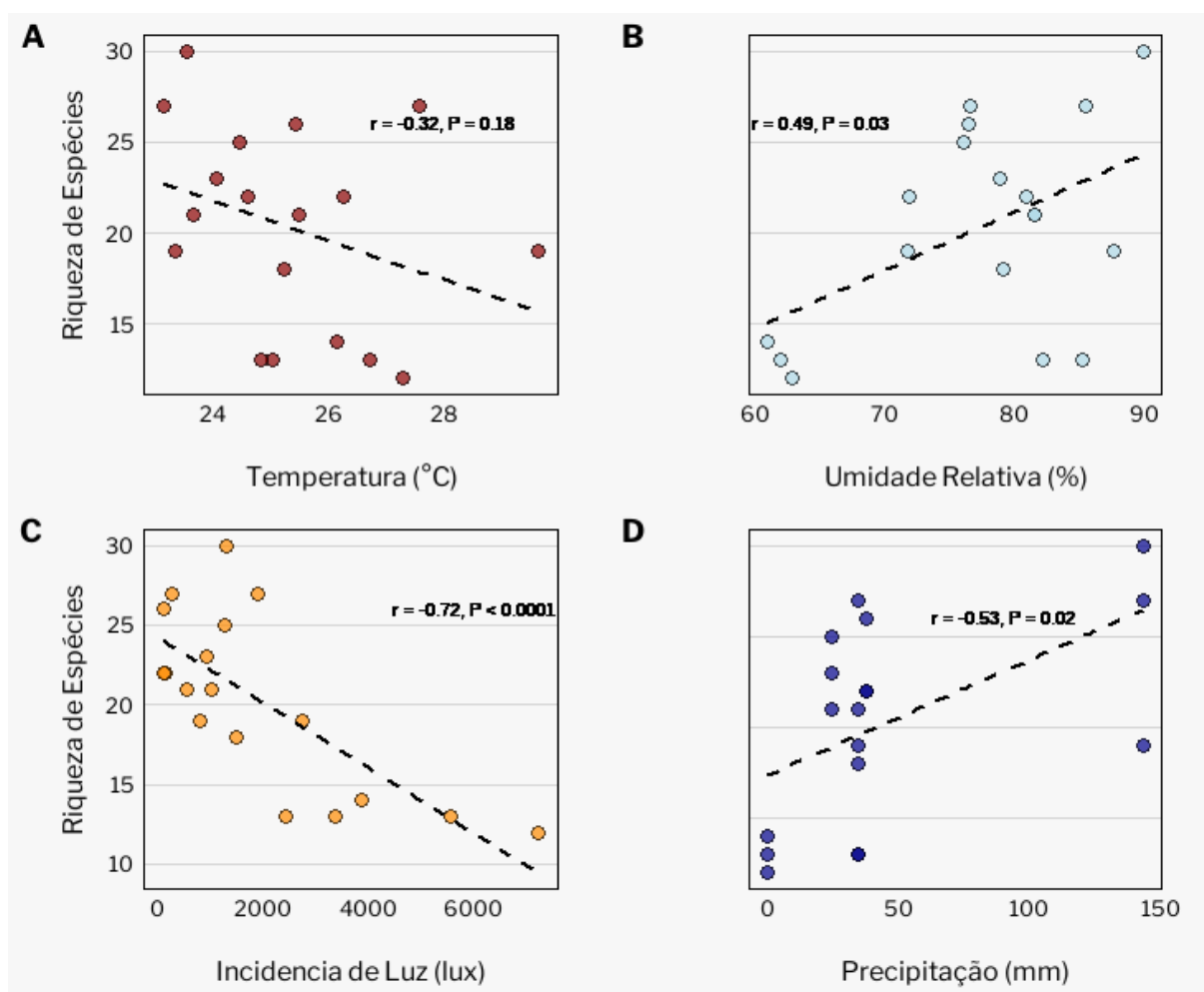
Gráfico 10 - nMDS da dissimilaridade de Jaccard entre os ambientes.



Fonte: Dados da pesquisa

A riqueza de espécies apresentou correlação negativa com a incidência de luz (PEARSON: $r=-0,72$; $p<0,0001$), o fator ambiental que mais explicou os dados (Gráfico 11). Ou seja, carcaças mais expostas à luz exibiram menor riqueza de espécies. Apesar de não haver significância, é possível verificar uma tendência negativa em se tratando da temperatura, visto que locais mais quentes apresentaram menor riqueza de espécies. Sugerindo um padrão, a riqueza de espécies foi maior em ambientes mais úmidos (PEARSON: $r=0,49$, $p=0,03$) e que exibiram maiores níveis de precipitação (PEARSON: $r=0,53$, $p=0,02$).

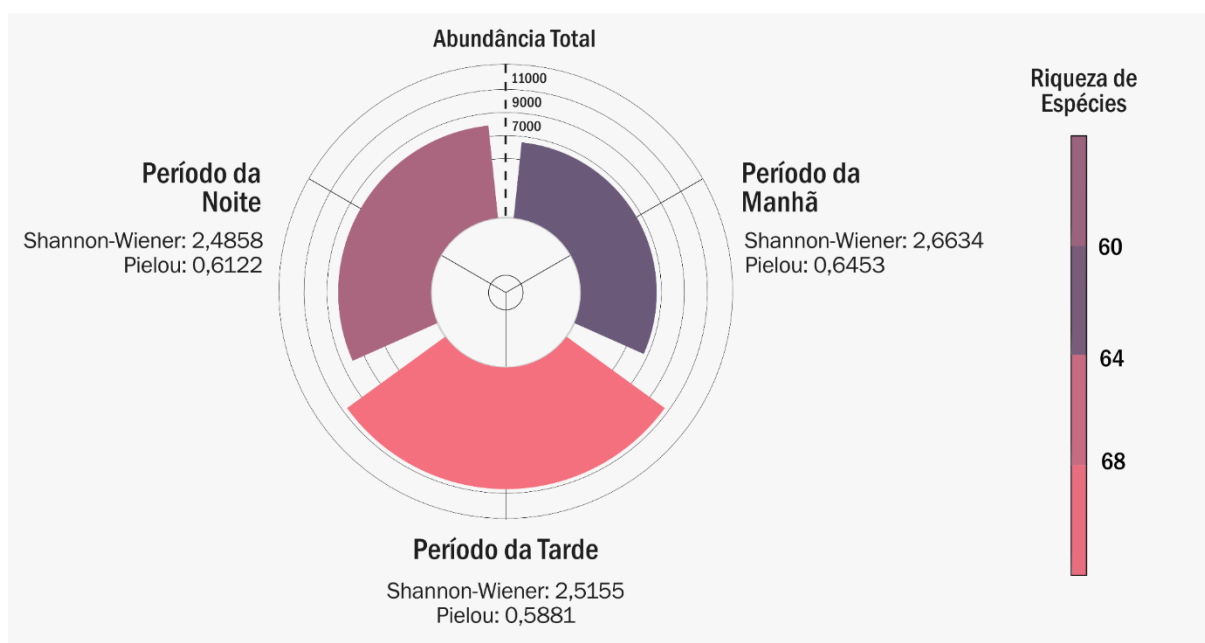
Gráfico 11 - Gráficos para visualização dos dados de correlação de Pearson entre a riqueza de espécies e as variáveis ambientais: temperatura (A), umidade relativa (B), incidência de luz (C) e precipitação (D).



Fonte: Dados da pesquisa

Quanto à riqueza de espécies nos estágios de decomposição, não foi observada diferença significativa entre os primeiros dois estágios (fresco e inchado), os dois estágios intermediários (inchado e putrefação), e os dois estágios finais (putrefação e restos; Gráfico 7). Contudo, verificou-se maior riqueza nos estágios putrefação e restos, do que no estágio fresco (Apêndice B - Quadro 4). Apesar de identificada maior riqueza nos períodos da tarde e manhã, a variação não foi significativa (Gráfico 7). Em relação a abundância, o período da tarde ($n=10.535$) também apresentou os maiores valores, seguido do período da noite ($n=8052$; Gráfico 12). Observou-se maior diversidade e equitabilidade no período da manhã ($H'=2,6634$; $J=0,6453$; Gráfico 12).

Gráfico 12 - Gráfico de barras circular representando a abundância total de formigas nos períodos da manhã, tarde e noite. Os índices de Shannon e de Pielou, e a riqueza de espécies para cada período também estão indicados.



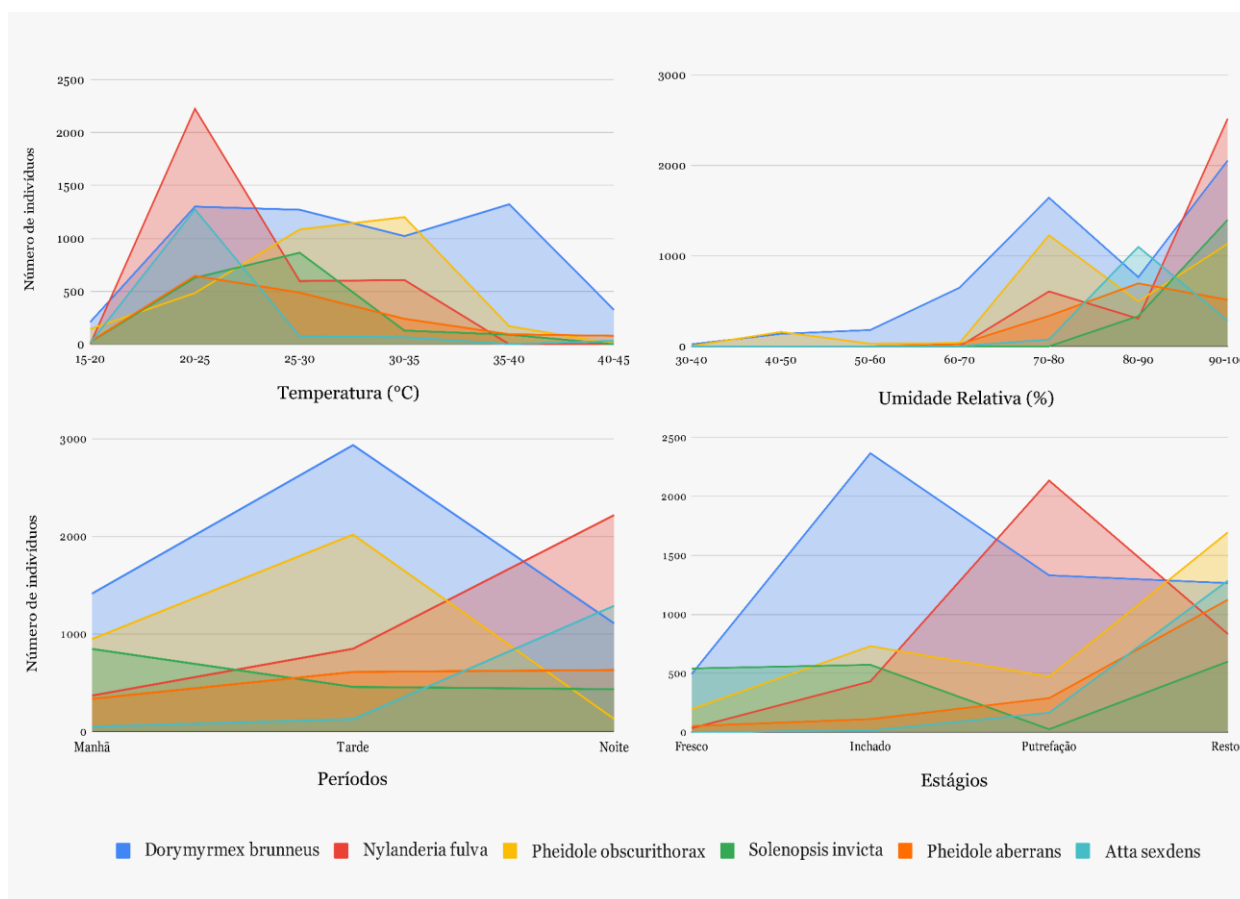
Fonte: Dados da pesquisa

Observando as espécies mais abundantes dos ensaios (*D. brunneus*, *N. fulva*, *P. obscurithorax*, *S. invicta*, *P. aberrans*, *A. sexdens*), nota-se diferentes padrões comportamentais (X^2 : $p < 0.0001$; Gráfico 13). *D. brunneus* foi abundante em temperaturas de $\pm 20^\circ\text{C}$ a $\pm 40^\circ\text{C}$, exibindo alta resiliência. Além disso, picos de abundância foram verificados no período da tarde e no estágio de decomposição inchado. As formigas da espécie *N. fulva* distinguiram-se em temperaturas mais amenas, entre 20°C e 25°C , e em altos níveis de umidade. De forma complementar, foram mais abundantes no período da noite. Pouco estiveram presentes nos estágios iniciais da decomposição, com um pico acentuado no estágio de putrefação. Quanto aos indivíduos da espécie *P. obscurithorax*, estiveram presentes em grande quantidade em temperaturas entre 25°C a 35°C , com destaque ao período da tarde. Além disso, notou-se preferência ao estágio de restos, após a abundância diminuir no estágio de putrefação.

Solenopsis invicta foi pouco observada em temperaturas mais elevadas e esteve presente durante o dia todo, apesar de mais indivíduos serem coletados no período da manhã. Verificou-se pouca preferência ao estágio de putrefação e alto recrutamento no estágio de restos. Um padrão semelhante foi observado para os indivíduos de *P. aberrans*. Formigas da espécie *A. sexdens* exibiram comportamentos acentuados frente às variáveis verificadas, com picos de abundância em temperaturas na faixa de 20°C a 25°C , e em níveis de umidade relativa entre

80% e 90%. Pouco foi coletada nos períodos da manhã e da tarde, e nos estágios iniciais de decomposição.

Gráfico 13 - Gráficos para visualização dos comportamentos das espécies de formigas mais abundantes nas coletas, frente à variáveis ambientais e os estágios de decomposição.



Fonte: Dados da pesquisa.

3.4 Observações comportamentais

Camponotus rufipes e *C. renggeri* estiveram presentes a partir do primeiro dia até o fim dos experimentos e foram responsáveis pela fragmentação e dilaceração da região dorsal. No local onde foi observada a remoção de tecidos, notou-se moscas adultas dirigindo-se para oviposição, e posteriormente, a região foi alvo das larvas de mosca (Figura 1). Também foram responsáveis pela fragmentação do interior da cavidade oral dos suínos (Figura 4). As injúrias exibiram um padrão característico e de fácil percepção, porém a partir do momento em que larvas de moscas começaram a se alimentar do tecido do local, o padrão foi alterado; variando de uma ferida de padrão acidentado para uma ferida lisa (Figura 1). As espécies também foram descritas majoritariamente como necrófagas em trabalhos anteriores, incluindo em seres

humanos (CELINO, 2014; DE SOUZA, 2020; RIBEIRO; VARGAS; LOPES, 2018). Ribeiro, Vargas, Lopes (2018), também observaram o comportamento de remoção de tecido e sugeriram que o processo de decomposição foi acelerado pelos indivíduos. Nooten *et al.* (2022) evidenciaram que formigas de maior tamanho corporal podem influenciar positivamente o processo de decomposição, como no caso das duas espécies, que podem ser consideradas formigas grandes (>1 cm).

Figura 3 - Formigas da espécie *Camponotus rufipes* fragmentando tecido da região do dorso do cadáver de *Sus scrofa* em associação com larvas de mosca.



Fonte: A autora.

Figura 4 - Formigas *Camponotus rufipes* fragmentando e carregando porções de tecido da região oral do cadáver de *Sus scrofa*.



Fonte: A autora.

Figura 5 - Moscas adultas ovipositando em injúrias causadas por formigas *Camponotus renggeri* em período anterior.



Fonte: A autora.

Operárias do gênero *Camponotus* também foram vistas ingerindo diretamente o sangue extravasado da cavidade nasal de carcaças (Figura 6). Além do comportamento evidente, notoriamente pode-se perceber o gáster dos indivíduos túrgido e com coloração avermelhada entre as placas de exoesqueleto (Figura 6). As formigas do gênero *Camponotus* estiveram

presentes em grande diversidade em todos os ambientes, geralmente desde poucos minutos após a disposição dos cadáveres até os últimos estágios da decomposição. Contudo, $\pm 70\%$ dos indivíduos foram coletados nos dois estágios finais (putrefação e restos). Apresentaram comportamento noturno, visto que 66,4% dos indivíduos foram coletados no período da noite. *Camponotus crassus* também foi encontrada nos ambientes rural e de transição. A espécie é objeto de diversos estudos relacionados à interação inseto-plantas, sendo abundante em nectários extraflorais. Seus ninhos podem ser estabelecidos no solo e em galhos apodrecidos no chão (FAGUNDES *et al.*, 2017; LANGE *et al.*, 2019; OLIVEIRA; PIE, 1998; RIBAS *et al.*, 2010).

Figura 6 - Formigas do gênero *Camponotus* ingerindo sangue proveniente do cadáver de porco doméstico. À direita, encontra-se a imagem da esquerda ampliada e dando ênfase no gáster túrgido e avermelhado em decorrência da ingestão (seta).



Fonte: A autora.

