



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
CURSO DE GEOGRAFIA BACHARELADO**

GABRIELLI SILVA MONTEIRO

**OCORRÊNCIA DOS GRUPOS TAXONÔMICOS HYMENOPTERA E
COLEOPTERA NO ECOSISTEMA MANGUE, EM MARECHAL DEODORO,
ALAGOAS**

Maceió, Alagoas

2021

GABRIELLI SILVA MONTEIRO

**OCORRÊNCIA DOS GRUPOS TAXONÔMICOS HYMENOPTERA E
COLEOPTERA NO ECOSISTEMA MANGUE, EM MARECHAL DEODORO,
ALAGOAS**

Monografia apresentada ao Colegiado do Curso de Geografia Bacharelado do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Kallianna Dantas Araujo

Maceió, Alagoas

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

2021 Monteiro, Gabrielli Silva.

Ocorrência dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera no Ecossistema Mangue, em Marechal Deodoro, Alagoas. Gabrielli Silva Monteiro. Maceió, 2021.

72 f.: il.

Orientadora: Kallianna Dantas Araujo
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) –
Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Geografia,
Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Bibliografia: 58 f.

1 Organismos edáficos. 2 Macrofauna. 3 Diversidade. 4
Variáveis edafoclimáticas. 5 Manejo do solo.

À minha mãe, Maria Joselita (in memoriam), cuja presença foi essencial na minha vida. Ao meu esposo, Fabrício, por seu apoio incondicional. Aos meus filhos, João Matheus e Maria Laura, que foram os meus maiores incentivadores. A minha irmã mais nova, Julliana, por sempre comemorar junto comigo cada etapa vencida. E ao meu cunhado, Wilton Braga, por toda disponibilidade e apoio técnico.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre foi minha maior força e nunca me deixou desistir.

A toda minha família, especialmente aos meus pais, Amaury José Monteiro e Maria Joselita Silva Ribeiro, que sempre priorizaram a educação dos filhos, incentivando-me a sempre estudar para garantir um futuro promissor.

Aos amigos que conquistei no IGDEMA/UFAL, que trouxeram leveza a minha trajetória acadêmica e com quem compartilhei momentos inesquecíveis, seja durante as aulas, viagens de campo, comemorações e tantos outros bons momentos. Em especial a Ariany Botelho, Rosineide Pereira, Clayton Nilo (“Grilo”), Henrique Andreão e Diego Oliveira. Obrigada por fazerem parte da minha vida.

A minha querida amiga de infância e Geógrafa, Gláucia Lima da Rocha, por todos os momentos que compartilhamos ao longo desses anos, pelas palavras de Deus que em muitos momentos calaram meus medos, por toda cumplicidade, pelos conselhos, por me apresentar a Geografia. Obrigada por sempre acreditar em mim.

Ao amigo José Ferreira dos Santos Junior pelo auxílio na elaboração do mapa das áreas estudadas, ao amigo Arthur Wellington dos Santos Souza pelas fotos gentilmente cedidas e ao amigo Flavio da Silva Teles pela parceria. Serei sempre grata.

A amiga, professora e orientadora Dra. Kallianna Dantas Araujo, a quem agradeço pela paciência, incentivo, acolhimento, companheirismo, por cada minuto dedicado a orientação desse trabalho e por seus valiosos ensinamentos.

A Universidade Federal de Alagoas, ao Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente e ao Curso de Geografia pela possibilidade de concretização do Curso Superior. Aos professores do Curso de Geografia, que contribuíram para a minha formação acadêmica. E a Coordenação do Curso de Geografia Bacharelado, especialmente ao Prof. Sinval Autran Mendes Guimarães Júnior, Coordenador do Curso por toda ajuda, disponibilidade e paciência.

Aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Nivaneide Alves de Melo Falcão por ter aceito contribuir com este trabalho e a Profa. Dra. Mayara Andrade Souza, coordenadora do

Projeto Valoração das Funções Ecológicas dos Manguezais em Alagoas, pela oportunidade de realização deste trabalho e pela disponibilidade em contribuir nesse momento tão crucial.

Ao Laboratório de Ecogeografia e Sustentabilidade Ambiental (LabESA)/UFAL, em nome da Professora Dra. Kallianna Dantas Araujo, a Élide Monique da Costa Santos e Danúbia Lins Gomes pela ajuda na análise estatística. E todos os demais pesquisadores do LabESA pelo apoio e colaboração para concretização dessa pesquisa.

A todos, muito obrigada!!

*“Se todos os insetos desaparecessem da Terra,
dentro de 50 anos toda a vida na Terra
acabaria. Se todos os seres humanos
desaparecerem da Terra, dentro de 50 anos
todas as formas de vida iriam florescer.”*

Jonas Salk

RESUMO

O manguezal é um ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestre e marinho, sujeito ao regime das marés, formado por florestas inundadas tropicais e subtropicais de água salobra ou salina, dotado de uma fauna significativa, e que desempenha importantes funções ecossistêmicas, com grande importância ecológica, social e econômica. Diante deste contexto, objetivou-se avaliar a ocorrência dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica e aérea no ecossistema mangue, no município de Marechal Deodoro, Alagoas. A pesquisa foi realizada nos meses Abril, Maio e Junho de 2019 em áreas com diferentes tipos de uso do solo (Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue), pertencentes ao Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM). Os organismos foram capturados com armadilhas Provid, os quais foram quantificados e identificados em laboratório. Foi avaliado a abundância, diversidade e equabilidade pelos índices ecológicos de diversidade de Shannon (H) e uniformidade de Pielou (*e*) e relacionados com os fatores edafoclimáticos (precipitação pluvial, temperatura do solo e conteúdo de água do solo). Os dados foram testados quanto a sua normalidade (Shapiro-Wilk) e homoscedasticidade (Fligner Test), e as hipóteses foram testadas submetendo os dados a estimativas de correlação de Spearman, análise de Kruskal-Wallis e teste post-hoc de Dunn. O grupo taxonômico da macrofauna edáfica e aérea mais dominante é Hymenoptera, registrado em todas as áreas amostrais. A macrofauna aérea foi mais abundante nas áreas com vegetação de mangue, como Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue e a macrofauna edáfica se concentrou na área de Cultivo Agrícola. As áreas que apresentaram maior diversidade e equabilidade são Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue para a macrofauna edáfica, coincidindo também com as áreas que apresentam maior abundância para macrofauna aérea. O período da amostragem (Abril, Maio e Junho de 2019) foi suficiente para indicar que os fatores edafoclimáticos influenciam de formas distintas a abundância, diversidade e equabilidade dos organismos dos grupos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna aérea e foi insuficiente para apontar influência sobre a macrofauna edáfica.

Palavras-chave: Organismos edáficos. Macrofauna. Diversidade. Variáveis edafoclimáticas. Manejo do solo.

ABSTRACT

The mangrove is a coastal ecosystem that transitions between terrestrial and maritime environment. Is subjected to the tidal regime and formed by tropical and subtropical flooded forests of brackish or saline water, it possess a significant fauna, that performs important ecosystem functions, with great ecological, social and economic value. In this context, the goal was to evaluate the occurrence of the taxonomic groups Hymenoptera and Coleoptera of the edaphic and aerial macrofauna in the mangrove ecosystem in the municipality of Marechal Deodoro, Alagoas. The survey was carried out in April, May and June of 2019 on areas with different types of land-use (Agricultural Farming, Degraded, (Civil Construction/Mangrove Edge) and Mangrove), belonging to the Mundaú/Manguaba Estuarine-Lagunar Complex (CELMM). The organisms were captured with Provid traps, which were quantified and identified in the laboratory. The quantity, diversity and equability were evaluated by the ecological indices of Shannon diversity (H) and Pielou uniformity (e) and related to edaphoclimatic factors (rainfall, soil temperature and soil water content). The data were tested for normality (Shapiro-Wilk) and homoscedasticity (Fligner Test) and the hypotheses were tested by submitting data to Spearman correlation estimates, Kruskal-Wallis analysis and Dunn's post-hoc test. The most dominant taxonomic group of edaphic and aerial macrofauna is Hymenoptera, registered in all the sampled areas. Aerial macrofauna was more abundant in areas with mangrove vegetation, such as (Civil Construction/Mangrove Edge) Transition and Mangrove, and the edaphic macrofauna was concentrated in the Agricultural Cultivation area. The areas that presented greater diversity and equability were Civil Construction/Mangrove Edge Transition and Mangrove, for edaphic macrofauna which also coincides with the areas that presented greater abundance of aerial macrofauna. The sampling period (April, May and June of 2019) was enough to indicate that edaphoclimatic factors influence in different ways the number, diversity and equability of organisms from the Hymenoptera and Coleoptera groups of aerial macrofauna and was insufficient to indicate any influence on the edaphic macrofauna.

Keywords: Edaphic organisms. Macrofauna. Diversity. Edaphoclimatic variables. Soil management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Manguezal (CELMM/Marechal Deodoro/Alagoas).....	16
Figura 2 - Fauna caraterística do mangue: Tainha (A), Caranguejo Aratu (B) e Ostras (C).....	18
Figura 3 - Animais maiores presentes no mangue: Garça Branca (A) e Carcará (B)..	19
Figura 4 - Desmatamento e aterro do mangue para construção de condomínios de luxo e estradas (CELMM/Marechal Deodoro/Alagoas).....	21
Figura 5 - Representantes da Ordem Hymenoptera: Abelha (A), Formiga (B) e Vespa (C).....	23
Figura 6 - Famílias da Ordem Coleoptera: Scarabaeidae (A e B) e Carabidae (B)....	26
Figura 7 - Localização de Marechal Deodoro, em Alagoas.....	27
Figura 8 - Localização das áreas experimentais (Alagoas/Marechal Deodoro/CELMM, 2021).....	29
Figura 9 - Armadilha edáfica (A) e aérea (B), e vista da armadilha aérea na altura de 1,50 m do solo (C).....	30
Figura 10 - Identificação e quantificação dos organismos (A e B) da macrofauna edáfica e aérea.....	31
Figura 11 - Acondicionamento do solo em latas de alumínio (A), pesagem das latas contendo o solo úmido (B), secagem em estufa a 105 °C durante 24 horas (C) e pesagem do solo seco após ir para a estufa. (D).....	33
Figura 12 - Medição da temperatura do solo na profundidade 0-10 cm (A).....	34
Figura 13 - Estimativas de correlação de Spearman (A) e relação das variáveis edafoclimáticas com a abundância de indivíduos de Coleoptera e Hymenoptera da macrofauna edáfica na área de Cultivo Agrícola (B)....	52
Figura 14 - Estimativas de correlação de Spearman (A) e relação das variáveis edafoclimáticas com a abundância de indivíduos de Coleoptera e Hymenoptera da macrofauna edáfica na área Degradada (B).....	53
Figura 15 - Estimativas de correlação de Spearman (A) e relação das variáveis edafoclimáticas com a abundância de indivíduos de Coleoptera e Hymenoptera da macrofauna edáfica na área de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (B).....	54
Figura 16 - Estimativas de correlação de Spearman (A) e relação das variáveis edafoclimáticas com a abundância de indivíduos de Coleoptera e Hymenoptera da macrofauna edáfica na área de Mangue (B).....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de indivíduos dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue...	36
Tabela 2 - Matriz Presença (1)/Ausência (0) dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue...	38
Tabela 3 - A abundância de indivíduos dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue nos meses Abril, Maio e Junho de 2019.....	39
Tabela 4 - Diversidade de Shannon (H') e Uniformidade de Pielou (e) dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica.....	39
Tabela 5 - Post-hoc de Dunn para macrofauna edáfica (Coleoptera e Hymenoptera), em relação as áreas e aos meses.....	41
Tabela 6 - Número de indivíduos dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna aérea nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue...	42
Tabela 7 - Matriz Presença (1)/Ausência (0) dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna aérea nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue.....	44
Tabela 8 - A abundância de indivíduos dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna aérea nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue nos meses Abril, Maio e Junho de 2019.....	44
Tabela 9 - Diversidade de Shannon (H') e Uniformidade de Pielou (e) dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna aérea.....	45
Tabela 10 - Post-hoc de Dunn para macrofauna aérea (Coleoptera e Hymenoptera), em relação as áreas e aos meses.....	47
Tabela 11 - Precipitação pluvial, Conteúdo de água do solo (CAS %) e temperatura do solo (TS °C) nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue, nos meses Abril, Maio e Junho de 2019.....	48
Tabela 12 - Resultado dos testes de Kruskal-Wallis para as variáveis edafoclimáticas	48
Tabela 13 - Post-hoc de Dunn para as variáveis edafoclimáticas, em relação as áreas e aos meses.....	49

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Percentual (%) dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica nas áreas de Cultivo Agrícola (A), Degradada (B), Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (C) e Mangue (D)..... 37
- Gráfico 2 - Percentual (%) dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna aérea nas áreas de Cultivo Agrícola (A), Degradada (B), Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (C) e Mangue (D)..... 43

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	ix
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Caracterização do Ecossistema Mangue	16
2.2 Organismos característicos do Ecossistema Mangue	18
2.3 Degradação ambiental no Ecossistema Mangue	20
2.4 Organismos invertebrados	22
2.4.1 Hymenoptera.....	22
2.4.2 Coleoptera.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Inserção territorial da área de estudo	27
3.2 Área de estudo	29
3.3 Quantificação de organismos invertebrados	30
3.3.1 Macrofauna edáfica e aérea.....	30
3.4 Elaboração da matriz de presença/ausência	31
3.5 Aplicação dos Índices ecológicos (Diversidade e Uniformidade)	31
3.6 Determinação do conteúdo de água do solo	32
3.7 Medição da temperatura do solo	33
3.8 Análise estatística	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 Influência dos tipos de uso do solo sobre a abundância, diversidade e equabilidade dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera	36
4.1.1 Macrofauna do solo.....	36
4.1.1.1 Índices ecológicos (Diversidade e Uniformidade).....	39
4.1.1.2 Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn.....	40
4.1.2 Macrofauna aérea.....	42
4.1.2.1 Índices ecológicos (Diversidade e Uniformidade).....	45
4.1.2.2 Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn.....	46
4.2 Fatores edafoclimáticos que influenciam na abundância de Hymenoptera e Coleoptera nos diferentes sistemas de uso do solo (Cultivo Agrícola, Degradação, Transição Construção Civil/Borda de Mangue e Mangue)	47
4.2.1 Estimativas de correlação de Spearman.....	50
5 CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

O manguezal é um sistema ecológico com ocorrência em ambiente costeiro tropical e subtropical, entre o continente e o mar, localizado em terrenos baixos na foz dos rios e estuários, com solo inundado pelas variações das marés e com grande variação de salinidade (CORREIA e SOVIERZOSKI, 2005). Está sujeito ao regime diário das marés, onde seu aspecto cíclico é um dos agentes reguladores da dispersão de sementes vegetais e larvas de muitas espécies (COSTA, 2010).

No ano 2000 a estimativa da área total de floresta de mangue correspondia a 137.760 km² em 118 países e territórios, representando 0,7% do total de florestas tropicais do mundo (GIRI *et al.*, 2011). No Brasil são registrados de 10.000 a 25.000 km² de manguezais, que se estende do Cabo Orange no Amapá, até Laguna em Santa Catarina (QUINÕES, 2000). No estado de Alagoas há 5.535,27 hectares de mangue (em torno de 55,3527 km²) (ICMBIO, 2018), e ocorrem ao longo de todas as áreas estuarinas, nos rios, canais e junto aos corpos de água das principais lagunas costeiras (CORREIA e SOVIERZOSKI, 2005).

Manguezais são considerados como um dos ecossistemas mais produtivos do Planeta, por possuir diversas funções importantes para o equilíbrio ambiental (SCHAEFFER-NOVELLI, 1999). É apontado como indicador biológico, para as modificações de linha de costa em função da rápida resposta das suas espécies vegetais a qualquer alteração no ambiente (ALVES, 2001).

O valor desse ecossistema vai além do aspecto ecológico, uma vez que muitas comunidades que vivem no litoral adquirem seu sustento nos manguezais através da pesca artesanal e de subsistência (SILVA, 2012). Como os pescadores e catadores de moluscos e crustáceos têm nessas atividades uma fonte de renda necessária à sua sobrevivência, a degradação deste ecossistema causa modificações no meio ecológico e impactos socioeconômicos (DUARTE e REZENDE, 2019).

O manguezal é habitado em toda a sua extensão por diversos animais, desde formas microscópicas, peixes, aves, répteis e mamíferos, alguns deles, ocupam o sedimento ou a água, outros as raízes e os troncos, chegando até à copa das árvores (NANNI *et al.*, 2005). Esse ecossistema suporta uma fauna diversa, oferecendo diferentes tipos de recursos para numerosos organismos não aquáticos. Muitos insetos habitam as áreas de manguezal e, entre estes,

numerosas espécies de formigas (*Hymenoptera*) (DELABIE *et al.*, 2006) e besouros (*Coleoptera*) (GOMES *et al.*, 2015).

Segundo Gullan e Cranston (2017), as comunidades de insetos (classe *Insecta*), além de constituírem o grupo de animais mais numerosos, estão presentes em todos os tipos de ecossistemas, por possuírem a capacidade de sobreviver mesmo em condições extremas. Apresentam uma variedade de estilos de vida, formas e funções, com especializações alimentares que incluem ingestão de detritos, material em decomposição, madeira e fungos, filtração aquática e alimentação de fitoplâncton, herbivoria, predação e parasitismo. Além disso, são importantes no funcionamento dos ecossistemas naturais, atuando como predadores, parasitos, fitófagos, saprófagos, polinizadores (GALLO *et al.*, 2002).

Entre os manguezais considerados mais impactados ao longo do litoral de Alagoas estão os do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM) (CORREIA e SOVIERZOSKI, 2005). A ocupação desordenada no entorno do CELMM vem gerando um intenso processo de degradação, que ameaça a sobrevivência dos manguezais. Dentre as atividades antrópicas que acarretam grandes impactos na região, destaca-se o desmatamento das florestas de mangue e a sua conversão para agricultura, infraestrutura habitacional e estradas (SILVA *et al.*, 2008). Desse modo, é importante conhecer os fatores que propiciam a ocorrência destes grupos em comunidades biológicas de mangue, notadamente *Hymenoptera* e *Coleoptera*, que são os mais abundantes da macrofauna edáfica em outros ecossistemas (MACHADO *et al.*, 2008; MELO *et al.*, 2009; AZEVEDO *et al.*, 2016; SOUZA *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2018). Uma vez que são considerados organismos bioindicadores que respondem rapidamente as alterações do ambiente, possibilitando uma análise das condições ambientais ou o estado de conservação dos ecossistemas (PRESTES e VINCENCI, 2019).

Para a realização deste estudo foram selecionadas quatro áreas, inseridas neste Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM) que vem sendo submetidas a antropização por cultivo agrícola, degradada, transição (construção civil/borda de mangue) e mangue. Foram propostos os seguintes questionamentos: i). Os tipos de uso do solo afetam diferentemente a abundância, diversidade e equabilidade dos grupos taxonômicos *Hymenoptera* e *Coleoptera* em ecossistema de mangue?; ii). Quais fatores edafoclimáticos influenciam na abundância de *Hymenoptera* e *Coleoptera* (macrofauna edáfica) nos diferentes sistemas de uso do solo (Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue)?

