



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

WILLIAN FELIPE MORORÓ SANTOS

HETEROGENEIDADE DO MICROHABITAT E PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE
FAMÍLIAS DE COLEOPTERA EM UM GRADIENTE DE DISTÂNCIA DE
RIACHOS NA CHAPADA DAS MESAS, MARANHÃO, BRASIL

Imperatriz – MA

2026





WILLIAN FELIPE MORORÓ SANTOS

**HETEROGENEIDADE DO MICROHABITAT E PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE
FAMÍLIAS DE COLEOPTERA EM UM GRADIENTE DE DISTÂNCIA DE
RIACHOS NA CHAPADA DAS MESAS, MARANHÃO, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro
de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas – CCENT,
da Universidade Estadual da Região Tocantina do
Maranhão – UEMASUL, do curso Ciências Biológicas.

Orientador(a): Profa. Dra. Regiane Saturnino Ferreira

Imperatriz – MA



S237h

Santos, Willian Felipe Mororó

Heterogeneidade do microhabitat e padrões de distribuição de famílias de coleoptera em um gradiente de distância de riachos na Chapada das Mesas, Maranhão, Brasil. / Willian Felipe Mororó Santos. – Imperatriz, MA, 2026.

51 f. ; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2026.

1. Coleoptera. 2. Ecologia de comunidades. 3. Microhabitat. 4. Zonas ripárias. 5. Biodiversidade. I. Título.

CDU 595.76 (812.1)

Ficha elaborada pela Bibliotecária: **Jarina Serra Santos – CRB: 13/953**



WILLIAN FELIPE MORORÓ SANTOS

**HETEROGENEIDADE DO MICROHABITAT E PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE
FAMÍLIAS DE COLEOPTERA EM UM GRADIENTE DISTÂNCIA DE RIACHOS NA
CHAPADA DAS MESAS, MARANHÃO, BRASIL**

Aprovado em: 22/06/2026

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br REGIANE SATURNINO FERREIRA
Data: 17/07/2026 11:57:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Regiane Saturnino Ferreira

Doutora em Zoologia

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Documento assinado digitalmente
gov.br FABIANA DOS SANTOS OLIVEIRA BRITO
Data: 10/07/2026 17:04:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Fabiana dos Santos Oliveira Brito

Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia

Universidade Estadual da Região Tocantina Do Maranhão

Documento assinado digitalmente
gov.br JEOVANIA OLIVEIRA LIMA
Data: 15/07/2026 09:22:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Ma. Jeovania Oliveira Lima

Mestre em Agricultura e Ambiente

Universidade Estadual da Região Tocantina Do Maranhão





AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao meu avô, Antônio Aristotelis Mororó, por ter me apoiado e dado forças para seguir meu sonho, e que infelizmente não pode ver a conclusão desta etapa, mas foi muito importante para iniciá-la. Agradeço meus pais, Hilney e Aristânia, por serem minha base e meu suporte durante toda minha jornada, nada disso seria possível sem vocês. Agradeço a minha avó Rita por todo o apoio que me deu ao longo desses quatro anos. Agradeço às minhas irmãs, Luiza e Valentina, por todo o carinho e apoio, e por serem minha maior inspiração. Agradeço aos meus tios Adriano, Ariana e Ariel, por cada conselho, ajuda e força, vocês foram pilares essenciais para a chegada deste momento. E agradeço muito a minha namorada Edylla, que foi minha força nessa reta final, e que me deu apoio a cada dia, me motivando e incentivando.

Aos meus velhos amigos Vinícius, Ryan, Ramon, João Pedro, Jhemys, Luís, Fernando e Vinícius (o outro), por cada ajuda, cada momento, cada churrasco e rolês, dividir esses momentos com vocês me manteve firme para este momento.

Aos meus amigos da faculdade e que vou levar pra vida: David e João, os melhores amigos que a faculdade me deu, obrigado por cada risada, cada momento, cada apoio nos trabalhos, cada atividade e cada problema que aparecia pra a gente resolver; Bia e Dan, as melhores pessoas que já conheci, obrigado pelos melhores momentos da graduação, não consigo pensar em um único momento maravilhoso desses anos em que vocês dois não estivessem; Ludmila, minha irmãzinha de laboratório, obrigado por nossas conversas, nossas experiências compartilhadas, as viagens de campo e às coleta, não teria sido a mesma coisa sem você; Tasya, Fabrício, Mirela e Gisele, os melhores grupos de trabalhos sempre foram com vocês, obrigado por tornarem tudo tão divertido.

E aos meus professores, que tanto me ajudaram durante a graduação: À Professora Ivaneide, minha primeira orientadora, por toda a experiência, ensinamentos e oportunidades; Ao professor Marcelo por todas as conversas, as aulas de campo e a paciência no LEL; E a minha orientadora, Professora Regiane, pelas conversas e conselhos, pela confiança, por todo o apoio e ajuda ao longo desses anos, e claro, por ter topado trabalhar com Besouros ao meu lado nos projetos. Espero ser um professor e pesquisador à altura dos ensinamentos que recebi.

A todos, o meu mais sincero Obrigado, nada disso seria possível sem vocês.





EPÍGRAFE





“Não podemos escolher os tempos em que vivemos, nem as adversidades que surgem. Tudo o que temos de decidir é o que fazer com o tempo que nos é dado”.

Gandalf, o cinzento.





RESUMO

Os coleópteros constituem um dos grupos mais diversos e ecologicamente importantes dos ecossistemas terrestres, atuando em processos como a decomposição da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a manutenção da dinâmica ecológica. Este estudo teve como objetivo avaliar a influência das características do microhabitat e da distância em relação aos riachos sobre a estrutura das assembleias de Coleoptera de solo no Parque Nacional da Chapada das Mesas, Maranhão, Brasil. Foram amostradas 18 famílias de coleópteros utilizando armadilhas de queda distribuídas ao longo de um gradiente de distância em relação aos cursos d'água. Paralelamente, foram mensuradas variáveis ambientais relacionadas à estrutura do habitat, incluindo cobertura do dossel, profundidade da serapilheira e complexidade do sub-bosque. A estrutura das assembleias foi avaliada por meio de índices de diversidade e análises multivariadas, incluindo PCA, NMDS, análise de agrupamento, PERMANOVA e SIMPER. Os resultados evidenciaram variações na composição e abundância das famílias entre as áreas amostradas, indicando a existência de heterogeneidade ambiental mesmo dentro de uma mesma fitofisionomia. A PERMANOVA demonstrou efeito significativo da distância em relação aos riachos sobre a composição da comunidade ($F = 1,862$; $p = 0,025$), sugerindo que gradientes ambientais associados à proximidade dos corpos hídricos influenciam a distribuição dos coleópteros. A análise SIMPER indicou que poucas famílias foram responsáveis pela maior parte da dissimilaridade observada entre os grupos amostrais. Adicionalmente, foi elaborada uma chave de identificação adaptada para as famílias registradas no Brasil, baseada na metodologia proposta por Geiser. Os resultados destacam a importância dos ambientes ripários para a manutenção da diversidade de Coleoptera e fornecem subsídios para estudos de monitoramento e conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: Coleoptera; ecologia de comunidades; microhabitat; zonas ripárias; biodiversidade.





ABSTRACT

Beetles constitute one of the most diverse and ecologically important groups in terrestrial ecosystems, acting in processes such as organic matter decomposition, nutrient cycling, and maintenance of ecological dynamics. This study aimed to evaluate the influence of microhabitat characteristics and distance from streams on the structure of soil Coleoptera assemblages in the Chapada das Mesas National Park, Maranhão, Brazil. Eighteen families of beetles were sampled using pitfall traps distributed along a gradient of distance from watercourses. Simultaneously, environmental variables related to habitat structure were measured, including canopy cover, litter depth, and understory complexity. The structure of the assemblages was evaluated thru diversity indices and multivariate analyzes, including PCA, NMDS, cluster analysis, PERMANOVA, and SIMPER. The results showed variations in the composition and abundance of families among the sampled areas, indicating the existence of environmental heterogeneity even within the same phytophysiology. PERMANOVA demonstrated a significant effect of distance from the streams on community composition ($F = 1.862$; $p = 0.025$), suggesting that environmental gradients associated with the proximity of water bodies influence the distribution of beetles. The SIMPER analysis indicated that a few families were responsible for most of the dissimilarity observed between the sample groups. Additionally, an identification key was developed for the families recorded in Brazil, based on the methodology proposed by Geiser. The results highlight the importance of riparian environments for the maintenance of Coleoptera diversity and provide support for monitoring and biodiversity conservation studies.

Keywords: Coleoptera; community ecology; microhabitat; riparian zones; biodiversity.





LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização do Parque Nacional da Chapada das Mesas, Maranhão, Brasil	24
Figura 2. Mapa da localização dos pontos no PNCM.....	25
Figura 3. Delineamento amostral adotado em cada um dos pontos amostrados indicando o espaçamento entre o riacho, os transectos e as armadilhas de queda.	25
Figura 4. Montagem das armadilhas de queda (<i>pitfall</i>) e Armadilha montada	26
Figura 5. Delineamento amostral adotado indicando a disposição dos locais de medição da complexidade do sub-bosque em cada transecto.	27
Figura 6. Representação visual do Índices de diversidade Simpson e Shannon.	31
Figura 7. Gráfico da análise de componentes principais.	32
Figura 8. Cluster com distância de Bray Curtis medindo semelhanças das amostras em composição das famílias e semelhanças das amostras na estrutura florestal	34
Figura 9. Biplot Non-metric Multidimensional Scaling.	35





LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Famílias, Abundância total e Abundância Relativa encontradas no Parque Nacional da Chapada das Mesas, Carolina, Maranhão	29
Tabela 2. Agrupamento dos componentes amostrados e utilizados nas análises.....	30
Tabela 3. Valores dos índices de diversidade	30





LISTA DE SIGLAS

PNCM - Parque Nacional da Chapada das Mesas

UC - Unidade de Conservação

PCA - Análise de Componentes Principais

NMDS - Escalonamento Multidimensional Não-Métrico

PERMANOVA - Análise de Variância Permutacional Multivariada

SIMPER - Porcentagem de Similaridade





SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Coleoptera: diversidade, ecologia e importância ambiental.....	15
2.2 Assembleias de Coleoptera de Solo em Ambientes Florestais.....	16
2.3 Heterogeneidade Ambiental e Estrutura do Microhabitat	18
2.4 Ecologia de Zonas Ripárias e Influência dos Riachos sobre Comunidades Terrestres	20
3 OBJETIVOS.....	23
Objetivo Geral.....	23
4 MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 Área de estudo.....	23
4.2 Delineamento amostral e procedimento de laboratório	24
4.3 Amostragem de variáveis ambientais.....	26
4.4 Análise dos dados.....	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.1 Representatividade das famílias coletadas	28
5.2 Estrutura da Comunidade e Índices de diversidade.....	30
5.3 Caracterização da Estrutura do Habitat.....	32
5.4 Similaridade Ambiental e Biológica	33
5.5 Estrutura da Comunidade	34
5.6 Composição das famílias difere entre microhabitats.....	35
5.7 Efeito do gradiente de distância aos riachos sobre as assembleias de Coleoptera	36
5.8 Validação das hipóteses.....	36
5.9 Síntese dos resultados e Discussão.....	37
6 CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS.....	40
ANEXOS.....	46



1 INTRODUÇÃO

A ordem Coleoptera é a mais diversa da classe Insecta, formada por mais de 400.000 espécies e 150 famílias, com nomes populares que variam em cada região (Casari, S.A.; Biffi, G.; Ide, S. 2024). Sua principal diagnose é a presença do par de asas anteriores esclerotizadas cobrindo o par de asas posteriores e na maioria dos casos o abdômen, além de serem animais cosmopolitas e abrangerem uma vasta gama de nichos ecológicos, se alimentando principalmente de plantas, esterco, fungos, matéria animal ou vegetal em decomposição (Casari, S.A.; Biffi, G.; Ide, S. 2024; Penteado *et al.*, 2009).

Por ocupar diversos nichos no ambiente, as famílias de coleópteros estão suscetíveis a diversas variações em sua população, mesmo diante de pequenas alterações ambientais, como a cobertura da vegetação, a estrutura física do habitat e a altitude do ecossistema (Halffter, 1991). Tais alterações manifestam-se de forma mais pronunciada em ecótonos ao longo de gradientes ecológicos, os quais são caracterizados por distintos níveis de heterogeneidade ambiental e estrutural. Consequentemente, é plausível deduzir que estejam correlacionadas com variações na composição das comunidades biológicas que ocorrem nesses ambientes (Duivenvoorden; Svenning; Wright, 2002).