Destacou-se também a espécie *Dolichoderus bispinosus*, que foi observada apenas no ambiente de transição (Figura 7). As trilhas saíam de locais altos, como árvores e telhados e se direcionavam diretamente aos cadáveres. Apesar da grande quantidade de operárias visualizadas nas carcaças, poucos indivíduos foram encontrados nas armadilhas de queda (pitfall). Notou-se que as formigas se concentraram por toda a região da pele, e nas unhas (Figura 7), porém pouco pode-se concluir a respeito de seu comportamento e alimentação. A espécie foi descrita pela primeira vez na presente pesquisa, apesar de também estar distribuída por outros países da América do Sul (AntMaps, 2022).

Figura 7 - Operárias de *Dolichoderus bispinosus* em atividade intensa de forrageio em carcaça de porco doméstico em ambiente de transição.



Fonte: A autora.

Formigas do gênero *Odontomachus* Latreille, 1804 foram observadas predando larvas de mosca de primeiro e segundo instar nos ambientes de transição e rural (Figura 8). A presença de indivíduos do gênero foi notada em todos os estágios de decomposição, porém, de forma acentuada no estágio de restos. Além disso, exibiram um comportamento noturno, visto que foram coletadas em maior número durante o período da noite. Foram coletadas as espécies *Odontomachus affinis* Guérin-Ménéville, 1844, *Odontomachus meinerti* Forel, 1905 e *Odontomachus chelifer* (Latreille, 1802), durante os experimentos. Paula *et al.* (2016), descreveu as espécies *O. meinerti* e *O. chelifer* também como predadoras; e a espécie *O. affinis* foi observada pela primeira associada à carcaças em decomposição. Indivíduos da espécie *Pachycondyla striata* Smith, 1858a também foram observados nos ambientes de transição e rural, geralmente solitários. Durante a maior parte do tempo apresentaram comportamento inconspícuo, porém notou-se uma interação com fezes presentes no orifício anal da carcaça do porco doméstico (Figura 9). Foram coletadas em maior quantidade durante os estágios de putrefação e restos, em todos os períodos do dia. A espécie é considerada predadora, se alimentando de invertebrados mortos ou vivos e matéria vegetal (RAIMUNDO; FREITAS; OLIVEIRA, 2009).

Figura 8 - Formigas do gênero *Odontomachus* predando larvas de mosca em cadáver de *Sus scrofa*.



Fonte: A autora.

Figura 9 - Operária de *Pachycondyla striata* interagindo com fezes provenientes do cadáver de porco doméstico *Sus scrofa*.



Fonte: A autora.

Formigas da espécie *A. sexdens* estiveram presentes em grande quantidade, 92,4% dos indivíduos coletados em ambiente rural. Também exibiram hábitos noturno, como pôde ser observado no Gráfico 13. Não estiveram presentes durante o estágio fresco, e apresentaram preferência ao estágio de restos (Gráfico 13). Notou-se alta atividade de forrageamento direcionada aos porcos. Durante o período, as operárias recortaram fragmentos de tecido da face do porco doméstico (Figura 10), e foram observadas removendo e carregando apanhados de partículas de areia da área onde o cadáver se decompôs utilizando as pernas dianteiras e as mandíbulas (Figura 11).

Outras espécies de formigas-cortadeiras (*Atta* Fabricius, 1804, *Acromyrmex* Mayr, 1865, *Amoimyrmex* Cristiano *et al.*, 2020, *Pseudoatta* Gallardo, 1916) e cultivadoras de fungos (tribo Attini, subtribo Attina; *Atta* genus-group em Ward *et al.*, 2015), como *Acromyrmex balzani* (Emery, 1890), *A. coronatus*, *A. rugosus*, *Cyphomyrmex peltatus* Kempf, 1966, *Cyphomyrmex rimosus* (Spinola, 1851), *Mycetarotes senticosus* Kempf, 1960, *Mycetomoellerius relictus* (Borgmeier, 1934), *Mycetomoellerius urichii* (Forel, 1893), e *Mycocepurus goeldii* (Forel, 1893) também estiveram presentes durante os experimentos (Quadro 2). As formigas do gênero *Atta* são amplamente registradas em trabalhos da área forense, as vezes em abundância numérica, removendo tecidos e recortando pedaços de roupa (CELINO, 2014; DE FARIA *et al.*, 2018; DE SOUZA *et al.*, 2020; FONSECA; CAMPOS; SILVA, 2015; OLIVEIRA-COSTA, 2008; PAULA *et al.*, 2016; SANTOS-JUNIOR *et al.*, 2014; VIANA *et al.*, 2022). Pouco se sabe a respeito da razão por trás da ocorrência dessas formigas em carcaças.

Figura 10 - Operárias de *Atta sexdens* recortando o tecido da região da face do cadáver de porco doméstico.



Fonte: A autora.

Figura 11 - Operárias de *Atta sexdens* coletando porções de areia da área de decomposição do cadáver de porco doméstico.



Fonte: A autora.

Formigas da espécie *S. invicta* estiveram presentes apenas no ambiente residencial, em apenas um cadáver. Exibiram comportamento de cobrimento dos orifícios orais e nasais com partículas de solo, evitando a aproximação de moscas adultas (Figura 12). O comportamento se iniciou poucas horas após a disposição do cadáver, quando o recrutamento de operárias continuamente se intensificava. A espécie é amplamente estudada da área da entomologia

forense, e seu hábito de cobrir a carcaça foi mencionado anteriormente por outros autores (DE JONG; MEYER; GODDARD, 2021; LINDGREN *et al.*, 2011; RICHARDS *et al.*, 2015; SAWYER *et al.*, 2021). Geralmente é descrita predando larvas de mosca e removendo tecidos (DE JONG; MEYER; GODDARD, 2021; LIN; TARONE; EUBANKS, 2022b).

Figura 12 - Formigas *Solenopsis invicta* cobrindo os orifícios oral e nasal de cadáver de *Sus scrofa* com partículas de solo no ambiente residencial.



Fonte: A autora.

3.5 Análises moleculares

Foi possível observar e confirmar o DNA ingerido amplificado através dos controles positivos (C+) para porco e mosca utilizados (Figura 13). O material ingerido pelas formigas do gênero *Solenopsis* mantidas em laboratório foi recuperado através das técnicas utilizadas nos intervalos de 24, 48 e 72 horas após o oferecimento do recurso (Quadro 5). Contudo, enquanto o DNA de mosca foi detectado em todos os intervalos, o DNA suíno foi observado apenas no intervalo de 72 horas. Notou-se que das amostras em que o DNA ingerido foi amplificado, $\pm$ 60% foram provenientes de cabeças de formigas. No intervalo de 24 horas, foi constatada a presença de DNA suíno e de mosca em uma amostra de larva de formiga cada. Como os recursos foram retirados 24 horas após o oferecimento, assume-se que mesmo após 48 horas do desaparecimento do alimento do ambiente, seus resquícios podem ser encontrados na colônia, e portanto, a técnica pode ser utilizada para detectar presença de cadáveres. Penn, Chapman, Harwood (2016), também utilizaram a técnica de extração para analisar o recurso alimentar

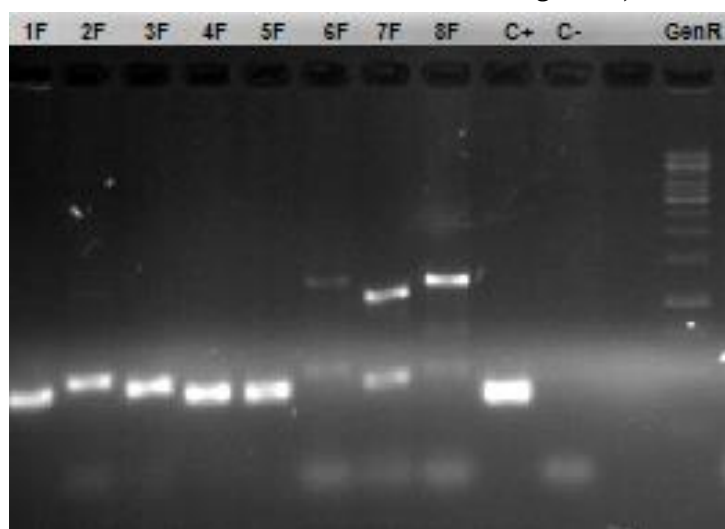
ingerido pelas espécies *Tetramorium caespitum* (Linnaeus, 1758), *S. invicta*, e *Camponotus floridanus* (Buckley, 1866). O DNA do afídeo *Acyrtosiphon pisum* (Harris, 1776) ingerido pelos indivíduos foi recuperado de todas as partes do corpo testadas, porém foi menor em órgãos dissecados. A possibilidade de detectar o DNA ingerido do corpo todo e sem a necessidade de dissecação (DE JONG, 2020), permite que a técnica seja empregada mais facilmente por profissionais que não são especialistas em formigas, e em formigas diminutas. Os intervalos em que a extração é viável também viabiliza o uso da técnica em casos reais, para identificação tanto do tecido vertebrado ou invertebrado ingerido.

Quadro 5 – Intervalos em que o DNA suíno e de moscas ingerido por formigas foi detectado.

Intervalos	DNA suíno	DNA de mosca
24h	X	✓
48h	X	✓
72h	✓	✓
120h	X	X

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 13 - Gel de agarose observado sob luz ultravioleta e revelando as regiões amplificadas de DNA de larva de mosca ingerido por formigas do gênero *Solenopsis*. Cada coluna representa uma amostra. C+: Controle positivo; C-: controle negativo; e, GenR: Gene Ruller 1 kb (para dimensionamento do tamanho do fragmento).



Fonte: Dados da pesquisa.

4 CONCLUSÕES

O comportamento dos parâmetros de diversidade aqui observados, evidencia que o ambiente é um fator importante na estrutura de comunidades de formigas associadas à carcaças em decomposição a nível regional. E, que os padrões de colonização são similares em ambientes de maior interferência humana. Com isso em mente, a estrutura do sistema de decomposição pode ser afetada diferentemente pela mirmecofauna de acordo com ambientes diversos. Ambientes com atividade humana mais intensificada, que incluem processos agrícolas e de edificação, podem beneficiar espécies de dominância numérica, enquanto que ambientes com maior porcentagem de cobertura vegetal, favorecem espécies sensíveis menos dominantes que utilizam o recurso de forma constante enquanto disponível. Observou-se também, que há forte correlação negativa entre a incidência solar e a riqueza de espécies, sugerindo que deve ser dada maior atenção às influências das condições ambientais e climáticas nas comunidades de formigas da fauna cadavérica. Notou-se também, que espécies de menor taxa de recrutamento podem contribuir ativamente com o processo de decomposição, como no caso de formigas do gênero *Camponotus*, que pouco são investigadas.

Em se tratando de estudos que dedicam-se a verificar a diversidade e influência da mirmecofauna no processo de decomposição de carcaças, deve-se considerar observações distribuídas durante todo o dia, incluindo o período da noite. E, sugere-se, que, investigações quanto a padrões espécie-específicos acerca de variáveis bióticas e abióticas devem ser realizadas para indivíduos de Formicidae, como tem sido realizado para as ordens Diptera e Coleoptera. Percebe-se também, que, a família tem potencial para futuras aplicações no âmbito forense, como evidenciado pelos resultados dos procedimentos moleculares em formigas do gênero *Solenopsis*, em que foi observada detecção do recurso alimentar ingerido 48 horas após o seu esgotamento no ambiente, sem a necessidade de técnicas de dissecação em indivíduos adultos e larvas. Por fim, a presente pesquisa reforça a importância da família Formicidae e de seu estudo para que melhor se entenda a respeito de sua interação com carcaças e da utilização do recurso, além das necessidades nutricionais que suprem aos indivíduos.

REFERÊNCIAS

- AL-AMERI, D. T.; HAMZA, A. K.; ALHASAN, A. S. Relationship between ants *Pheidole megacephala* (Hymenoptera: Formicidae) and some dead animals tissue. **Plant Archives**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 871–874, 2020.
- ANDERSEN, A. N. Functional groups and patterns of organization in North American ant communities: a comparison with Australia. **Journal of Biogeography**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 433–460, 1997. DOI: 10.1111/J.1365-2699.1997.00137.X. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2699.1997.00137.x>. Acesso em: 21 dez. 2022.
- ANDRADE-SILVA, J.; PEREIRA, E. K. C.; SILVA, O.; SANTOS, C. L. C.; DELABIE, J. H. C.; REBÊLO, J. M. M. Ants (Hymenoptera: Formicidae) associated with pig carcasses in an Urban Area. **Sociobiology**, [S. l.], v. 62, n. 4, p. 527–532, 2015. DOI: 10.13102/sociobiology.v62i4.795.
- AntMaps**. [s.d.]. Disponível em: <https://antmaps.org/about.html>. Acesso em: 23 dez. 2022.
- BARTON, P. S.; EVANS, M. J.; PECHAL, J. L.; BENBOW, M. E. Necrophilous insect dynamics at small vertebrate carrion in a temperate eucalypt woodland. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 54, n. 4, p. 964–973, 2017. DOI: 10.1093/jme/tjw242. Disponível em: <https://academic.oup.com/jme/article-lookup/doi/10.1093/jme/tjw242>. Acesso em: 9 mar. 2021.
- BASELGA, A. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 134–143, 2010. DOI: 10.1111/J.1466-8238.2009.00490.X. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1466-8238.2009.00490.x>. Acesso em: 12 dez. 2022.
- BASELGA, A.; ORME, C. D. L. Betapart: an R package for the study of beta diversity. **Methods in Ecology and Evolution**, [S. l.], v. 3, n. 5, p. 808–812, 2012. DOI: 10.1111/J.2041-210X.2012.00224.X. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.2041-210X.2012.00224.x>. Acesso em: 12 dez. 2022.
- BISHOP, T. R.; ROBERTSON, M. P.; VAN RENSBURG, B. J.; PARR, C. L. Contrasting species and functional beta diversity in montane ant assemblages. **Journal of Biogeography**, [S. l.], v. 42, n. 9, p. 1776–1786, 2015. DOI: 10.1111/jbi.12537.
- BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R.; FEITOSA, R. M. Cerrado ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) as indicators of edge effects. **Zoologia (Curitiba)**, [S. l.], v. 28, n. 3, p. 379–387, 2011. DOI: 10.1590/S1984-46702011000300012. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/zool/a/RXdCTYNQkLByDWpK9RMzvdH/abstract/?lang=en>. Acesso em: 22 dez. 2022.
- BYARD, R. W.; HEATH, K. J. Patterned postmortem ant abrasions outlining clothing and body position after death. **Journal of Forensic and Legal Medicine**, [S. l.], v. 26, p. 10–13, 2014. DOI: 10.1016/j.jflm.2014.04.022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jflm.2014.04.022>.

BYARD, R. W.; JAMES, R. A.; GILBERT, J. D. Diagnostic problems associated with cadaveric trauma from animal activity. **American Journal of Forensic Medicine and Pathology**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 238–244, 2002. DOI: 10.1097/00000433-200209000-00006.

CALCATERRA, L. A.; LIVORE, J. P.; DELGADO, A.; BRIANO, J. A. Ecological dominance of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*, in its native range. **Oecologia**, [S. l.], v. 156, n. 2, p. 411–421, 2008. DOI: 10.1007/S00442-008-0997-Y/TABLES/3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-008-0997-y>. Acesso em: 22 dez. 2022.

CAMPOBASSO, C. P.; MARCHETTI, D.; INTRONA, F.; COLONNA, M. F. Postmortem artifacts made by ants and the effect of ant activity on decompositional rates. **American Journal of Forensic Medicine and Pathology**, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 84–87, 2009. DOI: 10.1097/PAF.0b013e318187371f.

CARVALHO, L. M. L.; THYSSEN, P. J.; GOFF, M. L.; LINHARES, A. X. Observations on the succession patterns of necrophagous insects on a pig carcass in an urban area of Southeastern Brazil. **Anil Aggrawal's Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 33–39, 2004.

CARVALHO, R. L.; ANDERSEN, A. N.; ANJOS, D. V.; PACHECO, R.; CHAGAS, L.; VASCONCELOS, H. L. Understanding what bioindicators are actually indicating: Linking disturbance responses to ecological traits of dung beetles and ants. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 108, n. September 2019, p. 105764, 2020. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105764. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105764>.

CASSILL, D. L.; BUTLER, J.; VINSON, S. B.; WHEELER, D. E. Cooperation during prey digestion between workers and larvae in the ant, *Pheidole spadonia*. **Insectes Sociaux**, [S. l.], v. 52, n. 4, p. 339–343, 2005. DOI: 10.1007/s00040-005-0817-x.

CELINO, T. B. Atividade de formigas e suas implicações forenses em um ecossistema dinâmico - o corpo em decomposição. [S. l.], p. 77, 2014.

CHAO, A.; CHAZDON, R. L.; SHEN, T. J. A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. **Ecology Letters**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 148–159, 2005. DOI: 10.1111/J.1461-0248.2004.00707.X. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1461-0248.2004.00707.x>. Acesso em: 12 dez. 2022.

CUEZZO, F.; GUERRERO, R. J. The ant genus *Dorymyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae: Dolichoderinae) in Colombia. **Psyche (London)**, [S. l.], 2012. DOI: 10.1155/2012/516058.