A partir das considerações iniciais, as seguintes hipóteses foram testadas: i). Os diferentes tipos de uso do solo (Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue) afetam diferentemente a abundância, diversidade e equabilidade dos organismos da macrofauna edáfica e aérea, de modo que a área Degradada é a que apresenta menor abundância, diversidade e equabilidade desses organismos, uma vez que a supressão da vegetação acarreta ameaças ao habitat natural, restringindo os recursos alimentares essenciais a sobrevivência. Já a área de Mangue, que é a mais conservada e com presença de vegetação nativa, apresenta maior abundância, diversidade e equabilidade de Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica. Desse modo, das quatro áreas estudadas, a Degradada e Mangue são as que apresentam diferença em relação a abundância, diversidade e equabilidade dos organismos quando comparadas com as outras áreas. Já as áreas de Cultivo Agrícola e Transição (Construção Civil/Borda de Mangue), não são diferentes; ii). Os fatores edafoclimáticos conteúdo de água do solo, precipitação pluvial e temperatura do solo, influenciam na abundância dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica, de formas distintas nos diferentes sistemas de uso do solo. Nas áreas Degradada e de Cultivo Agrícola, quando há maior precipitação pluvial, temperatura do solo mais elevada e umidade do solo mais baixa, favorece a maior abundância de Hymenoptera, considerado resistente as perturbações do ambiente. Já em relação a Coleoptera nestas áreas, a abundância é menor sob as mesmas condições citadas anteriormente. Na área de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue, a precipitação não exerce influência sobre a abundância dos organismos da macrofauna do solo (Hymenoptera e Coleoptera), uma vez que o ambiente mais úmido com maior conteúdo de água do solo, favorecido pela maré, e a redução da temperatura do solo, devido a maior presença de vegetação, aumenta o número de indivíduos (maior abundância), principalmente na área de mangue.

O objetivo do trabalho foi avaliar a ocorrência dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica e aérea no ecossistema mangue sob diferentes usos do solo, no município de Marechal Deodoro, Alagoas. Tendo como objetivos específicos: 1-Quantificar os grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera nos quatro ambientes; 2-Comparar os grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera pelo Índice de Shannon (H') e equabilidade ou distribuição dos organismos pelo Índice de Uniformidade de Pielou (e); 3-Relacionar os grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera com precipitação pluvial, temperatura e conteúdo de água do solo nos quatro ambientes pesquisados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização do Ecossistema Mangue

O termo mangue é empregado para designar um grupo floristicamente diverso de árvores tropicais que, embora pertençam a famílias botânicas sem qualquer relação taxonômica entre si, compartilham características fisiológicas similares (ICMBIO, 2018). Ainda de acordo com o autor, as adaptações especiais de que são dotadas permitem que as espécies cresçam em ambientes abrigados, banhados por águas salobras ou salgadas, com reduzida disponibilidade de oxigênio e substrato inconsolidado.

O Manguezal (Figura 1) é a comunidade microfanerófitica de ambiente salobro, situada na desembocadura de rios e regatos no mar, onde, nos solos limosos (manguitos), cresce uma vegetação especializada, adaptada à salinidade das águas, como a *Rhizophora mangle* L. e *Avicennia* sp., cujas espécies variam conforme a latitude, e *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn., que cresce nos locais mais altos, só atingidos pela preamar (IBGE, 2012).

Figura 1 - Manguezal (CELMM/Marechal Deodoro/Alagoas).



Foto: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

Os manguezais apresentam maior desenvolvimento na faixa entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio (23° e 27° N e 23° e 27° S) e ocasionalmente se estende até latitudes de aproximadamente (32° N e 39° S), com menor desenvolvimento devido ao clima mais rigoroso (QUINÕES, 2000). No entanto, ainda segundo o autor, o desenvolvimento estrutural máximo dos manguezais tende a ocorrer próximo à Linha do Equador.

As condições ideais para desenvolvimento dos manguezais correspondem a temperaturas médias acima de 20 °C, temperatura mínima não inferior a 15 °C, amplitude

térmica anual menor que 5 °C e precipitação pluvial acima de 1.500 mm/ano, sem prolongados períodos de estiagem (CORREIA e SOVIERZOSKI, 2005).

A vegetação é o traço mais marcante deste ecossistema já que há uma baixa riqueza de espécies (MORI *et al.*, 2015), ao contrário de outros ambientes, como a Mata Atlântica ou a Floresta Amazônica. No Brasil ocorrem seis espécies mangue: *Avicennia germinans*, *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa* e *Rhizophora harrisonii* (SILVA *et al.*, 2020).

As árvores típicas do manguezal estabilizam o sedimento entre suas raízes e troncos, processo no qual também são aprisionados poluentes, prevenindo que estes contaminem as águas costeiras adjacentes (SCHAEFFER-NOVELLI e COELHO JUNIOR, 2018). De acordo com Souza *et al.* (2018), o sedimento de manguezal é inundado todos os dias por águas mais salinas provenientes das marés, trazendo e levando folhas, sementes, propágulos, larvas e formas juvenis de vários animais, entre os quais figuram os moluscos, crustáceos e peixes.

Além disso, as árvores servem como cortina-de-vento, atenuando os efeitos de tempestades nas áreas costeiras, e abrandam a energia das ondas que ressuspenderiam os sedimentos das áreas litorâneas mais rasas (SCHAEFFER-NOVELLI e COELHO JUNIOR, 2018). Dessa forma, segundo os autores, melhora a qualidade das águas estuarinas e costeiras, garante o aporte de nutrientes de terra e sua imobilização, ao mesmo tempo em que atua como filtro biológico e protege a linha de costa.

A escassez de oxigênio no solo faz com que as raízes se projetem em direção à atmosfera, ficando expostas ao ar. Os Gleissolos, solos comuns neste ambiente, são lamacentos e salinos, e possuem uma grande quantidade de sulfeto de hidrogênio (H₂S), que determina um odor forte de putrefação, similar ao do ovo em decomposição (SOUZA *et al.*, 2018).

Estas características ambientais inconstantes determinam a fauna, flora e variedade de microrganismos específicos, que possuem adaptações estruturais e fisiológicas que os tornam aptos a habitá-las (PINHEIRO *et al.*, 2008). Além disso, de acordo com os autores, essas regiões costeiras constituem áreas propícias à alimentação, reprodução e proteção de muitas espécies de animais, que são atraídas por um dos mais eficientes sistemas de transformação de matéria orgânica em nutrientes para o meio.

2.2 Organismos característicos do Ecossistema Mangue

O ecossistema mangue possui uma grande variedade de nichos ecológicos, resultando numa fauna diversificada com representantes dos grupos anelídeos, moluscos, crustáceos, aracnídeos, insetos, anfíbios, répteis, aves e mamíferos (ALVES, 2001). Estes animais têm sua origem nos ambientes terrestre, marinho e de água doce, permanecendo no manguezal toda sua vida como residentes ou apenas parte dela, na condição de semi-residentes, visitantes regulares ou oportunistas (NANNI *et al.*, 2005).

A comunidade biótica deste ecossistema tem um papel essencial na manutenção e no equilíbrio dos fluxos de matéria e energia deste ambiente natural, desde os microrganismos (protozoários, bactérias, fungos, microalgas e outros), que reciclam continuamente a matéria acumulada, até os invertebrados (crustáceos, vermes, moluscos, dentre outros), que se alimentam daqueles, servindo por sua vez de alimento para peixes, aves e outros animais (MELO *et al.*, 2011).

De acordo com Schaeffer-Novelli e Coelho Junior (2018), tainhas adultas (Figura 2A) constituem importante elo entre a cadeia alimentar estuarino-costeira, transformando partículas orgânicas ingeridas em proteína animal para aves e peixes maiores. Segundo os autores, outras aves se alimentam diretamente nos bancos de lama dos lavados e apicuns, ingerindo pequenos crustáceos e outros invertebrados de menor porte.

Diversas espécies, como o caranguejo guaiamum e aratu (Figura 2B) habitam os manguezais. Os caranguejos, ao cavar seus "buracos", ajudam na aeração do solo (NANNI *et al.*, 2005). As ostras (Figura 2C) e os mexilhões, presentes nos manguezais, são considerados "filtradores naturais", pois são capazes de converter a produção primária do mar em proteína animal filtrando uma vasta quantidade de água através de seu mecanismo de alimentação (EVANGELISTA-BARRETO *et al.*, 2008).

Figura 2 - Fauna caraterística do mangue: Tainha (A), Caranguejo Aratu (B) e Ostras (C).



Fonte: MundoEcologia (2021) (A), Planeta Invertebrados (2021) (B), Agromar (2021) (C).

Os moluscos e crustáceos que vivem associados às raízes de mangue, aproveitam a matéria orgânica em suspensão como fonte direta de alimento, assim como, também servem de alimento para indivíduos de níveis tróficos superiores, contribuindo para o fluxo de energia desse ecossistema (QUIRÓS e ARIAS, 2013).

Além do sururu (marisco) que geralmente é encontrado enterrado no sedimento entre as raízes das árvores de mangue, caranguejos de várias espécies e de vários tamanhos, como chié ou chama-maré, aratu ou maria-mulata, guaiamu e caranguejo-uçá, podem ser vistos deslocando-se sobre o piso e escavando galerias no lodo do mangue onde se abrigam e trocam sua carapaça protegidos dos predadores naturais (SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 2012). Há, ainda, muitas espécies de caranguejos que possuem a capacidade de escalar, sendo consideradas arborícolas, que passam a fase adulta sobre os troncos de mangues, se alimentando de suas folhas frescas (FRATINI *et al.*, 2005).

Animais maiores podem ser encontrados pelo chão do mangue, como o mão-pelada, que se alimenta de caranguejos, e aves como a saracura-do-mangue, que se alimentam dos crustáceos de menor tamanho (SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 2012), a garça branca (Figura 3A), a rolinha, o beija-flor, o bem-te-vi e o carcará (Figura 3B) (BARRETO *et al.*, 2020). Entre as espécies de répteis e mamíferos visitantes dos manguezais, destaca-se o jacaré-de-papo-amarelo, que habita lagoas costeiras colonizadas por manguezais, a caninana e a jararaca, que se alimentam dos ovos dos pássaros, o macaco-prego, que busca a copa das árvores de mangue para caçar caranguejos, a capivara e o cachorro-do-mato (ALMEIDA *et al.*, 2008).

Figura 3 - Animais maiores presentes no mangue: Garça Branca (A) e Carcará (B).



Fotos: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

Os manguezais oferecem muitos serviços que contribuem para a manutenção da biodiversidade nos ecossistemas associados, pois são fonte de matéria orgânica particulada e dissolvida para águas costeiras e adjacentes que sustentam a base da cadeia trófica (VIANA *et al.*, 2015), são eficientes sumidouros de carbono nos trópicos (NÓBREGA *et al.*, 2016), e são importantes áreas de reprodução, desenvolvimento, alimentação e abrigo para espécies marinhas, límnicas e terrestres (SANT'ANA *et al.*, 2014).

A classe Insecta, possui milhões de espécies descritas sendo constituída por um grupo bem diversificado. Os insetos apresentam uma grande variedade morfológica, adaptativa e comportamental, podendo ser úteis ou danosos (ARAÚJO *et al.*, 2019). Segundo Thomazini e Thomazini (2002), os insetos são considerados bons indicadores das condições ambientais, devido a sua grande diversidade de espécies e habitat, além da sua importância nos processos biológicos dos ecossistemas naturais.

Os insetos são importantes para inúmeras funções nos ecossistemas, dentre as quais destacam-se a propagação das plantas, incluindo polinização e dispersão de sementes; alimento para vertebrados insetívoros, como aves, mamíferos, répteis e peixes; a reciclagem de nutrientes através da degradação de madeira, dentre outros (GULLAN e CRANSTON, 2012).

2.3 Degradação ambiental no Ecossistema Mangue

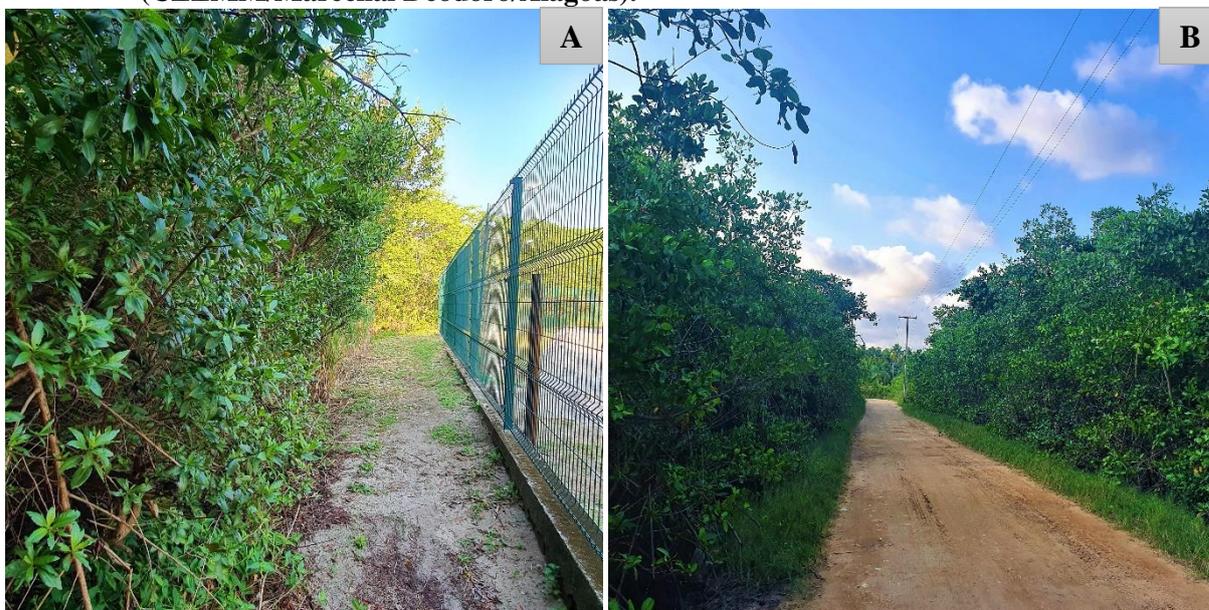
O ecossistema mangue vem sendo submetido a intensas e diversificadas ações antrópicas, como urbanização, crescente densidade populacional, aterros imobiliários, desmatamentos, turismo, contaminação por efluentes industriais e domésticos sem tratamento e atividades pesqueira legal e ilegal, que vêm comprometendo suas riquezas naturais (PARANAGUÁ *et al.*, 2011).

Localizado no litoral médio do Estado de Alagoas, o Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM), que representa um dos ecossistemas mais importantes do estado, vem sendo submetido a um longo processo de degradação, resultante da forma e da velocidade da exploração de seus recursos naturais atrelado à sua localização estratégica, o que propiciou seu uso intensivo e a apropriação de seu território e de seus recursos, gerando, por um lado, oportunidades de negócios, emprego e renda, mas, por outro, levando à exploração exaustiva e não sustentável, que compromete o patrimônio natural e os valores culturais locais (BRASIL, 2006).

Existem ainda na região os Polos Industriais de Maceió e Marechal Deodoro, juntamente com as Agroindústrias Açucareiras, que são responsáveis por desmatamentos e lançamentos de resíduos, que alteram a qualidade da água do CELMM e conseqüentemente degradam os manguezais (CORREIA e SOVIERZOSKI, 2005).

Esse ecossistema vem sendo submetido a pressão pelo aumento da população na região costeira e suas conseqüentes atividades, como desmatamento e aterro do mangue para expansão urbana (Figura 4A), industrial e portuária, lançamento de esgoto e lixo, além da intensa exploração de seus recursos naturais, como extração de madeira e fauna, e desmatamento para criação de áreas de cultivo e estradas (Figura 4B) (KRUG *et al.*, 2007).

Figura 4 – Desmatamento e aterro do mangue para construção de condomínios de luxo e estradas (CELMM/Marechal Deodoro/Alagoas).



Fotos: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

De todos os ecossistemas, o manguezal é um dos mais produtivos e também o mais vulnerável aos efeitos do desenvolvimento econômico e do crescimento desordenado das populações humanas (NANNI *et al.*, 2005). Segundo os autores, os detritos em suspensão nas águas, compostos principalmente por fragmentos de folhas de mangue, formam a base alimentar de diversas espécies de caranguejos, camarões e peixes, tornando-os ecossistemas altamente produtivos, garantindo alimento, proteção, condições de reprodução e crescimento para muitas espécies de valor comercial.

O desmatamento em áreas de manguezais é uma das alterações ambientais mais antigas no Brasil e com conseqüências negativas, uma vez que o corte da vegetação de mangue, além

de destruir a flora, expõe o sedimento ao sol provocando ressecamento e a salinização do substrato resultando na morte de caranguejos e mariscos, como também afetando a produtividade e a pesca de caranguejos, camarões e peixes e na morte do próprio mangue (ALMEIDA *et al.*, 2008). De acordo com Sathya e Sekar (2012), a degradação dos mangues aumenta a mortalidade de peixes, reduz a purificação da água e eleva a salinidade dos solos costeiros. Essas alterações causam instabilidades da biodiversidade, do meio físico e por consequência do microclima local que é modificado (GALVANI e LIMA, 2011).

O turismo e/ou ecoturismo na área de mangue também tem causado diversas alterações ambientais, mesmo tendo como prioridade a conservação e preservação dos recursos naturais, visto que o aumento crescente da visitação associada a falta de infraestrutura e de pessoal qualificado, causam danos ambientais, como poluição sonora, visual, resíduos sólidos, incêndios, caça e pesca em locais proibidos, coleta de animais, vegetais e minerais, além dos impactos causados nas estruturas das árvores de mangue, pela aproximação de embarcações e caminhadas na superfície lodosa, afetando suas raízes e caules de sustentação (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

As perdas ou fragmentação de hábitats em áreas de mangue também ameaçam a classe *Insecta*, em relação a biodiversidade (AMARAL *et al.*, 2010). Gullan e Cranston (2017) consideram a perda de habitat como a principal causa do seu declínio e extinção. Os autores ainda chamam atenção para as mudanças climáticas, plantas e espécies invasoras, introdução de insetos sociais não nativos, patógenos e vertebrados herbívoros e predadores.

2.4 Organismos invertebrados

2.4.1 Hymenoptera

A ordem Hymenoptera, representada pelas abelhas (Figura 5A), formigas (Figura 5B) e vespas (Figura 5C), são insetos sociais, com maior possibilidade de sobrevivência quando inseridos em colônias, já que possuem uma complexa organização social com um sistema de castas, no qual os indivíduos enquanto larvas são alimentados com dietas específicas para que se diferenciem morfologicamente (MARTINEZ e ROCHA-LIMA, 2020). Ainda segundo os autores, as principais castas são os machos (para cópula), a rainha (que comanda e gera novos indivíduos), e os operários (que fazem a manutenção da colônia).

Figura 5 - Representantes da Ordem Hymenoptera: Abelha (A), Formiga (B) e Vespa (C).



Fonte: Biofaces (2021) (A), Wallpaper Flare (2021) (B), Meusanimais (2021) (C).

Com valores estimados de 110 a 130 mil espécies descritas, o grupo Hymenoptera constitui uma das quatro grandes ordens de insetos juntamente com Coleoptera, Diptera e Lepidoptera (RAFAEL *et al.*, 2012). De acordo com os autores, no Brasil, são conhecidas aproximadamente 10 mil espécies, mas existem estimativas que indicam uma riqueza muito maior, com cerca de 70 mil espécies.

Os insetos dessa ordem constroem ninhos utilizando vários substratos como cera, terra, resinas, celulose e outros materiais. Além dos ninhos construídos pelas abelhas sociais, são também conhecidos pela população os “forninhos” de barro construídos pelas vespas solitárias (MELO *et al.*, 2012).

Este grupo Hymenoptera é de grande importância para o homem, alguns são considerados como pragas agrícolas e florestais, destacando-se as formigas-cortadeiras (saúvas) e a vespa-da-madeira; outros como polinizadoras de plantas silvestres e cultivadas, como as abelhas, ou ainda como predadoras ou parasitoides (insetos que se utilizam de um hospedeiro, geralmente outro inseto, no qual passa parte de seu ciclo de vida, levando frequentemente o hospedeiro à morte) de pragas agrícolas. Além disso, as abelhas produtoras de mel geram importante fonte de renda (BARBOLA *et al.*, 2007).