A estrutura do habitat vai influenciar os padrões morfológicos das comunidades que o ocupam, e mudanças nesses habitats vão impactar diretamente na composição desses espécimes (Bell *et al.*, 1994); portanto, a distribuição da diversidade biológica e das assembleias de Coleoptera é fortemente influenciada pelas características ambientais locais. Dessa forma, mensurar a estrutura desses habitats, as variáveis que os compõem e como ambos estão correlacionados é fundamental para entender como os coleópteros estarão distribuídos em diferentes ambientes.

O Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM) é uma Unidade de Conservação (UC) situada no estado do Maranhão, caracterizada pela presença do bioma Cerrado (MARTINS; SALGADO; BARRETO, 2017) que é um *hotspot* de biodiversidade e que desempenha um papel ambiental e ecológico significativo pela sua área protegida. O PNCM representa uma UC de relevante importância ecológica, abrigando em sua área múltiplas fisionomias características do bioma Cerrado (ICMBIO, 2019), refletindo a sua elevada heterogeneidade ambiental e estrutural.



Essa complexidade torna o PNCM um modelo adequado para investigações sobre variações faunísticas ao longo de gradientes ecológicos. Contudo, essa região ainda é cientificamente pouco explorada (Salgado et al., 2016), e essa falta de conhecimento representa uma lacuna importante, visto a necessidade de criar estratégias de conservação no PNCM, já que, por se tratar de uma importante unidade de conservação, um dos seus objetivos é garantir a representatividade dos biomas, ambientes e da biodiversidade do país (Fonseca; Lamas; Kasecker, 2010).

Embora o Cerrado da porção oeste do Maranhão represente uma importante área de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado, o conhecimento sobre sua coleopterofauna permanece bastante limitado. Um levantamento bibliográfico realizado nas bases Google Scholar, Scopus, Web of Science e SciELO, utilizando combinações dos descritores "Coleoptera", "Cerrado", "Maranhão" e "oeste maranhense", evidenciou que a maior parte dos estudos disponíveis refere-se a outras regiões do Cerrado. Esse cenário corrobora a tendência observada por Luçardo, Oliveira e Frizzas (2014), que identificaram apenas 64 estudos sobre Scarabaeoidea em todo o Cerrado brasileiro ao longo de 30 anos, evidenciando a escassez de pesquisas com o grupo no bioma. Dado o cenário atual e a importância dos besouros para a manutenção ecológica, é fundamental expandir o conhecimento sobre essa fauna remanescente.

Dessa forma, considerando a diversidade ambiental presente no Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM) e a escassez de estudos sobre a ecologia de Coleoptera na região, este estudo parte da hipótese de que a proximidade dos riachos promove alterações nas condições microambientais, modificando o microclima, a estrutura da vegetação, a profundidade e a composição da serapilheira e, conseqüentemente, a disponibilidade de recursos para a fauna edáfica. Essas mudanças atuam como filtros ecológicos capazes de influenciar a composição das assembleias de Coleoptera ao longo do gradiente de distância em relação aos cursos d'água. Assim, foram estabelecidas as seguintes hipóteses:

- H1. A composição das assembleias de Coleoptera varia em função das características do microhabitat.
- H2. A proximidade dos riachos influencia a composição das assembleias de Coleoptera por meio das alterações promovidas no microclima, na vegetação, na serapilheira e na disponibilidade de recursos.
- H3. Ambientes estruturalmente distintos apresentam diferenças na riqueza, abundância e composição das assembleias de Coleoptera.



2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Coleoptera: diversidade, ecologia e importância ambiental

A ordem Coleoptera Linnaeus, 1758 representa a ordem mais diversa entre todos os animais conhecidos (Casari, S.A.; Biffi, G.; Ide, S. 2024), constituindo aproximadamente 25% das espécies animais descritas e cerca de 40% dos insetos registrados mundialmente. Atualmente são conhecidas mais de 400 mil espécies descritas, distribuídas em aproximadamente 180 famílias e milhares de gêneros, embora estimativas sugiram que a diversidade real possa ultrapassar um milhão de espécies (Lawrence *et al.*, 2010; Bouchard *et al.*, 2017).

O sucesso evolutivo dos coleópteros está associado a diversas características morfológicas e fisiológicas, entre elas, destaca-se a presença dos élitros, estruturas derivadas do primeiro par de asas que atuam como proteção mecânica contra predadores, abrasão e perda de água. Essa adaptação permitiu que os besouros colonizassem praticamente todos os ambientes terrestres e diversos ambientes aquáticos continentais, além de diversificar hábitos alimentares e estratégias reprodutivas, favorecendo a ocupação de inúmeros nichos ecológicos ao longo da história evolutiva do grupo (Crowson, 1981).

A radiação adaptativa dos coleópteros resultou na formação de grupos associados a praticamente todos os níveis tróficos dos ecossistemas, existem espécies predadoras, detritívoras, saprófagas, fungívoras, fitófagas, xilófagas, necrófagas e coprófagas. Essa diversidade funcional torna os coleópteros componentes fundamentais para a manutenção dos processos ecológicos e do funcionamento dos ecossistemas terrestres (Lawrence *et al.*, 2010).

Entre os serviços ecossistêmicos prestados pelos coleópteros destacam-se a decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, incorporação de matéria orgânica ao solo, dispersão secundária de sementes, controle biológico de pragas e regulação de populações de outros invertebrados. Em ambientes florestais, a atividade desses organismos contribui diretamente para processos relacionados à fertilidade do solo e à dinâmica da vegetação (Nichols *et al.*, 2008).

Os ambientes florestais tropicais concentram parte significativa da diversidade mundial de Coleoptera, já que a elevada heterogeneidade estrutural desses ecossistemas proporciona grande variedade de microhabitats, permitindo a coexistência de numerosas espécies com



diferentes exigências ecológicas. Fatores como disponibilidade de serapilheira, complexidade da vegetação, presença de troncos em decomposição e estabilidade microclimática são frequentemente apontados como determinantes para a manutenção da diversidade de besouros em florestas tropicais (DIDHAM *et al.*, 1998).

No Brasil, a diversidade de Coleoptera ainda é considerada subamostrada, mesmo que milhares de espécies já tenham sido registradas, novas ocorrências e espécies continuam sendo descritas regularmente. Essa lacuna de conhecimento é particularmente evidente em regiões de transição entre biomas e em áreas de floresta tropical onde levantamentos sistemáticos permanecem escassos (COSTA *et al.*, 2006).

Além de sua importância ecológica, os coleópteros são amplamente utilizados como bioindicadores ambientais, já que a composição e abundância de determinadas famílias podem refletir alterações ambientais associadas à fragmentação de habitats, mudanças microclimáticas, degradação da vegetação e perturbações antrópicas. Como consequência, diversos programas de monitoramento ambiental utilizam comunidades de besouros para avaliar a qualidade dos ecossistemas e acompanhar processos de recuperação ambiental (Rainio; Niemelä, 2003).

Entre as famílias frequentemente empregadas em estudos ecológicos destacam-se Staphylinidae, Scarabaeidae, Carabidae, Nitidulidae e Tenebrionidae, esses grupos apresentam ampla distribuição geográfica, elevada abundância e respostas relativamente rápidas às alterações ambientais, características desejáveis para organismos indicadores (Lövei; Sunderland, 1996).

2.2 Assembleias de Coleoptera de Solo em Ambientes Florestais

As assembleias biológicas podem ser definidas como conjuntos de organismos taxonomicamente relacionados que coexistem em uma determinada área e interagem sob condições ambientais semelhantes (FAUTH *et al.*, 1996). O estudo das assembleias permite compreender como fatores ecológicos, espaciais e históricos influenciam a distribuição dos organismos e a estrutura das comunidades. Entre os grupos de invertebrados terrestres, os coleópteros destacam-se como excelentes modelos para esse tipo de análise devido à elevada diversidade taxonômica, ampla distribuição geográfica e grande variedade de funções ecológicas desempenhadas nos ecossistemas (LAWRENCE *et al.*, 2010).



Os besouros de solo constituem um componente importante da fauna associada à serapilheira e às camadas superficiais do solo, já que esses organismos participam de processos fundamentais para o funcionamento dos ecossistemas, incluindo decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, incorporação de matéria orgânica ao solo, dispersão de sementes, predação e regulação populacional de outros invertebrados (NICHOLS *et al.*, 2008). Dessa forma, alterações em sua composição ou abundância podem refletir mudanças ambientais capazes de afetar o equilíbrio ecológico local.

A estrutura das assembleias de Coleoptera é influenciada por múltiplos fatores ambientais, podendo destacar entre os principais a disponibilidade de recursos alimentares, a umidade do solo, a temperatura, a profundidade da serapilheira, a complexidade da vegetação e a presença de microhabitats adequados para abrigo e reprodução (DIDHAM *et al.*, 1998; LASSAU *et al.*, 2005). Esses fatores podem atuar isoladamente ou em conjunto, produzindo padrões complexos de distribuição espacial.

Em ambientes florestais, a serapilheira exerce papel central na organização das assembleias de besouros, pois além de fornecer abrigo e proteção contra predadores, ela constitui uma importante fonte de recursos para organismos detritívoros, fungívoros e predadores associados ao solo (WARDLE *et al.*, 2006). Segundo Hansen (2000), a profundidade da serapilheira está frequentemente associada ao aumento da riqueza e abundância de artrópodes, uma vez que proporciona maior disponibilidade de nichos ecológicos e maior estabilidade microclimática.

A composição funcional das assembleias também apresenta grande relevância ecológica, uma vez que diferentes famílias de Coleoptera desempenham papéis distintos nos ecossistemas. Staphylinidae, por exemplo, é composta predominantemente por espécies predadoras e saprófagas, frequentemente associadas à matéria orgânica em decomposição (NEWTON *et al.*, 2001). Scarabaeidae inclui importantes organismos coprófagos e necrófagos responsáveis pela incorporação de matéria orgânica ao solo e pela redistribuição de nutrientes (NICHOLS *et al.*, 2008).

Já Tenebrionidae e Nitidulidae frequentemente apresentam associação com resíduos vegetais e processos decompositores (LAWRENCE *et al.*, 2010). A distribuição dessas famílias ao longo do ambiente raramente ocorre de forma homogênea, isso se sustenta a partir de diversos estudos que demonstram como pequenas variações ambientais podem resultar em



alterações significativas na composição e abundância relativa dos grupos presentes (BARLOW *et al.*, 2007).

Em escalas locais, fatores relacionados ao microhabitat costumam exercer maior influência sobre a comunidade, e em contrapartida, em escalas mais amplas, fatores relacionados à paisagem, conectividade dos habitats e histórico de perturbações ambientais tornam-se progressivamente mais importantes (LEGENDRE; LEGENDRE, 2012). Por isso, além de sua importância ecológica, as assembleias de Coleoptera são amplamente utilizadas em programas de biomonitoramento.

A sensibilidade de muitas famílias às alterações ambientais permite utilizar mudanças na composição da comunidade como indicadores da qualidade do habitat e do grau de conservação dos ecossistemas (RAINIO; NIEMELÄ, 2003). Essa característica tem favorecido o uso dos coleópteros em estudos voltados para conservação, restauração ecológica e avaliação de impactos ambientais. Em grupos megadiversos como Coleoptera, a identificação em nível de família constitui uma alternativa amplamente utilizada em estudos ecológicos, especialmente quando a identificação específica é limitada pela elevada diversidade taxonômica e pela escassez de especialistas. Além de reduzir o tempo necessário para as identificações, esse nível taxonômico é capaz de representar adequadamente os padrões de composição e resposta das comunidades às variações ambientais (WILLIAMS; GASTON, 1994; BALMFORD *et al.*, 1996).

Nos ecossistemas tropicais, onde a diversidade biológica é elevada e os processos ecológicos frequentemente apresentam grande complexidade, a análise das assembleias de Coleoptera constitui uma ferramenta importante para compreender como fatores ambientais influenciam a distribuição da biodiversidade. Dessa forma, o estudo da composição, riqueza e abundância desses organismos permite avaliar a resposta das comunidades às variações ambientais e identificar os principais mecanismos responsáveis pela sua estruturação.

2.3 Heterogeneidade Ambiental e Estrutura do Microhabitat

A heterogeneidade ambiental representa um dos conceitos fundamentais da ecologia moderna e pode ser definida como a variação espacial ou temporal das características físicas, químicas e biológicas de um ambiente (TEWS *et al.*, 2004). Essa variação pode ocorrer em múltiplas escalas, desde diferenças observadas entre grandes paisagens até pequenas alterações registradas dentro de uma mesma área florestal. A existência dessa heterogeneidade influencia



diretamente a disponibilidade de recursos e a distribuição dos organismos, constituindo um dos principais fatores responsáveis pela manutenção da biodiversidade.