DALLE LASTE, K. C.; DURIGAN, G.; ANDERSEN, A. N. Biodiversity responses to land-use and restoration in a global biodiversity hotspot: Ant communities in Brazilian Cerrado. **Austral Ecology**, [S. l.], v. 44, n. 2, p. 313–326, 2019. DOI: 10.1111/AEC.12676. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/aec.12676>. Acesso em: 22 dez. 2022.

DE FARIA, L. S.; PASETO, M. L.; COURI, M. S.; MELLO-PATIU, C. A.; MENDES, J. Insects associated with pig carrion in two environments of the Brazilian Savanna.

Neotropical Entomology, [S. l.], v. 47, n. 2, p. 181–198, 2018. DOI: 10.1007/s13744-017-0518-y.

DE JONG, G. D. Roles and interaction of blow flies (Diptera: Calliphoridae) and introduced fire ants (Hymenoptera: Formicidae: *Solenopsis invicta* and *S. invicta x richteri*) in carrion decomposition (Tesis doctoral). [S. l.], v. 0, 2020.

DE JONG, G. D.; MEYER, F.; GODDARD, J. Relative roles of blow flies (Diptera: Calliphoridae) and invasive fire ants (Hymenoptera: Formicidae: *Solenopsis* spp.) in carrion decomposition. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 58, n. 3, p. 1074–1082, 2021. DOI: 10.1093/jme/tjab014.

DE SOUZA, A. A. D. F. Mirmecologia associada a carcaças de porcos (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) em duas áreas de Cerrado no Distrito Federal. [S. l.], n. D, p. 77, 2020.

DE SOUZA, A. A. D. F.; DE ROSA, C. T. A.; ARANTES, L. C.; PUJOL-LUZ, J. R. Artifacts caused by leaf-cutting ants of the genus *Atta* (Hymenoptera: Formicidae): postmortem bite injuries and the tearing of clothes. **Journal of Forensic Sciences**, [S. l.], v. 65, n. 3, p. 1012–1015, 2020. DOI: 10.1111/1556-4029.14279.

DE POLONÍA, I. Z.; RUIZ-BOLAÑOS, N. Hábitos Alimenticios Y Relaciones Simbióticas De La “Hormiga Loca” *Nylanderia Fulva* Con Otros Artropodos. **Revista Colombiana de Entomología**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 3–10, 1985. DOI: 10.25100/socolen.v11i1.10249.

Disponível em:

<https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co/index.php/SOCOLEN/article/view/10249>. Acesso em: 22 dez. 2022.

DEL-CLARO, K.; OLIVEIRA, P. S. Ant-homoptera interactions in a neotropical savanna: the honeydew-producing treehopper, *Guayaquila xiphias* (Membracidae), and its associated ant fauna on *Didymopanax vinosum* (Araliaceae)1. **Biotropica**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 135–144, 1999. DOI: 10.1111/J.1744-7429.1999.TB00124.X. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1744-7429.1999.tb00124.x>. Acesso em: 22 dez. 2022.

DEL TORO, I.; FLOYD, K.; GARDEA-TORRESDEY, J.; BORROK, D. Heavy metal distribution and bioaccumulation in Chihuahuan Desert Rough Harvester ant (*Pogonomyrmex rugosus*) populations. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 158, n. 5, p. 1281–1287, 2010. DOI: 10.1016/j.envpol.2010.01.024.

EARLY, M.; GOFF, M. L. Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of O’ahu, Hawaiian Islands, USA. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 23, n. 5, p. 520–531, 1986. DOI: 10.1093/jmedent/23.5.520.

EL-SAMAD, L. M.; YOUSSEF, M. H. Seasonality of insect succession on remains of rabbits treated with amitriptyline (antidepressant drug). [S. l.], v. 9, n. 1, p. 1783–1798, 2016.

ENGLMEIER, J. *et al.* Diverse effects of climate, land use, and insects on dung and carrion decomposition. **Ecosystems**, [S. l.], p. 1–15, 2022. DOI: 10.1007/S10021-022-00764-7/FIGURES/4. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-022-00764-7>. Acesso em: 21 dez. 2022.

ERTHAL, M.; PERES SILVA, C.; IAN SAMUELS, R. Digestive enzymes in larvae of the leaf cutting ant, *Acromyrmex subterraneus* (Hymenoptera: Formicidae: Attini). **Journal of Insect Physiology**, [S. l.], v. 53, n. 11, p. 1101–1111, 2007. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2007.06.014.

EUBANKS, M. D.; LIN, C.; TARONE, A. M. The role of ants in vertebrate carrion decomposition. **Food Webs**, [S. l.], v. 18, p. e00109, 2019. DOI: 10.1016/j.fooweb.2018.e00109. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2018.e00109>.

EVANS, M. J.; WALLMAN, J. F.; BARTON, P. S. Traits reveal ecological strategies driving carrion insect community assembly. **Ecological Entomology**, [S. l.], v. 45, n. 5, p. 966–977, 2020. DOI: 10.1111/een.12869.

FAGUNDES, R.; DÁTTILO, W.; RIBEIRO, S. P.; RICO-GRAY, V.; JORDANO, P.; DEL-CLARO, K. Differences among ant species in plant protection are related to production of extrafloral nectar and degree of leaf herbivory. **Biological Journal of the Linnean Society**, [S. l.], v. 122, n. 1, p. 71–83, 2017. DOI: 10.1093/BIOLINNEAN/BLX059. Disponível em: <https://academic.oup.com/biolinnean/article/122/1/71/3869634>. Acesso em: 22 dez. 2022.

FEITOSA, R. M. *et al.* Ants of Brazil: an overview based on 50 years of diversity studies. **<https://doi.org/10.1080/14772000.2022.2089268>**, [S. l.], v. 20, n. 1, 2022. DOI: 10.1080/14772000.2022.2089268. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14772000.2022.2089268>. Acesso em: 21 dez. 2022.

FERNÁNDEZ, F. Introducción a las hormigas de la región Neotropical. [s.l.] : **Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt Bogotá**, 2003. v. 26.

FERNÁNDEZ, F.; GUERRERO, R. J.; SÁNCHEZ-RESTREPO, A. F. Sistemática y diversidad de las hormigas neotropicales. **Revista Colombiana de Entomología**, [S. l.], v. 47, n. 1, p. 1–20, 2021. DOI: 10.25100/socolen.v47i1.11082. Disponível em: <https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co/index.php/SOCOLEN/article/view/11082>. Acesso em: 21 dez. 2022.

FONSECA, A. R.; CAMPOS, R. B. F.; SILVA, G. F. Formigas em carcaças de *Rattus norvegicus* (Berkenhout) em uma área de Cerrado no Sudeste do Brasil: riqueza e abundância. **EntomoBrasilis**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 74–78, 2015. DOI: 10.12741/ebrazilis.v8i1.460.

GLANCEY, B. M.; VANDER MEER, R. K.; GLOVER, A.; LOFGREN, C. S.; VINSON, S. B. Filtration of microparticles from liquids ingested by the red imported fire ant *Solenopsis invicta* Buren. **Insectes Sociaux** 1981 28:4, [S. l.], v. 28, n. 4, p. 395–401, 1981. DOI: 10.1007/BF02224196. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02224196>. Acesso em: 3 set. 2021.

GO, M. A case of human bone modification by ants (Hymenoptera: Formicidae) in the Philippines. **Forensic Anthropology**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 117–123, 2018. DOI: 10.5744/fa.2018.0012.

GOFF, M. L.; WIN, B. H. Estimation of postmortem interval based on colony development time for *Anoplolepis longipes* (Hymenoptera: Formicidae) . **Journal of Forensic Sciences**, [S. l.], v. 42, n. 6, p. 14281J, 1997. DOI: 10.1520/jfs14281j.

HAMDY, R.; EL-HAMOULY, H.; SAWABY, R.; ABD EL-BAR, M.. Identification of insects colonizing carrions of tramadol-intoxicated rabbits and guinea pigs in relation to seasonal variances in Cairo, Egypt. **Egyptian Journal of Pure and Applied Science**, [S. l.], v. 60, n. 1, p. 34–61, 2022. DOI: 10.21608/ejaps.2022.108038.1014.

HELLER, N. E.; INGRAM, K. K.; GORDON, D. M. Nest connectivity and colony structure in unicolonial Argentine ants. **Insectes Sociaux**, [S. l.], v. 55, n. 4, p. 397–403, 2008. DOI: 10.1007/S00040-008-1019-0.

HERNÁNDEZ-RUIZ, P.; CASTAÑO-MENESES, G. Ants (Hymenoptera: Formicidae) diversity in agricultural ecosystems at Mezquital Valley, Hidalgo, Mexico. **European Journal of Soil Biology**, [S. l.], v. 42, n. SUPPL. 1, p. 208–212, 2006. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2006.07.020.

HÖLLDOBLER, B; WILSON, Edward O. **The ants**. Harvard University Press, 1990.

HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, A. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). **Methods in Ecology and Evolution**, [S. l.], v. 7, n. 12, p. 1451–1456, 2016.

ILOBA, B. N.; FAWOLE, S. O. Comparative study of arthropod fauna on exposed carrions across the vertebrate classes. [S. l.], v. 2, n. 2, p. 51–65, 2006.

JACCARD, P. The distribution of the flora in the alpine zone. 1. **New phytologist**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 37–50, 1912.

KL, M. Value of A260/A280 ratios for measurement of purity of nucleic acids. **Biotechniques**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 208–210, 1995. Disponível em: <https://europepmc.org/article/med/8527139>. Acesso em: 3 set. 2021.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.

KUMAR, S.; LEBRUN, E. G.; STOHLGREN, T. J.; STABACH, J. A.; MCDONALD, D. L.; OI, D. H.; LAPOLLA, J. S. Evidence of niche shift and global invasion potential of the Tawny Crazy ant, *Nylanderia fulva*. **Ecology and Evolution**, [S. l.], v. 5, n. 20, p. 4628–4641, 2015. DOI: 10.1002/ECE3.1737. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.1737>. Acesso em: 22 dez. 2022.

LANGE, D.; CALIXTO, E. S.; ROSA, B. B.; SALES, T. A.; DEL-CLARO, K. Natural history and ecology of foraging of the *Camponotus crassus* Mayr, 1862 (Hymenoptera: Formicidae). <https://doi.org/10.1080/00222933.2019.1660430>, [S. l.], v. 53, n. 27–28, p. 1737–1749, 2019. DOI: 10.1080/00222933.2019.1660430. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00222933.2019.1660430>. Acesso em: 22 dez. 2022.

LAPOLLA, J. S.; BRADY, S. G.; SHATTUCK, S. O. Monograph of *Nylanderia* (Hymenoptera: Formicidae) of the World: An introduction to the systematics and biology of the genus. **Zootaxa**, [S. l.], v. 3110, n. 1, p. 1–9–1–9, 2011. DOI: 10.11646/ZOOTAXA.3110.1.1. Disponível em: <https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.3110.1.1>. Acesso em: 21 dez. 2022.

LAPOLLA, J. S.; LONGINO, J. T. An unusual new *Brachymyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) from costa rica, with implications for the phylogeny of the lasiine tribe. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, [S. l.], v. 108297, p. 305, 2006.

LAWES, M. J.; MOORE, A. M.; ANDERSEN, A. N.; PREECE, N. D.; FRANKLIN, D. C. Ants as ecological indicators of rainforest restoration: Community convergence and the development of an ant forest indicator index in the australian wet tropics. **Ecology and Evolution**, [S. l.], v. 7, n. 20, p. 8442–8455, 2017. DOI: 10.1002/ece3.2992.

LEAL, I. R.; FILGUEIRAS, B. K. C.; GOMES, J. P.; IANNUZZI, L.; ANDERSEN, A. N. Effects of habitat fragmentation on ant richness and functional composition in Brazilian Atlantic forest. **Biodiversity and Conservation**, [S. l.], v. 21, n. 7, p. 1687–1701, 2012. DOI: 10.1007/S10531-012-0271-9/TABLES/4. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-012-0271-9>. Acesso em: 22 dez. 2022.

LEBRUN, E. G.; ABBOTT, J.; GILBERT, L. E. Imported crazy ant displaces imported fire ant, reduces and homogenizes grassland ant and arthropod assemblages. **Biological Invasions**, [S. l.], v. 15, n. 11, p. 2429–2442, 2013. DOI: 10.1007/S10530-013-0463-6/FIGURES/6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-013-0463-6>. Acesso em: 22 dez. 2022.

LENOIR, A.; CUVILLIER-HOT, V.; DEVERS, S.; CHRISTIDÈS, J. P.; MONTIGNY, Frédéric. Ant cuticles: A trap for atmospheric phthalate contaminants. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 441, p. 209–212, 2012. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.10.003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.003>.

LEONG, C. M.; SHELOMI, M.; LIN, C. C.; SHIAO, S. F. Necrophilous ants (Hymenoptera: Formicidae) in diverse habitats in Taiwan. **Sociobiology**, [S. l.], v. 66, n. 2, p. 209–217, 2019. DOI: 10.13102/sociobiology.v66i2.3491.

LIN, C.; TARONE, A. M.; EUBANKS, M. D. The discrepancy between fire ant recruitment to and performance on rodent carrion. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 1–8, 2022. a. DOI: 10.1038/s41598-021-04051-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04051-8>.

LIN, C.; TARONE, Aaron M.; EUBANKS, Micky D. The discrepancy between fire ant recruitment to and performance on rodent carrion. **Scientific Reports 2022 12:1**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 1–8, 2022. b. DOI: 10.1038/s41598-021-04051-8. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-04051-8>. Acesso em: 21 dez. 2022.

LINDGREN, N. K.; BUCHELI, S. R.; ARCHAMBEAULT, A. D.; BYTHEWAY, J. A. Exclusion of forensically important flies due to burying behavior by the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) in southeast Texas. **Forensic Science International**, [S. l.], v. 204, n. 1–

3, p. e1–e3, 2011. DOI: 10.1016/j.forsciint.2010.05.016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.05.016>.

LINDSEY, P. A.; SKINNER, J. D. Ant composition and activity patterns as determined by pitfall trapping and other methods in three habitats in the semi-arid Karoo. **Journal of Arid Environments**, [S. l.], v. 48, n. 4, p. 551–568, 2001. DOI: 10.1006/jare.2000.0764.

LITTLE, A. E. F.; MURAKAMI, T.; MUELLER, U. G.; CURRIE, C. R. The infrabuccal pellet piles of fungus-growing ants. **Naturwissenschaften**, [S. l.], v. 90, n. 12, p. 558–562, 2003. DOI: 10.1007/s00114-003-0480-x.

LONGINO, J. T. Additions to the taxonomy of New World *Pheidole* (Hymenoptera: Formicidae). **Zootaxa**, [S. l.], v. 2181, n. 1, p. 1–90–1–90, 2009. DOI: 10.11646/ZOOTAXA.2181.1.1. Disponível em: <https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.2181.1.1>. Acesso em: 21 dez. 2022.

MCDONNELL, M. J.; PICKETT, S. T. A.; GROFFMAN, P.; BOHLEN, P.; POUYAT, R. V.; ZIPPERER, W. C.; PARMELEE, R. W.; CARREIRO, M. M.; MEDLEY, K. Ecosystem processes along an urban-to-rural gradient. In: **Urban Ecology**. [s.l.] : Springer, 2008. p. 299–313.

MCGILL, B. J. *et al.* Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. **Ecology Letters**, [S. l.], v. 10, n. 10, p. 995–1015, 2007. DOI: 10.1111/J.1461-0248.2007.01094.X. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1461-0248.2007.01094.x>. Acesso em: 13 dez. 2022.

MOKAM, D. G.; DJIÉTO-LORDON, C.; BILONG, C. F. B.; BRUNET, J.. Patterns of species richness and diversity of insects associated with cucurbit fruits in the southern part of Cameroon. **Journal of Insect Science**, [S. l.], v. 14, n. 1, 2014. DOI: 10.1093/JISESA/IEU110. Disponível em: <https://academic.oup.com/jinsectscience/article/14/1/248/2383925>. Acesso em: 13 dez. 2022.

MOREAU, C. S. A practical guide to DNA extraction, PCR, and gene-based DNA sequencing in insects. **Halteres**, [S. l.], v. 5, p. 32–42, 2014.

MORETTI, T. D. C.; RIBEIRO, O. B. *Cephalotes clypeatus* Fabricius (Hymenoptera: Formicidae): nesting habits and occurrence in animal carcass. **Neotropical entomology**, [S. l.], v. 35, n. 3, p. 412–415, 2006. b.

MOTOMURA, I. A statistical treatment of ecological communities. **Zoological Magazine**, [S. l.], v. 44, p. 379–383, 1932.

NARANJO, L. C.; CRUZ, P. Y.; MAYEA, M. Y. Artrópodos presentes en la participación de cadáveres de cerdos (*Sus scrofa*) en Santiago de Cuba, Cuba. **Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa**, [S. l.], v. 44, n. 44, p. 441–447, 2009.

NEVES, F. S.; BRAGA, R. F.; DO ESPÍRITOSANTO, M. M.; DELABIE, J. H. C.; FERNANDES, G. W.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Diversity of arboreal ants in a brazilian

tropical dry forest: Effects of seasonality and successional stage. **Sociobiology**, [S. l.], v. 56, n. 1, p. 177–194, 2010.