Estima-se que existam mais de quatro mil gêneros e cerca de 25 a 30 mil espécies de abelhas distribuídas nas diferentes regiões do mundo (MICHENER, 2007). Atualmente mais de 85% das abelhas apresentam um comportamento solitário e as demais são sociais ou com algum grau de socialidade (SILVA, 2015). Segundo a autora, muitas espécies de abelhas solitárias constroem seus ninhos (colônias) no solo ou em cavidades preexistentes em barrancos ou em paredes e nos ninhos das abelhas sociais há uma casta reprodutora, divisão de trabalho e sobreposição de gerações.

As abelhas constituem componente essencial das relações interespecíficas da biota, pelas associações que ocorrem entre a apifauna e a flora de angiospermas, através do seu papel como polinizadoras. Essas interações são promotoras de equilíbrio na manutenção de formações vegetais (RAMALHO e BATISTA, 2005). As abelhas constituem um grupo taxonômico com forte irradiação adaptativa, que se reflete na riqueza e abundância de espécies e indivíduos que elas exibem, o que as torna um componente importante na cadeia alimentar e nas comunidades animais de que participam. São também consideradas um bioindicador do estado de preservação dos ambientes (SILVEIRA *et al.*, 2002).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), elas são responsáveis também pela polinização de até 73% das plantas cultivadas, as quais são utilizadas de forma direta ou indireta na nossa alimentação. Das 57 espécies de plantas mais cultivadas em todo o mundo, 42% delas dependem das abelhas nativas para a sua polinização e formação de frutos e sementes, e na falta das abelhas, os produtores rurais utilizam a polinização manual, o que aumenta o preço da produção e de compra de frutos e sementes (KRISHNAN *et al.*, 2020).

As formigas apresentam importante papel ecológico por interagir com organismos de todos os níveis tróficos e apresentam elevada dominância numérica, somando mais de 10% da biomassa total de animais em habitats importantes do planeta, como florestas tropicais, savanas e campos (AGOSTI e ALONSO, 2000). Além disso, as formigas são constantes em um determinado local, pois apresentam ninho perene e estacionário e área de forrageamento restrita, movem-se pouco à procura de alimento, locais para acasalamento e/ou para nidificação, o que facilita a amostragem e monitoramento nas unidades estudadas (ALONSO, 2000).

Esses organismos apresentam habilidade de adaptar-se a diferentes condições ambientais e na Austrália, por exemplo, as formigas da espécie *Polyrhachis sokolova* Forel sobrevivem à inundação através de bolsas de ar em câmaras dentro do ninho no lodo (NIELSEN *et al.*, 2003). As pequenas formigas da espécie *Camponotus anderseni* McArthur & Shattuck vivem exclusivamente em galhos ocos da árvore *Sonneratia alba* J. Smith e evitam o afogamento durante a maré alta bloqueando a entrada do orifício do ninho com a cabeça de uma operária ou de um coccídeo (Inseto da família dos Coccídeos) (NIELSEN, 2000).

As vespas englobam uma grande diversidade de insetos, que apresenta comportamentos variados: fitófagos, carnívoros, predadores, parasitoides, e somente alguns apresentam

comportamento social (PREZOTO *et al.*, 2008). Cerca de 26.000 espécies de vespas foram descritas no mundo, sendo 90% consideradas de hábito solitário (BATISTA, 2010). Esses artrópodes nidificam em cavidades pré-existentes, em troncos e galhos ocos ou perfurados (MENDES RÊGO, 2007).

A importância das vespas sociais pelos seus ninhos complexos e suas grandes colônias foram relatados por Souza e Prezoto (2006), por serem visitantes florais e atuarem como inimigos naturais de vários grupos de insetos, tendo grande potencial para estudos de controle biológico, ecologia e comportamento. Teodoro *et al.* (2019) mencionam que várias espécies de vespas solitárias são consideradas inimigos naturais de artrópodes atuando no controle biológico natural de espécies de fitófagos, usando, afídeos ou lepidópteros como fonte de alimento para suas larvas, outras espécies abastecem seus ninhos com aranha.

2.4.2 Coleoptera

A ordem Coleoptera engloba os insetos conhecidos como besouros, composta por cerca de 350 mil espécies, o que representa 40% de todos os insetos e 30% dos animais, formando o maior grupo de organismos da Terra, cuja principal característica é o primeiro par de asas modificado (élitros) (CAMARGO *et al.*, 2015). No Brasil, são registradas aproximadamente 28 mil espécies pertencentes a 105 famílias (CASARI e IDE, 2012).

Os besouros são encontrados em quase todos os ambientes (COSTA e IDE, 2006). De acordo com os autores, as espécies que ocorrem em ambientes terrestres são, em sua maioria, fitófagos (se alimentam de praticamente todas as partes da planta, raiz, folhas, flores, frutos e pólen), necrófagos (carniça), coprófagos (excrementos), predadores, parasitas ou podem infestar produtos armazenados de origem animal ou vegetal, e no ambiente aquático, podem ser predadoras ou fitófagos.

Os besouros adquiriram tal sucesso principalmente devido a presença da epicutícula que evita a perda de água, a grande esclerotização do seu corpo e a transformação de suas asas anteriores em élitros, aumentando a proteção mecânica e a resistência (RAFAEL *et al.*, 2012). Ainda segundo os autores, o papel econômico e ecológico desempenhado pelos besouros se aplicam à agricultura e a medicina forense, além de atuarem na polinização e dispersão de sementes, na ciclagem de nutrientes e no controle biológico, sendo também importantes para a

cadeia alimentar, servindo de alimento para diversos grupos de animais como anfíbios, répteis, aves, peixes, mamíferos e outros artrópodes.

Os coleopteros também possuem uma grande importância como bioindicadores da qualidade e da degradação ambiental, pois apresentam alto grau de especialização em seus nichos ecológicos, são altamente diversificados taxonomicamente e ecologicamente, facilmente coletáveis em grandes quantidades e funcionalmente importantes nos ecossistemas (WINK *et al.*, 2005).

Dentre a ordem Coleoptera, existem famílias que são executoras de importantes serviços do ecossistema, como por exemplo, Scarabaeidae (Figuras 6A e 6B), coleopteros que realizam escavação, posterior acúmulo e incorporação de matéria orgânica no solo em diferentes profundidades (ALMEIDA e LOUZADA, 2009). Os autores citam que existem ainda famílias que atuam na decomposição de excretas e de resíduos de origem animal e vegetal, aeração do solo, transporte de matéria orgânica e no controle biológico.

Outro exemplo é a família Carabidae (Figura 6C), que geralmente se abrigam no solo e podem caçar tanto no solo como nas plantas, sendo predadores para o controle biológico de artrópodes-praga em agroecossistemas (FONTES e VALADARES-INGLIS, 2020). Estes tem sido relacionado a qualidade do solo, pois respondem as mudanças de temperatura, umidade, aplicação de herbicidas, adubação, alterações estruturais e por alguns grupos apresentarem larga distribuição e abundância, podem ser utilizados em avaliações de monitoramento, contribuindo para verificar os efeitos das diferentes culturas sobre a biodiversidade (POMPEO *et al.*, 2016).

Figura 6 - Famílias da Ordem Coleoptera: Scarabaeidae (A e B) e Carabidae (C).



Fonte: Fotocommunity (2021) (A), Portal de Zoologia de PE (2021) (B), BioDiversity4All (2021) (C).

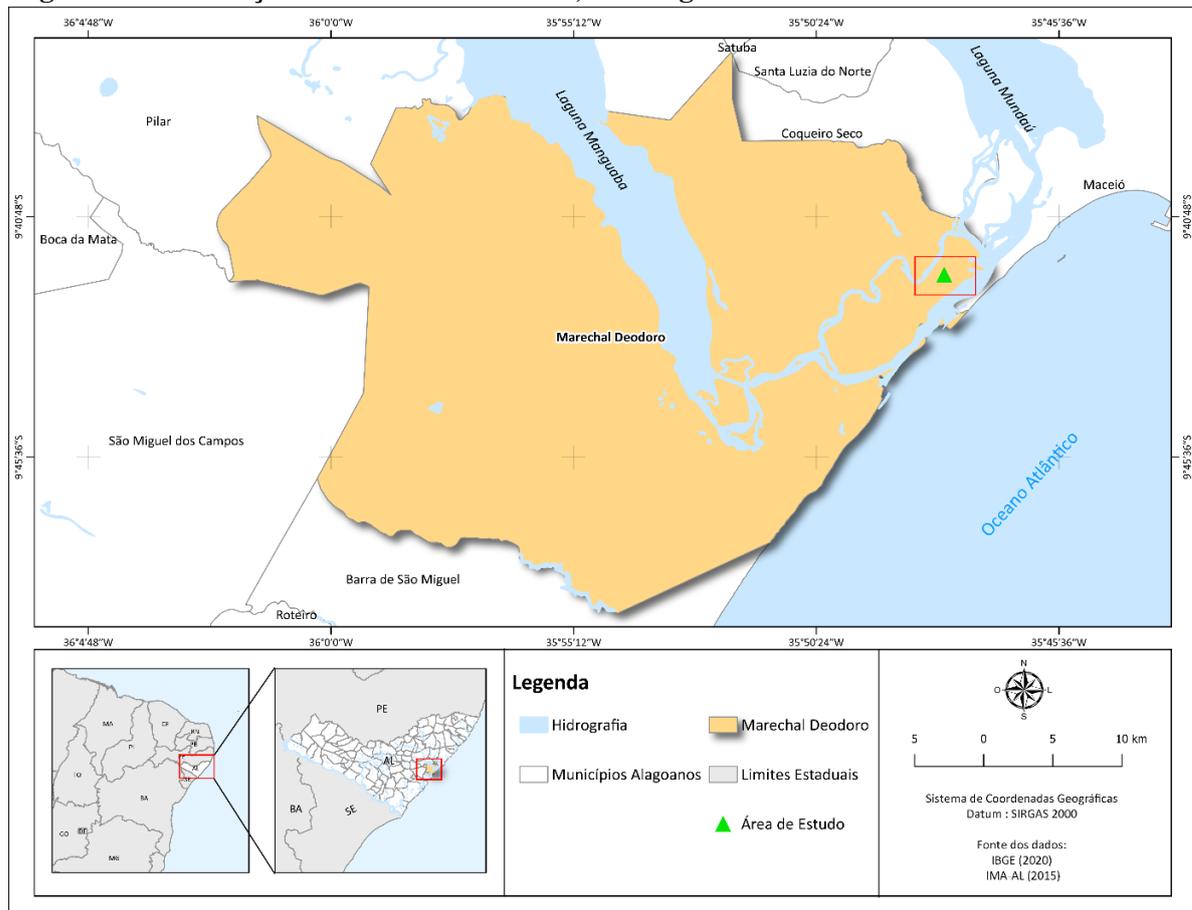
Por estarem envolvidos nesses diversos processos edáficos, alguns grupos de Coleoptera são associados a características físicas e químicas do solo como umidade, quantidade de nutrientes, além de serem negativamente afetados pelo uso e manejo de sistemas agrícolas (FARIAS *et al.*, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Inserção territorial da área de estudo

O trabalho foi realizado no município Marechal Deodoro, Alagoas, localizado na Mesorregião Geográfica do Leste Alagoano e Microrregião Geográfica de Maceió (Figura 7), compreendendo uma área de 340,980 km² e com uma população estimada de 52.380 hab./km² (IBGE, 2020). Marechal Deodoro está localizado nas coordenadas geográficas 9°42'36" S e 35°53'42" W, limitando-se a norte com os municípios Pilar, Cajueiro, Santa Luzia do Norte e Satuba, a sul com Barra de São Miguel, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com São Miguel dos Campos e Pilar (MASCARENHAS *et al.*, 2005).

Figura 7 - Localização de Marechal Deodoro, em Alagoas.



Fonte: IBGE (2019); IMA (2010).

Elaboração: José Ferreira dos Santos Junior, jul., 2021.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima predominante no município é As' - Tropical quente com chuvas de outono a inverno, com precipitação pluvial média oscilando de 1.000 a 1.500 mm/ano, temperatura do ar de 25 °C/ano e umidade do ar correspondendo a 70% (EMBRAPA, 2012a).

Marechal Deodoro é um dos sete municípios inseridos no Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM). Caracteriza-se por um sistema de corpos aquáticos naturais formados pelas Lagunas Mundaú e Manguaba, canais de acesso, ilhas, com destaque para Santa Rita e Lisboa e uma parte estuarina comum a ambas as Lagunas no deságue no mar (BRASIL, 2006).

Ainda de acordo com o autor, esse complexo está enquadrado como estuarino-lagunar, pois constitui uma estrutura geológica com três subsistemas principais: o subsistema flúvio-lagunar e suas interações rio-laguna, a laguna central e o subsistema de canais e suas interações estuário-mar.

O município Marechal Deodoro é banhado em sua porção central pelos rios Grande e da Estiva, que alimentam a Laguna Mundaú, desaguando em seguida no Oceano Atlântico. No Extremo Nordeste, o município é banhado pelo rio dos Remédios, a Sul, pelo rio Niquim e a Leste, pelo Oceano Atlântico (MASCARENHAS *et al.*, 2005).

O relevo de Marechal Deodoro faz parte da unidade dos Tabuleiros Costeiros e da Baixada Litorânea (VILLANUEVA, 2016). Os Tabuleiros Costeiros acompanham o litoral de todo o Nordeste, com altitude média de 50 a 100 m, e compreende platôs de origem sedimentar, que apresentam grau de entalhamento variável, algumas vezes com vales estreitos e encostas abruptas, outras vezes abertos com encostas suaves e fundo com amplas várzeas (EMBRAPA, 2012b). Complementa ainda a paisagem, a presença de depressões circulares que ocorrem no topo dos platôs (FERREIRA *et al.*, 2016).

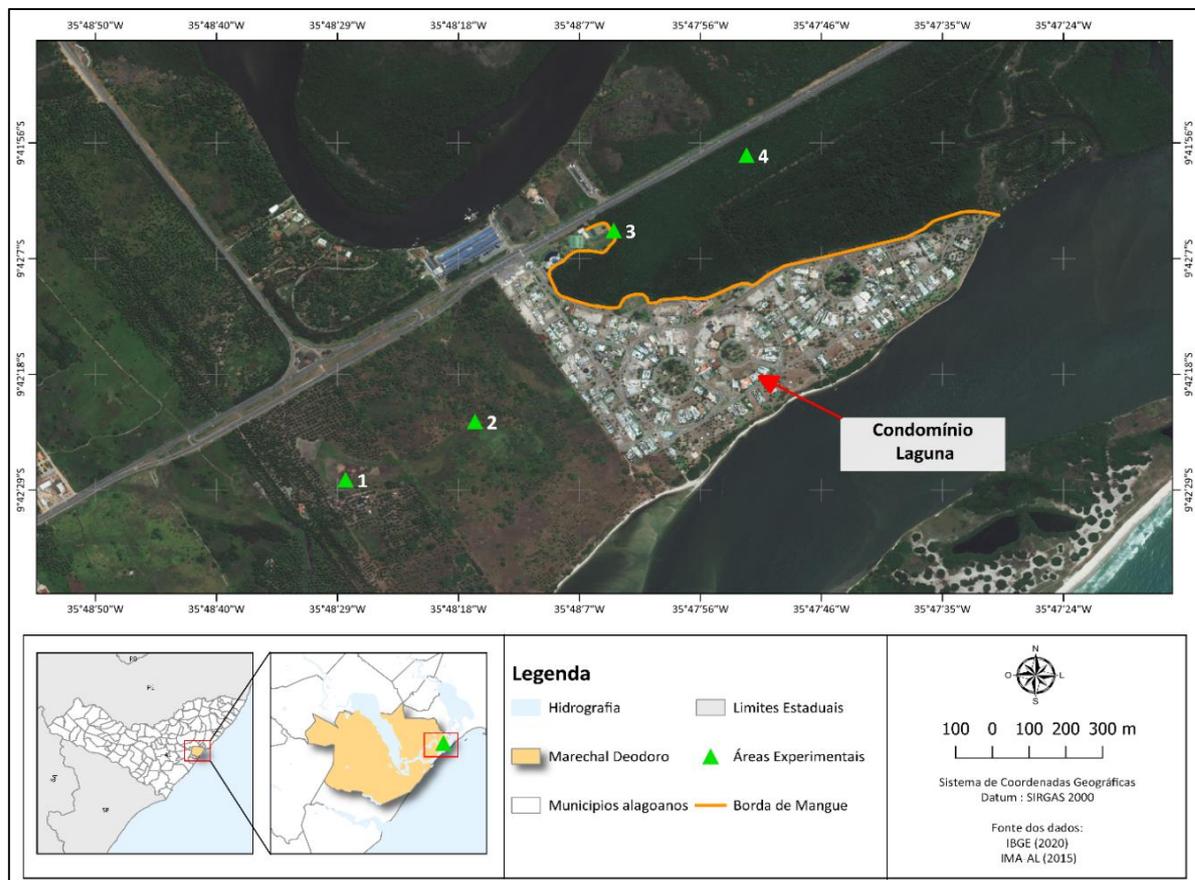
Apresenta feição geomorfológica aplainada, com predomínio de Solos dos tipos Argissolos e Latossolos Amarelos (CINTRA *et al.*, 2009). A Baixada Litorânea acompanha a orla marítima, onde estão incluídas restingas, dunas e mangues, e é uma região típica de produção de coqueiro no Nordeste do Brasil (CINTRA, 2021). Os solos predominantes nesta unidade de paisagem são Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos formados por sedimentos areno-quartzosos, que são pouco evoluídos, com teor de areia na fração textural superior a 90% e apresentam como principais características a baixa capacidade de retenção de água e baixa fertilidade natural, e Solos de mangue dos tipos Gleissolos, Organossolos e sedimentos diversos que ainda não constituem solos (EMBRAPA, 2012b).

As formações florestais ocorrentes nas regiões de Tabuleiros Costeiros e encostas é do tipo Floresta Ombrófila que ocorre na faixa tropical (BARROS, 2017). Na Baixada Litorânea, ocorre vegetação com influência fluviomarinha ou manguezal (floresta de alagados litorâneos) (ARAÚJO-FILHO, 2010). As espécies mais observadas segundo os autores são: *Rhizophora mangle* L. (mangue-vermelho), e onde a salinidade é menor, *Avicennia nitida* Jacq. (mangue-branco) e *Avicennia schaueriana* Stap. Lechman (mangue-preto).

3.2 Área de estudo

A pesquisa foi realizada em quatro áreas experimentais (Figura 8) tendo sido selecionadas: Área 1 - Cultivo agrícola ($9^{\circ}42'28,9''$ S e $35^{\circ}48'27,02''$ W), Área 2 - Degradada ($9^{\circ}42'22,39''$ S e $35^{\circ}48'17,23''$ W), Área 3 – Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) ($9^{\circ}42'04,78''$ S e $35^{\circ}48'04,16''$ W) e Área 4 - Mangue conservado ($9^{\circ}41'56,55''$ S e $35^{\circ}47'52,13''$ W). Os ambientes de estudo estão localizados no bairro Barra Nova, pertencente ao Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM).

Figura 8 - Localização das áreas experimentais (Alagoas/Marechal Deodoro/CELMM, 2021).



Fonte: IBGE (2019); IMA (2010).

Elaboração: José Ferreira dos Santos Junior, jul., 2021.