Segundo MacArthur e MacArthur (1961), ambientes estruturalmente mais complexos oferecem maior variedade de nichos, permitindo a coexistência de espécies com diferentes exigências ecológicas, e, conseqüentemente, áreas mais heterogêneas tendem a apresentar maiores valores de riqueza e diversidade quando comparadas a ambientes estruturalmente simplificados. Nos ecossistemas florestais, a heterogeneidade ambiental resulta da interação entre diversos componentes da vegetação e do ambiente físico, as variáveis como cobertura do dossel, profundidade da serapilheira, densidade do sub-bosque, disponibilidade de troncos em decomposição, relevo e características do solo contribuem para a formação de uma ampla variedade de microhabitats (LASSAU *et al.*, 2005).

O conceito de microhabitat refere-se ao conjunto de condições ambientais experimentadas diretamente pelos organismos em seu ambiente imediato (MCCUNE; GRACE, 2002). Para artrópodes associados ao solo, pequenas variações na temperatura, umidade ou disponibilidade de matéria orgânica podem influenciar significativamente sua sobrevivência, reprodução e distribuição espacial. Segundo Tews *et al.* (2004), a complexidade estrutural dos habitats constitui um dos principais mecanismos responsáveis pelo aumento da biodiversidade, onde ambientes com maior quantidade de estruturas físicas tendem a apresentar maior disponibilidade de abrigo, recursos alimentares e locais para reprodução, favorecendo a coexistência de um maior número de espécies.

Diversos estudos demonstram que a heterogeneidade ambiental influencia diretamente a composição de comunidades de artrópodes terrestres, como o de Lassau *et al.* (2005). Estes autores verificaram que áreas florestais com maior complexidade estrutural apresentavam comunidades mais diversas de insetos, enquanto ambientes estruturalmente simplificados apresentavam menor riqueza e maior dominância de poucos grupos. Em coleópteros, a heterogeneidade ambiental pode influenciar tanto a composição taxonômica quanto a abundância relativa das famílias. Famílias associadas a ambientes úmidos, por exemplo, tendem a concentrar-se em locais com maior acúmulo de matéria orgânica e maior estabilidade microclimática, enquanto grupos mais tolerantes à dessecação podem ocupar áreas mais abertas e sujeitas a maiores oscilações ambientais (DIDHAM *et al.*, 1998).

A compreensão dos padrões de heterogeneidade ambiental é fundamental para estudos ecológicos que buscam identificar os fatores responsáveis pela organização das comunidades



biológicas. Dessa forma, a caracterização detalhada do microhabitat constitui uma etapa essencial para avaliar como as variações ambientais influenciam a distribuição dos organismos e a estrutura das assembleias em ecossistemas florestais.

2.4 Ecologia de Zonas Ripárias e Influência dos Riachos sobre Comunidades Terrestres

As zonas ripárias correspondem às áreas de transição localizadas entre os ecossistemas terrestres e os ambientes aquáticos, formando faixas de vegetação associadas a rios, riachos, córregos e demais corpos hídricos. Essas áreas desempenham papel fundamental na manutenção da biodiversidade e no funcionamento dos ecossistemas, atuando como corredores ecológicos, reguladores hidrológicos e importantes centros de troca de matéria e energia entre os ambientes terrestre e aquático (NAIMAN; DÉCAMPS; McCLAIN, 2005).

Devido à influência direta da água, as zonas ripárias apresentam características ambientais distintas daquelas observadas em áreas mais afastadas dos cursos d'água, como por exemplo a disponibilidade hídrica, a umidade do solo, a estabilidade térmica e a produtividade vegetal tendem a ser maiores nessas regiões, criando condições favoráveis para uma ampla variedade de organismos (GREGORY *et al.*, 1991). Como consequência, esses ambientes frequentemente apresentam elevados níveis de riqueza e diversidade biológica quando comparados a áreas adjacentes.

Segundo Odum e Barrett (2007), os ecótonos frequentemente apresentam características próprias e elevada complexidade ambiental, resultado da interação entre comunidades distintas, essa condição favorece a ocorrência simultânea de espécies associadas tanto aos ambientes terrestres quanto aos ambientes aquáticos, contribuindo para o aumento da biodiversidade local. A proximidade dos corpos d'água gera gradientes ambientais capazes de influenciar diretamente a distribuição dos organismos, em áreas próximas aos riachos, a maior disponibilidade de água favorece a manutenção de condições microclimáticas relativamente estáveis, reduzindo os efeitos de períodos secos e minimizando oscilações extremas de temperatura (NAIMAN; DÉCAMPS; McCLAIN, 2005). Essas condições são particularmente importantes para a fauna edáfica, pois muitos artrópodes terrestres apresentam elevada sensibilidade à perda de água e dependem de ambientes úmidos para realizar atividades como alimentação, reprodução e desenvolvimento larval (WARDLE *et al.*, 2006). Dessa forma, a proximidade dos riachos pode aumentar a disponibilidade de habitats adequados para esses organismos, favorecendo a manutenção de comunidades mais diversas.



Outro aspecto relevante das zonas ripárias está relacionado ao acúmulo de matéria orgânica, já que a vegetação associada aos cursos d'água frequentemente contribui com grande quantidade de folhas, galhos, frutos e outros resíduos vegetais que se acumulam sobre o solo e na serapilheira (RICHARDSON *et al.*, 2005). Esse material representa importante fonte de energia para organismos decompositores e para diversos grupos que dependem direta ou indiretamente dos processos de decomposição. Além da matéria orgânica produzida localmente, os riachos podem transportar recursos provenientes de áreas adjacentes, ampliando a disponibilidade de alimento para diferentes organismos.

Baxter, Fausch e Saunders (2005) destacam que a transferência de nutrientes e matéria orgânica entre ambientes aquáticos e terrestres constitui um dos principais mecanismos responsáveis pela elevada produtividade biológica observada em ecossistemas ripários. A influência dos riachos sobre as comunidades terrestres não se restringe apenas à disponibilidade de recursos, uma vez que a presença da vegetação ripária também modifica a estrutura física do ambiente, contribuindo para a formação de microhabitats distintos daqueles encontrados em áreas mais afastadas dos corpos hídricos (GREGORY *et al.*, 1991). Essas diferenças estruturais podem influenciar diretamente a composição e a abundância dos organismos presentes.

Paetzold, Schubert e Tockner (2005), estudando gradientes associados a ambientes ripários, observaram que a composição de artrópodes variava significativamente ao longo da distância em relação aos corpos d'água. Os coleópteros aparecem entre os grupos frequentemente influenciados por gradientes ripários, já que muitas famílias apresentam preferência por ambientes úmidos e ricos em matéria orgânica, condições frequentemente encontradas nas proximidades dos riachos (LÖVEI; SUNDERLAND, 1996). Alterações na disponibilidade desses recursos podem modificar a abundância relativa das famílias e resultar em diferenças significativas na composição das assembleias ao longo de gradientes espaciais.

Algumas famílias podem ser favorecidas pela maior disponibilidade de recursos orgânicos, enquanto outras respondem principalmente às condições microclimáticas mais estáveis presentes nas áreas próximas aos riachos. Além disso, a vegetação ripária frequentemente apresenta estrutura distinta daquela observada em áreas mais distantes, contribuindo para aumentar a heterogeneidade ambiental e a diversidade de nichos disponíveis (NAIMAN; DÉCAMP; McCLAIN, 2005). Entretanto, a magnitude dessas respostas pode variar de acordo com as características locais do ambiente, afinal em áreas onde a vegetação apresenta estrutura relativamente homogênea, pequenas diferenças na disponibilidade hídrica



podem exercer influência significativa sobre a fauna. Por outro lado, em ambientes altamente heterogêneos, a resposta das comunidades pode resultar da interação entre múltiplos fatores ambientais, incluindo cobertura do dossel, profundidade da serapilheira, composição vegetal e distância dos corpos d'água (LEGENDRE; LEGENDRE, 2012).

Nos últimos anos, a compreensão da importância ecológica das zonas ripárias tem adquirido destaque crescente em programas de conservação e manejo ambiental, visto que a manutenção dessas áreas é considerada fundamental para a preservação da biodiversidade, especialmente em paisagens submetidas à fragmentação e outras formas de perturbação antrópica (NAIMAN; DÉCAMPS; McCLAIN, 2005). Nesse contexto, estudos que avaliam a resposta das comunidades biológicas aos gradientes associados aos riachos contribuem para o entendimento dos processos ecológicos que estruturam a biodiversidade, e fornecem informações relevantes para estratégias de conservação em ecossistemas florestais.

Em florestas úmidas da Tasmânia, verificou-se que as assembleias de coleópteros epígeos sofreram alterações graduais na composição ao longo do gradiente de distância em relação aos riachos, sendo as características locais do habitat, como umidade do solo, cobertura vegetal e acúmulo de serapilheira, mais importantes para explicar a distribuição das espécies do que a distância ao curso d'água isoladamente. Esses resultados evidenciam que a heterogeneidade do microhabitat exerce papel determinante na organização das assembleias de Coleoptera em ambientes ripários (BAKER; RICHARDSON; SEEMAN, 2004).

Em estudos recentes foi observado que comunidades de Carabidae ao longo do curso de pequenos riachos, que variam longitudinalmente a abundância, a riqueza e a composição das assembleias, com mudanças na composição funcional e na ocorrência de espécies indicadoras entre trechos a montante e jusante. Os autores atribuíram essas diferenças principalmente às alterações nas condições ambientais das zonas ripárias, como disponibilidade de sedimentos, conectividade hidrológica e estrutura da vegetação (MIDDENDORF et al., 2025).

Da mesma forma, revisões recentes destacam que a umidade do solo, a estrutura da vegetação, a disponibilidade de recursos provenientes dos ambientes aquáticos e as modificações hidrológicas são os principais fatores responsáveis pela substituição de assembleias de coleópteros em corredores ripários, reforçando o potencial desses organismos como indicadores ecológicos de gradientes ambientais (MURGU; RÎȘNOVEANU, 2023).



3 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Caracterizar a heterogeneidade estrutural do microhabitat e avaliar como as variações ambientais influenciam a composição, a abundância e os padrões de similaridade das assembleias de Coleoptera ao longo de um gradiente de distância em relação aos riachos no Parque Nacional da Chapada das Mesas, Maranhão, Brasil.

Objetivos Específicos

- Caracterizar a heterogeneidade estrutural do microhabitat a partir da cobertura do dossel, profundidade e composição da serapilheira e complexidade do sub-bosque.
- Descrever a composição e a abundância das famílias de Coleoptera registradas nas áreas amostradas. Assim como avaliar a variação na composição das assembleias de Coleoptera ao longo do gradiente de distância em relação aos riachos.
- Analisar os padrões de similaridade e dissimilaridade entre as assembleias de Coleoptera e sua relação com a heterogeneidade do microhabitat e identificar as famílias que mais contribuem para essa diferenciação ao longo do gradiente ambiental.
- Produzir uma lista das famílias de Coleoptera registradas no Parque Nacional da Chapada das Mesas.