NOOTEN, S. S.; CHAN, K. H.; SCHULTHEISS, P.; BOGAR, T. A.; GUÉNARD, B. Ant body size mediates functional performance and species interactions in carrion decomposer communities. **Functional Ecology**, [S. l.], v. 36, n. 5, p. 1279–1291, 2022. DOI: 10.1111/1365-2435.14039. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2435.14039>. Acesso em: 20 dez. 2022.

ODUM, W. E. Comparative ecology of tidal freshwater and salt marshes. **Annual review of ecology and systematics**, [S. l.], p. 147–176, 1988.

OLEA, P. P.; MATEO-TOMÁS, P.; SÁNCHEZ-ZAPATA, J. An. **Carrion Ecology and Management**. [s.l.] : Springer, 2019. v. 2

OLIVEIRA-COSTA, J. Entomologia forense: quando os insetos são os vestígios. In: **Entomologia forense: quando os insetos são os vestígios**. Campinas: Millenium, 2008.

OLIVEIRA, F. M. P.; RIBEIRO-NETO, J. D.; ANDERSEN, A. N.; LEAL, I. R. Chronic anthropogenic disturbance as a secondary driver of ant community structure: interactions with soil type in Brazilian Caatinga. **Environmental Conservation**, [S. l.], v. 44, n. 2, p. 115–123, 2017. DOI: 10.1017/S0376892916000291. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/chronic-anthropogenic-disturbance-as-a-secondary-driver-of-ant-community-structure-interactions-with-soil-type-in-brazilian-caatinga/370C3993DD6FD1389C3DA3B0FFBDBD3A>. Acesso em: 22 dez. 2022.

OLIVEIRA, P. S.; PIE, M. R. Interaction between ants and plants bearing extrafloral nectaries in cerrado vegetation. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 161–176, 1998. DOI: 10.1590/S0301-80591998000200001. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/aseb/a/ckSRJv9GkVpQn49sFmFMbKs/?lang=en>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PACHECO, R.; VASCONCELOS, Heraldo. L. Invertebrate conservation in urban areas: Ants in the Brazilian Cerrado. **Landscape and Urban Planning**, [S. l.], v. 81, n. 3, p. 193–199, 2007. DOI: 10.1016/J.LANDURBPLAN.2006.11.004.

PARK, S. H.; MOON, T. Y. Forensic implication of cadaveric behaviors of the Japanese pavement ant (*Tetramorium tsushimae* Emery) attending to rabbit cadavers. **Entomological Research**, [S. l.], v. 50, n. 4, p. 177–181, 2020. DOI: 10.1111/1748-5967.12416.

PATRICK EMEKA, O. Forensic Entomology: a dry season study of insects collected on pig carrions in Neke, Enugu State, Nigeria. **International Journal of Scientific Research in Multidisciplinary Studies E**, [S. l.], v. 6, n. 9, p. 29–36, 2020. Disponível em: www.isroset.org.

PAULA, M. C.; MORISHITA, G. M.; CAVARSON, C. H.; GONÇALVES, C. R.; TAVARES, P. R. A.; MENDONÇA, A.; SÚAREZ, Y. R.; ANTONIALLI, W. F. Action of ants on vertebrate carcasses and blow flies (Calliphoridae). **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 53, n. 6, p. 1283–1291, 2016. DOI: 10.1093/jme/tjw119.

PAYNE, J. A. A Summer Carrion Study of the Baby Pig *Sus Scrofa* Linnaeus. **Ecology**, [S. l.], v. 46, n. 5, p. 592–602, 1965. DOI: 10.2307/1934999.

PAZMIÑO-PALOMINO, A.; MENDOZA, J.; BRITO-VERA, G. A. First Record of Invasive Tawny Crazy Ant *Nylanderia fulva* (Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) in Continental Ecuador and Notes on Its Ecology in Sugarcane Crops. **Neotropical Entomology**, [S. l.], v. 49, n. 1, p. 147–150, 2020. DOI: 10.1007/S13744-019-00709-1/FIGURES/3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-019-00709-1>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PENN, H. J.; CHAPMAN, E. G.; HARWOOD, J. D. Overcoming PCR inhibition during dna-based gut content analysis of ants. **Environmental Entomology**, [S. l.], v. 45, n. 5, p. 1255–1261, 2016. DOI: 10.1093/EE/NVW090. Disponível em: <https://academic.oup.com/ee/article/45/5/1255/2197239>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PEREIRA, E. K. C.; ANDRADE-SILVA, J.; SILVA, O.; SANTOS, C. L. C.; MORAES, L. S.; BANDEIRA, M. C. A.; SILVA, C. R. R.; REBÊLO, J. M. M. *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) activity delays vertebrate carcass decomposition. **Sociobiology**, [S. l.], v. 64, n. 3, p. 369–372, 2017. DOI: 10.13102/sociobiology.v64i3.1266.

PÉREZ, S. P.; DUQUE, P.; WOLFF, M. Successional behavior and occurrence matrix of carrion-associated arthropods in the urban area of Medellín, Colombia. **Journal of Forensic Sciences**, [S. l.], v. 50, n. 2, p. 1–7, 2005. DOI: 10.1520/jfs2004046.

QUEIROZ, Antônio. C. M. *et al.* Ant diversity decreases during the dry season: A meta-analysis of the effects of seasonality on ant richness and abundance. **Biotropica**, [S. l.], v. 00, p. 37, 2022. DOI: 10.1111/BTP.13158. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/btp.13158>. Acesso em: 21 dez. 2022.

RABITSCH, W. B. Tissue-specific accumulation patterns of Pb, Cd, Cu, Zn, Fe, and Mn in workers of three ant species (Formicidae, Hymenoptera) from a metal-polluted site. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, [S. l.], v. 32, n. 2, p. 172–177, 1997. DOI: 10.1007/s002449900171.

RAIMUNDO, R. L. G.; FREITAS, A. V. L.; OLIVEIRA, P. S. Seasonal patterns in activity rhythm and foraging ecology in the neotropical forest-dwelling ant, *Odontomachus chelifer* (Formicidae: Ponerinae). **Annals of the Entomological Society of America**, [S. l.], v. 102, n. 6, p. 1151–1157, 2009. DOI: 10.1603/008.102.0625. Disponível em: <https://academic.oup.com/aesa/article/102/6/1151/33522>. Acesso em: 22 dez. 2022.

RAMOS-PASTRANA, Y.; VIRGÜEZ-DÍAZ, Y.; WOLFF, M. Insects of forensic importance associated to cadaveric decomposition in a rural area of the andean amazon, caquetá, Colombia. **Acta Amazonica**, [S. l.], v. 48, n. 2, p. 126–136, 2018. DOI: 10.1590/1809-4392201701033.

RIBAS, C.; OLIVEIRA, P.; SOBRINHO, T.; SCHOEREDER, J.; MADUREIRA, M. The arboreal ant community visiting extrafloral nectaries in the Neotropical cerrado savanna. **Terrestrial Arthropod Reviews**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 3–27, 2010. DOI: 10.1163/187498310X487785.

RIBEIRO, L. F.; VARGAS, T.; LOPES, J. F. Effect of ants on *Mus musculus* Linnaeus, 1758 (Rodentia: Muridae) carcasses decomposition: a preliminary study in the in an Atlantic Forest fragment. **Revista Brasileira de Zoociências**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 148–160, 2018. DOI: 10.34019/2596-3325.2018.v19.24746.

RICHARDS, E. N.; GOFF, L. M. Arthropod Succession on exposed carrion in three contrasting tropical habitats on Hawaii Island, Hawaii. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 34, n. 3, p. 328–339, 1997. DOI: 10.1093/jmedent/34.3.328.

RICHARDS, S. L.; CONNELLY, C. R.; DAY, J. F.; HOPE, T.; ORTIZ, R. Arthropods associated with carrion in a salt marsh habitat in southeastern Florida. **Florida Entomologist**, [S. l.], v. 98, n. 2, p. 613–619, 2015. DOI: 10.1653/024.098.0234.

RODRIGUEZ, W. 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.

SAAD, L. P.; SOUZA-CAMPANA, D. R.; BUENO, O. C.; MORINI, M. S. C. Vinasse and Its Influence on Ant (Hymenoptera: Formicidae) Communities in Sugarcane Crops. **Journal of Insect Science**, [S. l.], v. 17, n. 1, 2017. DOI: 10.1093/JISESA/IEW103. Disponível em: <https://academic.oup.com/jinsectscience/article/17/1/11/2960229>. Acesso em: 21 dez. 2022.

SALIMI, M.; CHATRABGOUN, O.; AKBARZADEH, K.; OSHAGHI, M.; FALAHATI, M. H.; RAFIZADEH, S.; YUSUF, M. A.; RASSI, Y. Evaluation of insect succession patterns and carcass weight loss for the estimation of postmortem interval. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 55, n. 6, p. 1410–1422, 2018. DOI: 10.1093/jme/tjy095.

SANABRIA, C.; DUBS, F.; LAVELLE, P.; FONTE, S. J.; BAROT, S. Influence of regions, land uses and soil properties on termite and ant communities in agricultural landscapes of the Colombian Llanos. **European Journal of Soil Biology**, [S. l.], v. 74, p. 81–92, 2016. DOI: 10.1016/J.EJSOBI.2016.03.008.

SANFORD, M. R. Insects and associated arthropods analyzed during medicolegal death investigations in Harris County, Texas, USA: January 2013-April 2016. **PLoS ONE**, [S. l.], v. 12, n. 6, p. 1–23, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0179404.

SANTOS-JUNIOR, L. C.; SARAIVA, J. M.; SILVESTRE, R.; ANTONIALLI-JUNIOR, W. F. Evaluation of insects that exploit temporary protein resources emphasizing the action of ants (hymenoptera, formicidae) in a neotropical semi-deciduous forest. **Sociobiology**, [S. l.], v. 61, n. 1, p. 43–51, 2014. DOI: 10.13102/sociobiology.v61i1.43-51.

SAWYER, S. J.; RUSCH, T. W.; TARONE, A. M.; TOMBERLIN, J. K. Wing buzzing as a potential antipredator defense against an invasive predator. **Food Webs**, [S. l.], v. 27, p. e00192, 2021. DOI: 10.1016/j.fooweb.2021.e00192. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2021.e00192>.

SCHOFIELD, S. F.; BISHOP, T. R.; PARR, C. L. Morphological characteristics of ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) differ among contrasting biomes. **Myrmecological News**, [S. l.], v. 23, n. July, p. 129–137, 2016.

SHAALAN, E. A.; EL-MOATY, Z. A.; ABDELSALAM, S.; ANDERSON, G. S. A preliminary study of insect succession in Al-Ahsaa Oasis, in the Eastern Region of the Kingdom of Saudi Arabia. **Journal of Forensic Sciences**, [S. l.], v. 62, n. 1, p. 239–243, 2017. DOI: 10.1111/1556-4029.13252.

SKALDINA, O.; PERÄNIEMI, S.; SORVARI, J. Ants and their nests as indicators for industrial heavy metal contamination. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 240, p. 574–581, 2018. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.04.134.

SMITH, K. G. V. A manual of forensic entomology. Trustees of the British Museum. **Natural History and Cornell University Press, London**, [S. l.], v. 205, 1986.

STORZ, S. R.; TSCHINKEL, W. R. Distribution, spread, and ecological associations of the introduced ant *Pheidole obscurithorax* in the southeastern United States. **Journal of Insect Science**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 12, 2004.

TANTAWI, T. I.; EL-KADY, E. M.; GREENBERG, B.; EL-GHAFFAR, H. A. Arthropod succession on exposed rabbit carrion in Alexandria, Egypt. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 566–580, 1996. DOI: 10.1093/jmedent/33.4.566.

UNO, S.; COTTON, J.; PHILPOTT, S. M. Diversity, abundance, and species composition of ants in urban green spaces. **Urban Ecosystems**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 425–441, 2010. DOI: 10.1007/S11252-010-0136-5/TABLES/3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-010-0136-5>. Acesso em: 22 dez. 2022.

VIANA, G. S.; DE PAULA, M. C.; DE MOURA EULALIO, A. D. M.; DOS SANTOS, P. G.; LIMA-JUNIOR, S. E.; ANTONIALLI-JUNIOR, W. F. Formicidae fauna in pig carcasses contaminated by insecticide: Implications for forensic entomology. **Revista Brasileira de Entomologia**, [S. l.], v. 66, n. 1, p. 1–8, 2022. DOI: 10.1590/1806-9665-RBENT-2021-0085.

WARD, P. S.; BLAIMER, B. B.; FISHER, B. L. A revised phylogenetic classification of the ant subfamily Formicinae (Hymenoptera: Formicidae), with resurrection of the genera *Colobopsis* and *Dinomyrmex*. **Zootaxa**, [S. l.], v. 4072, n. 3, p. 343–357, 2016. DOI: 10.11646/ZOOTAXA.4072.3.4.

WARD, P. S.; BRADY, S. G.; FISHER, B. L.; SCHULTZ, T. R. Phylogeny and Biogeography of Dolichoderine ants: effects of data partitioning and relict taxa on historical inference. **Systematic Biology**, [S. l.], v. 59, n. 3, p. 342–362, 2010. DOI: 10.1093/SYSBIO/SYQ012. Disponível em: <https://academic.oup.com/sysbio/article/59/3/342/1703524>. Acesso em: 21 dez. 2022.

WATSON, E. J.; CARLTON, C. E. Insect succession and decomposition of wildlife carcasses during fall and winter in Louisiana. **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 42, n. 2, p. 193–203, 2005. DOI: 10.1093/jmedent/42.2.193.

WEBER, N. A. The fungus-culturing behavior of ants. **American Zoologist**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 577–587, 1972.

WELLS, J. D.; GREENBERG, B. Effect of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) and carcass type on the daily occurrence of postfeeding carrion-fly larvae

(Diptera: Calliphoridae, Sarcophagidae). **Journal of Medical Entomology**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 171–174, 1994. DOI: 10.1093/jmedent/31.1.171. Disponível em: <https://academic.oup.com/jme/article-lookup/doi/10.1093/jmedent/31.1.171>. Acesso em: 19 mar. 2021.

WHITTAKER, R. H. Dominance and diversity in land plant communities: numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution. **Science**, [S. l.], v. 147, n. 3655, p. 250–260, 1965.

WICKHAM, H. Data analysis. In: **ggplot2**. Springer, 2016. p. 189–201.

WILSON, E. O. **The insect societies**. Harvard University Press: Cambridge, Massachusetts, USA, 1971.

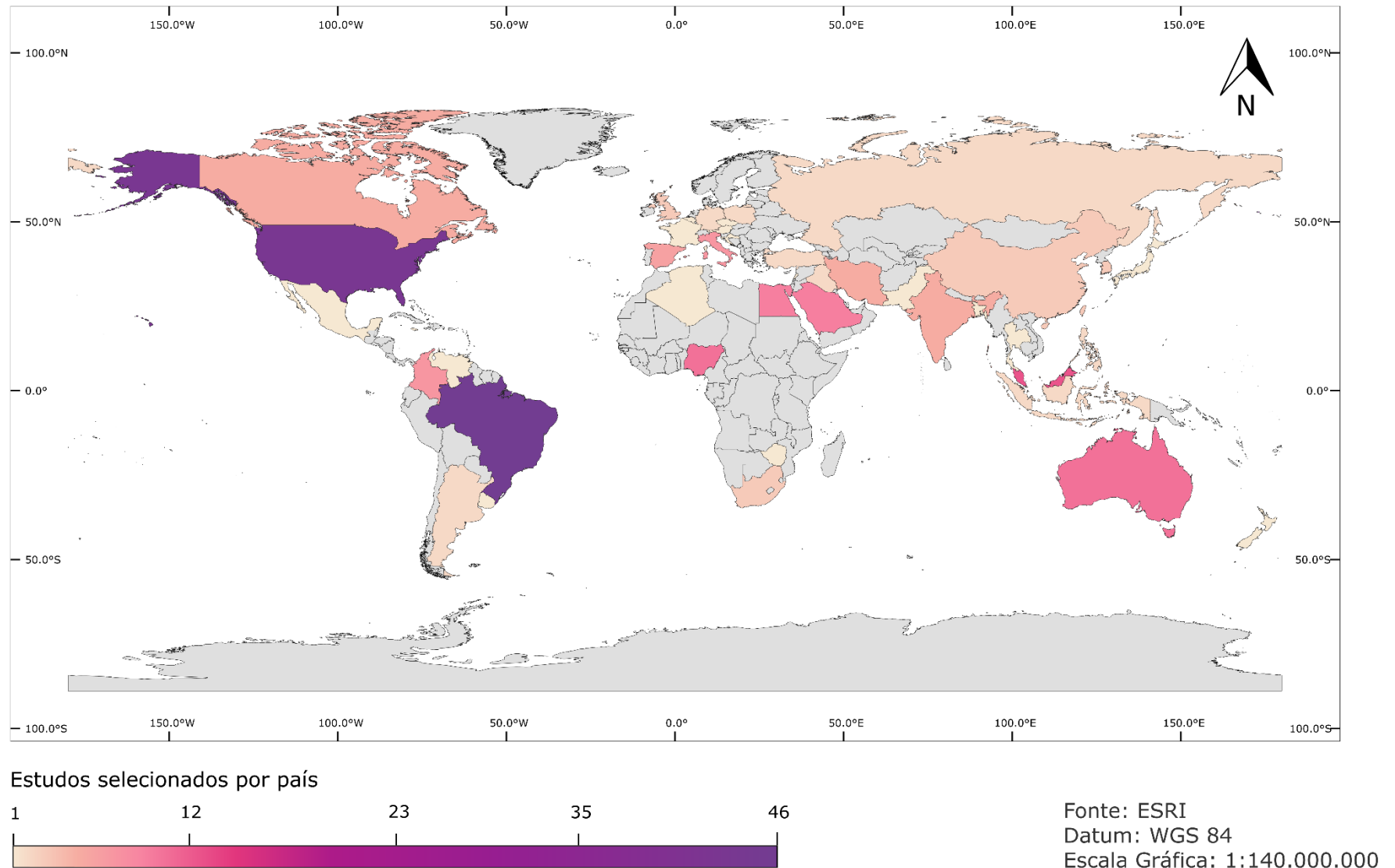
WILSON, E. O. **Pheidole in the New World: a dominant, hyperdiverse ant genus**. [s.l.] : Harvard University Press, 2003. v. 1

WILSON, J. B. Methods for fitting dominance/diversity curves. **Journal of Vegetation Science**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 35–46, 1991. DOI: 10.2307/3235896. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2307/3235896>. Acesso em: 13 dez. 2022.