3.3 Quantificação de organismos invertebrados

3.3.1 Macrofauna edáfica e aérea

A captura dos organismos da macrofauna (edáfica e aérea) foi realizada nos meses de abril, maio e junho de 2019. Para a captura da macrofauna edáfica foram utilizadas armadilhas Provid, contendo quatro aberturas com dimensões de 2x2 cm (ARAUJO, 2010) (Figura 9A) e da macrofauna aérea foi realizada com armadilhas contendo três aberturas com dimensões de 5x5 cm com distância de 6 cm entre si, deixando aparato para o pouso dos organismos (Figura 9B) (LIMA FILHO *et al.*, 2014). Ambas armadilhas são constituídas de garrafa PET com capacidade 2 L (GIRACCA *et al.*, 2003), contendo 200 mL de solução de detergente, na concentração de 5% e 12 gotas de Formol P.A. (Formaldeído) (ARAUJO, 2010) e permanecem no campo por um período de quatro dias (96 horas) (GIRACCA *et al.*, 2003).

As armadilhas edáficas foram enterradas com as aberturas ao nível da superfície do solo (ARAUJO, 2010) e as armadilhas aéreas foram instaladas na altura de 1,50 m do solo, distando 3 m uma da outra (Figura 9C) (LIMA FILHO *et al.*, 2014).

Figura 9 - Armadilha edáfica (A) e aérea (B), e vista da armadilha aérea na altura de 1,50 m do solo (C).



Fotos: Acássia Rodrigues Calheiros, abr., 2019.

Após as armadilhas serem recolhidas do campo, o material coletado foi lavado sobre peneira com malha de 0,25 mm. Os organismos com comprimento ≥ 2 mm foram armazenados em recipientes plásticos contendo álcool etílico 70% (SWIFT *et al.*, 1979). Em seguida, foram contados e identificados com o auxílio de lupa e pinça (Figuras 10A e 10B) e chave de identificação proposta por Triplehorn e Jonnson (2011). O termo grupo foi utilizado para os organismos da mesma classe e ordem.

Figura 10 - Identificação e quantificação dos organismos (A e B) da macrofauna edáfica e aérea.



Fotos: Artur Wellington dos Santos Souza, jun., 2019.

3.4 Elaboração da matriz de presença/ausência

Para a análise da ocorrência ou não dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera nos pontos amostrais, foi elaborada uma matriz binária de (Presença = 1; Ausência = 0), para cada área de estudo.

3.5 Aplicação dos Índices ecológicos (Diversidade e Uniformidade)

Os organismos da macrofauna (edáfica e aérea) foram avaliados quantitativamente pela abundância de espécimes (número total de organismos). Para análise qualitativa foram aplicados o Índice de Diversidade de Shannon (H) e o Índice de Uniformidade de Pielou (e). A diversidade de espécies e/ou grupos está associada a uma relação entre o número de espécies/grupos (riqueza de espécies/grupos) e a distribuição do número de indivíduos entre as espécies/grupos (equabilidade) (ODUM e BARRETT, 2008; BEGON *et al.*, 2007). O Índice de Diversidade de Shannon (H) foi definido pela equação:

$$H = - \sum p_i \times \log p_i$$

em que:

$$p_i = n_i/N;$$

n_i = Densidade de cada grupo;

$N = \sum$ da densidade de todos os grupos.

O índice assume valores que variam de 0 a 5, sendo que os menores valores representam uma maior dominância de grupos em detrimento a outros (BEGON *et al.*, 2007).

O Índice de Uniformidade de Pielou (e) é complementar ao de Shannon (H), varia de 0 a 1 e reflete a distribuição dos grupos taxonômicos, cuja redução dos valores indica que para um determinado grupo, não há boa distribuição (BEGON *et al.*, 2007). O índice de Pielou (e) foi definido de acordo com a equação:

$$e = H/\log S$$

em que:

H = Índice de Diversidade de Shannon;

S = Número de espécies ou grupos.

3.6 Determinação do conteúdo de água do solo

Para determinação do conteúdo de água do solo, foram coletadas nas quatro áreas amostrais (cultivo agrícola, degradada, transição construção civil/borda de mangue e mangue), 10 amostras de solo na profundidade 0-10 cm de cada área, nos meses abril, maio e junho de 2019. As amostras foram acondicionadas em latas de alumínio (Figura 11A) com peso conhecido, identificadas e lacradas com fita isolante. Em laboratório as amostras foram pesadas (Figura 11B) e levadas à estufa retilínea, a uma temperatura de 105 °C até atingir peso constante, durante um período de 24 horas (TEDESCO *et al.*, 1995) (Figura 11C). Em seguida, foram transferidas para um dessecador até atingirem a temperatura ambiente e, novamente, foram pesadas e determinada a percentagem de água existente (Figura 11D).

O conteúdo de água do solo foi determinado de acordo com a equação:

$$CAS\% = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100$$

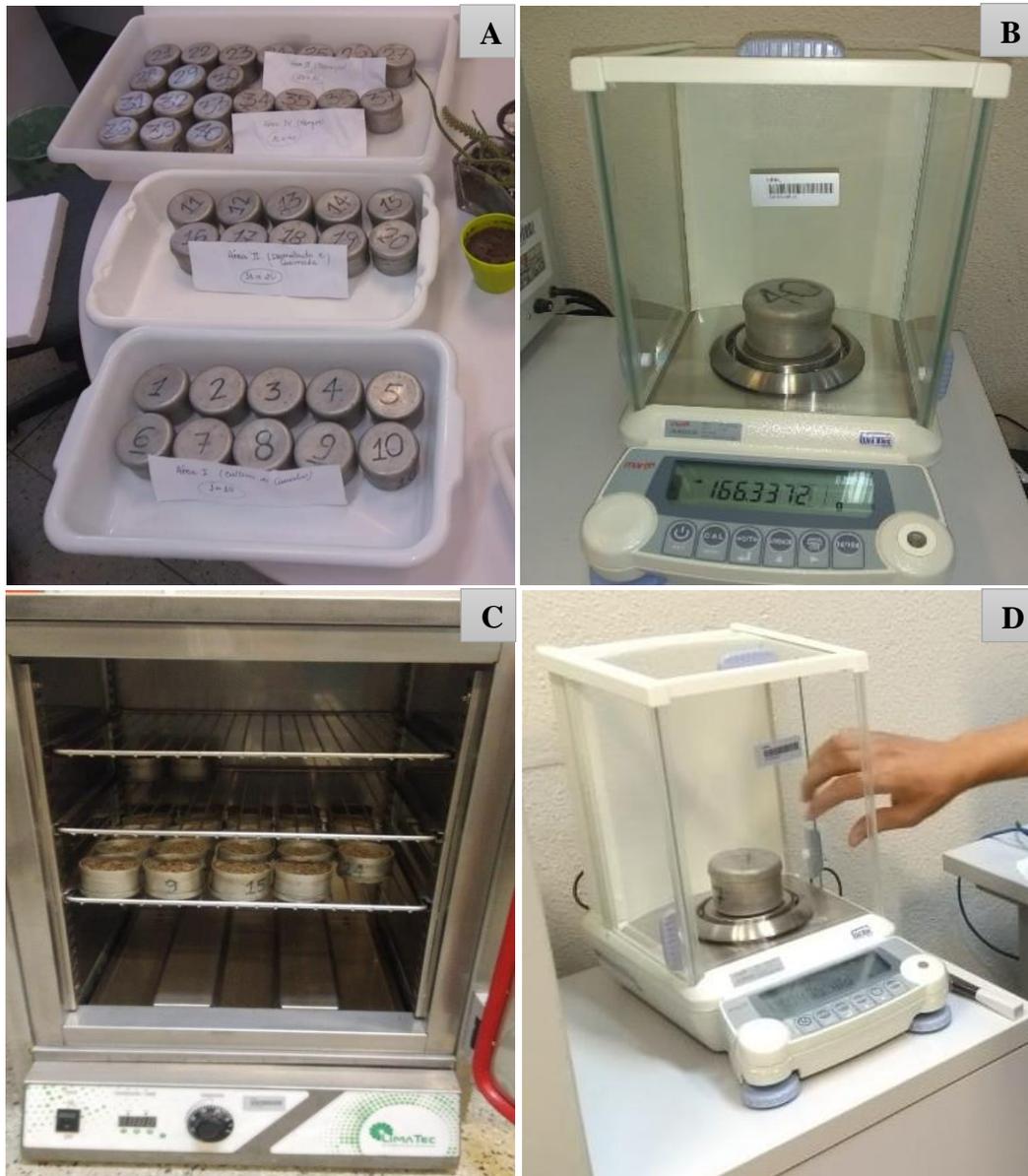
em que:

CAS = Conteúdo de água do solo (%);

P_u = Peso do solo úmido (g);

Ps = Peso do solo seco (g).

Figura 11 - Acondicionamento do solo em latas de alumínio (A), pesagem das latas contendo solo úmido (B), secagem em estufa a 105 °C durante 24 horas (C) e pesagem do solo seco após secagem em estufa (D).



Fotos: Thamirys Modesto Souza Silva, abr., 2019 (A e B); Gabrielli Silva Monteiro, maio, 2019 (C) e Flavio da Silva Teles, maio, 2019 (D).

3.7 Medição da temperatura do solo

Foram realizadas medições de temperatura do solo, por meio de termômetro digital modelo espeto, na profundidade de 0-10 cm (Figura 12). As medições foram realizadas nos dez pontos de coleta das quatro áreas amostrais, nos meses abril, maio e junho de 2019.

Figura 12 - Medição da temperatura do solo na profundidade 0-10 cm.



Foto: Acássia Rodrigues Calheiros, abr., 2019.

Também foram obtidos dados mensais de precipitação pluvial da Estação ANA obtidos na Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH/AL), referentes aos meses abril, maio e junho de 2019 (SEMARH, 2021).

3.8 Análise estatística

Todos os dados foram testados quanto a sua normalidade (Shapiro-Wilk Test) e homoscedasticidade (Fligner Test) e foi constatado que eles não apresentaram normalidade, exceto a temperatura do solo (TS). Na tentativa de normalizar os dados, foram feitas transformações usando logaritmo ("log") e raiz quadrada ("sqrt"), mas mesmo assim a normalidade não foi alcançada.

Então, para testar a hipótese 1, ao invés de submeter os dados de abundância, diversidade e equabilidade dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera (edáficos e aéreos) a uma ANOVA e teste de Tukey, que são testes paramétricos, foi feita a análise de Kruskal-Wallis e teste post-hoc de Dunn, que são testes não-paramétricos, ao nível de 5% ($\alpha = 0,05$), com a intenção de verificar se houve ou não diferença estatística desses dados nos três meses (abril, maio e junho de 2019) e nas quatro áreas (cultivo agrícola, degradada, transição construção civil/borda de mangue e mangue). No entanto, esse teste funciona como substituição da ANOVA de um fator, e como há dois fatores (área e mês), o teste foi realizado separadamente para mês e para área.

Já para testar a hipótese 2, os dados foram submetidos a estimativas de correlação de Spearman (já que os dados não apresentam normalidade), tendo como variável dependente a abundância dos grupos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica, e como variáveis independentes: precipitação pluvial, temperatura do solo e conteúdo de água do solo. As significâncias foram verificadas através do teste t de Student a 5% de probabilidade ($\alpha = 0,05$), com a finalidade de testar a relação de dependência das variáveis dependentes em relação as independentes. A interpretação dos resultados da estimativa de correlação de Spearman foi baseada nos critérios de significância e classificação propostos por Dancey e Reidy (2006), sendo: correlação: fraca ($r \leq 0,399$), moderada ($r \geq 0,400 \leq 0,700$) ou forte ($r \geq 0,701$).

Todos os testes e os gráficos de correlação foram realizados através do software RStudio, usando o R versão 4.1.0 (R CORE TEAM, 2021). Nas análises de Kruskal-Wallis e teste de Dunn foram utilizados os pacotes: dplyr (WICKHAM *et al.*, 2021) e rstatix (KASSAMBARA, 2021). Para a análise de correlação de Spearman, foram utilizados os pacotes: dplyr (WICKHAM *et al.*, 2021) e Hmisc (HARRELL JR e DUPONT, 2021). E para os gráficos de correlação foi utilizada a função corrplot (WEI e SIMKO, 2021), do pacote GGally (SCHLOERKE *et al.*, 2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Influência dos tipos de uso do solo sobre a abundância, diversidade e equabilidade dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera

4.1.1 Macrofauna do solo

Nas quatro áreas estudadas, foram coletados 3.517 indivíduos, distribuídos entre os grupos Hymenoptera e Coleoptera (Tabela 1). Foram observados 1.392 em área de Cultivo Agrícola, 986 na área Degradada, 785 na área de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e 354 na área de Mangue (Tabela 1).

Deve ser dada atenção a área de mangue, que embora com condições específicas do solo (lodoso, elevado teor salino e baixa oxigenação), apresentou resultados relevantes em relação a abundância, quando comparado com outros ecossistemas que possuem condições mais favoráveis a sobrevivência de ambos os grupos (Hymenoptera e Coleoptera), como na pesquisa realizada por Ribeiro *et al.* (2018), no município de Boa Vista, Roraima, que em área de Savana com três sistemas diferentes de uso do solo (cultivo agrícola, degradada e mata nativa), detectaram uma abundância de 424 indivíduos, com presença de Coleoptera na amostragem. É importante enfatizar que apesar de Hymenoptera ter sido o grupo mais abundante em todas as áreas estudadas, o grupo Coleoptera também é abundante na maioria dos solos do Brasil, sendo amplamente distribuídos e adaptáveis as várias regiões, incluindo os manguezais (PORTILHO *et al.*, 2011).

Tabela 1 - Número de indivíduos dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue

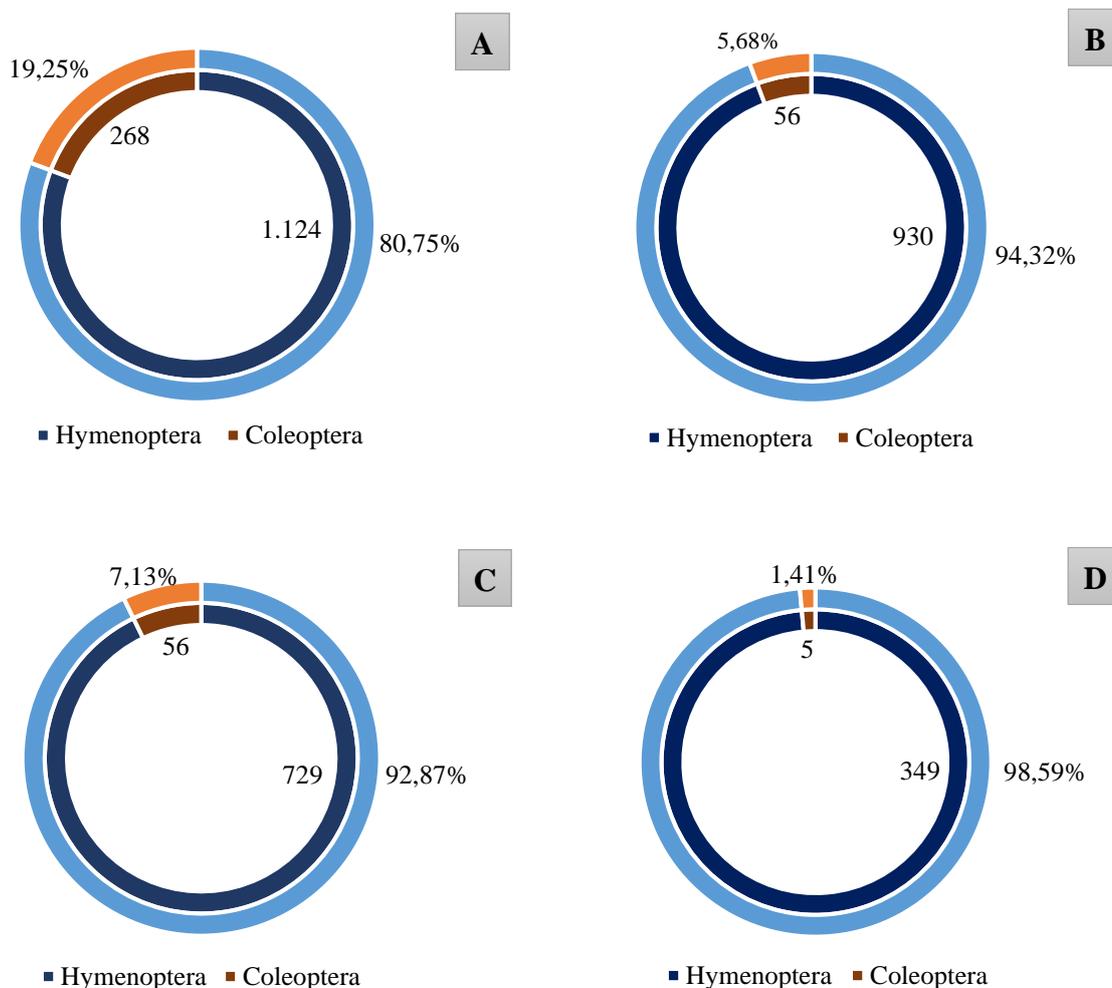
Grupos taxonômicos	Áreas			
	Cultivo Agrícola	Degradada	Transição (C. Civil/ B. Mangue)	Mangue
	NI	NI	NI	NI
Hymenoptera	1.124	930	729	349
Coleoptera	268	56	56	5
Total	1.392	986	785	354

Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

O grupo Hymenoptera apresentou alto percentual em todas os ambientes com valores superiores a 80%, conforme observado na área de Cultivo Agrícola (80,75%) (Gráfico 1A), Degradada (94,32%) (Gráfico 1B), Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (92,87%) (Gráfico 1C) e Mangue (98,59%) (Gráfico 1D), o que demonstra sua adaptabilidade a vários

tipos de ambientes. Gullan e Cranston (2017) destacam que a diversidade ou abundância numérica de certos grupos ou espécies é considerado um indicador do sucesso dos organismos, já que pode ter se adaptado as condições rígidas do ambiente. O grupo Coleoptera apresentou um percentual baixo na área de Mangue (1,41%) (Gráfico 1D) quando comparado as áreas de Cultivo Agrícola (80,75%) (Gráfico 1A), Degradada (94,32%) (Gráfico 1B) e Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (92,87%) (Gráfico 1C). Cabe destacar que os grupos faunísticos que aparecem em menor número, estão restritos a ambientes mais favoráveis e segundo Souto (2013), são de grande importância no processo de decomposição da matéria orgânica.

Gráfico 1 - Percentual (%) dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica nas áreas de Cultivo Agrícola (A), Degradada (B), Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (C) e Mangue (D)



Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

O grupo Hymenoptera foi registrado em todas as áreas e Coleoptera mostrou-se ausente somente na área de Mangue (Tabela 2). A presença deste grupo também foi observada em

outros tipos de biomas como na mata atlântica, conforme estudo realizado por Lima *et al.* (2018) no interior do Parque Municipal de Maceió, em Maceió, Alagoas, onde foi considerado o mais abundante. Este grupo, especialmente, as formigas, são animais dominantes na maioria dos ecossistemas terrestres, capazes de colonizar até mesmo ambientes que oferecem poucos recursos para o desenvolvimento da vida, como praias, dunas, áreas de minas a céu aberto, plantas epífitas, agroecossistemas e pastagens, vegetação pós-queimada e manguezal (DEJEAN *et al.*, 2003; KORASAKI *et al.*, 2013).

Tabela 2 - Matriz Presença (1) /Ausência (0) dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue

Grupos taxonômicos	Áreas			
	Cultivo Agrícola	Degradada	Transição (C. Civil/B. Mangue)	Mangue
Hymenoptera	1	1	1	1
Coleoptera	1	1	1	0

1: Presença do grupo taxonômico na amostragem e 0: Ausência do grupo taxonômico na amostragem. Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

Independente dos meses, a abundância de Hymenoptera e Coleoptera foi menor nas áreas mais úmidas e com maior influência da maré, como Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue (Tabela 3), mantendo-se com abundância superior (Hymenoptera = 1.124 indivíduos e Coleoptera = 268 indivíduos), principalmente na área de cultivo agrícola (Tabela 3).