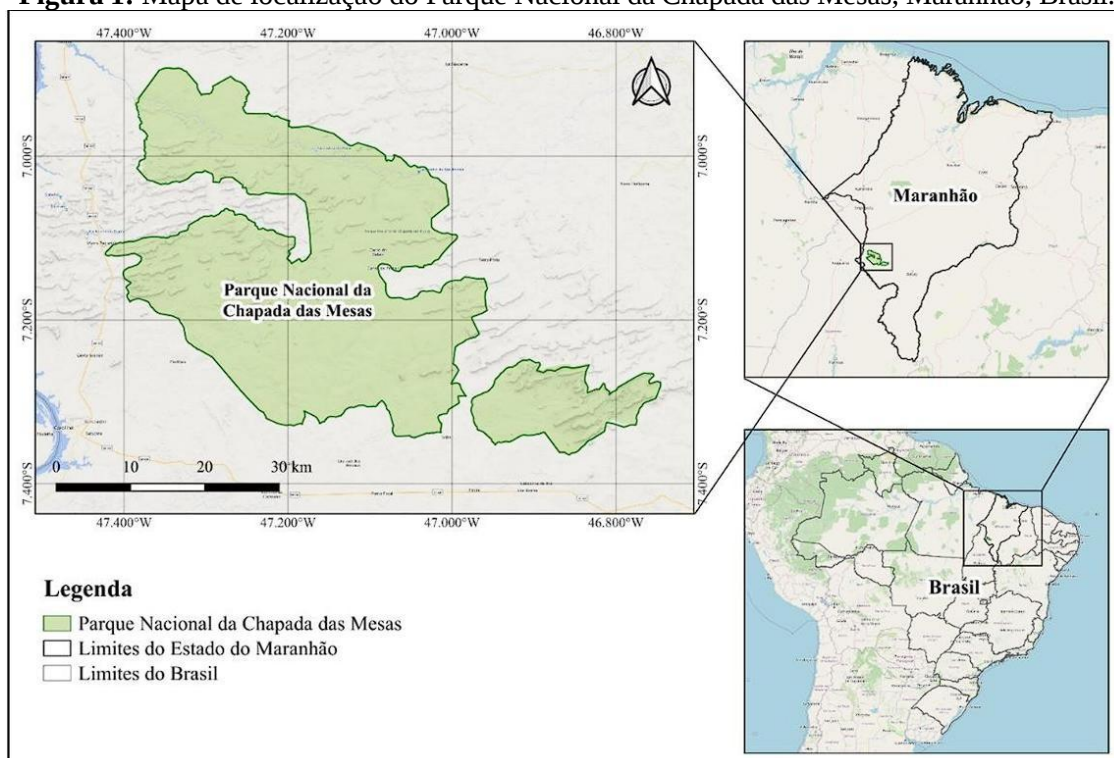
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM) ocupa uma área de 161.000 ha e está localizado no sul do estado do Maranhão (figura 1), abrangendo os municípios de Carolina, Estreito e Riachão (7°19'0''S e 47°20'06''O). O relevo predominante no PNCM é o plano-ondulado com chapadas que variam de 250m a 520m, a formação do solo é composta basicamente de sambaíba, sendo quase que totalmente compostos de areia (MMA, 2007).



Figura 1: Mapa de localização do Parque Nacional da Chapada das Mesas, Maranhão, Brasil.



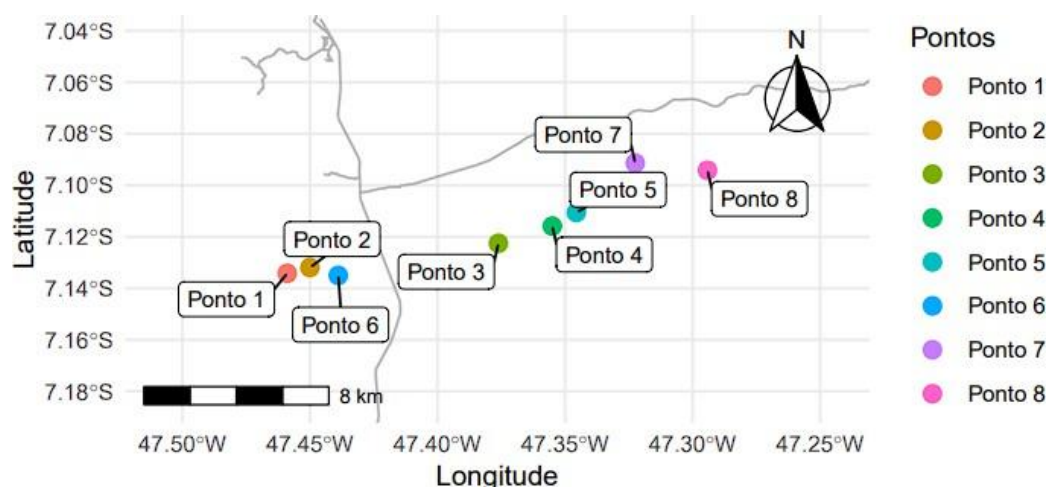
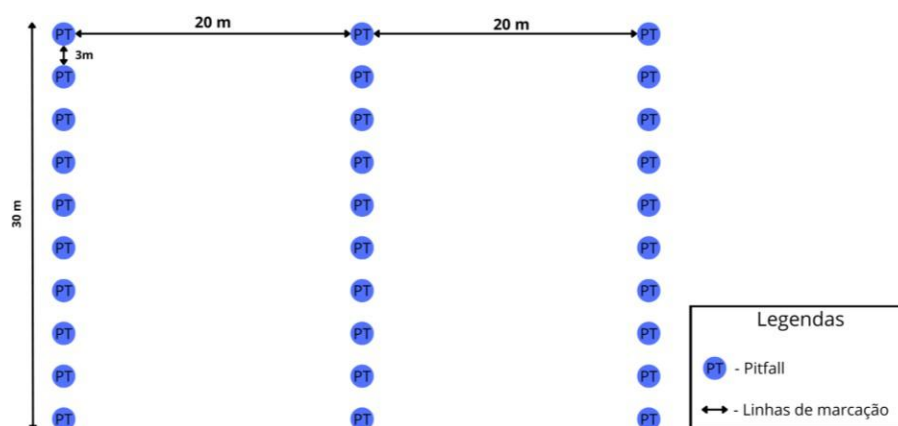
Fonte: PAULA, 2023

O clima da região é o tropical úmido, com temperaturas elevadas no decorrer do ano, possuindo duas estações bem definidas: de maio a outubro predomina um verão seco, e de novembro a abril um inverno chuvoso, com índices pluviométricos anuais variando entre 1.250 mm e 1.500 mm e a temperatura média anual é de 26,1 °C. A vegetação do PNCM apresenta vegetação típica do Cerrado com aspectos savânicos e florestais onde também podem ser encontradas espécies da Caatinga e da Amazônia (MMA, 2007).

4.2 Delineamento amostral e procedimento de laboratório

Foram amostrados oito (8) pontos de coleta em matas de galeria no PNCM (Figura 2), que possuíam, em média, 25 m de largura e eram circundados por faixas de vegetação não florestal, havendo uma transição com formações savânicas. Em cada ponto, foram demarcados três (3) transectos de 30 m de comprimento, paralelos entre si e posicionados a 3 m, 23 m e 43 m do riacho (figura 3). A amostragem, por motivos logísticos, foi realizada em duas expedições de campo, que ocorreram durante a estação seca da região, nos meses de setembro e outubro do ano de 2023, utilizando armadilhas de queda (*pitfall traps*).



Figura 2: Mapa da localização dos pontos no PNCM.**Fonte:** O autor, 2025**Figura 3:** Delineamento amostral adotado em cada um dos pontos amostrados, indicando o espaçamento entre o riacho, os transectos e as armadilhas de queda.**Fonte:** O autor, 2025

Esse método é empregado na captura de animais de solo que se deslocam ativamente na serapilheira (TOURINHO; LO-MAN-HUNG, 2021). Para a montagem das armadilhas, foram utilizados copos de 500 ml que foram enterrados ao nível do solo e cobertos com pratos de isopor, suspensos por três (3) palitos de madeira enterrados no solo, a fim de evitar o acúmulo de detritos (figura 4). Dentro do copo foi utilizado um líquido conservante composto por uma solução saturada de água e sal e algumas gotas de detergente a fim de quebrar a tensão superficial da água, o que faz com que os animais que caíam na solução afundem.



Figura 4: (A) Montagem das armadilhas de queda. (B) Armadilha montada



Fonte: O autor, 2023

Em cada ponto foram montadas trinta (30) armadilhas, totalizando duzentos e quarenta (240) armadilhas na área de estudo; ao final, cada amostra foi retirada e transferida para um pote coletor, contendo álcool 70%, e etiquetada com um código de campo, que remete a informações de localidade, método, coletor(es) e data de coleta. O conjunto de amostras coletado nas armadilhas de um mesmo transecto foi considerado uma única amostra, totalizando 24 unidades amostrais.

4.3 Amostragem de variáveis ambientais

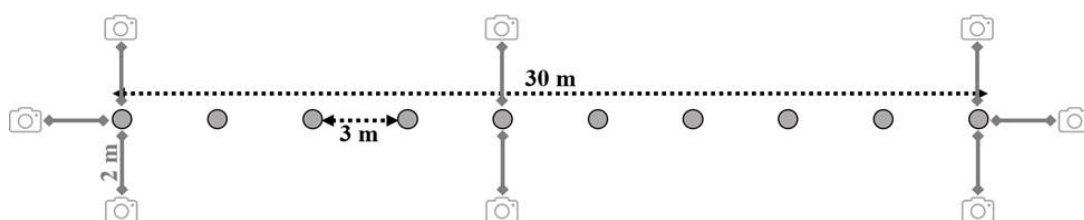
Foram tomadas nove (9) medidas de profundidade da serapilheira, no ponto médio entre cada uma das dez (10) armadilhas de queda instaladas, em cada transecto. Cada medida foi tomada a partir da medição da altura do folheto, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros. Posteriormente, tais medidas foram utilizadas para se obter a profundidade média da serapilheira em cada transecto.

Para calcular a composição da serapilheira, no início, meio e fim de cada transecto, foram coletados 50 cm² de serapilheira, os quais foram armazenados em sacos plásticos, contendo a etiqueta de identificação de cada amostra, para posterior triagem em laboratório. Posteriormente, foram definidas três (3) categorias para determinar a composição da serapilheira coletada, sendo elas: folhas, galhos e outros (nessa categoria eram incluídos, principalmente, flores, frutos e sementes). Assim, em laboratório, cada amostra de serapilheira foi separada nas categorias estabelecidas e, em seguida, cada categoria foi pesada com o auxílio de uma balança digital, obtendo-se, dessa forma, a quantificação da composição da serapilheira de cada transecto. As medidas de complexidade da vegetação foram tomadas na primeira, quinta e última armadilha de cada transecto.



Para isto, foram tomadas fotografias digitais de uma tela branca de 1,65 x 2,35 m, disposta em contato com o solo, para a qual uma câmera foi posicionada a 2 m de distância, obtendo-se imagens da vegetação contra a tela. Em cada transecto foram obtidas oito fotografias, perpendiculares e paralelas ao transecto. Posteriormente, essas imagens foram processadas com o uso do programa ImageJ (SCHNEIDER; RASBAND; ELICEIRI, 2012). Cada imagem foi calibrada e convertida em preto e branco, em que os pixels pretos representam a vegetação fotografada. Em seguida, foi calculado o valor médio de complexidade do sub-bosque de cada um dos transectos, a partir do percentual de pixels pretos em cada fotografia.

Figura 5: Delineamento amostral adotado indicando a disposição dos locais de medição da complexidade do sub-bosque em cada transecto.



Fonte: PAULA, 2023

A mensuração da abertura de dossel também foi feita através do uso de fotografias digitais, capturadas a partir do aplicativo para smartphone CanopyApp, versão 1.0.4. Após a captura da imagem, o aplicativo calcula o percentual da imagem ocupada pela vegetação, a partir de parâmetros definidos pelo usuário. Foram tomadas nove fotografias do dossel por transecto, nos mesmos locais em que a profundidade da serapilheira foi medida. Ao final, foi calculada a porcentagem média de cobertura de dossel de cada um dos transectos amostrados.

4.4 Análise dos dados

Para caracterizar a heterogeneidade do microhabitat e avaliar os padrões de composição, diversidade e distribuição das famílias de Coleoptera, foram feitas análises multivariadas e índices ecológicos utilizando o software PAST versão 5.3 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

A Análise de Componentes Principais (PCA – Principal Component Analysis) foi utilizada para identificar os principais gradientes de variação ambiental presentes na área de estudo, permitindo sintetizar as variáveis de habitat em eixos de ordenação e evidenciar padrões de heterogeneidade estrutural entre as parcelas. (Legendre; Legendre, 2012). Para o resultado foi utilizado a matriz de correlação, já que o PAST padroniza automaticamente todas as



variáveis (z-score). Esse é o procedimento recomendado na literatura para PCA quando as variáveis possuem unidades diferentes (Legendre; Legendre, 2012; Borcard, Gillet & Legendre, 2018). Para avaliar a diversidade das famílias de Coleoptera foram calculados os índices de Shannon-Wiener (H'), Simpson (1-D), Equitabilidade de Pielou (J') e Dominância (D), além do estimador de riqueza Chao-1, permitindo quantificar riqueza, diversidade, uniformidade na distribuição dos indivíduos e suficiência amostral (Magurran, 2004).

Os padrões de similaridade entre as amostras foram investigados por meio da Análise de Agrupamento Hierárquico (Cluster Analysis), utilizando o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis, amplamente empregado em estudos ecológicos por considerar a abundância dos táxons e permitir a identificação de grupos de amostras com composição semelhante (Bray; Curtis, 1957). Foram construídos dendrogramas tanto para as variáveis ambientais quanto para a composição das famílias de Coleoptera, possibilitando a comparação entre os padrões de similaridade estrutural e biológica.