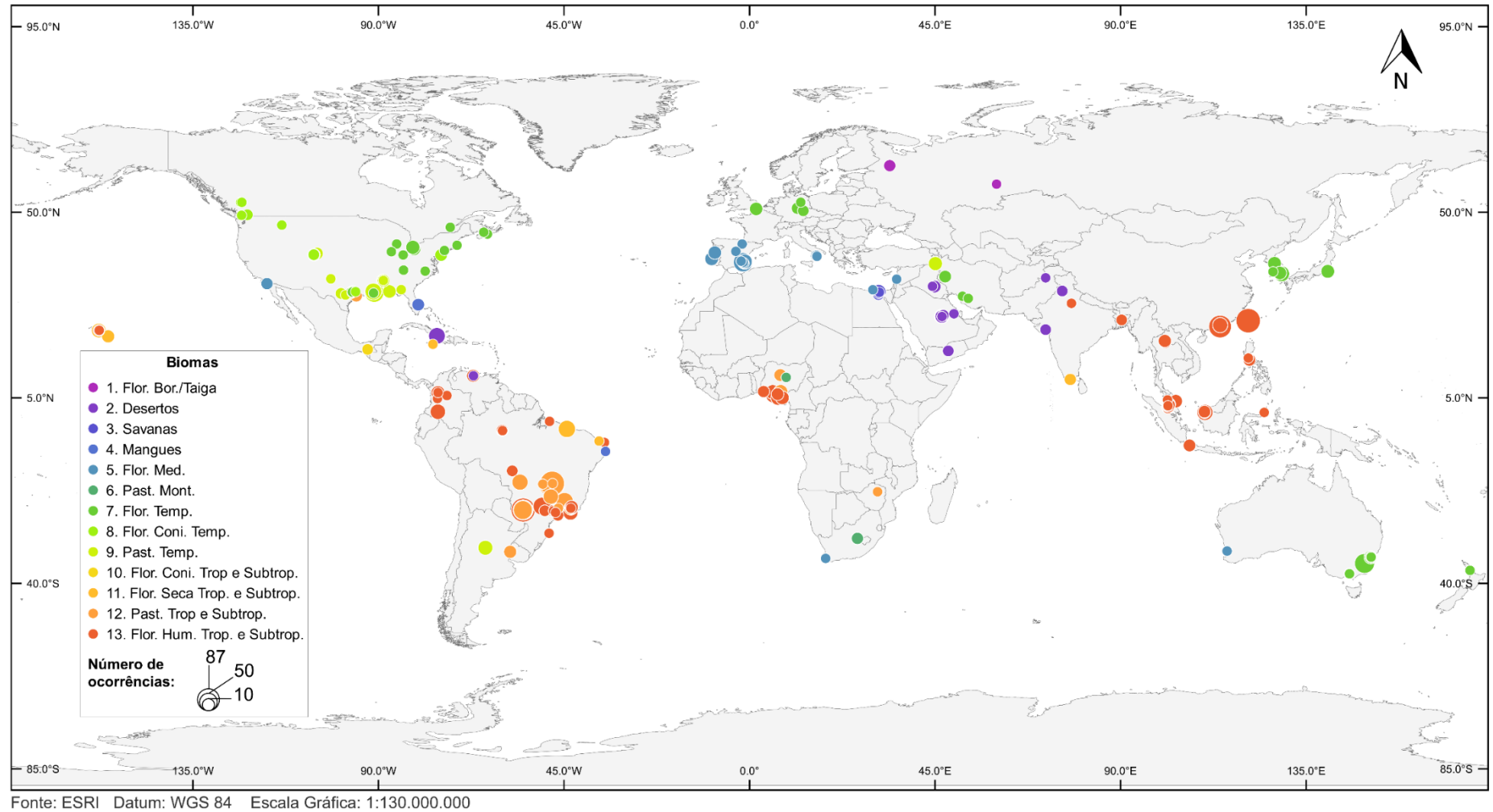
ZEARIYA, M. GM; HAMMAD, K. M.; FOUDA, M. A.; AL-DALI, A. G.; KABADAIA, M. M. Forensic-insect succession and decomposition patterns of dog and rabbit carcasses in different habitats. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, [S. l.], v. 3, n. 5, p. 473–482, 2015.

APÊNDICE A – CAPÍTULO I

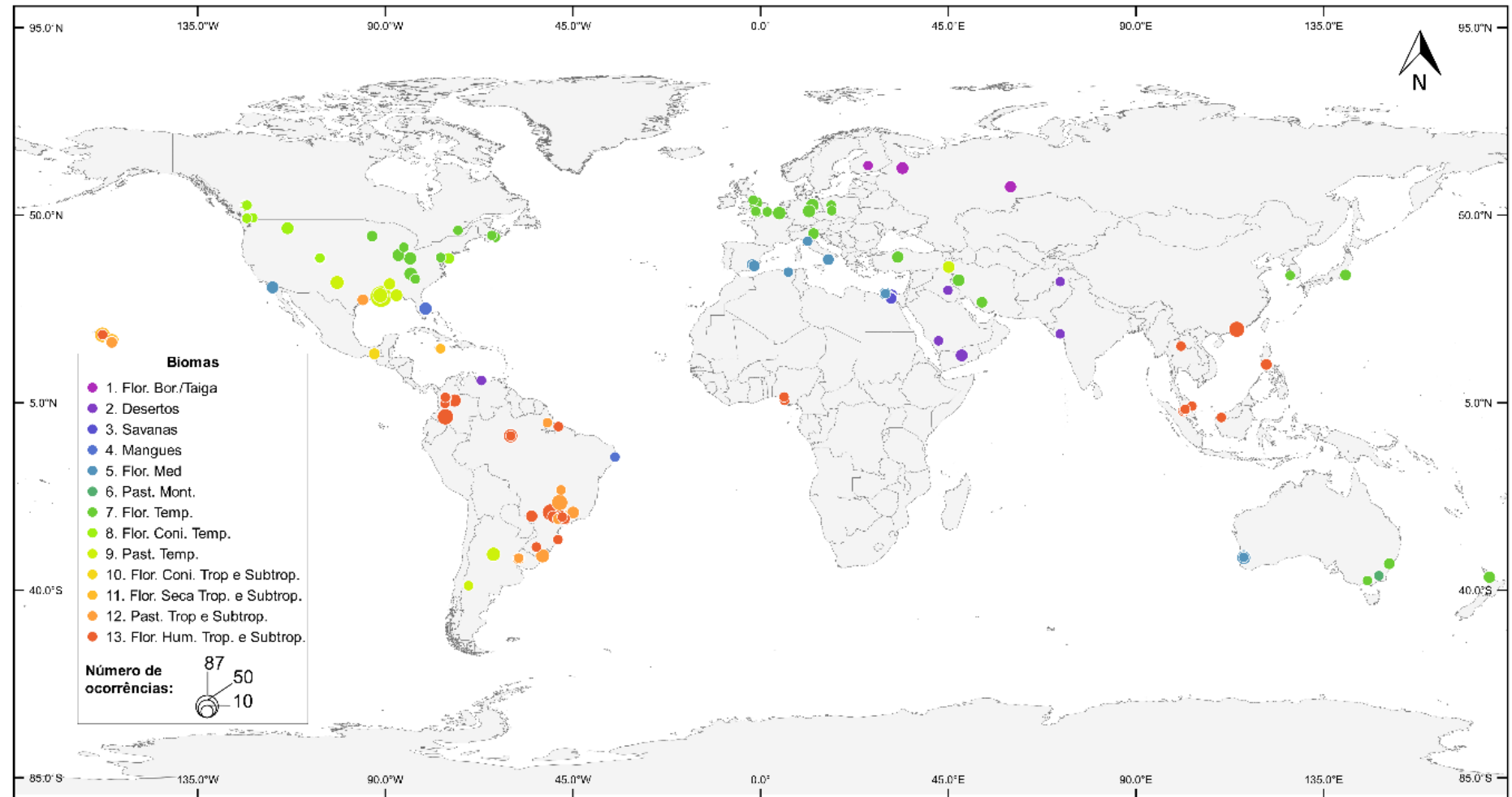
Mapa 1 – Mapa de distribuição de estudos por país ampliado.



Mapa 2 – Mapa de ocorrências de formigas ampliado.

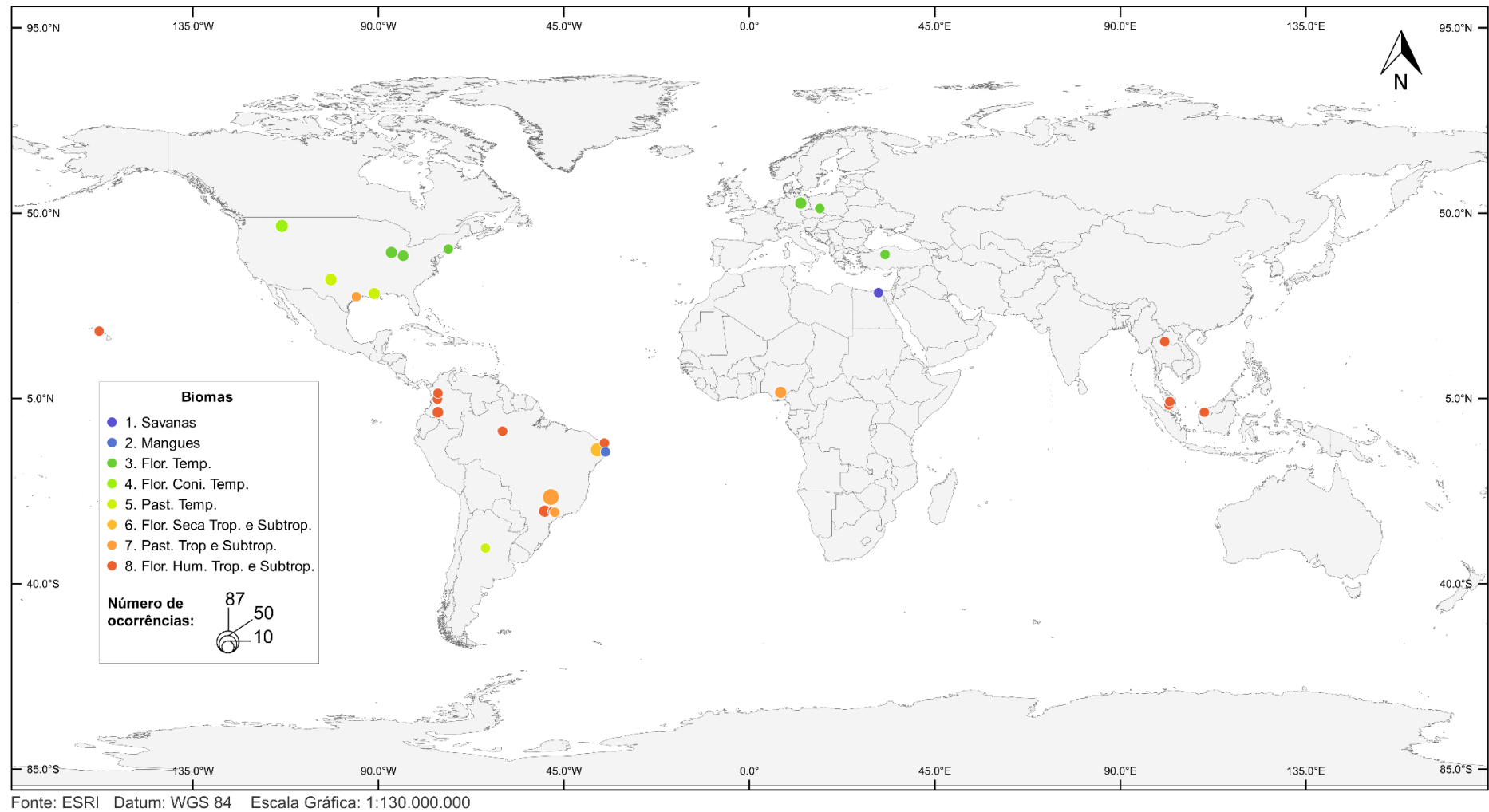


Mapa 3 - Mapa de ocorrências de vespas ampliado.



Fonte: ESRI Datum: WGS 84 Escala Gráfica: 1:130.000.000

Mapa 4 - Mapa de ocorrências de abelhas ampliado.



Quadro 1 - Grupo artificial, famílias e espécies de himenópteros associados a tecidos orgânicos de vertebrados em decomposição registrados na literatura, e reunidos através da revisão bibliográfica sistemática.

Grupo	Família	Espécie	Grupo	Família	Espécie
Abelha	Andrenidae	<i>Andrena sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Anonychomyrma sp.</i>
Abelha	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Formiga	Formicidae	<i>Anoplolepis custodiens</i>
Abelha	Apidae	<i>Apis mellifera mellifera</i>	Formiga	Formicidae	<i>Anoplolepis gracilipes</i>
Abelha	Apidae	<i>Apis sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Anoplolepis sp.</i>
Abelha	Apidae	<i>Bombus pensylvanicus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Aphaenogaster fengbo</i>
Abelha	Apidae	<i>Bombus sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Aphaenogaster gibbosa</i>
Abelha	Apidae	<i>Eulaema sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Aphaenogaster iberica</i>
Abelha	Apidae	<i>Exaerete smaragdina</i>	Formiga	Formicidae	<i>Aphaenogaster japonica</i>
Abelha	Apidae	<i>Melipona asilvai</i>	Formiga	Formicidae	<i>Aphaenogaster longiceps</i>
Abelha	Apidae	<i>Melipona beecheii</i>	Formiga	Formicidae	<i>Aphaenogaster senilis</i>
Abelha	Apidae	<i>Melipona sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Aphaenogaster sp.</i>
Abelha	Apidae	<i>Partamona seridoensis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Aphaenogaster tipuna</i>
Abelha	Apidae	<i>Partamona sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Apterostigma sp.</i>
Abelha	Apidae	<i>Plebeia flavocincta</i>	Formiga	Formicidae	<i>Atta laevigata</i>
Abelha	Apidae	<i>Scaptotrigona depilis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Atta sexdens</i>
Abelha	Apidae	<i>Scaptotrigona tubiba</i>	Formiga	Formicidae	<i>Atta sp.</i>
Abelha	Apidae	<i>Tetragonula carbonaria</i>	Formiga	Formicidae	<i>Atta texana</i>
Abelha	Apidae	<i>Trigona crassipes</i>	Formiga	Formicidae	<i>Azteca sp.</i>
Abelha	Apidae	<i>Trigona hypogaea</i>	Formiga	Formicidae	<i>Blepharidatta conops</i>
Abelha	Apidae	<i>Trigona spinipes</i>	Formiga	Formicidae	<i>Brachymyrmex heeri</i>
Abelha	Apidae	<i>Trigonisca pediculana</i>	Formiga	Formicidae	<i>Brachymyrmex patagonicus</i>
Abelha	Apidae	<i>Trigonisca sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Brachymyrmex sp.</i>
Abelha	Apidae	<i>Xeromelecta californica</i>	Formiga	Formicidae	<i>Brachyponera chinensis</i>
Abelha	Apidae	<i>Xylocopa sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Brachyponera luteipes</i>
Abelha	Colletidae	<i>Colletes sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Brachyponera obscurans</i>
Abelha	Halictidae	<i>Augochlora sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Brachyponera sennaarensis</i>
Abelha	Halictidae	<i>Augochloropsis metallica</i>	Formiga	Formicidae	<i>Calyptomyrmex sp. cf. wittmeri</i>
Abelha	Halictidae	<i>Halictus tripartitus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus (Myrmaphaenus) sp.</i>
Abelha	Megachilidae	<i>Megachile sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus (Myrmobrachys) sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Acanthostichus brevicornis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus (Tanaemyrmex) sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Acromyrmex coronatus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus aegyptiacus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Acromyrmex rugosus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus aethiops</i>
Formiga	Formicidae	<i>Acromyrmex sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus ager</i>
Formiga	Formicidae	<i>Acromyrmex subterraneus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus americanus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Allomerus sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus arboreus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Anochetus graeffei</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus atriceps</i>
Formiga	Formicidae	<i>Anochetus grandidieri</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus blandus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Anochetus mayri</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus brasiliensis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Anochetus sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus carin</i>
Formiga	Formicidae	<i>Anomalomyrma sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus carin tipunus</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

Continuação Quadro 1 - Grupo artificial, famílias e espécies de himenópteros associados a tecidos orgânicos de vertebrados em decomposição registrados na literatura, e reunidos através da revisão bibliográfica sistemática.