De acordo com Maurício (2014) mesmo que o ecossistema manguezal seja responsável por abrigar numerosas espécies de formigas (Hymenoptera), esses animais dominam a copa das espécies vegetais dos manguezais, sendo preferencialmente arborícolas devido às condições dinâmicas do ambiente. Já se observou a tendência desses grupos em outro tipo de bioma, como na Caatinga, dispor de maior abundância durante o período de deficiência hídrica, conforme apontado na pesquisa de Santos *et al.* (2018) em que citam principalmente a tendência de Hymenoptera, representado pelas formigas, nos meses mais secos, mostrando-se muito resistentes às condições microclimáticas locais.

Em relação ao grupo Coleoptera, representado pelos besouros, são importantes para o sistema solo-planta, cujas atividades são destacadas por Louzada *et al.* (2011) e envolvem ataque a raízes de plantas, aeração do solo pela escavação de túneis e pelo revolvimento das camadas superficiais, ação mecânica sobre os detritos e a incorporação de matéria orgânica em decomposição às camadas mais profundas do solo. Sendo assim, as condições naturais dos

manguezais impossibilitam a realização dessas atividades, o que dificulta sua ampla abundância, principalmente na superfície do solo deste ambiente.

Tabela 3 - Abundância dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue nos meses Abril, Maio e Junho de 2019

Áreas	Hymenoptera				Coleoptera			
	Meses							
	Abril	Maio	Junho	Total	Abril	Maio	Junho	Total
Cultivo Agrícola	380	324	420	1.124	231	16	21	268
Degradada	380	271	279	930	16	23	17	56
Transição (C. Civil/B. Mangue)	325	203	201	729	21	28	7	56
Mangue	58	109	182	349	0	3	2	5
Total	1.143	907	1.082	3.132	268	70	47	385

Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

4.1.1.1 Aplicação dos Índices ecológicos (Diversidade e Uniformidade)

A maior diversidade e uniformidade foi verificada na área de Mangue ($H = 1,415$; $e = 0,495$), seguido das áreas Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) ($H = 0,73$; $e = 0,25$), Degradada ($H = 0,675$; $e = 0,23$), e Cultivo Agrícola ($H = 0,295$; $e = 0,085$) (Tabela 4).

Analisando-se os resultados dos índices ecológicos, observou-se que Hymenoptera foi a ordem dominante em todas as áreas, principalmente no Cultivo Agrícola ($H = 0,44$; $e = 0,12$) (Tabela 4). Segundo Delabie *et al.* (2016), manguezais são ambientes onde esse grupo é fortemente dependente da vegetação do entorno: se conservado, as formigas que colonizam as árvores de mangue irão pertencer à fauna nativa original; se degradado, a maioria das formigas irá ser típica de habitats perturbados ou manejados pelo homem.

Tabela 4 - Diversidade de Shannon (H') e Uniformidade de Pielou (e) dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue

Grupos taxonômicos	Áreas											
	Cultivo Agrícola			Degradada			Transição (C. Civil/B. Mangue)			Mangue		
	H	e	NI	H	e	NI	H	e	NI	H	e	NI
Hymenoptera	0,44	0,12	1.124	0,52	0,14	930	0,63	0,18	729	0,95	0,27	349
Coleoptera	0,15	0,05	268	0,83	0,32	56	0,83	0,32	56	1,88	0,72	5
Total	0,295	0,085	1.392	0,675	0,23	986	0,73	0,25	785	1,415	0,495	354

Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

O alto índice de diversidade para a área de Mangue (Tabela 4) foi atribuído as variações da maré que deixa o solo inundado e/ou encharcado de água, e que permite somente sua colonização por formigas arborícolas e outros organismos terrestres capazes de se adaptar as suas condições naturais. Já na área de Cultivo Agrícola, os baixos índices de diversidade e uniformidade sugerem que a abundância desse grupo é determinada, em parte, pelas variáveis ambientais e pelos tratos culturais que são utilizados nessa área.

Segundo Brown *et al.* (2015), a abundância e diversidade da fauna são afetadas por diversos fatores do próprio solo, como o tipo, estrutura e matéria orgânica, e do tipo de vegetação e, com isso, exsudatos radiculares, detritos vegetais e a cobertura do solo, e por fatores climáticos. Dentre as atividades humanas que podem afetar os solos está a conversão de áreas naturais em áreas agrícolas e conforme o tipo e intensidade dos impactos promovidos ao ambiente, práticas agrícolas podem ter efeitos diferenciados sobre populações da fauna do solo, aumentando, diminuindo ou não influenciando a diversidade de organismos edáficos (BARETTA *et al.*, 2011).

4.1.1.2. Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn

Os testes foram realizados visando verificar se havia diferença entre as quatro áreas estudadas em relação a abundância, diversidade e equabilidade dos grupos taxonômicos (Coleoptera e Hymenoptera) da macrofauna do solo. Assim, para o grupo taxonômico Coleoptera, o teste de Kruskal-Wallis mostrou que há diferença entre as áreas em relação a abundância ($X^2_{(3)} = 65,94$; p-value = $3,15e^{-14}$). E em relação aos meses, não houve diferença entre nenhuma dessas variáveis (abundância: $X^2_{(2)} = 2,38$; p-value = 0,3048, diversidade e equabilidade: $X^2_{(2)} = 0$; p-value = 1, para ambos).

O post-hoc de Dunn indicou que somente as áreas Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Degradada não são diferentes, em relação a abundância, diversidade e equabilidade de Coleoptera. As demais áreas se diferenciam entre si (Tabela 5). Considerando-se os meses, não há diferença em relação a abundância, diversidade e equabilidade de Coleoptera.

Para o grupo taxonômico Hymenoptera, o teste de Kruskal-Wallis indicou diferença entre as áreas e abundância de Hymenoptera ($X^2_{(3)} = 28,48$; p-value = $2,877 e^{-06}$), diversidade e equabilidade ($X^2_{(3)} = 119$; p-value < $2,2 e^{-16}$, para ambos). Para os meses, não se observou

diferença entre nenhuma das variáveis (abundância: $X^2_{(2)} = 2,54$; p-value = 0,2811, diversidade e equabilidade: $X^2_{(2)} = 0$; p-value = 1, para ambos).

O post-hoc de Dunn (Tabela 5) mostrou que a área Mangue é diferente das áreas Degradada e Cultivo Agrícola (mediana e amplitude interquartil) considerando a abundância de Hymenoptera. Em relação a diversidade e equabilidade por área, todas apresentaram diferenças entre si. Quanto aos meses, não diferem em relação a abundância, diversidade e equabilidade de Hymenoptera.

Tabela 5 - Post-hoc de Dunn para macrofauna edáfica (Coleoptera e Hymenoptera), em relação as áreas e aos meses

Coleoptera			
Grupo 1	Grupo 2	Valor de <i>p</i> ajustado e com significância	
Áreas		NIC	HC e eC
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Cultivo Agrícola	8,67e ⁻⁶ ****	2,95e ⁻⁷ ****
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Degradada	1 e ⁺⁰ ns	1 e ⁺⁰ ns
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Mangue	8,24e ⁻³ **	2,95e ⁻⁷ ****
Cultivo Agrícola	Degradada	3,56e ⁻⁶ ****	2,95e ⁻⁷ ****
Cultivo Agrícola	Mangue	6,39e ⁻¹⁵ ****	6,28e ⁻²⁷ ****
Degradada	Mangue	1,49e ⁻² *	2,95e ⁻⁷ ****
Meses			
Abril	Junho	1 ns	1 ns
Abril	Maiο	1 ns	1 ns
Junho	Maiο	0,382 ns	1 ns
Hymenoptera			
Grupo 1	Grupo 2	Valor de <i>p</i> ajustado e com significância	
Áreas		NIH	HH e eH
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Cultivo Agrícola	9,33e ⁻² ns	3,14e ⁻¹¹ ****
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Degradada	1,35e ⁻¹ ns	3,37e ⁻³ **
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Mangue	1,74e ⁻¹ ns	3,37e ⁻³ **
Cultivo Agrícola	Degradada	1 e ⁺⁰ ns	3,37e ⁻³ **
Cultivo Agrícola	Mangue	2,50e ⁻⁵ ****	2,54e ⁻²⁴ ****
Degradada	Mangue	4,80e ⁻⁵ ****	3,14e ⁻¹¹ ****
Meses			
Abril	Junho	1 ns	1 ns
Abril	Maiο	0,552 ns	1 ns
Junho	Maiο	0,461 ns	1 ns

ns: não significativo, * p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001; Valor de *p* ajustado pelo método de Bonferroni. NIC = Número de indivíduos de Coleoptera; HC = Índice de Shannon de Coleoptera; eC= Índice de Pielou de Coleoptera. Seguir a mesma descrição com Hymenoptera.

Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

É importante destacar que o grupo Hymenoptera desempenha importantes funções, como dispersão de sementes, predação, herbivoria, ciclagem de nutrientes, estruturação física e química do solo, proteção de plantas contra herbívoros, além da sua interação com diversos grupos de organismos (MELO *et al.*, 2009). Esses insetos desempenham importante papel nos

ecossistemas onde são encontrados, atuando em diversos processos biológicos fundamentais para o funcionamento desses ecossistemas, incluindo decomposição de matéria orgânica, manutenção da estrutura do solo, transferência de pólen entre plantas, dispersão de sementes, dentre outros (MAGALHÃES *et al.*, 2015).

4.1.2 Macrofauna aérea

Considerando os grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna aérea, registrou-se uma abundância total de 512 indivíduos nas quatro áreas estudadas (Tabela 6). A maior concentração de indivíduos foi verificada na área de Transição (Construção Civil/Borda de mangue) (184), seguida da área de Mangue (126), Degradada (114) e Cultivo Agrícola (88) (Tabela 6).

Tabela 6 - Número de indivíduos dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna aérea nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue

Grupos taxonômicos	Áreas			
	Cultivo Agrícola	Degradada	Transição (C. Civil/ B. Mangue)	Mangue
	NI	NI	NI	NI
Hymenoptera	72	85	132	67
Coleoptera	16	29	52	59
Total	88	114	184	126

Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

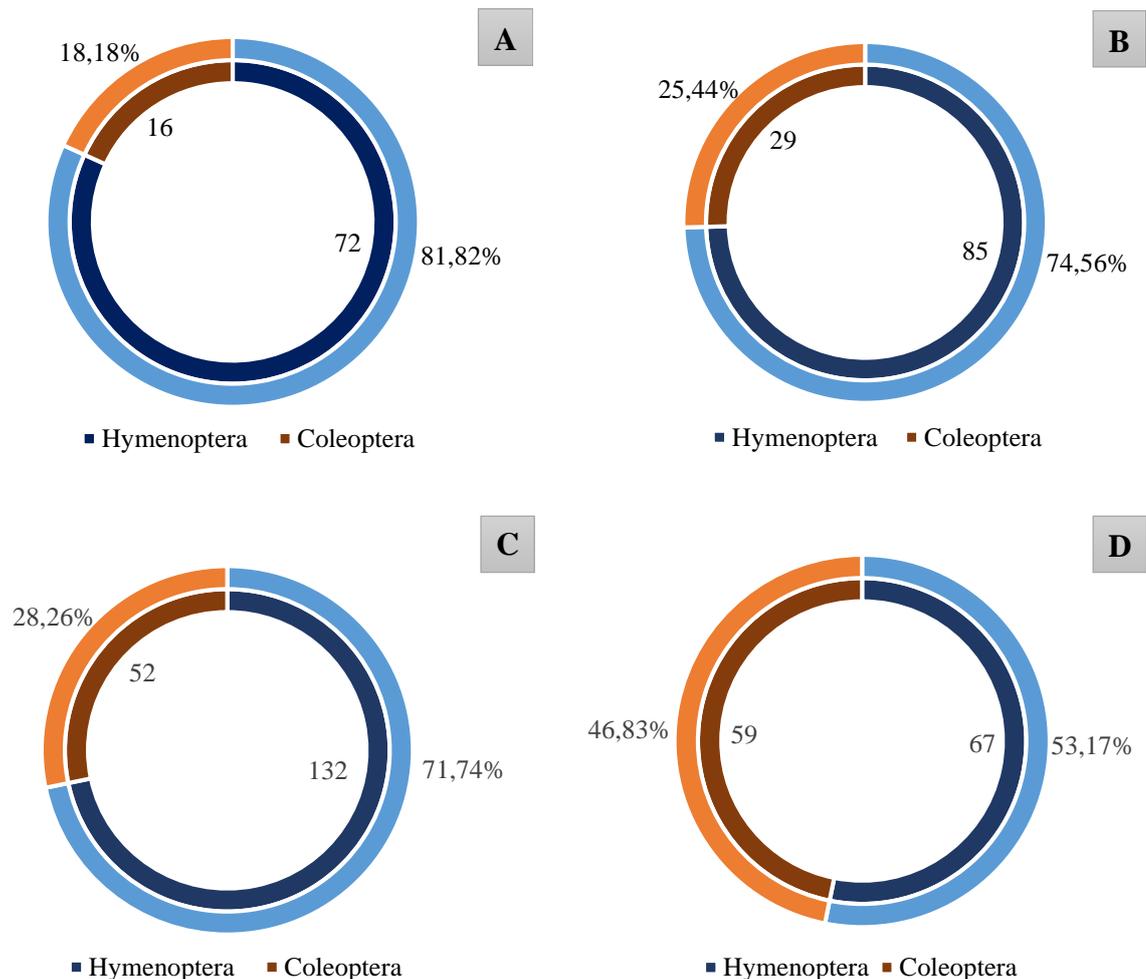
Cabe destacar que a área de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) é uma área de transição com características ambientais parecidas com a do manguezal, com presença de vegetação de mangue e temperaturas mais amenas, o que favorece a abundância de Hymenoptera e Coleoptera apesar das perturbações ambientais causadas pela construção do Condomínio Laguna. De acordo com Duarte e Bueno (2006), os ecossistemas quando submetidos a perturbação pela ação antrópica, ainda pode manter a possibilidade de se regenerar em condições naturais ou se estabilizar em outras condições estáveis.

Na área de Mangue, mesmo com a vegetação mais densa, a umidade excessiva é um fator limitante a presença dos organismos, e embora nessas condições, a abundância também se mostrou elevada para ambos os grupos taxonômicos, sendo maior para Hymenoptera (Tabela 6). De acordo com Costa Junior (2017), este grupo está presente em todos os ecossistemas e respondem rapidamente às perturbações nos recursos de seu habitat e micro-habitat, bem como às alterações da paisagem e às mudanças na estrutura e função dos ecossistemas, são bons

indicadores ambientais, e suas populações podem auxiliar na detecção de impactos antrópicos e programas de monitoramento.

Analisando-se o percentual de Hymenoptera nas quatro áreas observou-se valores superiores a 50%, com maior percentual na área de Cultivo Agrícola (81,82%) (Gráfico 2A), Degradada (74,56%) (Gráfico 2B), Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (71,74%) (Gráfico 2C) e Mangue (53,17%) (Gráfico 2D). Em relação ao grupo Coleoptera, o percentual foi mais reduzido mostrando-se inferior a 50%, sendo maior no Mangue (46,83%), seguido da área de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (28,26%), Degradada (25,44%) e Cultivo Agrícola (18,18%) (Gráficos 2A a 2D). Cabe enfatizar que o menor percentual de Coleoptera nesta última área sugere que práticas agrícolas associadas a perda de vegetação, causam mudanças significativas no comportamento desses indivíduos.

Gráfico 2 - Percentual (%) dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna aérea nas áreas de Cultivo Agrícola (A), Degradada (B), Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (C) e Mangue (D).



Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

Pela matriz presença/ausência é possível observar a ocorrência dos dois grupos taxonômicos em todas as áreas estudadas (Tabela 7). De acordo com Zardo *et al.* (2010), a ordem Hymenoptera é predominante na maioria dos ecossistemas terrestres e sua abundância está diretamente relacionada a quantidade de alimento disponível e sítios de nidificação. Já a ordem Coleoptera, segundo Lima *et al.* (2013), abrange diversas espécies distribuídas em diferentes ecossistemas terrestres e apresentam comportamentos variados podendo ser pragas, inimigos naturais, decompositores de matéria orgânica e polinizadores.

Tabela 7 - Matriz Presença (1) /Ausência (0) dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna aérea nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue

Grupos taxonômicos	Áreas			
	Cultivo Agrícola	Degradada	Transição (C. Civil/B. Mangue)	Mangue
Hymenoptera	1	1	1	1
Coleoptera	1	1	1	1

1: Presença do grupo taxonômico na amostragem e 0: Ausência do grupo taxonômico na amostragem.
Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

Independente dos meses, nas áreas mais úmidas e com ocorrência de vegetação como Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue, registrou-se maior abundância de Hymenoptera e Coleoptera, sendo que a abundância de Hymenoptera foi mais elevada na área de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (132 ind.), seguido da área Degradada (85 ind.) e a de Coleoptera na área de Mangue (59 ind.) e Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (52 ind.) (Tabela 8).

Tabela 8 - Abundância de indivíduos dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna aérea nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue nos meses Abril, Maio e Junho de 2019

Áreas	Hymenoptera				Coleoptera			
	Meses							
	Abril	Maio	Junho	Total	Abril	Maio	Junho	Total
Cultivo Agrícola	6	29	37	72	9	4	3	16
Desmatada	24	23	38	85	19	8	2	29
Transição (C. Civil/B. Mangue)	75	32	25	132	21	17	14	52
Mangue	20	38	9	67	14	18	27	59
Total	125	122	109	356	63	47	46	156

Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

Segundo Nazaro *et al.* (2010), a composição da fauna é diretamente influenciada pelas diferentes estruturas da vegetação. A ação humana por meio da intensa mecanização da agricultura ou o uso de técnicas de colheitas, prejudicam os métodos naturais de dispersão, o

controle biológico natural das comunidades de insetos e modificam os níveis de decomposição e fertilidade do solo, atuando negativamente sobre a diversidade local (OLIVEIRA, 2012).

Muitos destes grupos de insetos, incluindo Hymenoptera e Coleoptera, são considerados maléficos por causarem prejuízos ao homem e animais, sejam através dos danos às plantações, ou através da transmissão de doenças. Porém, são responsáveis por processos naturais como a propagação das plantas através da polinização e da dispersão de sementes, promovendo o fluxo gênico ao manter a base genética das plantas (FREIRE *et al.*, 2020).

4.1.2.1 Índices ecológicos (Diversidade e Uniformidade)

A maior diversidade e uniformidade foi verificada na área de Cultivo Agrícola ($H = 0,835$; $e = 0,355$), seguido das áreas Degradada ($H = 0,675$; $e = 0,285$), Mangue ($H = 0,57$; $e = 0,235$) e Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) ($H = 0,45$; $e = 0,185$) (Tabela 9).

Tabela 9 - Diversidade de Shannon (H') e Uniformidade de Pielou (e) dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna aérea

Grupos taxonômicos	Áreas											
	Cultivo Agrícola			Degradada			Transição (C. Civil/B. Mangue)			Mangue		
	H	e	NI	H	e	NI	H	e	NI	H	e	NI
Hymenoptera	0,69	0,27	72	0,62	0,24	85	0,43	0,16	132	0,72	0,28	67
Coleoptera	0,98	0,44	16	0,73	0,33	29	0,47	0,21	52	0,42	0,19	59
Total	0,835	0,355	88	0,675	0,285	114	0,45	0,185	184	0,57	0,235	126

Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

O alto índice de diversidade na área de Cultivo Agrícola sugere que a transformação do ambiente natural em área cultivada, altera suas funções ambientais naturais, modificando hábitos alimentares, reprodutivos e a forma de vida dos organismos presentes nessa área. De acordo com Morais *et al.* (2013), ambientes naturais fornecem muitos serviços ecológicos importantes, como controle de doenças, controle de pragas e manutenção do clima, e as diferentes formas de uso da terra acarretam mudanças a esses organismos.