Para visualizar a similaridade das amostras em um espaço de baixa dimensionalidade foi utilizado o Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS – Non-Metric Multidimensional Scaling), baseado no índice de Bray-Curtis. Essa técnica permite representar graficamente padrões de similaridade e dissimilaridade entre as comunidades, possibilitando a identificação de agrupamentos e gradientes na composição faunística (CLARKE, 1993; BORCARD; GILLET; LEGENDRE, 2018).

A influência do gradiente de distância aos riachos sobre a composição das assembleias foi avaliada por meio da Análise de Variância Permutacional Multivariada (PERMANOVA), que testa diferenças na estrutura da comunidade entre grupos definidos a partir de matrizes de distância ecológica, sem exigir pressupostos de normalidade dos dados (ANDERSON, 2001). Complementarmente, foi realizada a análise SIMPER (Similarity Percentage), utilizada para identificar quais famílias contribuíram mais para a dissimilaridade observada entre os grupos amostrais, permitindo quantificar a participação relativa de cada táxon na diferenciação das comunidades (CLARKE, 1993; CLARKE; WARWICK, 2001).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Representatividade das famílias coletadas

No total foram coletados 1030 espécimes que foram identificados ao nível taxonômico de família utilizando a chave compilada do livro Insetos do Brasil, 2º edição (RAFAEL, J.A.,



et al, 2024), distribuindo os espécimes em 18 famílias. A família mais abundante foi Scarabaeidae representando 28,74% dos indivíduos coletados e sendo encontrada em quase todas as parcelas de amostragem, seguida por Staphylinidae, Nitidulidae, Tenebrionidae, Carabidae, Curculionidae, Histeridae, Chrysomelidae e Elateridae, as demais famílias representaram valores abaixo de 1% da abundância relativa, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Famílias, abundância total e abundância relativa encontradas no Parque Nacional da Chapada das Mesas, Carolina, Maranhão.

Família	Abundância total	Abundância Relativa
Bothrideridae	2	0,19%
Carabidae	66	6,41%
Chrysomelidae	16	1,55%
Curculionidae	27	2,62%
Elateridae	18	1,75%
Elmidae	2	0,19%
Endomychidae	4	0,39%
Histeridae	24	2,33%
Hydrophilidae	3	0,29%
Latriidae	2	0,19%
Lucanidae	2	0,19%
Nitidulidae	217	21,07%
Ptiliidae	1	0,10%
Scarabidae	296	28,74%
Staphylinidae	257	24,95%
Tenebrionidae	89	8,64%
Teredidae	3	0,29%
Trachypachidae	1	0,10%
Total	1030	100,00%

Fonte: O autor, 2026

O conjunto de Coleópteros coletados em todas as armadilhas de queda de um mesmo transecto foi considerado uma única amostra, para fins estatísticos, totalizando 24 unidades amostrais (Tabela 2). As amostras então foram organizadas a partir do seu ponto de coleta (P) e do número de transecto (T) para a identificação.



Tabela 2: Agrupamento dos componentes amostrados e utilizados nas análises

Transect	Dossel (%)	Prof. Serrapilheira (cm)	Peso Folhas (g)	Peso Galhos (g)	Peso Outros (g)	Complex. SubBosque	Soma dos Indivíduo
T1P1	91.072	2.1	192	52	9.562	29.68	62
T2P1	11.220	0.5	129	7.294	4.233	30.75	9
T3P1	22.948	0.56	99	8.328	1391	14.52	33
T1P2	88.396	3.1	488	75	16.394	21.95	47
T2P2	58.035	3.1	315	405	1.987	36.72	11
T3P2	23.132	1.23	225	150	5.493	22.54	50
T1P3	91.456	2	165	12.300	9.649	32	36
T2P3	92.305	2.1	121	55	1.634	36.31	16
T3P3	47	1.47	252	38	3.482	40.89	32
T1P4	89.565	4.1	198	98	20.036	33.77	62
T2P4	44.058	1.1	175	82	1.827	39.39	12
T3P4	26.940	0.65	125	7.544	2.336	13.97	3
T1P5	88.608	2	165	105	761	23.71	54
T2P5	57.042	1.59	135	5.241	586	31.09	69
T3P5	17.938	0.13	68	9.056	3.939	37.51	31
T1P6	93.863	6	172	158	4.685	32.75	24
T2P6	83.725	2.73	192	62	9.102	46.8	19
T3P6	73.988	1.7	288	48	5.753	41.65	35
T1P7	91.534	2	458	132	38	31.07	28
T2P7	60.510	2	414	68	5.94	33.25	188
T3P7	54.79	0.35	26.33	99	0.75	36.56	46
T1P8	86.40	1	56.66	2.66	10.27	38.21	23
T2P8	58.09	1.5	490.66	17.66	5.28	29.15	78
T3P8	15.48	0.36	46	10.49	0.24	30.36	62

Fonte: O autor, 2026

Para as análises nos softwares, foi adaptada a tabela de dados principal de forma que abrangesse de forma equitativa todas as 24 amostras com todas as famílias coletadas e todas as médias de variáveis ambientais, que, por conseguinte, foi adaptada somando o número total de indivíduos para que fosse incluído no trabalho.

5.2 Estrutura da Comunidade e Índices de diversidade

Foram registradas 18 famílias de Coleoptera ao longo da área estudada, e a abundância observada variou entre as famílias, destacando-se Carabidae, Scarabaeidae e Staphylinidae, que apresentaram os maiores valores de riqueza. Da mesma forma, Scarabaeidae (296 indivíduos) e Staphylinidae (257 indivíduos) concentraram as maiores abundâncias registradas. Os valores dos índices de diversidade foram calculados gerando a tabela 3, a partir dela foram feitas as análises ecológicas e as comparações estatísticas.

Tabela 3: Valores dos índices de diversidade.

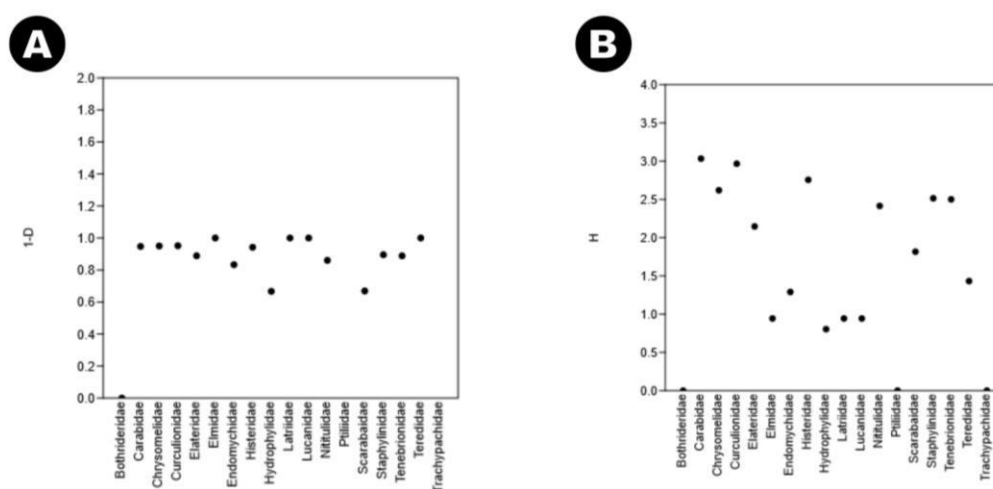
	Bothrididae	Carabidae	Chrysomelidae	Curculionidae	Elatridae	Elmidae	Endomychidae	Histeridae	Hydrophilidae	Latriidae	Lucanidae	Nitidulidae	Ptiliidae	Scarabaeidae	Staphylinidae	Tenebrionidae	Teredidae	Trachypachidae
Taxa_S	1	22	11	18	8	2	2	17	2	2	2	20	1	19	22	18	4	1
Individuals	2	66	16	28	18	2	2	29	3	2	2	230	1	454	259	94	7	1
Dominance_D	1	5.268	0.05	4.497	1.111	0	0	4.433	3.333	0	0	1.257	NAN	2.719	1.029	102	2.857	NAN
Simpson_1-D	0	9.473	0.95	955	8.889	1	1	9.557	6.667	1	1	8.743	NAN	7.281	8.971	898	7.143	NAN
Shannon_H	0	3.033	2.619	3.033	2.147	9.431	9.431	2.974	8.032	9.431	9.431	2.539	0	1.755	2.544	2.58	1.368	0
Equitability_J		9.297	962	9.442	9.388	1	1	9.523	9.183	1	1	8.337		5.893	0.81	8.615	8.322	
Chao-1	1	24.11	15.92	30.73	8.189	2.5	2.5	21.97	2.333	2.5	2.5	20	1	20	22.75	22.95	6.571	1

Fonte: O autor, 2026



Os índices de Shannon e Simpson (Figura 6) demonstraram diferenças na organização da diversidade entre as famílias, com algumas apresentando valores elevados desses índices, indicando maior distribuição dos indivíduos entre os táxons registrados, enquanto outras exibiram valores reduzidos, refletindo maior concentração da abundância em poucos táxons. Observa-se, entretanto, que o índice de Simpson apresentou menor variação entre as famílias, sugerindo relativa estabilidade na dominância dos grupos mais abundantes, enquanto o índice de Shannon evidenciou maior amplitude de valores, indicando maior sensibilidade às diferenças na distribuição da abundância entre as famílias.

Figura 6: Representação visual do Índices de diversidade Simpson(A) e Shannon(B)



Fonte: O autor, 2026

Esse padrão sugere que as assembleias de Coleoptera diferem principalmente quanto à equitabilidade e à composição relativa das famílias, mais do que pela dominância de poucos grupos. Resultados semelhantes são descritos por Magurran (2004), que destaca a maior sensibilidade do índice de Shannon às variações na distribuição dos indivíduos, enquanto o índice de Simpson tende a refletir principalmente a influência dos táxons dominantes. Dessa forma, ambos os índices se complementam na caracterização da diversidade observada nas assembleias analisadas.

Já os índices de equitabilidade evidenciaram que determinadas famílias apresentaram distribuição relativamente uniforme dos indivíduos, enquanto outras foram caracterizadas por distribuição desigual. Esse padrão foi corroborado pelos valores de dominância, que indicaram maior concentração de indivíduos em poucos táxons para algumas famílias. Segundo Magurran (2004), a interpretação conjunta de riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância permite compreender não apenas quantos táxons estão presentes, mas também como os indivíduos se



As parcelas T1P6, T2P2, T1P7 e T1P2 apresentaram associação com o eixo positivo do primeiro componente, refletindo maiores valores relativos de profundidade da serapilheira, biomassa vegetal e cobertura do dossel, embora com diferentes intensidades entre as variáveis. Em contraste, T3P4, T3P8, T2P1 e T3P5 ocuparam posições opostas no espaço de ordenação, indicando condições ambientais distintas e menores valores relativos dessas variáveis. A parcela T1P5 destacou-se pela forte associação com a variável *Peso_Outros*, evidenciando um microhabitat com maior contribuição de materiais orgânicos distintos de folhas e galhos.

A distribuição das parcelas evidencia a existência de um gradiente de heterogeneidade estrutural em escala local, principalmente ao longo do primeiro componente, separando ambientes com maior acúmulo de serapilheira e maior cobertura vegetal daqueles com menor contribuição desses atributos. Observa-se ainda que a complexidade do sub-bosque apresentou maior contribuição para o segundo componente, diferenciando parcelas como T2P6 e T2P3 das demais. Esses resultados indicam que, mesmo em uma área florestal contínua, pequenas variações na estrutura do habitat geram diferentes condições ambientais entre as parcelas, padrão frequentemente observado em ecossistemas florestais heterogêneos (LEGENDRE; LEGENDRE, 2012).

Para uma melhor observação dos padrões ambientais, bem como visualizar a representatividade de famílias em cada transecto foi preparada uma tabela com o número do transecto, as famílias amostradas, a abundância de espécimes e uma descrição do microhabitat, destacando suas principais características baseadas nas variáveis mensuradas (Anexo A).