Grupo	Família	Espécie	Grupo	Família	Espécie
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus compressus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus vittatus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus consobrinus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Camponotus xerxes</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus crassus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cardiocondyla kagutsuchi</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus cruentatus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cardiocondyla minutior</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus fastigatus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cardiocondyla nuda</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus fellah</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cardiocondyla obscurior</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus femoratus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cardiocondyla sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus gigas</i>	Formiga	Formicidae	<i>Carebara affinis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus habereri</i>	Formiga	Formicidae	<i>Carebara diversa</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus herculeanus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Carebara sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus irritans</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cataglyphis albicans</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus japonicus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cataglyphis bicolor</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus kiusiuensis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cataglyphis holgerseni</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus lespeii</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cataglyphis ibericus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus lighti</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cataglyphis kurdistanica</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus maculatus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cataglyphis livida</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus melanoticus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cataglyphis savignyi</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus mitis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cataglyphis semitonsa</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus nicobarensis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cataglyphis sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cephalotes atratus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus perrisii</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cephalotes betoi</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus personatus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cephalotes clypeatus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus petersii</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cephalotes minutus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus piceus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cephalotes sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus pilicornis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Cheliomyrmex sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus punctulatus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster acuta</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus rapax</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster auberti</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus renggeri</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster carinata</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus rufipes</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster cerasi</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus rufoglaucus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster dohrni fabricans</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus scipio</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster egidyi</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus senex</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster erecta</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus sericeiventris</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster evallans</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus sericeus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster liengmei</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster limata</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus subbarbatus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster nawai</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus sylvaticus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster nigropilosa</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus termitarius</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster osakensis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus variegatus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster pilosa</i>
Formiga	Formicidae	<i>Camponotus vicinus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster rogenhoferi</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

Continuação Quadro 1 - Grupo artificial, famílias e espécies de himenópteros associados a tecidos orgânicos de vertebrados em decomposição registrados na literatura, e reunidos através da revisão bibliográfica sistemática.

Grupo	Família	Espécie	Grupo	Família	Espécie
Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster schimmeri</i>	Formiga	Formicidae	<i>Ectomomyrmex zhengi</i>
Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster scutellaris</i>	Formiga	Formicidae	<i>Erromyrmex latinodis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Euprenolepis sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster subnuda nigrosubnuda</i>	Formiga	Formicidae	<i>Forelius brasiliensis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster suehiro</i>	Formiga	Formicidae	<i>Forelius mccoeki</i>
Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster teranishii</i>	Formiga	Formicidae	<i>Forelius pruinosus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Crematogaster victima</i>	Formiga	Formicidae	<i>Forelius sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Cyatta abscondita</i>	Formiga	Formicidae	<i>Formica fusca</i>
Formiga	Formicidae	<i>Cylindromyrmex sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Formica glacialis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Formica japonica</i>
Formiga	Formicidae	<i>Cyphomyrmex sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Formica lasioides</i>
Formiga	Formicidae	<i>Diacamma rugosum anceps</i>	Formiga	Formicidae	<i>Formica opaciventris</i>
Formiga	Formicidae	<i>Diacamma sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Formica pallidefulva</i>
Formiga	Formicidae	<i>Dinoponera gigantea</i>	Formiga	Formicidae	<i>Formica polyclena</i>
Formiga	Formicidae	<i>Dinoponera grandis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Formica rufibarbis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Dinoponera sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Formica sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Discothyrea stumperi</i>	Formiga	Formicidae	<i>Formica ulkei</i>
Formiga	Formicidae	<i>Dolichoderus lutosus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Gnamptogenys acuminata</i>
Formiga	Formicidae	<i>Dolichoderus sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Gnamptogenys haenschi</i>
Formiga	Formicidae	<i>Dolichoderus thoracicus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Gnamptogenys sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Dolichoderus validus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Gnamptogenys striatula</i>
Formiga	Formicidae	<i>Dorylus affinis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Goniomma blanci</i>
Formiga	Formicidae	<i>Dorylus sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Heteroponera sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Dorymyrmex amazonicus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Hypoponera exoecata</i>
Formiga	Formicidae	<i>Dorymyrmex brunneus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Hypoponera nippona</i>
Formiga	Formicidae	<i>Dorymyrmex insanus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Hypoponera opaciceps</i>
Formiga	Formicidae	<i>Dorymyrmex sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Hypoponera opacior</i>
Formiga	Formicidae	<i>Eciton sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Hypoponera punctatissima</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ectatomma brunneum</i>	Formiga	Formicidae	<i>Hypoponera sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ectatomma edentatum</i>	Formiga	Formicidae	<i>Iberoformica subrufa</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ectatomma lugens</i>	Formiga	Formicidae	<i>Iridomyrmex anceps</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ectatomma opaciventre</i>	Formiga	Formicidae	<i>Iridomyrmex purpureus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ectatomma permagnum</i>	Formiga	Formicidae	<i>Iridomyrmex rufoniger</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ectatomma sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Iridomyrmex sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ectatomma tuberculatum</i>	Formiga	Formicidae	<i>Labidus coecus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ectomomyrmex annamitus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Labidus mars</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ectomomyrmex horni</i>	Formiga	Formicidae	<i>Labidus praedator</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ectomomyrmex javanus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Labidus sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ectomomyrmex leeuwenhoekii</i>	Formiga	Formicidae	<i>Labidus spininodis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ectomomyrmex sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Lasiophanes sp.</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

Continuação Quadro 1 - Grupo artificial, famílias e espécies de himenópteros associados a tecidos orgânicos de vertebrados em decomposição registrados na literatura, e reunidos através da revisão bibliográfica sistemática.

Grupo	Família	Espécie	Grupo	Família	Espécie
Formiga	Formicidae	<i>Lasius alienus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Monomorium intrudens</i>
Formiga	Formicidae	<i>Lasius aphidicola</i>	Formiga	Formicidae	<i>Monomorium minimum</i>
Formiga	Formicidae	<i>Lasius brunneus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Monomorium monomorium</i>
Formiga	Formicidae	<i>Lasius cinereus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Monomorium niloticum</i>
Formiga	Formicidae	<i>Lasius fuliginosus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Monomorium pharaonis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Lasius japonicus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Monomorium salomonis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Lasius neoniger</i>	Formiga	Formicidae	<i>Monomorium sommieri</i>
Formiga	Formicidae	<i>Lasius niger</i>	Formiga	Formicidae	<i>Monomorium sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Lasius sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Monomorium triviale</i>
Formiga	Formicidae	<i>Lasius talpa</i>	Formiga	Formicidae	<i>Monomorium venustum</i>
Formiga	Formicidae	<i>Lasius umbratus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Mycetomoellerius iheringi</i>
Formiga	Formicidae	<i>Leptogenys chinensis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Mycetophylax lectus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Leptogenys falcigera</i>	Formiga	Formicidae	<i>Mycocepurus goeldii</i>
Formiga	Formicidae	<i>Leptogenys kitteli</i>	Formiga	Formicidae	<i>Mycocepurus smithii</i>
Formiga	Formicidae	<i>Leptogenys peuqueti</i>	Formiga	Formicidae	<i>Mycocepurus sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Leptogenys sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrcidris sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Linepithema humile</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrmecia pilosula</i>
Formiga	Formicidae	<i>Linepithema iniquum</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrmecia sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Linepithema neotropicum</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrmecina americana</i>
Formiga	Formicidae	<i>Linepithema pulex</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrmecina sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Linepithema sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrmelachista sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Lophomyrmex sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrmica brevispinosa</i>
Formiga	Formicidae	<i>Lophomyrmex taivanai</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrmica fracticornis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Mayriella transfuga</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrmica lobifrons</i>
Formiga	Formicidae	<i>Megalomyrmex drifti</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrmica pinetorum</i>
Formiga	Formicidae	<i>Megalomyrmex sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrmica rubra</i>
Formiga	Formicidae	<i>Melophorus sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrmica rugiventris</i>
Formiga	Formicidae	<i>Meranoplus sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrmica rugulosa</i>
Formiga	Formicidae	<i>Messor barbarus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrmica sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Messor caducus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Myrmecaria sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Messor capensis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Neivamyrmex sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Messor capitatus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Neoponera obscuricornis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Messor galla</i>	Formiga	Formicidae	<i>Neoponera vereneae</i>
Formiga	Formicidae	<i>Messor sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Neoponera villosa</i>
Formiga	Formicidae	<i>Messor turcmenochorassanicus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Notoncus sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Messor wasmanni</i>	Formiga	Formicidae	<i>Nylanderia amia</i>
Formiga	Formicidae	<i>Monomorium albopilosum</i>	Formiga	Formicidae	<i>Nylanderia bourbonica</i>
Formiga	Formicidae	<i>Monomorium carbonarium</i>	Formiga	Formicidae	<i>Nylanderia emmae</i>
Formiga	Formicidae	<i>Monomorium chinense</i>	Formiga	Formicidae	<i>Nylanderia flavipes</i>
Formiga	Formicidae	<i>Monomorium floricola</i>	Formiga	Formicidae	<i>Nylanderia fulva</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

Continuação Quadro 1 - Grupo artificial, famílias e espécies de himenópteros associados a tecidos orgânicos de vertebrados em decomposição registrados na literatura, e reunidos através da revisão bibliográfica sistemática.

Grupo	Família	Espécie	Grupo	Família	Espécie
Formiga	Formicidae	<i>Nylanderia guatemalensis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole longipes</i>
Formiga	Formicidae	<i>Nylanderia sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole megacephala</i>
Formiga	Formicidae	<i>Nylanderia vaga</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole midas</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ochetellus glaber</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole nodifera</i>
Formiga	Formicidae	<i>Octostruma iheringi</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole nodus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Odontomachus bauri</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole obscurithorax</i>
Formiga	Formicidae	<i>Odontomachus brunneus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole ochracea</i>
Formiga	Formicidae	<i>Odontomachus chelifer</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole oxyops</i>
Formiga	Formicidae	<i>Odontomachus haematodus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole pallidula</i>
Formiga	Formicidae	<i>Odontomachus insularis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole parva</i>
Formiga	Formicidae	<i>Odontomachus meinerti</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole pieli</i>
Formiga	Formicidae	<i>Odontomachus monticola</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole pubiventris</i>
Formiga	Formicidae	<i>Odontomachus ruginodis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole rabo</i>
Formiga	Formicidae	<i>Odontomachus sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole radoszkowskii</i>
Formiga	Formicidae	<i>Odontoponera denticulata</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole ryukyuensis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Odontoponera sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole soritis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Odontoponera transversa</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Oecophylla longinoda</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole subarmata</i>
Formiga	Formicidae	<i>Oecophylla smaragdina</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole synarmata</i>
Formiga	Formicidae	<i>Oxyepoecus vezenyii</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole tjibodana</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pachycondyla harpax</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole triconstricta</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pachycondyla lenkoi</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole valens</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pachycondyla sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole vulgaris</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pachycondyla striata</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pheidole zoceana</i>
Formiga	Formicidae	<i>Paraponera clavata</i>	Formiga	Formicidae	<i>Plagiolepis barbara</i>
Formiga	Formicidae	<i>Paratrechina longicornis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Plagiolepis exigua</i>
Formiga	Formicidae	<i>Paratrechina sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Plagiolepis grassei</i>
Formiga	Formicidae	<i>Phaneroserphus sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Plagiolepis pygmaea</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pheidole alienata</i>	Formiga	Formicidae	<i>Plagiolepis schmitzii</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pheidole cyrtostela</i>	Formiga	Formicidae	<i>Plagiolepis sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pheidole dentata</i>	Formiga	Formicidae	<i>Plagiolepis xene</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pheidole fallax</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pogonomyrmex barbatus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pheidole fervida</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pogonomyrmex naegeli</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pheidole flavens</i>	Formiga	Formicidae	<i>Pogonomyrmex occidentalis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pheidole funkikoensis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Polyrhachis (Myrmhopla) armata</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pheidole gertrudae</i>	Formiga	Formicidae	<i>Polyrhachis (Myrmhopla) sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pheidole gr. Fallax</i>	Formiga	Formicidae	<i>Polyrhachis dives</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pheidole hongkongensis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Polyrhachis illaudata</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pheidole indica</i>	Formiga	Formicidae	<i>Polyrhachis sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pheidole jujuyensis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Polyrhachis wolffi</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

Continuação Quadro 1 - Grupo artificial, famílias e espécies de himenópteros associados a tecidos orgânicos de vertebrados em decomposição registrados na literatura, e reunidos através da revisão bibliográfica sistemática.

Grupo	Família	Espécie	Grupo	Família	Espécie
Formiga	Formicidae	<i>Ponera coarctata</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tapinoma magnum</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ponera scabra</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tapinoma melanocephalum</i>
Formiga	Formicidae	<i>Ponera sinensis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tapinoma nigerrimum</i>
Formiga	Formicidae	<i>Prenolepis sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tapinoma sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Prionopelta punctulata</i>	Formiga	Formicidae	<i>Technomyrmex brunneus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Prionopelta sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Technomyrmex difficilis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pristomyrmex brevispinosus sulcatus formosae</i>	Formiga	Formicidae	<i>Technomyrmex horni</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pristomyrmex punctatus</i>	Formiga	Formicidae	<i>Temnothorax curvispinosus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Proceratium itoi</i>	Formiga	Formicidae	<i>Temnothorax formosus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pseudolasius binghami taivanae</i>	Formiga	Formicidae	<i>Temnothorax luteus</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pseudomyrmex gracilis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Temnothorax nylanderi</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pseudomyrmex schuppi</i>	Formiga	Formicidae	<i>Temnothorax recedens</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pseudomyrmex sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Temnothorax sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pseudomyrmex tenuis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tetramorium bicarinatum</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pseudomyrmex termitarius</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tetramorium caespitum</i>
Formiga	Formicidae	<i>Pseudoneoponera rufipes</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tetramorium kraepelini</i>
Formiga	Formicidae	<i>Rhytidoponera metallica</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tetramorium lanuginosum</i>
Formiga	Formicidae	<i>Rogeria sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tetramorium lucayanum</i>
Formiga	Formicidae	<i>Sericomyrmex sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tetramorium nipponense</i>
Formiga	Formicidae	<i>Solenopsis geminata</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tetramorium semilaeve</i>
Formiga	Formicidae	<i>Solenopsis globularia</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tetramorium sericeiventris</i>
Formiga	Formicidae	<i>Solenopsis invicta</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tetramorium simillimum</i>
Formiga	Formicidae	<i>Solenopsis invicta x richteri</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tetramorium sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Solenopsis jacoti</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tetramorium tsushimae</i>
Formiga	Formicidae	<i>Solenopsis molesta</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tetraponera sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Solenopsis saevissima</i>	Formiga	Formicidae	<i>Trachymyrmex septentrionalis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Solenopsis sp.</i>	Formiga	Formicidae	<i>Trachymyrmex sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Solenopsis tridens</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tranopelta gilva</i>
Formiga	Formicidae	<i>Strumigenys canina</i>	Formiga	Formicidae	<i>Tranopelta sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Strumigenys exilirhina</i>	Formiga	Formicidae	<i>Trichomyrmex destructor</i>
Formiga	Formicidae	<i>Strumigenys lewisi</i>	Formiga	Formicidae	<i>Trichomyrmex mayri</i>
Formiga	Formicidae	<i>Strumigenys lilloana</i>	Formiga	Formicidae	<i>Vollenhovia sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Strumigenys louisianae</i>	Formiga	Formicidae	<i>Wasmannia affinis</i>
Formiga	Formicidae	<i>Strumigenys membranifera</i>	Formiga	Formicidae	<i>Wasmannia auropunctata</i>
Formiga	Formicidae	<i>Strumigenys nanzanensis</i>	Formiga	Formicidae	<i>Wasmannia lutzii</i>
Formiga	Formicidae	<i>Strumigenys rostrata</i>	Formiga	Formicidae	<i>Wasmannia scrobifera</i>
Formiga	Formicidae	<i>Strumigenys sauteri</i>	Formiga	Formicidae	<i>Wasmannia sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Strumigenys sp.</i>	Vespa	Bethylidae	<i>Epyris sp.</i>
Formiga	Formicidae	<i>Syllophopsis sp.</i>	Vespa	Braconidae	<i>Alysia manducator</i>
Formiga	Formicidae	<i>Tapinoma madeirense</i>	Vespa	Braconidae	<i>Alysia sp.</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

Continuação Quadro 1 - Grupo artificial, famílias e espécies de himenópteros associados a tecidos orgânicos de vertebrados em decomposição registrados na literatura, e reunidos através da revisão bibliográfica sistemática.