Em pesquisa desenvolvida por Lima *et al.* (2015) em três sistemas agroflorestais com diferentes idades (agricultura de corte e queima e floresta nativa), comprovaram que os sistemas agroflorestais apresentam maior riqueza de espécies. De acordo com Correia (2002), isto acontece porque são estruturalmente mais diversos.

O grupo mais dominante foi Coleoptera registrado na área de Mangue e confirmado pelos índices ecológicos de diversidade e uniformidade ($H = 0,42$; $e = 0,19$), seguido de

Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) ($H = 047$; $e = 0,21$) (Tabela 9). Cabendo destacar que a menor dominância desse grupo foi verificada na área de Cultivo Agrícola, podendo estar associado a ausência de recursos florísticos, resíduos vegetais e animais, fatores que estão muito relacionados à presença marcante desse grupo, que possui espécies com variados hábitos alimentares (FAVERO *et al.*, 2011). Além disso, a intervenção antrópica nessa área pode trazer perdas para a diversidade de famílias de coleópteros (POMPEO *et al.*, 2016).

4.1.2.2 Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn

Analisando-se o grupo Coleoptera da macrofauna aérea, o teste de Kruskal-Wallis indicou diferença entre as áreas em relação a abundância ($X^2_{(3)} = 16,89$; p-value = 0,0007457), diversidade e equabilidade ($X^2_{(3)} = 119$; p-value < $2,2 e^{-16}$ para ambos). Para os meses não foi constatado diferença entre as variáveis (abundância: $X^2_{(2)} = 2,50$; p-value = 0,2856, diversidade e equabilidade: $X^2_{(2)} = 0$; p-value = 1, para ambos).

Pelo post-hoc de Dunn (Tabela 10) observou-se que a área Cultivo Agrícola é diferente das áreas Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue (mediana e amplitude interquartil), quando se considerou a abundância de Hymenoptera. Em relação a diversidade e equabilidade por área, todas apresentaram-se diferentes entre si. Quando se avaliou os meses, o post-hoc de Dunn mostrou que estes não diferem em relação a abundância, diversidade e equabilidade de Coleoptera.

Para Hymenoptera, o teste de Kruskal-Wallis apontou diferença entre as áreas, em relação a abundância ($X^2_{(3)} = 9,51$; p-value = 0,02323), diversidade e equabilidade ($X^2_{(3)} = 119$; p-value < $2,2 e^{-16}$, para ambos). E para os meses, não houve diferença entre as variáveis (abundância: $X^2_{(2)} = 0,25$; p-value = 0,8845, diversidade e equabilidade: $X^2_{(2)} = 0$; p-value = 1, para ambos).

Pela análise do post-hoc de Dunn observou-se diferença somente entre as áreas Mangue e Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) para abundância de Hymenoptera (Tabela 10). Em relação a diversidade e equabilidade por área, todas se diferenciaram entre si. E considerando os meses, o post-hoc de Dunn comprovou não haver diferença em relação a abundância, diversidade e equabilidade de Hymenoptera.

Tabela 10 - Post-hoc de Dunn para macrofauna aérea (Coleoptera e Hymenoptera), em relação as áreas e aos meses

Coleoptera			
Grupo 1	Grupo 2	Valor de <i>p</i> ajustado e com significância	
Áreas		NICA	HCA e <i>e</i> CA
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Cultivo Agrícola	0,0146 *	3,14e ⁻¹¹ ****
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Degradada	0,369 ns	3,37e ⁻³ **
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Mangue	1 ns	3,37e ⁻³ **
Cultivo Agrícola	Degradada	1 ns	3,37e ⁻³ **
Cultivo Agrícola	Mangue	0,00165**	2,54e ⁻²⁴ ****
Degradada	Mangue	0,0794 ns	3,14e ⁻¹¹ ****
Meses			
Abril	Junho	0,342 ns	1 ns
Abril	Maio	1 ns	1 ns
Junho	Maio	1 ns	1 ns
Hymenoptera			
Grupo 1	Grupo 2	Valor de <i>p</i> ajustado e com significância	
Áreas		NIHA	HHA e <i>e</i> HA
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Cultivo Agrícola	0,274 ns	3,14e ⁻¹¹ ****
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Degradada	0,959 ns	3,37e ⁻³ **
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Mangue	0,0155 *	2,54e ⁻²⁴ ****
Cultivo Agrícola	Degradada	1 ns	3,37e ⁻³ **
Cultivo Agrícola	Mangue	1 ns	3,37e ⁻³ **
Degradada	Mangue	0,647 ns	3,14e ⁻¹¹ ****
Meses			
Abril	Junho	1 ns	1 ns
Abril	Maio	1 ns	1 ns
Junho	Maio	1 ns	1 ns

ns: não significativo, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$; Valor de *p* ajustado pelo método de Bonferroni. NICA = Número de indivíduos de Coleoptera Aérea; HCA = Índice de Shannon de Coleoptera Aérea; *e*CA = Índice de Pielou de Coleoptera Aérea. Seguir a mesma descrição com Hymenoptera.

Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

4.2 Fatores edafoclimáticos que influenciam na abundância de Hymenoptera e Coleoptera nos diferentes sistemas de uso do solo (Cultivo Agrícola, Degradada, Transição Construção Civil/Borda de Mangue e Mangue)

Diante do que destacam Manhaes e Francelino (2012) ao afirmarem que os organismos edáficos são influenciados por fatores como textura, porosidade, e também pela temperatura, umidade, precipitação pluvial, dentre outros. Assim, os valores obtidos para as variáveis edafoclimáticas precipitação pluvial (mm), conteúdo de água do solo (CAS %) e temperatura do solo (TS °C) das áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue no decorrer dos meses de coleta (Abril, Maio e Junho de 2019) estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Precipitação pluvial, Conteúdo de água do solo (CAS %) e Temperatura do solo (TS °C) nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue, nos meses Abril, Maio e Junho de 2019

Áreas	Meses								
	Abril			Maio			Junho		
	P (mm)	CAS (%)	TS (°C)	PP (mm)	CAS (%)	TS (°C)	PP (mm)	CAS (%)	TS (°C)
Cultivo Agrícola		15,36	28,66		16,90	27,53		21,11	26,58
Desmatada		13,23	28,82		7,35	27,94		10,46	26,33
Transição (C. Civil/B. Mangue)		34,45	28,54		22,88	28,34		15,25	26,69
Mangue		60,81	28,15		22,03	26,89		34,36	25,52
Total	151,6	123,85	114,17	176,4	69,16	110,7	338,5	81,18	105,12

Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

Os testes estatísticos foram realizados visando verificar se havia diferença entre os meses que ocorreram as amostragens e, se havia diferença entre as variáveis edafoclimáticas em relação as áreas e os meses. Desse modo, analisando-se os valores de conteúdo de água do solo, temperatura do solo e precipitação pluvial, houve diferença estatística entre as áreas e entre os meses, exceto para precipitação pluvial em relação as áreas (Tabela 12).

Tabela 12 - Resultado dos testes de Kruskal-Wallis para as variáveis edafoclimáticas

Variáveis	X ² (Qui-quadrado)		Graus de liberdade		p-value	
	Área	Mês	Área	Mês	Área	Mês
CAS	54,53	5,95	3	2	8,642e ⁻¹² ****	0,05116 *
TS	11,02	74,95	3	2	0,0116 **	< 2,2 e ⁻¹⁶ ****
PP	0	119	3	2	1 ns	< 2,2e ⁻¹⁶ ****

ns: não significativo, * p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001

Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

O post-hoc de Dunn indicou que o conteúdo de água do solo, não apresentou diferença estatística, somente nas áreas de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Cultivo Agrícola (Tabela 13) e somente Abril e Maio são significativamente diferentes. Quanto a temperatura do solo, apenas as áreas Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue são diferentes. Além disso, todos os meses se diferenciaram entre si. Em nenhuma das áreas a precipitação pluvial foi diferente e considerando os meses, todos apresentam diferença significativa entre si.

Tabela 13 - Post-hoc de Dunn para as variáveis edafoclimáticas, em relação as áreas e aos meses

Grupo 1	Grupo 2	Valor de <i>p</i> ajustado e com significância		
Áreas		CAS	TS	PP
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Cultivo Agrícola	1 e ⁺ 0 ns	1 ns	1 ns
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Degradada	8,90e ⁻⁵ ****	1 ns	1 ns
Transição (C. Civil/B. Mangue)	Mangue	1,56e ⁻² *	0,0168 *	1 ns
Cultivo Agrícola	Degradada	1,09e ⁻³ **	1 ns	1 ns
Cultivo Agrícola	Mangue	1,91e ⁻³ **	0,110 ns	1 ns
Degradada	Mangue	1,25e ⁻¹² ****	0,0505 ns	1 ns
Meses				
Abril	Junho	0,774 ns	2,40e-17 ****	3,14e ⁻²⁷ ****
Abril	Maio	0,0445 *	1,77e-3 **	1,47e ⁻⁷ ****
Junho	Maio	0,576 ns	7,28e-7 ****	1,47e ⁻⁷ ****

ns: não significativo, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$; Valor de *p* ajustado pelo método de Bonferroni. Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

Diante dos resultados obtidos, é possível inferir que a Hipótese 1 foi refutada quando se afirma que a área Degradada apresenta menor abundância, diversidade e equabilidade dos organismos da macrofauna edáfica e aérea, pois, esta apresenta menor abundância apenas em relação a Hymenoptera da macrofauna edáfica. Em relação as demais áreas, observou-se que no Mangue houve redução de Coleoptera (macrofauna edáfica) e as áreas de Cultivo Agrícola e Transição (Construção Civil/Borda de Mangue), tiveram diminuição de Coleoptera (macrofauna aérea).

Também não se observou um padrão em relação a área que apresentou maior abundância desses organismos, sendo que a área de Cultivo Agrícola deteve maior abundância de Coleoptera e Hymenoptera da macrofauna edáfica, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) teve destaque para Hymenoptera (macrofauna aérea), na Degradada se sobressaiu Hymenoptera (macrofauna edáfica), e no Mangue evidenciou-se Coleoptera da macrofauna aérea, com valores próximos do encontrado na Transição (Construção Civil/Borda de Mangue).

Ainda considerando a hipótese 1, das quatro áreas estudadas, a Degradada apresentou diferença em relação a abundância, diversidade e equabilidade de Coleoptera da macrofauna com as áreas de Cultivo Agrícola e de Mangue. Na área de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue), apenas a abundância não foi diferente. A Degradada não se diferenciou das demais áreas em relação a abundância de Coleoptera (macrofauna aérea), porém, apresentou diferença para diversidade e equabilidade. Cabe destacar ainda que a área Degradada se diferenciou somente do ambiente de Mangue em relação a abundância de Hymenoptera mas para diversidade e equabilidade se diferiu das demais áreas.

O ambiente de Mangue se diferenciou das demais áreas em relação a diversidade e equabilidade. A abundância foi diferente para as demais áreas quando se considerou Coleoptera (macrofauna edáfica) e no Cultivo Agrícola em relação a Coleoptera (macrofauna aérea). Considerando-se a abundância de Hymenoptera (macrofauna edáfica), a área de Mangue é diferente das áreas de Cultivo Agrícola e Degradada. E para abundância de Hymenoptera (macrofauna aérea), Mangue é diferente da área de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue).

4.2.1 Estimativas de correlação de Spearman

Os resultados das estimativas de correlação de Spearman (relação das variáveis edafoclimáticas com abundância de Coleoptera e Hymenoptera da macrofauna edáfica) constam nas figuras 13, 14, 15 e 16. Foi possível observar que na área de Cultivo Agrícola, somente a abundância (número de indivíduos) de Coleoptera teve correlação significativa ($p < 0,05$) com temperatura do solo (positiva) e precipitação pluvial (negativa). Quando a correlação é positiva, as duas variáveis se elevam proporcionalmente, ou seja, quanto mais elevada a temperatura, maior a abundância de Coleoptera. Já quando a correlação é negativa, as variáveis se apresentam inversamente proporcionais. Neste caso, quanto menor a precipitação pluvial, maior o número de indivíduos de Coleoptera. De acordo com a classificação de Dancey e Reidy (2006), ambas correlações são moderadas (Figuras 13A e 13B).

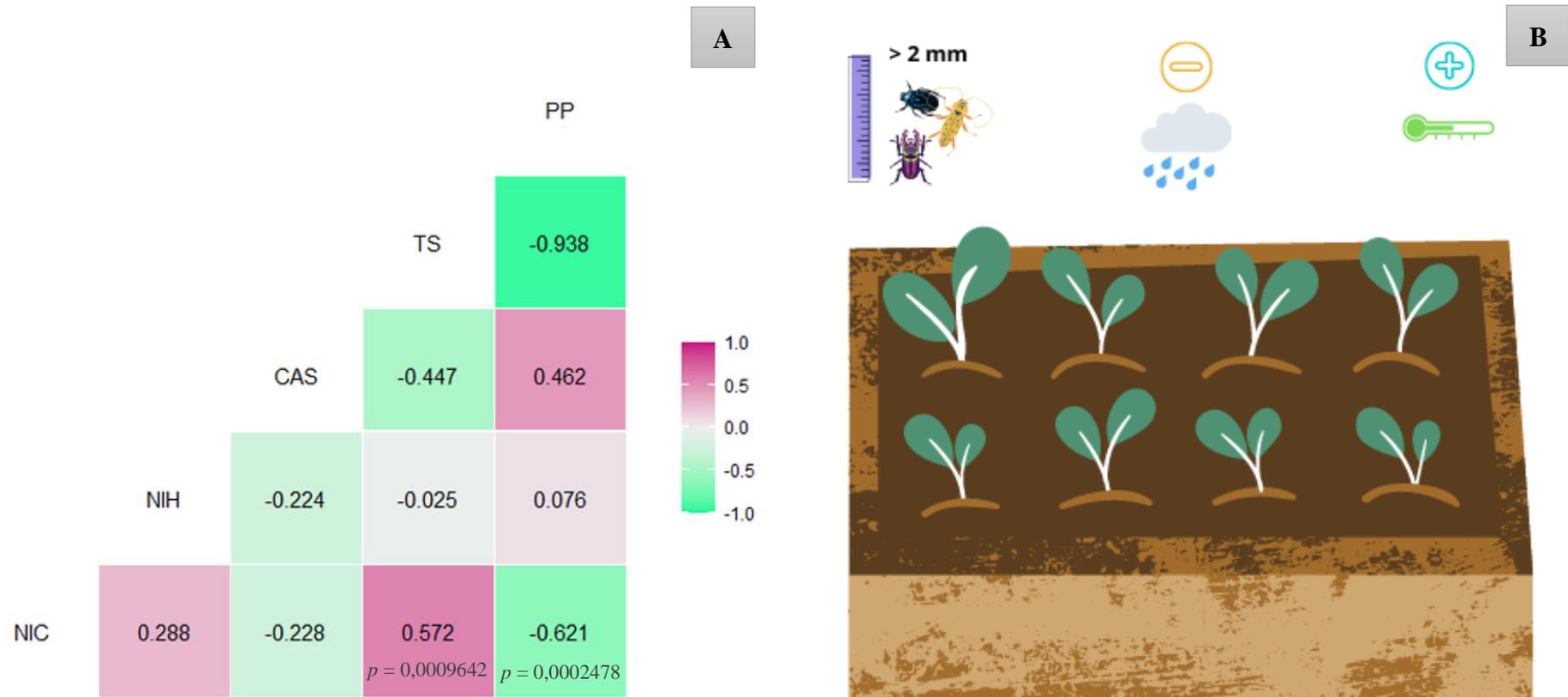
Na área Degradada, nenhuma das variáveis dependentes (abundância de Coleoptera e Hymenoptera) apresentou relação significativa com as variáveis independentes (Conteúdo de Água do Solo-CAS, Temperatura do Solo-TS e Precipitação pluvial-PP) (Figuras 14A e 14B). Fato também verificado na área de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (Figuras 15A e 15B).

Na área de Mangue, houve correlação significativa entre abundância de Hymenoptera com Conteúdo de Água do Solo-CAS (negativa e fraca), Temperatura do Solo-TS (negativa e fraca) e Precipitação pluvial-PP (positiva e moderada). Os resultados indicam que quanto menor a umidade e a temperatura do solo, e quanto mais elevada a precipitação, maior a quantidade de indivíduos de Hymenoptera (Figuras 16A e 16B).

É possível inferir que a Hipótese 2 foi refutada, pois pelas estimativas de correlação não se verificou relação das variáveis edafoclimáticas (CAS, TS e PP) com os indivíduos de

Coleoptera e Hymenoptera no que diz respeito as áreas Degradada e Transição (Construção Civil/Borda de Mangue). Além disso, na área de Cultivo Agrícola, a relação existente é apenas entre indivíduos de Coleoptera com temperatura do solo mais elevada e precipitação pluvial mais baixa, sem apresentar relação com a umidade do solo. Na área de Mangue, a relação existente ocorre entre indivíduos de Hymenoptera com menor conteúdo de água do solo, temperatura do solo mais baixas e nível de precipitação pluvial mais elevada.

Figura 13 - Estimativas de correlação de Spearman (A) e relação das variáveis edafoclimáticas com a abundância de indivíduos de Coleoptera e Hymenoptera da macrofauna edáfica na área de Cultivo Agrícola (B).



Correlação: Fraca $\rightarrow r \leq 0,399$; moderada $\rightarrow r \geq 0,400 \leq 0,700$ e forte $\rightarrow r \geq 0,701$ (DANCEY e REIDY, 2006).

PP: Precipitação Pluvial; TS: Temperatura do Solo; CAS: Conteúdo de água do Solo; NIH: Número de indivíduos de Hymenoptera; NIC: Número de indivíduos de Coleoptera;

Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

Figura 14 - Estimativas de correlação de Spearman (A) e relação das variáveis edafoclimáticas com a abundância de indivíduos de Coleoptera e Hymenoptera da macrofauna edáfica na área Degradada (B).