5.4 Similaridade Ambiental e Biológica

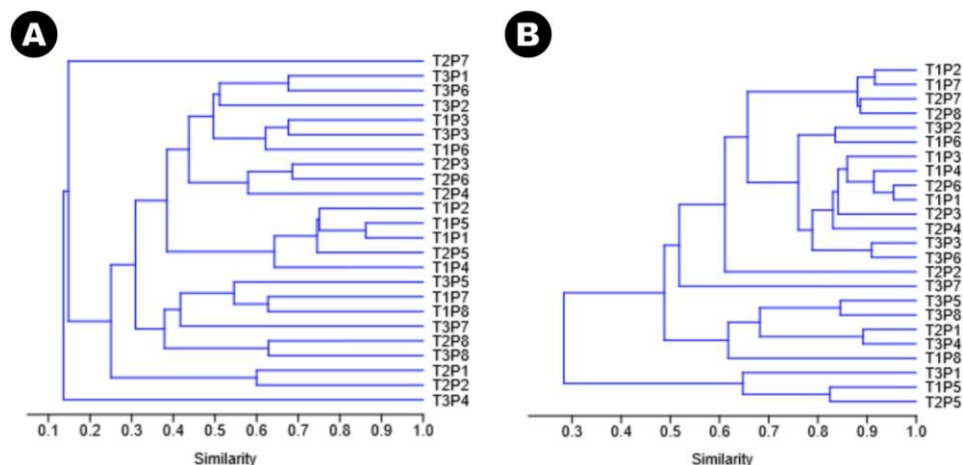
A análise de agrupamento baseada nas variáveis ambientais revelou a formação de grupos de parcelas com elevada similaridade estrutural, onde os agrupamentos ocorreram em níveis relativamente altos de similaridade, indicando que diversas parcelas compartilham características ambientais semelhantes (Figura 8). Entretanto, não foi observada uma separação clara entre os diferentes pontos amostrais, uma vez que parcelas pertencentes a diferentes transectos foram frequentemente agrupadas. Esse padrão sugere que a heterogeneidade ambiental ocorre principalmente em escala local, não sendo determinada exclusivamente pela posição espacial dos pontos.

A formação de agrupamentos mistos indica que a estrutura do microhabitat apresenta distribuição espacial complexa, com parcelas ambientalmente semelhantes ocorrendo em



diferentes setores da área de estudo. Segundo McCune e Grace (2002), esse padrão é característico de ambientes onde a variabilidade local supera a influência da distância geográfica sobre a organização do habitat.

Figura 8: Cluster com distância de Bray Curtis medindo semelhanças das amostras em composição das famílias (A) e semelhanças das amostras na estrutura florestal (B).



Fonte: O autor, 2026

O dendrograma construído a partir da composição das famílias de Coleoptera (Figura 5), demonstrou elevada similaridade entre as parcelas, evidenciada pela formação de agrupamentos contendo amostras provenientes de diferentes pontos amostrais.

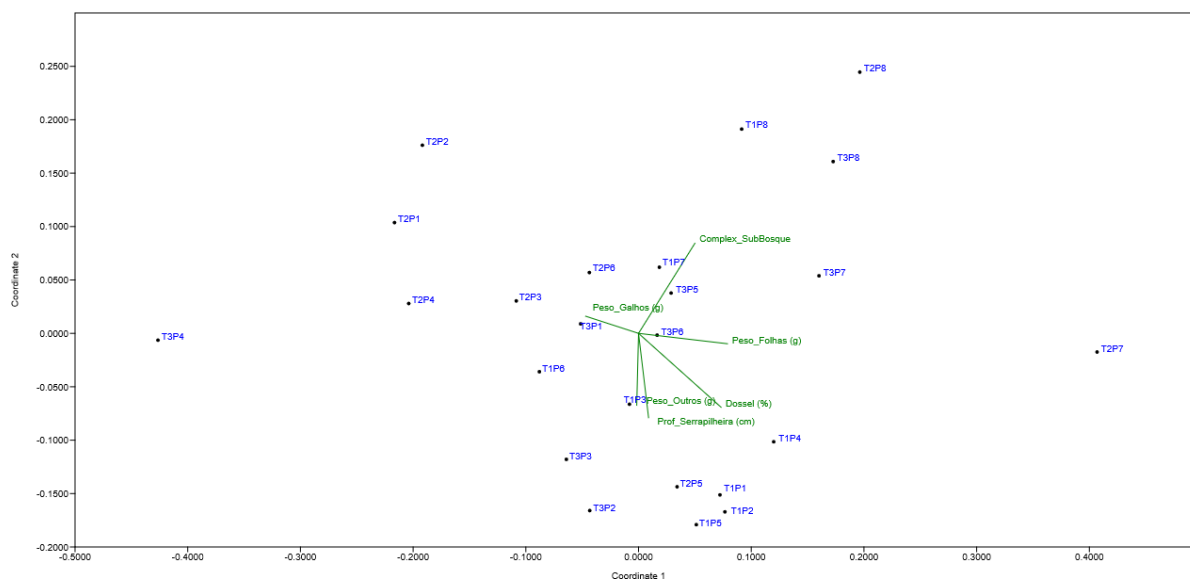
Não foi observada uma segregação clara entre os transectos, indicando que as famílias registradas encontram-se amplamente distribuídas ao longo da área estudada. Esse padrão sugere a existência de uma comunidade relativamente homogênea em termos de composição taxonômica.

Apesar da elevada similaridade geral, algumas parcelas apresentaram comportamento diferenciado. T2P7 destacou-se como a unidade mais isolada do dendrograma, enquanto T3P4 também apresentou posição relativamente distinta das demais amostras. Segundo Clarke e Warwick (2001), amostras isoladas em análises de agrupamento podem refletir condições locais particulares ou diferenças na abundância relativa dos grupos biológicos presentes.

5.5 Estrutura da Comunidade

A ordenação NMDS revelou ampla sobreposição entre as parcelas, indicando elevada similaridade na composição das famílias de Coleoptera ao longo da área estudada. A maioria das amostras concentrou-se na região central do espaço de ordenação, sem a formação de agrupamentos claramente delimitados.



Figura 9: Biplot Non-metric Multidimensional Scaling .

Fonte: O autor, 2026.

Esse padrão sugere que as assembleias compartilham grande parte de sua composição taxonômica, apresentando variações graduais em vez de grupos biológicos completamente distintos. De acordo com Clarke (1993), a sobreposição entre amostras em ordenações NMDS é indicativa de elevada similaridade na estrutura da comunidade.

Algumas parcelas, entretanto, ocuparam posições mais extremas na ordenação. T3P4 apresentou forte afastamento em relação ao conjunto principal de amostras, enquanto T2P7 também se destacou por sua posição periférica. Esses resultados corroboram os padrões observados no dendrograma biológico, indicando a existência de variações locais na composição das assembleias.

5.6 Composição das famílias difere entre microhabitats

A análise PERMANOVA indicou diferenças significativas na composição das assembleias de Coleoptera ao longo do gradiente de distância aos riachos (Pseudo-F = 1,862; $p = 0,025$). Esse resultado demonstra que a composição da comunidade não permaneceu constante ao longo do gradiente avaliado, evidenciando que a proximidade aos cursos d'água está associada a mudanças significativas na estrutura das assembleias.

Segundo Anderson (2001), resultados significativos em PERMANOVA indicam que os grupos comparados apresentam diferenças multivariadas em sua composição, permitindo identificar respostas da comunidade a gradientes ambientais ou espaciais.



5.7 Efeito do gradiente de distância aos riachos sobre as assembleias de Coleoptera

A análise SIMPER revelou que a maior parte da dissimilaridade observada entre os grupos foi explicada por poucas famílias dominantes. Staphylinidae apresentou a maior contribuição para a dissimilaridade total (27,7%), seguida por Scarabaeidae (22,34%), Nitidulidae (21,9%) e Tenebrionidae (9,82%). Juntas, essas famílias foram responsáveis por aproximadamente 81,75% da dissimilaridade acumulada entre os grupos. Para essa análise os dados foram agrupados em três grupos correspondente a distância de cada transecto do riacho associado ao ponto, tendo assim:

- Grupo 3: 3 metros do Riacho
- Grupo 23: 23 metros do Riacho
- Grupo 43: 43 metros do Riacho

Staphylinidae apresentou maiores abundâncias médias no Grupo 3, enquanto Scarabaeidae foi mais representativa no Grupo 23. Nitidulidae apresentou maiores abundâncias nos grupos 3 e 43, enquanto Tenebrionidae mostrou maior representatividade no Grupo 43. Esses resultados indicam que as diferenças observadas entre os grupos não decorreram da substituição completa da fauna, mas principalmente de alterações na abundância relativa das famílias dominantes. Segundo Clarke (1993), esse padrão é característico de gradientes ecológicos nos quais a composição geral da comunidade é mantida, mas a representatividade dos principais grupos varia ao longo do ambiente.

5.8 Validação das hipóteses

A hipótese de que a composição das assembleias de Coleoptera varia em função da heterogeneidade ambiental foi sustentada de forma indireta, já que a PCA evidenciou a existência de um gradiente de heterogeneidade estrutural entre as áreas amostradas, caracterizado por variações na cobertura do dossel, profundidade e composição da serapilheira e complexidade do sub-bosque. Paralelamente, a PERMANOVA revelou diferenças significativas na composição das assembleias ao longo do gradiente de distância em relação aos riachos ($F = 1,862$; $p = 0,025$), enquanto o SIMPER demonstrou que essa diferenciação foi explicada principalmente pela substituição de famílias como Staphylinidae, Scarabaeidae e Nitidulidae. Entretanto, como não foi realizada uma análise direta de relação entre as variáveis ambientais e a distribuição das famílias, os resultados indicam apenas que a heterogeneidade



ambiental e as diferenças na composição das assembleias coexistem, sem permitir afirmar quais variáveis estruturam diretamente a comunidade.

A hipótese de que a proximidade dos riachos influencia a distribuição das famílias de Coleoptera foi corroborada pelos resultados da PERMANOVA e complementada pelo SIMPER, evidenciando que o gradiente ripário está associado à diferenciação das assembleias. Por outro lado, a hipótese de que ambientes estruturalmente mais complexos apresentariam maior riqueza e diversidade foi apenas parcialmente corroborada. Embora os índices de Shannon e Simpson tenham indicado variações na organização da diversidade entre as famílias, não foi observado um aumento consistente da diversidade associado às condições estruturais do habitat. Em conjunto, os resultados sugerem que o gradiente ambiental promove principalmente alterações na composição das assembleias, por meio da substituição de famílias (turnover), em vez de aumentos uniformes na riqueza ou na diversidade, padrão frequentemente observado em comunidades de insetos associadas a gradientes ambientais (Magurran, 2004; Legendre; Legendre, 2012).

5.9 Síntese dos resultados e Discussão

Ressalta-se que os resultados obtidos representam exclusivamente as condições observadas durante o período seco, refletindo a estrutura das assembleias de Coleoptera nessa sazonalidade. Considerando a influência da precipitação sobre as condições microclimáticas, a disponibilidade de recursos e a atividade dos insetos, é provável que ocorram alterações na composição e na diversidade das assembleias durante o período chuvoso, aspecto que deverá ser considerado em estudos futuros.

Os resultados obtidos demonstram que a área de estudo apresenta heterogeneidade ambiental em escala de microhabitat, evidenciada pelos gradientes identificados na Análise de Componentes Principais e pelos agrupamentos observados no dendrograma das variáveis ambientais. Mesmo inseridas em uma única fitofisionomia florestal do cerrado, as parcelas apresentaram diferenças relacionadas principalmente à abertura do dossel, profundidade da serapilheira, biomassa de folhas, biomassa de galhos e complexidade do sub-bosque. A ocorrência dessa variabilidade estrutural em pequena escala é comum em ambientes florestais tropicais e constitui um importante mecanismo gerador de diversidade biológica, uma vez que amplia a disponibilidade de nichos e recursos para diferentes grupos de organismos (TEWS *et al.*, 2004; LASSAU *et al.*, 2005).



Apesar da heterogeneidade ambiental detectada, a composição das assembleias de Coleoptera apresentou elevada similaridade entre as parcelas, conforme evidenciado pelo dendrograma biológico e pela ordenação NMDS. A ausência de agrupamentos claramente definidos sugere que as famílias registradas encontram-se amplamente distribuídas na área estudada, formando uma comunidade relativamente homogênea em termos taxonômicos. Resultados semelhantes foram observados por COSTA *et al.* (2017) em florestas amazônicas, onde comunidades de coleópteros apresentaram elevada sobreposição espacial mesmo diante de variações estruturais do habitat.

A elevada similaridade observada pode estar relacionada ao nível taxonômico empregado nas análises, já que estudos realizados em nível de família tendem a apresentar menor sensibilidade para detectar padrões ecológicos finos, como a heterogeneidade em fitofisionomias semelhantes, uma vez que diferentes espécies e gêneros com exigências ecológicas distintas são agrupados em uma única unidade taxonômica (ANDERSEN, 1995; BALMFORD *et al.*, 1996). Dessa forma, parte da variação ecológica presente na comunidade pode ter sido mascarada pela resolução taxonômica adotada.

Embora a estrutura geral da comunidade tenha apresentado elevada similaridade, a PERMANOVA revelou diferenças significativas na composição das assembleias ao longo do gradiente de distância aos riachos. Esse resultado demonstra que a proximidade aos cursos d'água exerce influência sobre a organização da comunidade, corroborando estudos que apontam as zonas ripárias como importantes reguladoras da biodiversidade terrestre devido à maior disponibilidade hídrica, estabilidade microclimática e oferta de recursos orgânicos (NAIMAN; DÉCAMPS; MCCLAIN, 2005; RICHARDSON *et al.*, 2005).