Grupo	Família	Espécie	Grupo	Família	Espécie
Vespa	Braconidae	<i>Aphaereta sp.</i>	Vespa	Mymaridae	<i>Gonatocerus sp.</i>
Vespa	Braconidae	<i>Aspilota fuscicornis</i>	Vespa	Mymaridae	<i>Litus cynipseus</i>
Vespa	Braconidae	<i>Braconidae sp.</i>	Vespa	Ormyridae	<i>Ormyrus sp.</i>
Vespa	Braconidae	<i>Phaenocarpa antipoda</i>	Vespa	Platygastridae	<i>Amblyaspis sp.</i>
Vespa	Ceraphronidae	<i>Ceraphron sp.</i>	Vespa	Platygastridae	<i>Fidiobia sp.</i>
Vespa	Chalcididae	<i>Belaspidia sp.</i>	Vespa	Platygastridae	<i>Leptacis sp.</i>
Vespa	Chalcididae	<i>Brachymeria femorata</i>	Vespa	Pompilidae	<i>Anoplius americanus</i>
Vespa	Chalcididae	<i>Brachymeria fonscolombeii</i>	Vespa	Proctotrupidae	<i>Brachyserphus abruptus</i>
Vespa	Chalcididae	<i>Brachymeria podagrica</i>	Vespa	Pteromalidae	<i>Lelaps argenticoxa</i>
Vespa	Chalcididae	<i>Brachymeria sp.</i>	Vespa	Pteromalidae	<i>Muscidifurax raptor</i>
Vespa	Chalcididae	<i>Dirhinus excavatus</i>	Vespa	Pteromalidae	<i>Nasonia sp.</i>
Vespa	Chalcididae	<i>Dirhinus himalayanus</i>	Vespa	Pteromalidae	<i>Nasonia vitripennis</i>
Vespa	Chalcididae	<i>Haltichella rhyacioniae</i>	Vespa	Pteromalidae	<i>Psilocera sp.</i>
Vespa	Chrysididae	<i>Chrysis sp.</i>	Vespa	Pteromalidae	<i>Spalangia cameroni</i>
Vespa	Crabronidae	<i>Bembix rostrata</i>	Vespa	Pteromalidae	<i>Spalangia chontalensis</i>
Vespa	Crabronidae	<i>Bicyrtes capnopterus</i>	Vespa	Pteromalidae	<i>Spalangia endius</i>
Vespa	Crabronidae	<i>Ectemnius polynesiensis</i>	Vespa	Pteromalidae	<i>Spalangia nigra</i>
Vespa	Crabronidae	<i>Ectemnius sp.</i>	Vespa	Pteromalidae	<i>Systellogaster ovivora</i>
Vespa	Crabronidae	<i>Philanthus gibbosus</i>	Vespa	Pteromalidae	<i>Trimicrops sp.</i>
Vespa	Diapriidae	<i>Basalys sp.</i>	Vespa	Scelionidae	<i>Baeus sp.</i>
Vespa	Diapriidae	<i>Belyta sp.</i>	Vespa	Scelionidae	<i>Telenomus rowani</i>
Vespa	Diapriidae	<i>Coptera sublata</i>	Vespa	Scelionidae	<i>Telenomus sp.</i>
Vespa	Diapriidae	<i>Doliopria sp.</i>	Vespa	Scelionidae	<i>Trimorus sp.</i>
Vespa	Diapriidae	<i>Idiotypa sp.</i>	Vespa	Sclerogibbidae	<i>Sclerogibba vagabunda</i>
Vespa	Diapriidae	<i>Spilomicrus sp.</i>	Vespa	Sphecidae	<i>Ammophila sp.</i>
Vespa	Diapriidae	<i>Trichopria sp.</i>	Vespa	Sphecidae	<i>Larrinae sp.</i>
Vespa	Encyrtidae	<i>Exoristobia philippinensis</i>	Vespa	Sphecidae	<i>Liris opulenta</i>
Vespa	Encyrtidae	<i>Tachinaephagus sp.</i>	Vespa	Sphecidae	<i>Pison insulare</i>
Vespa	Encyrtidae	<i>Tachinaephagus zealandicus</i>	Vespa	Sphecidae	<i>Sceliphron caementarium</i>
Vespa	Eupelmidae	<i>Anastatus mirabilis</i>	Vespa	Sphecidae	<i>Sphex lucae</i>
Vespa	Evaniidae	<i>Evaniella sp.</i>	Vespa	Sphecidae	<i>Sphex nudus</i>
Vespa	Evaniidae	<i>Semaomyia sp.</i>	Vespa	Sphecidae	<i>Sphex pensylvanicus</i>
Vespa	Figitidae	<i>Figites sp.</i>	Vespa	Sphecidae	<i>Trypoxylon figulus</i>
Vespa	Figitidae	<i>Hexacola sp.</i>	Vespa	Tiphiidae	<i>Aelurus sp.</i>
Vespa	Ichneumonidae	<i>Atractodes sp.</i>	Vespa	Tiphiidae	<i>Methocha sp.</i>
Vespa	Megaspilidae	<i>Conostigmus sp.</i>	Vespa	Tiphiidae	<i>Myzinum sp.</i>
Vespa	Megaspilidae	<i>Dendrocercus sp.</i>	Vespa	Tiphiidae	<i>Paratiphia sp.</i>
Vespa	Megaspilidae	<i>Lagynodes sp.</i>	Vespa	Tiphiidae	<i>Tiphia sp.</i>
Vespa	Mymaridae	<i>Alaptus sp.</i>	Vespa	Vespidae	<i>Agelaia angulata</i>
Vespa	Mymaridae	<i>Camptoptera sp.</i>	Vespa	Vespidae	<i>Agelaia constructor</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

Continuação Quadro 1 - Grupo artificial, famílias e espécies de himenópteros associados a tecidos orgânicos de vertebrados em decomposição registrados na literatura, e reunidos através da revisão bibliográfica sistemática.

Grupo	Família	Espécie	Grupo	Família	Espécie
Vespa	Vespidae	<i>Agelaia fulvofasciata</i>	Vespa	Vespidae	<i>Polybia (Trichinothorax) ignobilis</i>
Vespa	Vespidae	<i>Agelaia multipicta</i>	Vespa	Vespidae	<i>Polybia (Trichinothorax) sericea</i>
Vespa	Vespidae	<i>Agelaia pallipes</i>	Vespa	Vespidae	<i>Polybia occidentalis</i>
Vespa	Vespidae	<i>Agelaia sp.</i>	Vespa	Vespidae	<i>Polybia sp.</i>
Vespa	Vespidae	<i>Agelaia testacea</i>	Vespa	Vespidae	<i>Trimeria sp.</i>
Vespa	Vespidae	<i>Agelaia vicina</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespa affinis</i>
Vespa	Vespidae	<i>Angiopolybia obidensis</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespa bicolor</i>
Vespa	Vespidae	<i>Angiopolybia pallens</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespa crabro</i>
Vespa	Vespidae	<i>Apoica arborea</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespa orientalis</i>
Vespa	Vespidae	<i>Apoica gelida</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespa simillima</i>
Vespa	Vespidae	<i>Apoica pallens</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespa sp.</i>
Vespa	Vespidae	<i>Apoica thoracica</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespa velutina nigrithorax</i>
Vespa	Vespidae	<i>Dolichovespula maculata</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespula acadica</i>
Vespa	Vespidae	<i>Dolichovespula sp.</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespula austriaca</i>
Vespa	Vespidae	<i>Hypalastoroides sp.</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespula flaviceps</i>
Vespa	Vespidae	<i>Mischocyttarus angulatus</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespula germanica</i>
Vespa	Vespidae	<i>Polistes sp.</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespula maculifrons</i>
Vespa	Vespidae	<i>Polybia (Apopolybia) jurinei</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespula pensylvanica</i>
Vespa	Vespidae	<i>Polybia (Myrapetra) fastidiosuscula</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespula sp.</i>
Vespa	Vespidae	<i>Polybia (Myrapetra) paulista</i>	Vespa	Vespidae	<i>Vespula vulgaris</i>
Vespa	Vespidae	<i>Polybia (Myrapetra) scutellaris</i>			

Fonte: Dados da pesquisa.

APÊNDICE B – CAPÍTULO II

Figura 1 - Mapa de uso do solo com pontos de coleta e vista aérea do ambiente residencial.

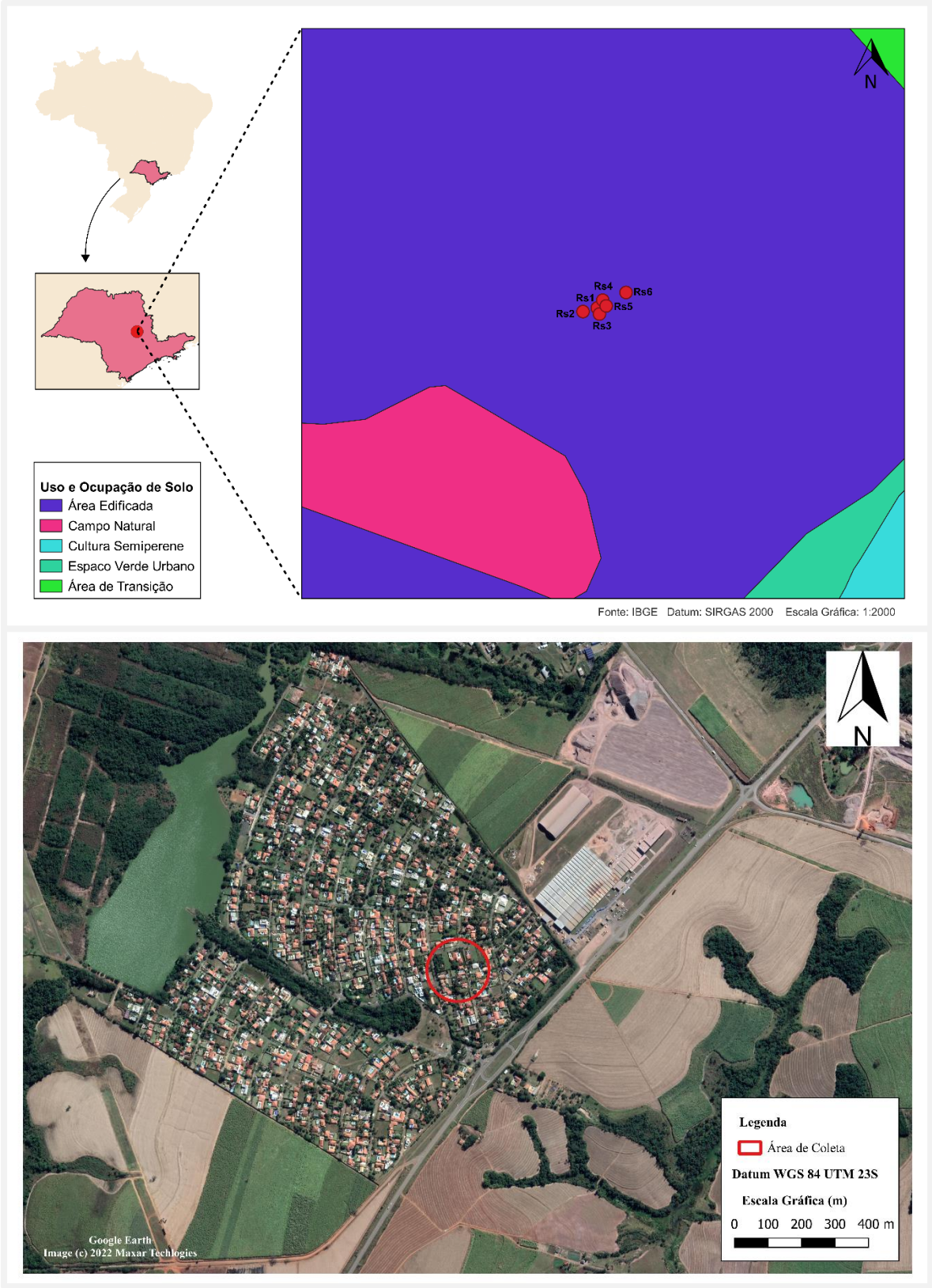


Figura 2 - Mapa de uso do solo com pontos de coleta e vista aérea do ambiente de transição.

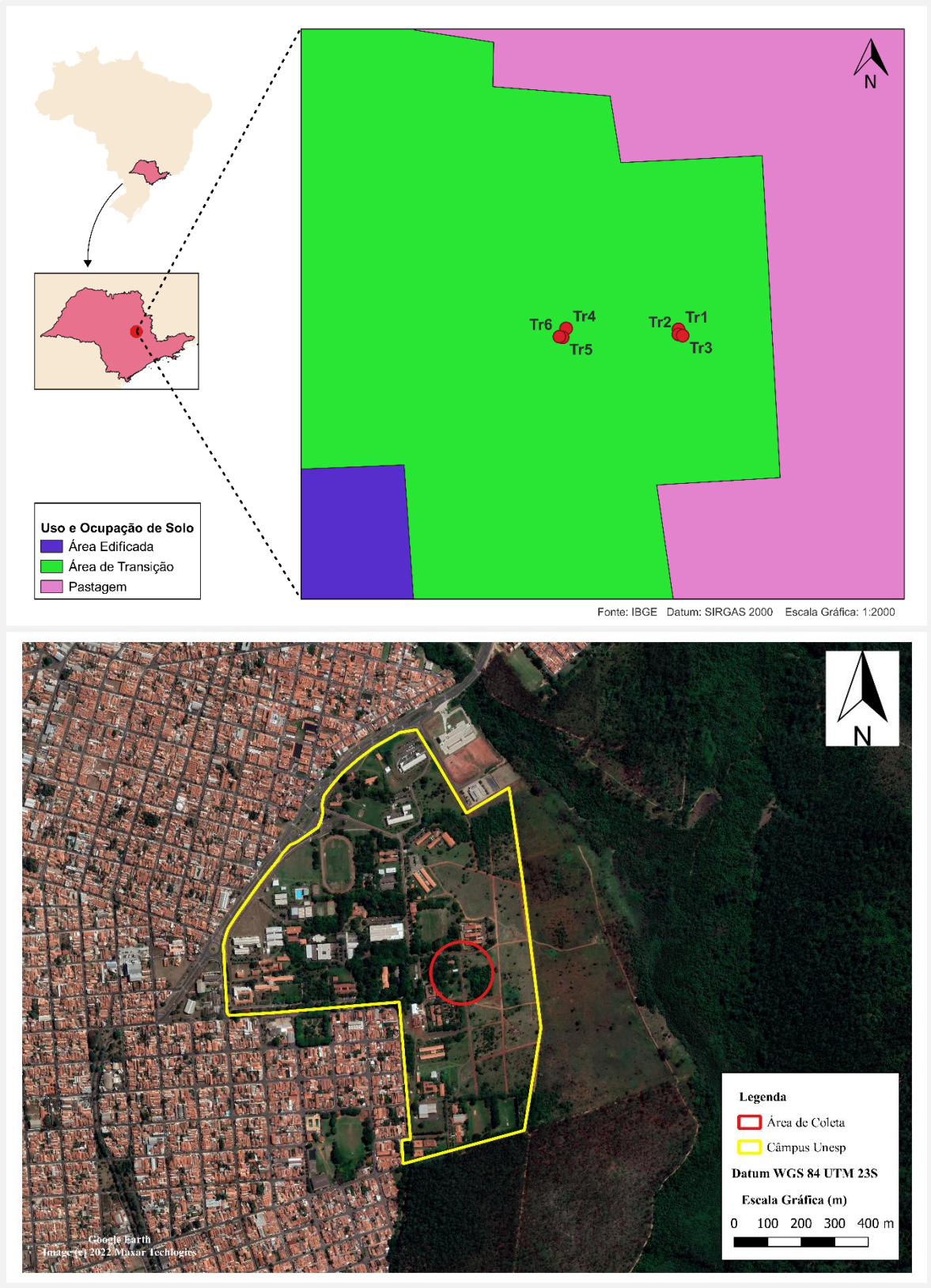
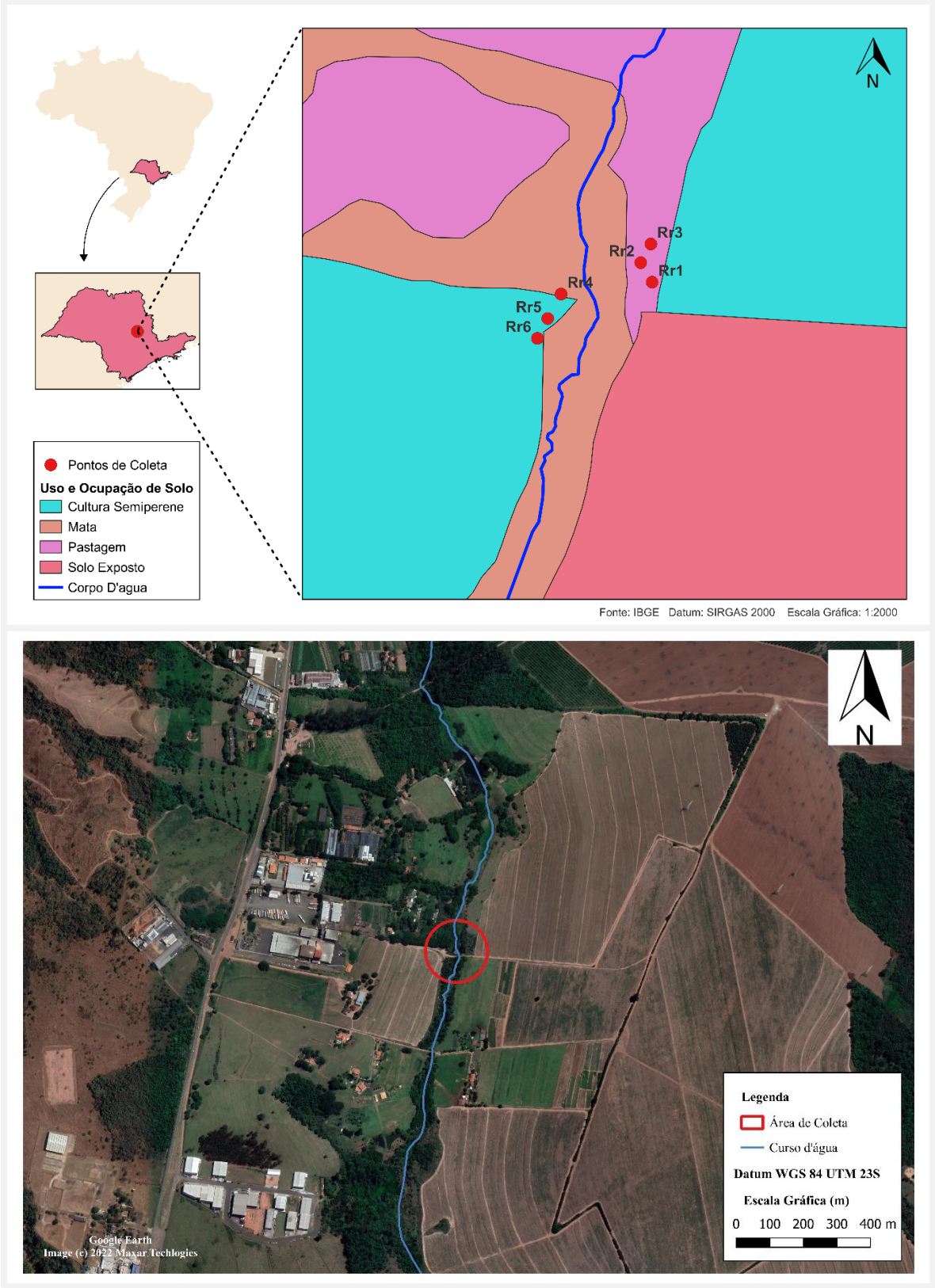