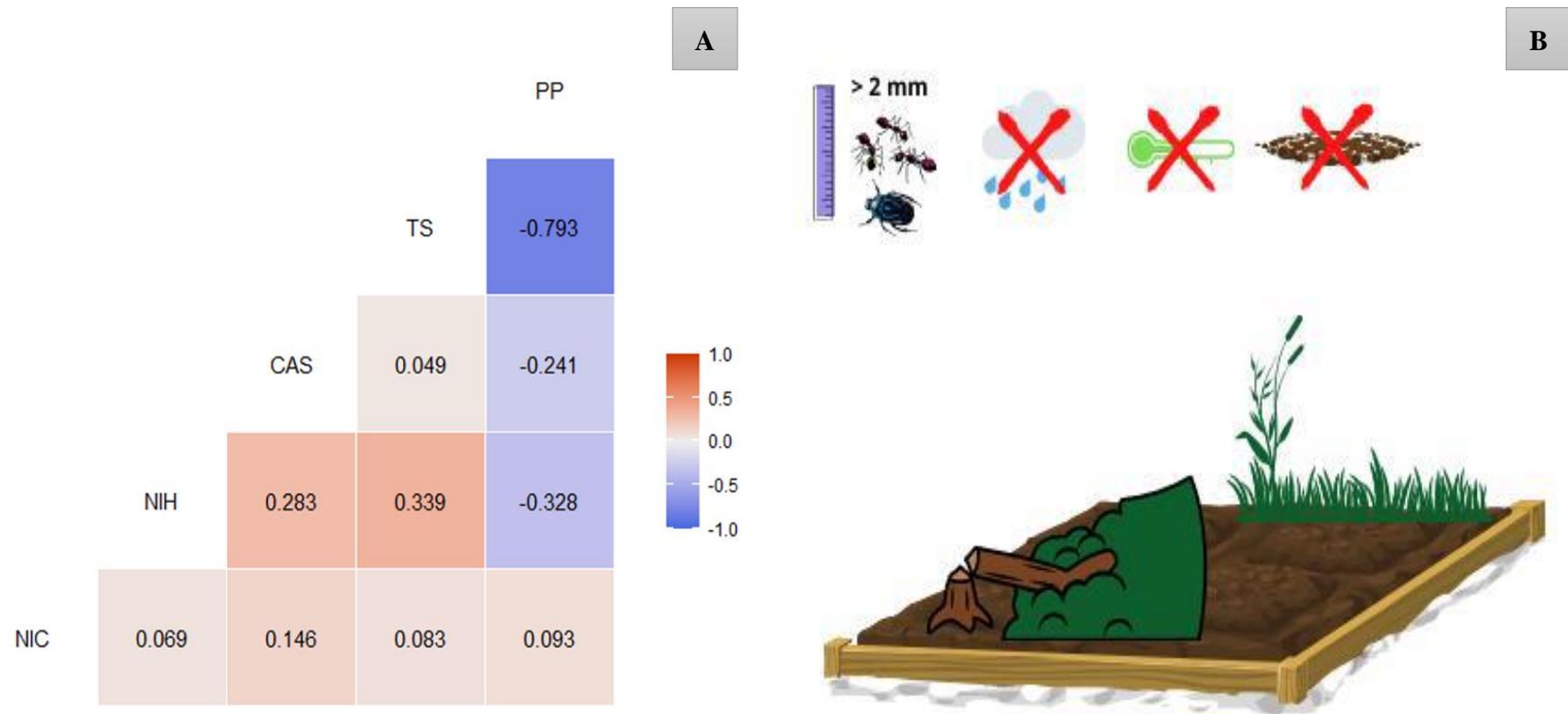
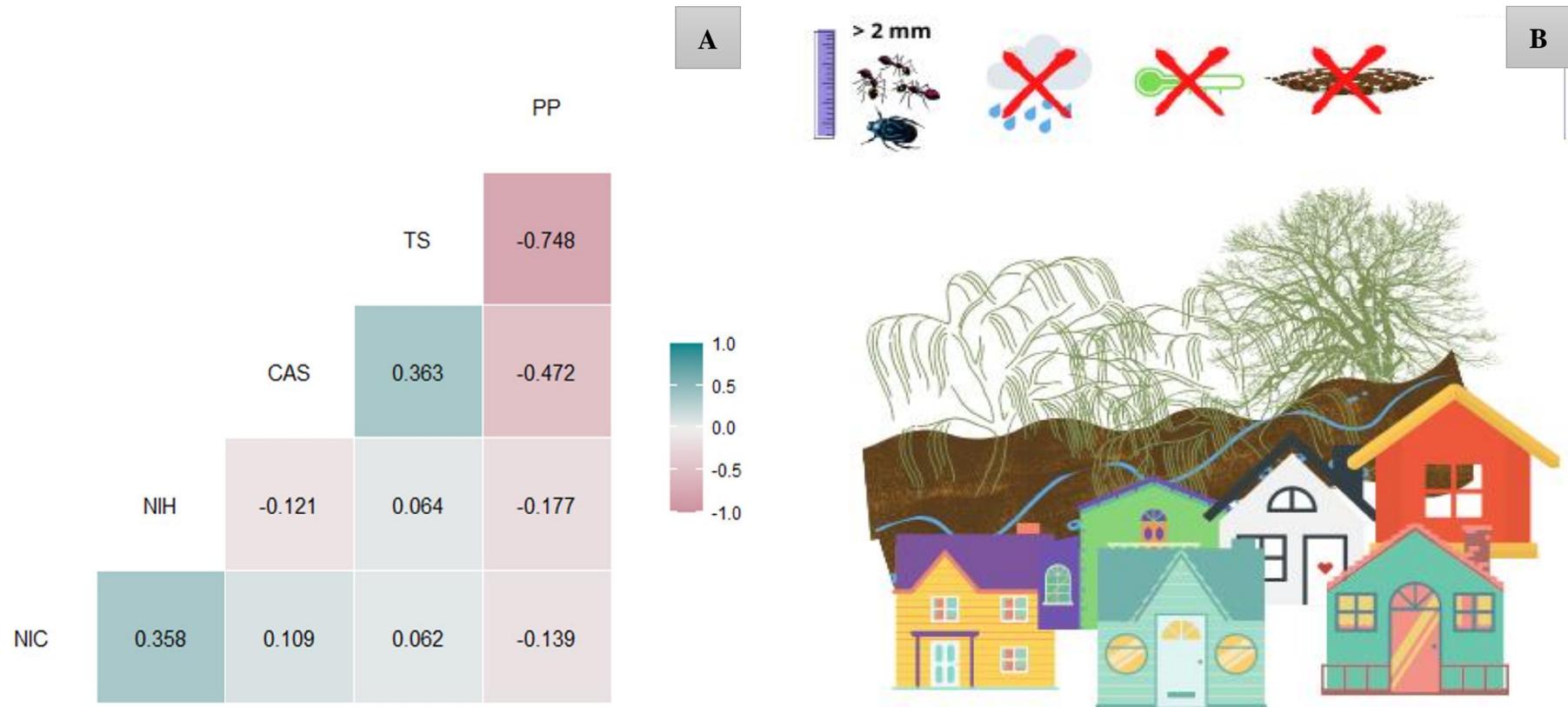


Figura 15 - Estimativas de correlação de Spearman (A) e relação das variáveis edafoclimáticas com a abundância de indivíduos de Coleoptera e Hymenoptera da macrofauna edáfica na área de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (B).

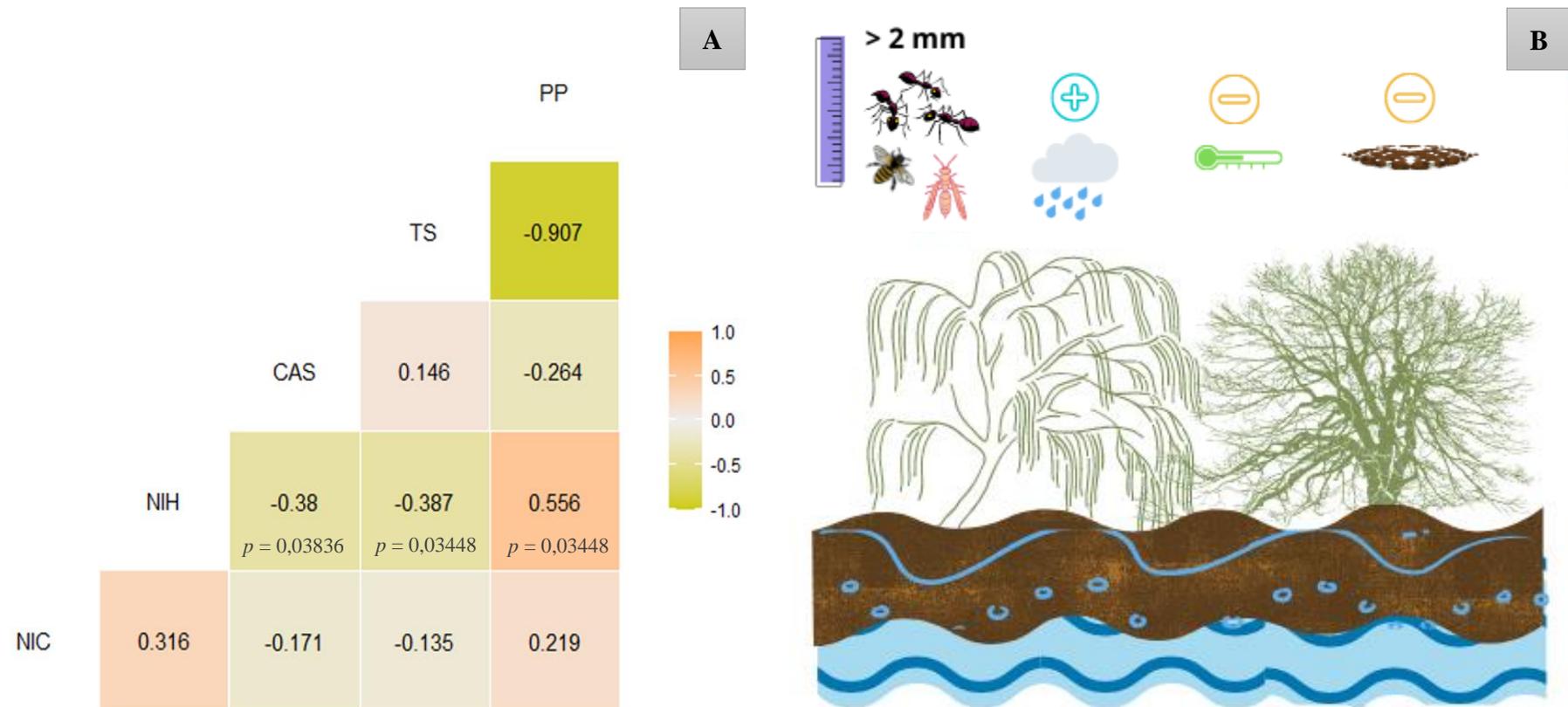


Correlação: Fraca $\rightarrow r \leq 0,399$; moderada $\rightarrow r \geq 0,400 \leq 0,700$ e forte $\rightarrow r \geq 0,701$ (DANCEY e REIDY, 2006).

PP: Precipitação Pluvial; TS: Temperatura do Solo; CAS: Conteúdo de água do Solo; NIH: Número de indivíduos de Hymenoptera; NIC: Número de indivíduos de Coleoptera;

Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

Figura 16 - Estimativas de correlação de Spearman (A) e relação das variáveis edafoclimáticas com a abundância de indivíduos de Coleoptera e Hymenoptera da macrofauna edáfica na área de Mangue (B).



Correlação: Fraca $\rightarrow r \leq 0,399$; moderada $\rightarrow r \geq 0,400 \leq 0,700$ e forte $\rightarrow r \geq 0,701$ (DANCEY e REIDY, 2006).

PP: Precipitação Pluvial; TS: Temperatura do Solo; CAS: Conteúdo de água do Solo; NIH: Número de indivíduos de Hymenoptera; NIC: Número de indivíduos de Coleoptera;

Elaboração: Gabrielli Silva Monteiro, set., 2021.

É importante mencionar que embora no período de amostragem (Abril, Maio e Junho de 2019) não tenha sido verificada relação das variáveis edafoclimáticas com abundância dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna edáfica no ecossistema Mangue, outros trabalhos apontam a influência desses fatores edafoclimáticos na abundância, diversidade e equabilidade desses organismos, no bioma Caatinga, conforme apontado nos estudos de Araujo (2010), Silva (2017), Santos *et al.* (2018), na Mata Atlântica indicados nas pesquisas de Kubiak *et al.* (2021), Machado *et al.* (2015), Ludwing *et al.* (2012), no Cerrado destacados nos estudos de Merlim (2005), Lima *et al.* (2010), Lima *et al.* (2020), no bioma Pampa por Kretschmer (2016) e no bioma Amazônico por Rousseau *et al.* (2014). O que sugere a continuidade dessa pesquisa considerando um maior tempo de amostragem.

Já em relação a macrofauna aérea os fatores edafoclimáticos influenciaram de formas distintas a abundância, diversidade e equabilidade dos organismos dos grupos Hymenoptera e Coleoptera, fato também observado nas pesquisas de Lima-Filho *et al.* (2014) e Freire *et al.* (2020).

5 CONCLUSÕES

- O grupo taxonômico Hymenoptera da macrofauna edáfica e aérea é o mais dominante, registrado em todas as áreas amostrais;
- A macrofauna aérea é mais abundante nas áreas com vegetação de mangue como Construção Civil/Borda de Mangue e Mangue e a macrofauna edáfica se concentra na área de Cultivo Agrícola;
- As áreas que apresentam maior diversidade e uniformidade são Mangue e Construção Civil/Borda de Mangue para a macrofauna edáfica, coincidindo também com as áreas que apresentam maior abundância para a macrofauna aérea;
- O período da amostragem (Abril, Maio e Junho de 2019) é suficiente para indicar que os fatores edafoclimáticos influenciam de formas distintas a abundância, diversidade e uniformidade dos organismos dos grupos Hymenoptera e Coleoptera da macrofauna aérea e é insuficiente para apontar influência sobre a macrofauna edáfica.
- Recomenda-se a continuidade das amostragens nessas áreas considerando o período chuvoso e de estiagem, uma vez que a pesquisa foi interrompida em decorrência da recomendação da OMS, para a adoção de medidas de distanciamento físico em decorrência do avanço da Pandemia do Covid-19 no Brasil e especificamente no estado de Alagoas.

REFERÊNCIAS

AGOSTI, D.; ALONSO, L.E. The All protocol: a standard protocol for collection of ground-dwelling ants. *In*: AGOSTI, D. *et al.* (eds). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. 1. ed. Washington: Institution Smithsonian Press, 2000. p. 204-206.

AGROMAR. **Ostras Gigas**. Disponível em: <https://www.ostrasagromar.com.br/ostras>. Acesso em: 18 out. 2021, 01:44:30.

ALMEIDA, S. S. P.; LOUZADA, J. N. C. Estrutura da comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em fitofisionomias do Cerrado e sua importância para a conservação. **Neotropical Entomology**, Salvador, v. 38, n. 1, p. 32-43, jan./fev. 2009.

ALMEIDA, R.; COELHO-JUNIOR, C.; CORTES, E. **Os maravilhosos manguezais do Brasil**. 1. ed. Cariacica: IBB, 2008, 242 p.

ALONSO, L. E. Ants as indicators of diversity. *In*: AGOSTI, D. *et al.* (eds). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. 1. ed. Washington: Institution Smithsonian Press, 2000. p. 122-144.

ALVES, J. R. P. **Manguezais: educar para proteger**. 1. ed. Rio de Janeiro: FEMAR, 2001. 96 p.

AMARAL, A. C. Z. *et al.* Araçá: biodiversidade, impactos e ameaças. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 219-264, jan./mar. 2010.

ARAÚJO, R. C. S. *et al.* Entomofauna da Área de Proteção Ambiental Morros Garapenses: conhecimento e educação ambiental. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Corrente, v. 7, n. 2, p. 50-60, set. 2019.

ARAUJO, K. D. **Análise da vegetação e organismos edáficos em áreas de caatinga sob pastejo e aspectos socioeconômicos e ambientais de São João do Cariri – PB**. 2010. 151 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

ARAÚJO-FILHO, J. C. de. **Vegetação com influência fluviomarinha (manguezal)**. 2010. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 29 ago. 2021, 13:50:45.

AZEVEDO, F. R. de. *et al.* Análise faunística e sazonalidade de insetos edáficos em ecossistemas da Área de Proteção Ambiental do Araripe em duas estações do ano, Barbalha-CE. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 10, n. 3, p. 263-272, jul./set. 2016.

BARBOLA, I. de F.; NASCIMENTO, E. A. do; MILLÉO, J. A fauna de insetos dos Campos Gerais. *In*: MELO, M. S. de.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (eds.). **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. 1. ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. p. 143-149.

BARETTA, D. *et al.* Fauna edáfica e qualidade do solo. *In*: **Tópicos em Ciência do Solo**. 1. ed. Viçosa: SBCS, 2011. p. 119-170.

BARRETO, A. D. *et al.* Relações socioambientais nas áreas de manguezais na cidade de Magé no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Augustus**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 50, p. 92-110, mar./jun. 2020.

BARROS, P. C. F. **Análise de microclimas urbanos no centro de Marechal Deodoro**. 2017. 112 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

BATISTA, M. C. **Resposta da comunidade de vespas e abelhas solitárias (insecta: Hymenoptera) ao uso da terra**. 2010. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2010.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 752p.

BIODIVERSITY4ALL. **Família Carabidae**. Disponível em: <https://www.biodiversity4all.org/photos/15015552>. Acesso em: 18 out. 2021, 19:10:21.

BIOFACES. **Abelha**. Disponível em: <https://biofaces.com/post/106047/abelha/>. Acesso em: 18 out. 2021, 01:48:20.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano de Ações e Gestão Integrada do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba - CELMM**. 1. ed. Brasília: ANA, 2006. 124 p.

BROWN, G. G. *et al.* Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. *In*: PARRON, L. M. *et al.* (eds.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA, 2015. p. 122-154.

CAMARGO, A. J. A. de. *et al.* **Coleções entomológicas**: legislação brasileira, coleta, curadoria e taxonomia para as principais ordens. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2015. 118 p.

CASARI, S. A.; IDE, S. Coleoptera Linnaeus, 1758. *In*: RAFAEL, J. A. *et al.* (eds.). **Insetos do Brasil**: diversidade e taxonomia. 1. ed. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 453-536.

CINTRA, F. L. D. **Os solos da Baixada Litorânea**. 2021. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 29 ago. 2021, 12:34:23.

CINTRA, F. L. D. *et al.* Efeito de volumes de água de irrigação no regime hídrico de solo coeso dos tabuleiros e na produção de coqueiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 1041-1051, ago. 2009.

CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H. **Ecosistemas marinhos: recifes, praias e manguezais**. 1. ed. Maceió: EDUFAL, 2005. 55 p.

CORREIA, M. E. F. **Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas**. 1. ed. Seropédica: Embrapa Agroecologia, 2002. 18 p. (Documento 156)

COSTA, C.; IDE, S. Coleoptera. *In*: COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. E. (eds.). **Insetos imaturos: metamorfose e identificação**. 1. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2006. p. 107-146.

COSTA JUNIOR, D. P. da. Avaliação da diversidade de insetos da Ordem Hymenoptera do Parque Nacional da Serra da Canastra (MG), coletados com armadilhas Malaise. **Ciência et Praxis**, Passos, v. 7, n. 13, p. 21-26, abr. 2017.

DANCEY, C. P.; REIDY, T. **Estatística sem matemática para psicologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 608 p.

DEJEAN, A. *et al.* Nest site selection by ants in a flooded Mexican mangrove, with special reference to the epiphytic orchid *Myrmecophila christinae*. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 19, n. 3, p. 325-331, may. 2003.

DELABIE, J. H. C. *et al.* As Formigas como indicadores biológicos do impacto humano em manguezais da costa Sudeste da Bahia. **Neotropical Entomology**, Salvador, v. 35, n. 5, p. 602-615, set./out. 2006.

DUARTE, M. R.; BUENO, M. S. G. Fundamentos ecológicos aplicados à RAD para matas ciliares do interior paulista. *In*: BARBOSA, L. M. **Manual para recuperação de áreas degradadas do Estado de São Paulo: matas ciliares do Interior Paulista**. 1. ed. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006. p. 30-42.

DUARTE, T. L. S.; REZENDE, V. A. Degradação dos manguezais em Aracaju/SE (Brasil): impactos socioeconômicos na atividade de catador do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Recife, v. 7, n. 1. p. 86-97, jun./out. 2019.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Climatologia do estado de Alagoas**. 2. ed. Recife: Embrapa Solos, 2012. 32 p. (a)

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Zoneamento agroecológico de Alagoas**: levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Alagoas. 1. ed. Recife: EMBRAPA, 2012. 238 p. (b)

EVANGELISTA-BARRETO, N. S.; SOUSA, O. V. de.; VIEIRA, R. H. S. dos F. Moluscos bivalves: organismos bioindicadores da qualidade microbiológica das águas: uma revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, Fortaleza, v. 2, n. 2, p. 18-31, jun. 2008.

FARIAS, P. M. de. *et al.* Response of the copro-necrophagous beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) assemblage to a range of soil characteristics and livestock management in a tropical landscape. **Journal of Insect Conservation**, Heidelberg, v. 19, n. 1, p. 947-960, apr./oct. 2015.