A análise SIMPER permitiu identificar que a diferenciação observada ao longo do gradiente foi explicada principalmente por Staphylinidae, Scarabaeidae, Nitidulidae e Tenebrionidae. Essas famílias responderam por mais de 80% da dissimilaridade registrada entre os grupos, indicando que as mudanças observadas ocorreram predominantemente por alterações na abundância relativa dos táxons dominantes. Esse padrão sugere que a resposta da comunidade não ocorreu por substituição completa das famílias presentes, mas por mudanças graduais na representatividade dos grupos mais abundantes, característica frequentemente observada em gradientes ambientais de baixa a moderada intensidade (CLARKE; WARWICK, 2001).



Staphylinidae destacou-se como a principal responsável pela diferenciação entre os grupos. A literatura descreve essa família como altamente sensível às condições microambientais, especialmente à disponibilidade de matéria orgânica em decomposição e à umidade do solo (NEWTON *et al.*, 2001). De forma semelhante, Scarabaeidae frequentemente responde à disponibilidade de recursos alimentares e à estrutura do ambiente, enquanto Nitidulidae e Tenebrionidae apresentam estreita relação com a presença de material vegetal em diferentes estágios de decomposição (LAWRENCE *et al.*, 2010). Dessa forma, as diferenças observadas entre os grupos podem refletir variações indiretas associadas à proximidade dos riachos, mesmo que tais fatores não tenham sido mensurados diretamente.

Em conjunto, os resultados sugerem que as assembleias de Coleoptera respondem a gradientes ambientais e espaciais de forma gradual, sem a formação de comunidades completamente distintas. A comunidade manteve elevada similaridade taxonômica em toda a área de estudo, porém apresentou alterações quantitativas na abundância das famílias dominantes associadas ao gradiente de distância aos riachos. Esse padrão reforça a importância das zonas ripárias como elementos estruturadores da biodiversidade em ecossistemas florestais e demonstra que mudanças sutis no ambiente podem influenciar significativamente a organização das assembleias de insetos.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a área amostrada apresenta heterogeneidade ambiental em escala de microhabitat, caracterizada por variações na cobertura do dossel, profundidade e composição da serapilheira e complexidade do sub-bosque. Além disso, foram observadas diferenças significativas na composição das assembleias de Coleoptera ao longo do gradiente de distância em relação aos riachos, evidenciadas pelas análises multivariadas. Em conjunto, esses resultados indicam que a heterogeneidade ambiental e a variação na composição das assembleias coexistem na área de estudo, embora as análises realizadas não permitam estabelecer uma relação direta entre as variáveis ambientais mensuradas e a distribuição das famílias de Coleoptera.

Além dos resultados ecológicos obtidos, o estudo gerou um produto técnico complementar por meio da elaboração de uma chave de identificação das famílias de Coleoptera registradas na área de estudo. Baseada na metodologia proposta por Geiser (2015) e adaptada para as famílias com ocorrência no Brasil, a chave permitiu otimizar o processo de identificação



taxonômica dos exemplares coletados, reduzindo o tempo necessário para triagem e aumentando a padronização das identificações. Esse material possui potencial para auxiliar futuros inventários entomológicos, atividades de ensino e pesquisas relacionadas à biodiversidade de coleópteros em ambientes brasileiros. A pré-visualização desse site, assim como seu material informativo, está disponível no drive https://drive.google.com/drive/folders/1p324Okz6yE-ZvbktRnY8EwekZRw0imiy?usp=drive_link.

Dessa forma, estudos futuros que levem à identificação taxonômica em níveis mais refinado e empreguem análises de relação espécie-ambiente, como RDA, CCA ou modelos lineares generalizados, aliados à incorporação de variáveis microclimáticas, poderão esclarecer quais fatores ambientais atuam diretamente na estruturação das assembleias. Ainda assim, o presente trabalho amplia o conhecimento sobre a coleopterofauna do Parque Nacional da Chapada das Mesas, fornece o primeiro levantamento das famílias registradas na área, disponibiliza uma chave de identificação adaptada às famílias ocorrentes no Brasil e reforça a importância das zonas ripárias para a conservação da biodiversidade em ecossistemas florestais.

REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, A. N.; **A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance.** Journal of Biogeography, Oxford, v. 22, n. 1, p. 15–29, 1995.
- ANDERSON, M. J.; **A new method for non-parametric multivariate analysis of variance.** Austral Ecology, Carlton, v. 26, n. 1, p. 32–46, 2001.
- BALMFORD, A.; GREEN, M. J. B.; MURRAY, M. G.; **Using higher-taxon richness as a surrogate for species richness: I. Regional tests.** Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, London, v. 263, n. 1375, p. 1267–1274, 1996.
- BAKER, S. C.; RICHARDSON, A. M. M. **Site effects outweigh riparian influences on ground-dwelling beetles adjacent to first order streams in wet eucalypt forest.** Biodiversity and Conservation, v. 16, p. 1999–2014, 2007. DOI: 10.1007/s10531-006-9056-3.
- BAKER, S. C.; BARMUTA, L. A.; GROVE, S. J.; RICHARDSON, A. M. M. **Are streamside buffers edge-affected habitat for ground-dwelling forest beetle assemblages?** Biodiversity and Conservation, v. 18, p. 3467–3482, 2009. DOI: 10.1007/s10531-009-9655-x.
- BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; ARAÚJO, I. S.; ÁVILA-PIRES, T. C. S.; BONALDO, A. B.; COSTA, J. E.; ESPOSITO, M. C.; FERREIRA, L. V.; HAWES, J.; HERNANDEZ, M. I. M.; HOOGMOED, M. S.; LEITE, R. N.; LO-MAN-HUNG, N. F.; MALCOLM, J. R.;



MARTINS, M. B.; MESTRE, L. A. M.; MIRANDA-SANTOS, R.; NUNES-GUTJAHR, A. L.; OVERAL, W. L.; PARRY, L.; PETERS, S. L.; RIBEIRO-JÚNIOR, M. A.; SILVA, M. N. F.; SILVA MOTTA, C.; PERES, C. A.; **Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary and plantation forests**. Proceedings of the National Academy of Sciences, Washington, v. 104, n. 47, p. 18555–18560, 2007.

BAXTER, C. V.; FAUSCH, K. D.; SAUNDERS, W. C.; **Tangled webs: reciprocal flows of invertebrate prey link streams and riparian zones**. Freshwater Biology, Oxford, v. 50, n. 2, p. 201–220, 2005.

Bell S.; McCoy E. D.; Mushinsky H. R.; **Habitat Structure: The Physical Arrangement of Objects in Space**. Springer, Population and Community Biology Series. v. 8. P: 109- 120.

BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P.; **Numerical Ecology with R**. 2. ed. New York: Springer, 2018.

BOUCHARD, P.; BOUSQUET, Y.; DAVIES, A. E.; ALONSO-ZARAZAGA, M. A.; LAWRENCE, J. F.; LYAL, C. H. C.; NEWTON, A. F.; REID, C. A. M.; SCHMITT, M.; ŚLIPIŃSKI, S. A.; SMITH, A. B. T. **Family-group names in Coleoptera (Insecta)**. ZooKeys, Sofia, v. 88, p. 1–972, 2011.

BRAY, J. R.; CURTIS, J. T.; **An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin**. Ecological Monographs, Washington, v. 27, n. 4, p. 325–349, 1957.

CASARI, S. A.; BIFFI, G.; IDE, S. 2024. Cap. 31, Coleoptera Linnaeus, 1758, pp. 575-698. In: RAFAEL, J.A.; MELO, G.A.R., CARVALHO, C.J.B. DE; CASARI, S. & CONSTANTINO, R. (eds).; **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2ª ed. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 880 pp. <https://doi.org/10.61818/56330464c31>

CLARKE, K. R.; **Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure**. Australian Journal of Ecology, Carlton, v. 18, n. 1, p. 117–143, 1993.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M.; **Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation**. 2. ed. Plymouth: PRIMER-E, 2001.

COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. E.; **Insetos Imaturos: Metamorfose e Identificação**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2006.

COSTA, F. V.; NEVES, F. S.; FAGUNDES, M.; FARIA, M. L.; **Spatial patterns of beetle assemblages in tropical forests: effects of habitat heterogeneity and environmental gradients**. Journal of Insect Conservation, Dordrecht, v. 21, p. 503–514, 2017.

CROWSON, R. A.; **The Biology of the Coleoptera**. London: Academic Press, 1981.

DIDHAM, R. K.; HAMMOND, P. M.; LAWTON, J. H.; EGGLETON, P.; STORK, N. E.; **Beetle species responses to tropical forest fragmentation**. Ecological Monographs, Washington, v. 68, n. 3, p. 295–323, 1998.



DUIVENVOORDEN, J. F.; SVENNING, J. C.; WRIGHT, S. J.; **Beta diversity in tropical forests**. *Science*, v. 295, n. 5555, p. 636-637, 2002.

FAUTH, J. E.; BERNARDO, J.; CAMARA, M.; RESETARITS JUNIOR, W. J.; VAN BUSKIRK, J.; MCCOLLUM, S.; **Defining and measuring community structure: a response to Wilson**. *Oikos*, Copenhagen, v. 76, n. 3, p. 550–556, 1996.

FONSECA, Monica; LAMAS, Ivana; KASECKER, Thais; **O Papel das Unidades de Conservação**. *Scientific American: Brasil*, Porto Alegre, v. 39, p. 18-23, fev. 2010. Disponível em:

https://www.academia.edu/download/41996185/O_Papel_das_Unidades_de_Conservao20160203-13676-1sf8ldn.pdf. Acesso em: 23 maio 2024.

GEISER, M.; **Beetles: An Identification Guide to the Families**. 2. ed. Telford: Field Studies Council, 2015.

GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; McKEE, W. A.; CUMMINS, K. W.; **An ecosystem perspective of riparian zones**. *BioScience*, Washington, v. 41, n. 8, p. 540–551, 1991.

GUEDES, R. da S.; ZANELLA, F. C. V.; GROSSI, P. C.; **Composição e riqueza de espécies de uma comunidade de Coleoptera (Insecta) na Caatinga**. *Iheringia: Série Zoologia*, v. 109, p. 1-14, mar. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2019012>

HALFFTER, G.; **Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae)**. *Folia Entomológica Mexicana*, v. 82, p. 195-238, 1991.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: **Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. *Palaeontologia Electronica*, California, v. 4, n. 1, p. 1–9, 2001.

HANSEN, R. A.; **Effects of habitat complexity and composition on a diverse litter microarthropod assemblage**. *Ecology*, Washington, v. 81, n. 4, p. 1120–1132, 2000.

ICMBIO. **Plano de manejo do Parque Nacional da Chapada das Mesas**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio): Brasília. 2019. 36p

LASSAU, S. A.; HOCHULI, D. F.; CASSIS, G.; REID, C. A. M.; **Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently? Diversity and Distributions**, Oxford, v. 11, n. 1, p. 73–82, 2005.

LAWRENCE, J. F.; ŚLIPÍŃSKI, A.; SEAGO, A. E.; THAYER, M. K.; NEWTON, A. F.; MARVALDI, A. E.; **Phylogeny of the Coleoptera based on morphological characters of adults and larvae**. *Annales Zoologici*, Warsaw, v. 61, n. 1, p. 1–217, 2010.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. 3. ed. Amsterdam: Elsevier, 2012.



LÖVEI, G. L.; SUNDERLAND, K. D. **Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae)**. Annual Review of Entomology, Palo Alto, v. 41, p. 231–256, 1996.

LUÇARDO, M.; OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R. **Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) no Cerrado brasileiro: estado atual do conhecimento**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 44, n. 4, p. 652–659, 2014. DOI: 10.1590/S0103-84782014000400013.

MACARTHUR, R. H.; MACARTHUR, J. W. **On bird species diversity**. Ecology, Washington, v. 42, n. 3, p. 594–598, 1961.

MAGURRAN, A. E. **Measuring Biological Diversity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2004.

MARTINS, F. P.; SALGADO, A. A. R.; BARRETO, H. N. **MORFOGÊNESE DA CHAPADA DAS MESAS (MARANHÃO-TOCANTINS): paisagem cárstica e poligenética**. Revista Brasileira de Geomorfologia, [S.L.], v. 18, n. 3, p. 624-635, 11 ago. 2017. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i3.1180>. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1180>. Acesso em: 23 maio 2023.