Figura 3 - Mapa de uso do solo com pontos de coleta e vista aérea do ambiente rural.



Quadro 1 - Número total de indivíduos, de ocorrências, e o número de porcos em que as espécies de formigas foram encontradas.

Subfamília	Espécie	Total de indivíduos	Total de ocorrências	Total de porcos
Amblyoponinae	<i>Prionopelta punctulata</i> Mayr, 1866	1	1	1
Dolichoderinae	<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	5452	187	12
	<i>Dolichoderus bispinosus</i> (Olivier, 1792)	291	27	3
	<i>Linepithema neotropicum</i> Wild, 2007	85	24	3
	<i>Forelius heyeri</i> (Forel, 1902)	8	4	3
	<i>Dorymyrmex pyramicus</i> (Roger, 1863)	4	3	1
Ectatomminae	<i>Holcaponera striatula</i> (Mayr, 1884)	132	34	5
	<i>Gnamptogenys continua</i> (Mayr, 1887)	94	23	5
	<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863	43	22	6
	<i>Gnamptogenys sulcata</i> (Smith, 1858)	15	11	2
	<i>Poneracantha mediatrice</i> (Brown, 1958)	1	1	1
Formicinae	<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)	3430	38	5
	<i>Brachymyrmex admotus</i> Mayr, 1887	1333	196	15
	<i>Brachymyrmex cordemoyi</i> Forel, 1895	291	76	12
	<i>Camponotus melanoticus</i> Emery, 1894	174	76	12
	<i>Brachymyrmex heeri</i> Forel, 1874	62	39	8
	<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)	62	24	6
	<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	33	23	11
	<i>Camponotus lespeii</i> Forel, 1886	17	11	5
	<i>Camponotus renggeri</i> Emery, 1894	8	6	4
	<i>Camponotus sexguttatus</i> (Fabricius, 1793)	6	6	3
	<i>Camponotus atriceps</i> (Smith, 1858)	2	2	2
	<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870	2	2	1
	<i>Myrmelachista nodigera</i> Mayr, 1887	2	1	1
	<i>Brachymyrmex degener</i> Emery, 1906	1	1	1
	<i>Camponotus balzani</i> Emery, 1894	1	1	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Continuação Quadro 1 - Número total de indivíduos, de ocorrências, e o número de porcos em que as espécies de formigas foram encontradas.

Subfamília	Espécie	Total de indivíduos	Total de ocorrências	Total de porcos
Formicinae	<i>Camponotus blandus</i> (Smith, 1858)	1	1	1
Myrmicinae	<i>Pheidole obscurithorax</i> Naves, 1985	3090	144	14
	<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1972	1733	23	1
	<i>Pheidole aberrans</i> Mayr, 1868	1572	134	11
	<i>Atta sexdens</i> (Linnaeus, 1758)	1462	70	10
	<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	1408	169	15
	<i>Pheidole subarmata</i> Mayr, 1884	1010	170	13
	<i>Crematogaster quadriformis</i> Roger, 1863	949	92	8
	<i>Pheidole oxyops</i> Forel, 1908	871	78	11
	<i>Crematogaster nitidiceps</i> Emery, 1895	234	38	6
	<i>Solenopsis loretana</i> Santschi, 1936	208	39	4
	<i>Pheidole gertrudae</i> Forel, 1886	191	21	2
	<i>Mycocepurus goeldii</i> (Forel, 1893)	132	66	9
	<i>Cardiocondyla wroughtonii</i> (Forel, 1890)	78	33	4
	<i>Pheidole triconstricta</i> Forel, 1886	75	48	11
	<i>Acromyrmex coronatus</i> (Fabricius, 1804)	71	9	1
	<i>Pheidole fimbriata</i> Roger, 1863	59	9	1
	<i>Acromyrmex balzani</i> (Emery, 1890)	35	14	2
	<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1851)	30	26	10
	<i>Acromyrmex rugosus</i> (Smith, 1858)	28	18	2
	<i>Tetramorium simillimum</i> (Smith, 1851)	20	10	2
	<i>Pheidole sospes</i> Forel, 1908	18	10	1
	<i>Mycetomoellerius relictus</i> (Borgmeier, 1934)	17	14	4
	<i>Pheidole flavens</i> Roger, 1863	15	11	4
	<i>Strumigenys louisianae</i> Roger, 1863	15	12	8
	<i>Tranopelta gilva</i> Mayr, 1866	14	4	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Continuação Quadro 1 - Número total de indivíduos, de ocorrências, e o número de porcos em que as espécies de formigas foram encontradas.

Subfamília	Espécie	Total de indivíduos	Total de ocorrências	Total de porcos
Myrmicinae	<i>Strumigenys eggersi</i> Emery, 1890	11	9	5
	<i>Mycetomoellerius urichii</i> (Forel, 1893)	10	8	5
	<i>Pheidole rugiceps</i> Wilson, 2003	10	8	2
	<i>Carebara urichi</i> (Wheeler, 1922)	9	7	4
	<i>Cyphomyrmex peltatus</i> Kempf, 1966	7	7	5
	<i>Rogeria scobinata</i> Kugler, 1994	7	6	3
	<i>Mycetarotes senticosus</i> Kempf, 1960	6	6	4
	<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)	5	4	3
	<i>Pheidole sigillata</i> Wilson, 2003	4	4	1
	<i>Crematogaster curvispinosa</i> Mayr, 1862	2	2	2
	<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)	1	1	1
	<i>Mycetomoellerius oetkeri</i> (Forel, 1908)	1	1	1
	<i>Pheidole nitidula</i> Emery, 1888	1	1	1
	<i>Solenopsis</i> gr. <i>brevicornis</i> Emery, 1888	1	1	1
	<i>Strumigenys elongata</i> Roger, 1863	1	1	1
Ponerinae	<i>Pachycondyla striata</i> Smith, 1858	53	37	7
	<i>Odontomachus affinis</i> Guérin-Ménéville, 1844	20	14	4
	<i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905	20	15	7
	<i>Anochetus neglectus</i> Emery, 1894	11	10	7
	<i>Neoponera verenae</i> Forel, 1922	11	8	4
	<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	6	6	1
	<i>Hypoponera foreli</i> (Mayr, 1887)	4	4	3
	<i>Hypoponera opacior</i> (Forel, 1893)	2	2	2
	<i>Centromyrmex brachycola</i> (Roger, 1861)	1	1	1
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1855)	81	21	2
	<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804)	2	2	2
	<i>Pseudomyrmex elongatus</i> (Mayr, 1870)	1	1	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 2 - Número de indivíduos por estágio de decomposição para cada espécie, de acordo com o ambiente de coleta. Fr: estágio fresco; In: estágio inchado; Pt: estágio de putrefação; Rs: estágio de restos.

Subfamílias	Espécies	Residencial				Rural				Transição			
		Fr	In	Pt	Rs	Fr	In	Pt	Rs	Fr	In	Pt	Rs
Amblyoponinae	<i>Prionopelta punctulata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Dolichoderinae	<i>Dolichoderus bispinosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	47	20	223
Ectatomminae	<i>Dorymyrmex brunneus</i>	99	148	373	276	393	2218	955	988	0	0	2	0
	<i>Dorymyrmex pyramicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
	<i>Forelius heyeri</i>	0	1	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Linepithema neotropicum</i>	3	9	16	54	2	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Ectatomma edentatum</i>	1	22	3	3	0	0	3	5	0	3	2	1
	<i>Gnamptogenys continua</i>	0	1	1	0	4	0	4	84	0	0	0	0
	<i>Gnamptogenys sulcata</i>	0	0	0	0	2	0	3	10	0	0	0	0
	<i>Holcoponera striatula</i>	0	0	0	0	0	0	2	1	15	9	39	66
	<i>Poneracantha mediatrice</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Brachymyrmex admotus</i>	114	140	112	353	112	244	97	146	0	10	1	4
Formicinae	<i>Brachymyrmex cordemoyi</i>	21	40	57	157	0	4	4	5	0	0	1	2
	<i>Brachymyrmex degener</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Brachymyrmex heeri</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	4	8	6	42
	<i>Camponotus atriceps</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Camponotus balzani</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Camponotus blandus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Camponotus crassus</i>	0	0	0	0	2	5	3	5	0	3	0	15
	<i>Camponotus lespesii</i>	0	0	0	0	0	0	2	2	0	7	3	3
	<i>Camponotus melanoticus</i>	1	7	5	6	1	13	17	28	5	34	25	32
	<i>Camponotus novogranadensis</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Camponotus renggeri</i>	0	0	0	0	0	0	2	2	0	3	1	0
	<i>Camponotus rufipes</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	4	34	22
	<i>Camponotus sexguttatus</i>	0	0	0	0	0	1	2	3	0	0	0	0
	<i>Myrmelachista nodigera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

Fonte: Dados da pesquisa.

Continuação Quadro 2 - Número de indivíduos por estágio de decomposição para cada espécie, de acordo com o ambiente de coleta. Fr: estágio fresco; In: estágio inchado; Pt: estágio de putrefação; Rs: estágio de restos.

Subfamílias	Espécies	Residencial				Rural				Transição			
		Fr	In	Pt	Rs	Fr	In	Pt	Rs	Fr	In	Pt	Rs
Formicinae	<i>Nylanderia fulva</i>	0	0	0	0	33	430	2134	833	0	0	0	0
Myrmicinae	<i>Acromyrmex balzani</i>	0	0	0	0	2	10	17	5	0	0	0	1
	<i>Acromyrmex coronatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0	0	0
	<i>Acromyrmex rugosus</i>	0	0	0	0	0	6	2	20	0	0	0	0
	<i>Atta sexdens</i>	0	0	2	5	0	12	154	1185	0	1	8	95
	<i>Cardiocondyla wroughtonii</i>	9	2	2	7	5	14	22	17	0	0	0	0
	<i>Carebara urichi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5
	<i>Cephalotes pusillus</i>	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2
	<i>Crematogaster curvispinosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	<i>Crematogaster nitidiceps</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	68	137
	<i>Crematogaster quadriformis</i>	25	31	57	51	17	336	197	234	0	1	0	0
	<i>Cyphomyrmex peltatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2
	<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	2	5	1	2	1	5	1	7	1	0	2	3
	<i>Monomorium floricola</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Mycetarotes senticosus</i>	0	0	0	0	0	3	0	1	0	1	1	0
	<i>Mycetomoellerius oetkeri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Mycetomoellerius relictus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5	6	3
	<i>Mycetomoellerius urichii</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	2	5
	<i>Mycocepurus goeldii</i>	3	12	6	16	12	10	7	32	3	3	11	17
	<i>Pheidole aberrans</i>	5	11	6	53	46	99	282	1065	0	0	0	5
	<i>Pheidole fimbriata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	55
	<i>Pheidole flavens</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	4	9
	<i>Pheidole gertrudae</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	20	57	55	58
	<i>Pheidole nitidula</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Pheidole obscurithorax</i>	60	114	82	250	112	602	380	1356	23	13	9	89
	<i>Pheidole oxyops</i>	132	63	107	341	3	1	1	1	8	39	49	126

Fonte: Dados da pesquisa.

Continuação Quadro 2 - Número de indivíduos por estágio de decomposição para cada espécie, de acordo com o ambiente de coleta. Fr: estágio fresco; In: estágio inchado; Pt: estágio de putrefação; Rs: estágio de restos.

Subfamílias	Espécies	Residencial				Rural				Transição			
		Fr	In	Pt	Rs	Fr	In	Pt	Rs	Fr	In	Pt	Rs
Myrmicinae	<i>Pheidole rugiceps</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	4
	<i>Pheidole sigillata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
	<i>Pheidole sospes</i>	0	0	0	0	0	2	2	14	0	0	0	0
	<i>Pheidole subarmata</i>	61	164	105	210	60	40	132	237	0	0	0	1
	<i>Pheidole triconstricta</i>	1	3	0	0	0	0	0	4	11	17	19	20
	<i>Rogeria scobinata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	2
	<i>Solenopsis gr. brevicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Solenopsis invicta</i>	540	571	24	598	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Solenopsis loreтана</i>	44	20	16	64	10	15	11	28	0	0	0	0
	<i>Strumigenys eggersi</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	1	5
	<i>Strumigenys elongata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Strumigenys louisianae</i>	0	0	0	2	0	1	3	3	0	0	2	4
	<i>Tetramorium simillimum</i>	0	0	0	0	2	1	1	16	0	0	0	0
	<i>Tranopelta gilva</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
	<i>Wasmannia auropunctata</i>	104	37	26	36	71	98	78	218	44	101	191	404
Ponerinae	<i>Anochetus neglectus</i>	0	1	0	6	0	2	0	1	1	0	0	0
	<i>Centromyrmex brachycola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Hypoponera foreli</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1
	<i>Hypoponera opacior</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	<i>Neoponera verenaе</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	6	2
	<i>Odontomachus affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	5	10
	<i>Odontomachus chelifer</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
	<i>Odontomachus meinerti</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	4	8	2	4
	<i>Pachycondyla striata</i>	0	0	0	0	3	1	1	2	5	3	18	20
	<i>Pseudomyrmex elongatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex gracilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	<i>Pseudomyrmex termitarius</i>	0	0	0	0	9	38	7	27	0	0	0	0
Total Geral		1225	1404	1006	2500	907	4212	4533	6671	156	418	618	1524

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 3 - Resultados da análise PERMANOVA.

Parâmetros	R2	F	Pr(>F)
Temperatura	0,1596	4,6283	0,0001
Umidade relativa	0,0956	2,7710	0,0032
Incidência de luz	0,1005	2,9132	0,0026
Precipitação	0,1082	3,1366	0,0033
Ambiente	0,1567	2,2714	0,0020

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 4 – Resultados da ANOVA e teste *post-hoc* de Tukey para riqueza de espécies entre ambientes, períodos do dia e estágios de decomposição.

ANOVA	F	Pr(>F)
Ambientes	18,893	0,00003
Tukey		P
Rural-Residencial		0,00050
Transição-Residencial		0,00012
Transição-Rural		0,75040
ANOVA	F	Pr(>F)
Períodos do dia	1,9995	0,1459
Tukey		P
Tarde-manhã		0,62658
Noite-Manhã		0,53556
Noite-Tarde		0,12301
ANOVA	F	Pr(>F)
Estágios de decomposição	18,445	6,000E-06
Tukey		P
Putrefação-Inchado		0,28083
Fresco-Inchado		0,06507
Restos-Inchado		0,00007
Fresco-Putrefação		0,00029
Restos-Putrefação		0,02630
Restos-Fresco		0

Fonte: Dados da pesquisa.