FAVERO, S.; SOUZA, H. A.; OLIVEIRA, A. K. M. Coleoptera (insecta) as forest fragmentation indicators in the Rio Negro sub-region of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 71, n. 1, p. 291-295, apr. 2011.

FERREIRA, R. V. *et al.* A origem das paisagens. *In*: VILLANUEVA, T. C. B. **Geodiversidade do estado de Alagoas**. 1. ed. Salvador: CPRM, 2016. p. 37-49.

FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Controle biológico de pragas da agricultura**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2020. 510 p.

FOTOCOMMUNITY. **Besouro azul prateado Brasil**. Disponível em: <https://www.fotocommunity.es/photo/escarabajo-azul-plateadobrasil-angelamenendez/16331358>. Acesso em: 18 out. 2021, 02:04:40.

FRATINI, S. *et al.* Tree-climbing mangrove crabs: a case of convergent evolution. **Evolutionary Ecology Research**, Tucson, v. 17, n. 2, p. 219-233, feb. 2005.

FREIRE, A. L. P. C. *et al.* Monitoramento de insetos com armadilhas PET no cultivo agroecológico de *Luffa cylindrica*. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, João Pessoa, v. 16, n. 4, p. 388-399, out./dez. 2020.

GALLO, D. *et al.* **Entomologia agrícola**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. de. Radiação solar acima e abaixo de dossel de manguezal na Barra do Ribeira do Iguape, SP. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 5, n. 1, p. 59-67, jul. 2011.

GIRACCA, E. M. N. *et al.* Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia do Arroio Lino, Agudo/RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 3, p. 257-261, jul./set. 2003.

- GIRI, C. *et al.* Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**, Hoboken, v. 20, n. 1, p. 154-159, jan. 2011.
- GOMES, W. S. *et al.* Comunidade de Coleópteros (Insecta, Coleoptera) do ecossistema de manguezal em Anchieta, Espírito Santo. In: XII CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 12, 2015, São Lourenço. **Anais [...]**. São Lourenço: SEB, 2015. p. 1-3.
- GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: fundamentos da entomologia**, 5. ed. Rio de Janeiro: ROCA, 2017. 912 p.
- GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. 4. ed. São Paulo: ROCA, 2012. 440 p.
- HARRELL JR, F. E.; DUPONT, C. **Hmisc: Harrell Miscellaneous**. R package version 4.5-0. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>. Acesso em: 17 ago. 2021, 23:38:20.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Marechal Deodoro**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 21 jul. 2021, 23:45:25.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malhas municipais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br>. Acesso em: 19 jul. 2021, 14:42:20.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.
- ICMBIO. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Atlas dos manguezais do Brasil**. 1. ed. Brasília: ICMBIO, 2018. 176 p.
- IMA. INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE ALAGOAS. **Dados vetoriais**. Maceió: IMA, 2010. Disponível em: <http://www.ima.al.gov.br>. Acesso em: 19 jul. 2021, 14:55:30.
- KASSAMBARA, A. **rstatix: pipe-friendly framework for basic statistical tests**. R package version 0.7.0. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=rstatix>. Acesso em: 16 ago. 2021, 23:10:25.
- KORASAKI, V.; MORAIS, J. W. de; BRAGA, R. F. Macrofauna. In: MOREIRA, F. M. S. *et al.* (eds.). **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. 1. ed. Lavras: Editora da UFLA, 2013. p. 79-128.

KUBIAK, K. L. *et al.* Fauna epiedáfica associada a fragmentos florestais de *Araucaria angustifolia* em diferentes condições edafoclimáticas no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 2, p. 1070-1080, mar./abr. 2021.

KRETSCHMER, E. **Fauna epígea em fragmento de mata nativa e área agrícola no município de Doutor Maurício Cardoso/RS**. 2016. 43 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal da Fronteira do Sul, Chapecó, 2016.

KRISHNAN, S. *et al.* **The pollination services of forests** - a review of forest and landscape interventions to enhance their cross-sectoral benefits. 1. ed. Rome: FAO & Bioversity International, 2020. 100 p.

KRUG, L. A.; LEÃO, C.; AMARAL, S. Dinâmica espaço-temporal de manguezais no Complexo Estuarino de Paranaguá e relação entre decréscimo de áreas de manguezal e dados sócio-econômicos da região urbana do município de Paranaguá - Paraná. *In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 13, 2007, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: INPE, 2007. p. 2753-2760.

LIMA, C. de S. *et al.* Macrofauna edáfica e sua relação com sazonalidade em sistema de uso do solo, bioma cerrado. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracajú, v. 11, n. 2, p. 1-13, fev./mar. 2020.

LIMA, R. W. S. de. *et al.* Macrofauna do solo em diferentes tipos de cobertura vegetal em Maceió, Alagoas. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, Rio Largo, v. 3, n. 1, p. 6717-6722, dez. 2018.

LIMA, J. D. N. de. *et al.* Estrutura e organização de assembleias de Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) em diferentes fitofisionomias no sul do Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 105, n. 4, p. 393-402, dez. 2015.

LIMA FILHO, J. A. de. *et al.* Captura de insetos utilizando um novo modelo de armadilha com garrafa pet em uma área do IFPB Campus Campina Grande, PB. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 8, n. 1, p. 74-79. jun. 2014.

LIMA, M. G. A. *et al.* Diversidade de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) no parque botânico do Ceará, Caucaia-CE, Brasil. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 89-94, jan./abr. 2013.

LIMA, S. S. de. *et al.* Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 322-331, mar. 2010.

LOUZADA, J. N. C. *et al.* Comunidades de besouros de serapilheira e a sucessão natural em uma floresta estacional semidecídua. **Revista Científica MG.BIOTA**, Belo Horizonte, v. 3, n. 6, p. 32-54, fev./mar. 2011.

LUDWIG, R. L. Efeito de diferentes sistemas de uso do solo na diversidade da fauna edáfica na região central do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 14; p. 485-495, maio/jun. 2012.

MACHADO, D. L. *et al.* Fauna edáfica na dinâmica sucessional da mata atlântica em floresta estacional semidecidual na Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 91-106, jan./mar. 2015.

MACHADO, A. B. M. *et al.* Invertebrados terrestres. *In*: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (eds.). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. 1. ed. Brasília: MMA, 2008. p. 303-487.

MAGALHÃES, C. R. *et al.* Biodiversidade de coleópteros predadores em áreas de Caatinga (fazenda Saco, Serra Talhada-PE). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 2068-2079, mar./jun. 2015.

MANHÃES, C. M. C.; FRANCELINO, F. M. A. Estudo da inter-relação da qualidade do solo e da serapilheira com a fauna edáfica utilizando análise multivariada. **Revista Nucleus**, Ituverava, v. 9, n. 2, p. 21-32. out. 2012.

MARTINEZ, N. M.; ROCHA-LIMA, A. B. C. A importância dos insetos e as suas principais ordens. **UNISANTA Bioscience**, Santos, v. 9, n. 1, p. 1-13, jan./abr. 2020.

MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. de. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Marechal Deodoro, estado de Alagoas**. 1. ed. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 21 p.

MAURÍCIO, L. S. **Formigas (Hymenoptera) como indicadores de qualidade ambiental em manguezais da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MELO, G. A. R.; AGUIAR, A. P.; GARCETE-BARRETT, B. Hymenoptera Linnaeus, 1758. *In*: RAFAEL, J. A. *et al.* (eds.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. 1. ed. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 553-612.

MELO, A. T. de; SORIANO-SIERRA, E. J.; VEADO, R. W. V. Biogeografia dos manguezais. **Geografia**, Rio Claro, v. 36, n. 2, p. 311-334, maio/ago. 2011.

MELO, F. V. de. *et al.* A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBCS**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 38-43, jan./abr. 2009.

MENDES, F. N.; RÊGO, M. M. C. Nidificação de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) em ninhos-armadilha no Nordeste do Maranhão, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 51, n. 3, p. 382-388, set. 2007.

MERLIM, A. de O. **Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de araucária no Parque Estadual de Campus de Jordão**. 2005. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MEUSANIMAIS. **10 curiosidades sobre as vespas**. Disponível em: <https://meusanimaais.com.br/dez-curiosidades-vespas/?amp=1>. Acesso em: 18 out. 2021, 01:57:40.

MICHENER, C. D. **The bees of the world**. 2. ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2007. 972 p.

MORAIS, J. W. de. *et al.* Macrofauna. In: MOREIRA, F. M. S. *et al.* (eds.). **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. 1. ed. Lavras: Editora da UFLA, 2013, p. 79-128.

MORI, G. M.; ZUCCHI, M. I.; SOUZA, A. P. Multiple-geographic-scale genetic structure of two mangrove tree species: the roles of mating system, hybridization, limited dispersal and extrinsic factors. **Plos One**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 1-23, feb. 2015.

MUNDOECOLOGIA. **Crustáceos do Manguezal: espécies e fotos**. Disponível em: <https://www.mundoecologia.com.br/animais/crustaceos-do-manguezal-especies-e-fotos/>. Acesso em: 18 out. 2021, 01:07:45.

NANNI, H. C.; NANNI, S. M.; SEGNINI, R. C. Preservação dos manguezais e seus reflexos. In: XII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12, 2005, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: UNESP, 2005, p. 1-12.

NAZARO, C. M. N.; MORIYA M. R.; ALBUQUERQUE, L. B. Macrofauna edáfica bioindicadora de qualidade de solo em sistemas orgânicos de produção de café sombreado e a pleno sol. In: II ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL, 2, 2010, Ivinhema. **Anais [...]**. Ivinhema: UFMS, 2010. p. 1-10.

NIELSEN, M. G.; CHRISTIAN, K.; BIRKMOSE, D. Carbon dioxide concentrations in the nests of the mud-dwelling mangrove ant *Polyrhachis sokolova* Forel (Hymenoptera: Formicidae). **Australian Journal of Entomology**, Canberra, v. 42, n. 4, p. 357-362, oct. 2003.

NIELSEN, M. G. Distribution of the ant (Hymenoptera: Formicidae) fauna in the canopy of the mangrove tree *Sonneratia alba* J. Smith in northern Australia. **Australian Journal of Entomology**, Canberra, v. 39, n. 4, p. 275-279, oct. 2000.

NÓBREGA, G. N. *et al.* Edaphic factors controlling summer (rainy season) greenhouse gas emissions (CO₂ and CH₄) from semiarid mangrove soils (NE-Brazil). **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 542, n. 1, p. 685-693, jan. 2016.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 612 p.

OLIVEIRA, G. Uma descrição agroecológica da crise atual. **Revista Nera**, Presidente Prudente, v. 12, n. 15, p. 66-87, maio 2012.

OLIVEIRA, L. A. K.; FREITAS, R. R. de; BARROSO, G. F. Manguezais: turismo e sustentabilidade. **Caderno Virtual de Turismo**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 3, p. 51-55, set./dez. 2005.

PARANAGUÁ, M. N. *et al.* Educação ambiental como instrumento de gestão comunitária de ecossistemas manguezais do canal de Santa Cruz (PE, BRASIL). **Tropical Oceanography**, Recife, v. 38, n. 1, p. 14-21, jan. 2011.

PINHEIRO, M. A. A. *et al.* Os ecossistemas costeiros e sua biodiversidade na baixada santista. *In*: FONTES, R. F. C.; OLIVEIRA, A. J. F. C. de.; PINHEIRO, M. A. A. **Visão didática sobre o meio ambiente na Baixada Santista**. 1. ed. São Vicente: UNESP, 2008. p. 12-59.

PLANETA INVERTEBRADOS. **Caranguejo Aratu vermelho**. Disponível em: http://www.planetainvertebrados.com.br/index.asp?pagina=especies_ver&id_categoria=25&id_subcategoria=24&com=1&id=190&local=2. Acesso em: 18 out. 2021, 01:13:22.

POMPEO, P. N. *et al.* Diversidade de Coleoptera (Arthropoda: Insecta) e atributos edáficos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 16-28, jan./mar. 2016.

PORTAL DE ZOOLOGIA DE PERNAMBUCO. **Besouro necrófago (Scarabaeinae)**. Disponível em: <http://www.portal.zoo.bio.br/media452>. Acesso em: 18 out. 2021, 02:06:10.

PORTILHO, I. I. R. *et al.* Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1310-1320, out. 2011.

PRESTES, R. M.; VINCENCI, K. L. Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 2, n. 4, p. 1473-1493, jul./set. 2019.

PREZOTO, F.; GIANNOTTI, E.; NASCIMENTO, F. Entre mandíbulas e ferrões, o estudo de comportamento de vespas. *In*: DEL-CLARO, K.; PREZOTO, F.; SABINO, J. (eds.). **As distintas faces do comportamento animal**. 2. ed. Valinhos: Anhanguera Educacional S/A, 2008. p. 43-53.

QUIÑONES, E. M. **Relações água-solo no sistema ambiental do Estuário de Itanhaém (SP)**. 2000. 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

QUIRÓS, J. A.; ARIAS, J. E. Taxocenosis of mollusks and crustaceans on roots of *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) at Cispatá Bay, Córdoba, Colombia. **Acta Biológica Colombiana**, Bogotá, v. 18, n. 2, p. 329-340, may/aug. 2013.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. 2021. R Foundation for Statistical Computing: Vienna. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 17 ago. 2021, 23:38:20.

RAFAEL, J. A. *et al.* (eds.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. 1. ed. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. 810 p.

RAMALHO, M.; BATISTA, M. dos A. Polinização na mata atlântica: perspectiva ecológica da fragmentação. *In*: FRANKE, C. R. *et al.* (orgs.). **Mata atlântica e biodiversidade**. 1. ed. Salvador: Editora da UFBA, 2005. p. 93-142.

RIBEIRO, T. P. S. *et al.* Influência de diferentes sistemas de uso do solo na densidade e diversidade de macrofauna em Boa Vista, RR. **Revista Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, Boa Vista, v. 11, n. 1, p. 230-240, dez. 2018.

ROUSSEAU, G. X. *et al.* Macrofauna do solo em uma cronosequência de capoeiras, florestas e pastos no Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 44, n. 4, p. 499-512, dez. 2014.

SANT'ANNA, B. S. *et al.* Reproduction and management of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea, Brachyura, Ucididae) at Iguape, São Paulo, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 86, n. 3, p. 1411-1421, feb./may. 2014.

SANTOS, G. R.; ARAUJO, K. D.; SILVA, F. G. Macrofauna edáfica na Estação Ecológica Curral do Meio, Caatinga Alagoana. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó, v. 4, n. 2, p. 1-21, jul. 2018.

SATHYA, T.; SEKAR, C. Mangrove eco-system and their multifunctionalities: an analysis of the provision of economic and environmental livelihoods to the fishermen communities in the South-east coast of India. **Trends in Agricultural Economics**, Coimbatore, v. 5, n. 2, p. 31-47, apr./june. 2012.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; COELHO JUNIOR, C. Onde vivem os manguezais e porque são tão importantes. *In*: FUMI, M. (org.). **Atlas dos manguezais do Brasil**. 1. ed. Brasília: ICMBIO, 2018. p. 30-33.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *et al.* Alguns impactos do PL 30/2011 sobre os manguezais brasileiros. *In: SOUZA, G.; JUCÁ, K.; WATHELY, M. (orgs.). Código Florestal e a Ciência: o que nossos legisladores ainda precisam saber.* 1. ed. Brasília: Comitê Brasil, 2012. p. 18-27.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Grupo de ecossistemas:** manguezal, marisma e apicum. São Paulo, 1999. 119 p. (Relatório Técnico).

SCHLOERKE, B. *et al.* **GGally:** extension to 'ggplot2'. R package version 2.1.2. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=GGally>. Acesso em: 17 ago. 2021, 23:10:25.

SEMARH. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Tempo e clima.** Disponível em: <http://meteorologia.semarh.al.gov.br/consultas/>. Acesso em: 16 out. 2021, 12:52:00.

SILVA, A. P. da; SILVA, J. B. da; ARAÚJO, E. D. S. Marisma, manguezal (mangue e apicum): ecossistemas de transição terra-mar do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 13, n. 2, p. 727-742, mar./abr. 2020.

SILVA, L. C. S. **Análise da vegetação e organismos edáficos em área de caatinga na Serra da Caiçara, Maravilha, Alagoas.** 2017. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

SILVA, C. I. da. **Conhecendo as abelhas.** 1. ed. Fortaleza: Editora Fundação Brasil Cidadão, 2015. 25 p.

SILVA, J. B. da. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do ecossistema manguezal em Pernambuco.** 2012. 183 f. Tese (Doutorado em Regionalização) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

SILVA, D. F. da; SILVA, D. F. da; SOUSA, F. de A. S. de. Degradação ambiental, ocupação irregular e manejo sustentável no Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 3, p. 152-170, set./dez. 2008.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas brasileiras:** sistemática e identificação. 1. ed. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira, 2002. 253 p.

SOUTO, P. C. *et al.* Taxa de decomposição da serapilheira e atividade microbiana em área de Caatinga. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 4, p. 559-565, out./dez. 2013.

SOUZA, C. A. *et al.* Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica. *In: PINHEIRO, M. A. A.; TALAMONI, A. C. B. (orgs.). Educação ambiental sobre Manguezais.* 1. ed. São Vicente: UNESP, 2018. p. 16-56.

SOUZA, J. T. A. *et al.* Diversidade de macrofauna edáfica em diferentes ambientes de cultivo no agreste da Paraíba, Brasil. **Revista de Agricultura Neotropical**, Dourados, v. 4, n. 3, p. 55-60, jul./set. 2017.

SOUZA, M. M.; PREZOTO, F. Diversity of social wasps (Hymenoptera, Vespidae) in semideciduous forest and Cerrado (Savanna) regions in Brazil. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 47, n. 1, p. 135-147, jan. 2006.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems: studies in Ecology**. 5. ed. Oxford: Blackwell Scientific, 1979. 238 p.

TEDESCO, J. M.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises do solo, plantas e outros materiais**. 1. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 188 p. (Boletim técnico).

TEODORO, A. V. *et al.* **Conservação da biodiversidade de abelhas e vespas solitárias em vegetação de restinga da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Caju, Sergipe**. 1. ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019. 22 p.

THOMAZINI, M. J.; THOMAZINI, A. P. de B. W. Levantamento de insetos e análise entomofaunística em floresta, capoeira e pastagem no Sudeste Acreano. 1. ed. Rio Branco: EMBRAPA Acre, 2002. 41 p. Circular Técnica, 35.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 809 p.

VIANA, I. G. *et al.* Isotopic studies in Pacific Panama mangrove estuaries reveal lack of effect of watershed deforestation on food webs. **Marine Environmental Research**, London, v. 103, n. 1, p. 95-102, jan. 2015.

VILLANUEVA, T. C. B. **Geodiversidade do estado de Alagoas**. 1. ed. Salvador: CPRM, 2016. 165 p.

WALLPAPER FLARE. **Formiga vermelha e preta**. Disponível em: <https://www.wallpaperflare.com/red-and-black-ant-ants-animal-animal-themes-animal-wildlife-wallpaper-ptges>. Acesso em: 18 out. 2021, 01:54:15.

WEI, T.; SIMKO, V. **R package 'corrplot'**: visualization of a correlation Matrix (version 0.90). 2021. Disponível em: <https://github.com/taiyun/corrplot>. Acesso em: 17 ago. 2021, 23:38:20.

WICKHAM, H. *et al.* **dplyr**: a grammar of data manipulation. R package version 1.0.7. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>. Acesso em: 16 ago. 2021, 23:10:25.

WINK, C. *et al.* Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 60-71, maio/out. 2005.

ZARDO, D. C.; CARNEIRO, A. P. de L. G.; SANTOS FILHO, M. dos. Comunidade de artrópodes associada a serrapilheira de cerrado e mata de galeria, na Estação Ecológica Serra das Araras - Mato Grosso, Brasil. **Revista ReBraM**, Araraquara, v. 13, n. 2, p. 105-113, jul./dez. 2010.