McCUNE, B.; GRACE, J. B. **Analysis of Ecological Communities**. Gleneden Beach: MjM Software Design, 2002.

MIDDENDORF, F.; BUNDSCHUH, M.; EITZINGER, B.; ENTLING, M. H.; SCHIRMEL, J. **Carabid beetles as indicators of stream zonation**. Ecological Indicators, v. 170, p. 113036, 2025. DOI: 10.1016/j.ecolind.2024.113036.

MMA. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: cerrado**. Brasília: MMA, 2011. 200 p.

MURGU, C. A.; RÎȘNOVEANU, G. **Bridging the Gaps: Exploring Aquatic–Terrestrial Connectivity through the Trait-Based Ecology of Riparian Predatory Arthropods**. Water, v. 15, n. 22, 3983, 2023. DOI: 10.3390/w15223983.

NAIMAN, R. J.; DÉCAMPS, H.; McCLAIN, M. E.; **Riparia: Ecology, Conservation and Management of Streamside Communities**. Burlington: Elsevier Academic Press, 2005.

NEWTON, A. F.; THAYER, M. K.; ASHE, J. S.; CHANDLER, D. S.: **Staphylinidae Latreille, 1802**. In: ARNETT, R. H.; THOMAS, M. C. (ed.). American Beetles. Boca Raton: CRC Press, 2001. v. 1, p. 272–418.

NICHOLS, E.; LARSEN, T.; SPECTOR, S.; DAVIS, A. L. V.; ESCOBAR, F.; FAVILA, M.; VULINEC, K. **Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and meta-analysis**. Biological Conservation, Essex, v. 137, n. 1, p. 1–19, 2007.



NICHOLS, E.; SPECTOR, S.; LOUZADA, J.; LARSEN, T.; AMEZQUITA, S.; FAVILA, M. E. **Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles.** Biological Conservation, Essex, v. 141, n. 6, p. 1461–1474, 2008.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de Ecologia.** 5. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

PAETZOLD, A.; SCHUBERT, C. J.; TOCKNER, K. **Aquatic-terrestrial linkages along a braided-river: riparian arthropods feeding on aquatic insects.** Ecosystems, New York, v. 8, p. 748–759, 2005.

PENTEADO, S. R. C. et al. **Reconhecimento e Identificação das Principais Famílias de Insetos de Importância Quarentenária Associados a Materiais de Propagação e/ou Madeira.** Embrapa, v. 1, p. 20-23, dez. 2009.

RAINIO, Johanna; NIEMELÄ, Jari. **Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators.** Biodiversity and Conservation, Dordrecht, v. 12, n. 3, p. 487–506, 2003. DOI: 10.1023/A:1022412617568.

RICHARDSON, J. S.; NAIMAN, R. J.; SWANSON, F. J.; HIBBS, D. E.: **Riparian communities associated with Pacific Northwest headwater streams: assemblages, processes and uniqueness.** Journal of the American Water Resources Association, Middleburg, v. 41, n. 4, p. 935–947, 2005.

SALGADO, A.A.R.; REZENDE, E. de A.; BOURLÈS, D.; BRAUCHER, R.; DA SILVA, J. R.; GARCIA, R. A. **Relief: Evolution of the Continental Rift of Southeast Brazil revealed by in situ-produced ^{10}Be concentrations in river-borne sediments.** Journal of South American Earth Sciences, v. 67, p. 89-99, 2016. DOI: 10.1016/j.jsames.2016.02.002

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICEIRI, K. W. NIH: **Image to ImageJ: 25 years of image analysis.** Nature methods, v. 9, n. 7, p. 671-675, 2012.

TEWS, J.; BROSE, U.; GRIMM, V.; TIELBÖRGER, K.; WICHMANN, M. C.; SCHWAGER, M.; JELTSCH, F. **Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures.** Journal of Biogeography, Oxford, v. 31, n. 1, p. 79–92, 2004.

TEXEIRA, P. C; DONAGEM, G. K.; FONTANA, A; TEIXEIRA, W. G.; **Manual de métodos de análise de solo;** 3. ed. Brasília, DF, Embrapa Solos, 2017.

TOURINHO, A. L.; LO-MAN-HUNG, N. **Standardized Sampling Methods and Protocols for Harvestman and Spider Assemblages.** In: SANTOS, J. C.; FERNANDES, G. W. (Ed.). Measuring Arthropod Biodiversity. Springer, Cham, 2021. p. 365-400.

UETZ, G. W. **The influence of variation in litter habitats on spider communities.** Oecologia, Berlin, v. 40, p. 29–42, 1979.



WARDLE, D. A.; YEATES, G. W.; BARKER, G. M.; BONNER, K. I. **The influence of plant litter diversity on decomposer abundance and diversity.** Soil Biology and Biochemistry, Oxford, v. 38, n. 6, p. 1052–1062, 2006.

WILLIAMS, P. H.; GASTON, K. J. **Measuring more of biodiversity: can higher-taxon richness predict species richness?** Biological Conservation, Essex, v. 67, n. 3, p. 211–217, 1994.



ANEXOS



ANEXO A – TABELA DE CARACTERIZAÇÃO DO MICROHABITAT

Transecto	Famílias	Abundância	Caracterização do microhabitat
T1P1	Bothrideridae	2	Ambiente com dossel fechado, serapilheira bem desenvolvida e alta biomassa foliar, apresentando boa estrutura florestal.
	Carabidae	4	
	Curculionidae	1	
	Nitidulidae	7	
	Scarabidae	3	
	Staphylinidae	42	
	Tenebrionidae	4	
	Trachypachidae	1	
T2P1	Carabidae	3	Ambiente intermediário, com cobertura moderada do dossel, serapilheira intermediária e elevada complexidade do sub-bosque.
	Curculionidae	1	
	Histeridae	3	
	Scarabidae	11	
T3P1	Carabidae	8	Ambiente florestal com alta cobertura do dossel e sub-bosque muito complexo, favorecendo elevada heterogeneidade estrutural.
	Chrysomelidae	1	
	Curculionidae	1	
	Histeridae	4	
	Nitidulidae	2	
	Scarabidae	11	
	Staphylinidae	3	
	Tenebrionidae	4	
T1P2	Carabidae	1	Ambiente mais aberto, com baixa profundidade de serapilheira e reduzida biomassa vegetal, caracterizando microhabitat simplificado.
	Endomychidae	1	
	Hydrophilidae	1	
	Nitidulidae	7	
	Staphylinidae	31	
	Tenebrionidae	6	
T2P2	Chrysomelidae	1	Microhabitat estruturalmente complexo, apresentando elevada profundidade de serapilheira e alta biomassa vegetal.
	Curculionidae	1	
	Elateridae	2	
	Endomychidae	1	
	Histeridae	2	
	Scarabidae	3	
	Staphylinidae	1	
T3P2	Carabidae	3	Microhabitat intermediário, com biomassa foliar elevada e elevada complexidade do sub-bosque.
	Curculionidae	3	
	Histeridae	1	
	Scarabidae	8	
	Staphylinidae	14	
	Tenebrionidae	22	
T1P3	Carabidae	5	Ambiente aberto, com pouca serapilheira, baixa biomassa foliar e elevado acúmulo de outros
	Chrysomelidae	1	



	Curculionidae	1	materiais orgânicos, indicando composição diferenciada do solo.
	Elateridae	1	
	Elmidae	1	
	Nitidulidae	6	
	Scarabidae	1	
	Staphylinidae	13	
	Tenebrionidae	7	
T2P3	Carabidae	4	Ambiente relativamente aberto, com baixa profundidade de serapilheira, mas sub-bosque bastante desenvolvido.
	Curculionidae	2	
	Histeridae	1	
	Nitidulidae	4	
	Scarabidae	2	
	Tenebrionidae	3	
T3P3	Carabidae	6	Ambiente florestal bastante estruturado, com elevada biomassa de folhas e galhos e grande cobertura do dossel.
	Chrysomelidae	2	
	Curculionidae	2	
	Latridiidae	1	
	Lucanidae	1	
	Scarabidae	6	
	Staphylinidae	12	
	Tenebrionidae	2	
T1P4	Carabidae	2	Microhabitat altamente estruturado, com elevada cobertura do dossel, grande profundidade de serapilheira e alta biomassa vegetal.
	Histeridae	1	
	Nitidulidae	4	
	Nitidulidae	2	
	Scarabidae	24	
	Staphylinidae	28	
	Tenebrionidae	1	
T2P4	Carabidae	3	Ambiente aberto e pouco estruturado, com reduzida serapilheira e baixa biomassa vegetal.
	Curculionidae	1	
	Elateridae	2	
	Histeridae	1	
	Staphylinidae	2	
	Tenebrionidae	3	
T3P4	Carabidae	1	Ambiente intermediário, caracterizado por elevada biomassa vegetal, mas menor profundidade de serapilheira.
	Histeridae	1	
	Scarabidae	1	
	Tenebrionidae	1	
T1P5	Carabidae	2	Ambiente intermediário, caracterizado por elevada biomassa de folhas e galhos e alta complexidade do sub-bosque.
	Chrysomelidae	1	
	Curculionidae	2	
	Histeridae	2	
	Nitidulidae	3	
	Scarabidae	4	
	Staphylinidae	41	
	Tenebrionidae	1	
T2P5	Carabidae	6	



	Curculionidae	2	Ambiente florestal com elevada cobertura do dossel e acúmulo expressivo de galhos, porém com alta proporção de outros materiais orgânicos.
	Elateridae	2	
	Nitidulidae	5	
	Scarabidae	4	
	Staphylinidae	38	
	Tenebrionidae	14	
	Teredidae	1	
T3P5	Carabidae	1	Ambiente relativamente aberto, com reduzida biomassa foliar e baixa profundidade de serapilheira, porém sub-bosque desenvolvido.
	Elateridae	1	
	Elmidae	1	
	Histeridae	4	
	Nitidulidae	11	
	Scarabidae	1	
	Staphylinidae	5	
T1P6	Tenebrionidae	5	Ambiente relativamente aberto, com serapilheira moderada e elevada biomassa de galhos, sugerindo maior deposição de material lenhoso.
	Carabidae	8	
	Chrysomelidae	2	
	Histeridae	1	
	Nitidulidae	3	
	Scarabidae	2	
	Staphylinidae	7	
T2P6	Tenebrionidae	1	Ambiente intermediário, com dossel moderado, serapilheira pouco profunda e predominância de outros componentes na serapilheira.
	Carabidae	2	
	Curculionidae	1	
	Endomychidae	2	
	Nitidulidae	6	
	Scarabidae	5	
T3P6	Tenebrionidae	3	Ambiente florestal com alta cobertura do dossel, baixa biomassa foliar e elevada complexidade estrutural.
	Carabidae	2	
	Chrysomelidae	1	
	Curculionidae	5	
	Hydrophilidae	2	
	Nitidulidae	4	
	Scarabidae	13	
T1P7	Staphylinidae	3	Microhabitat florestal com dossel fechado, serapilheira desenvolvida e elevada complexidade estrutural.
	Tenebrionidae	5	
	Carabidae	1	
	Chrysomelidae	1	
	Scarabidae	4	
	Curculionidae	1	
	Nitidulidae	12	
T2P7	Staphylinidae	6	Microhabitat aberto, com reduzida profundidade de serapilheira e baixa biomassa vegetal, apesar do sub-bosque complexo.
	Carabidae	3	
	Curculionidae	1	



	Elateridae	3	
	Histeridae	1	
	Latridiidae	1	
	Nitidulidae	9	
	Scarabidae	165	
	Staphylinidae	4	
T3P7	Carabidae	1	Microhabitat intermediário, caracterizado por elevada biomassa foliar e serapilheira moderada.
	Chrysomelidae	1	
	Curculionidae	2	
	Histeridae	2	
	Lucanidae	1	
	Nitidulidae	10	
	Ptiliidae	1	
	Scarabidae	27	
	Staphylinidae	1	
T1P8	Carabidae	2	Ambiente florestal bem conservado, com elevada cobertura vegetal, serapilheira moderada e sub-bosque desenvolvido.
	Nitidulidae	19	
	Staphylinidae	2	
T2P8	Chrysomelidae	2	Ambiente estruturalmente bem desenvolvido, apresentando a maior profundidade de serapilheira entre as parcelas e elevada biomassa lenhosa.
	Elateridae	5	
	Nitidulidae	64	
	Scarabidae	2	
	Staphylinidae	3	
	Tenebrionidae	1	
	Teredidae	1	
T3P8	Carabidae	3	Ambiente aberto e simplificado, apresentando os menores valores de dossel, serapilheira e biomassa vegetal.
	Curculionidae	1	
	Elateridae	2	
	Nitidulidae	40	
	Scarabidae	16	

