

Resposta da assembleia de besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) a diferentes variáveis ambientais em pastagens no município de Itaituba (Pará)

Reinaldo Lucas Cajaiba¹*, Gustavo Gomes Braga², Camila Suzan Pontes³, Wully Barreto da Silva⁴

¹Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Univates, Instituto Federal do Pará, Campus Itaituba. (*Autor correspondente: reinaldocajaiba@hotmail.com)

²Discente do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal do Pará, Campus Itaituba.

³Discente do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal do Pará, Campus Itaituba.

⁴Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Univates, Instituto Federal do Pará, Campus Itaituba.

Histórico do Artigo: Submetido em: 30/08/2025 – Revisado em: 27/09/2025 – Aceito em: 11/10/2025

RESUMO

Este estudo avaliou a comunidade de besouros Scarabaeinae em pastagens com diferentes níveis de degradação no município de Itaituba, Pará. As coletas foram realizadas em 20 áreas distintas, durante as estações seca e chuvosa, utilizando armadilhas do tipo *pitfall* iscadadas com fezes, carne, banana e controle. Ao todo, foram capturados 2.478 indivíduos, distribuídos em 33 espécies e nove gêneros. A estação chuvosa apresentou maior abundância e riqueza de espécies, com diferenças significativas entre os períodos sazonais. A isca de fezes foi a mais eficiente em termos de abundância e riqueza. Análises de NMDS e PERMANOVA revelaram variações significativas na composição de espécies entre os períodos, mas não entre os tipos de isca. A abundância foi negativamente influenciada por incêndios e positivamente associada à umidade do solo, proximidade de recursos hídricos e currais. A riqueza de espécies mostrou correlação positiva com a proximidade e o tamanho de fragmentos florestais, e negativa com a compactação do solo. Conclui-se que, mesmo em áreas antropizadas, variáveis ambientais em microescala influenciam significativamente a estrutura das comunidades de Scarabaeinae. Os resultados reforçam a importância de práticas de manejo sustentável, como a conservação de fragmentos florestais e o controle de queimadas, para a preservação da biodiversidade local.

Palavras-Chaves: Invertebrados do solo, Biodiversidade, Perturbações antropogênicas.

Dung Beetle Assemblage Response (Coleoptera: Scarabaeinae) to Different Environmental Variables in Pastures in the Municipality of Itaituba (Pará)

ABSTRACT

This study evaluated the Scarabaeinae beetle community in pastures with varying levels of degradation in the municipality of Itaituba, Pará, Brazil. Sampling was conducted in 20 distinct areas during both dry and rainy seasons, using pitfall traps baited with dung, meat, banana, and a control. A total of 2,478 individuals were collected, representing 33 species and nine genera. The rainy season showed significantly higher abundance and species richness compared to the dry season. Dung was the most effective bait in terms of abundance and richness. NMDS and PERMANOVA analyses revealed significant differences in species composition between seasons, but not among bait types. Abundance was negatively influenced by fire and positively associated with soil moisture, and proximity to water sources and cattle corrals. Species richness was positively correlated with the proximity and size of forest fragments, and negatively with soil compaction. The findings indicate that even in anthropized environments, micro-scale environmental variables significantly affect the structure of Scarabaeinae communities. The study highlights the importance of sustainable management practices, such as forest fragment conservation and fire control, for maintaining local biodiversity.

Keywords: Soil invertebrates, Biodiversity, Anthropogenic disturbances.

Cajaiba, R.L., Braga, G.G., Pontes, C.S., Da Silva, W.B. (2025). Resposta da assembleia de besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) a diferentes variáveis ambientais em pastagens no município de Itaituba (Pará). *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.13, n.3, p.184-198.



Direitos do Autor. A Revista Brasileira de Meio Ambiente utiliza a licença Creative Commons - CC BY 4.0.

Respuesta del ensamble de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) a diferentes variables ambientales en pastizales del municipio de Itaituba (Pará)

RESUMEN

Este estudio evaluó la comunidad de escarabajos Scarabaeinae en pastizales con diferentes niveles de degradación en el municipio de Itaituba, Pará. Los muestreos se realizaron en 20 áreas distintas durante las estaciones seca y lluviosa, utilizando trampas tipo pitfall cebadas con excremento, carne, plátano y control. En total, se capturaron 2.478 individuos, distribuidos en 33 especies y nueve géneros. La estación lluviosa presentó mayor abundancia y riqueza de especies, con diferencias significativas entre los períodos estacionales. El cebo de excremento fue el más eficiente en términos de abundancia y riqueza. Los análisis de NMDS y PERMANOVA revelaron variaciones significativas en la composición de especies entre las estaciones, pero no entre los tipos de cebo. La abundancia estuvo negativamente influenciada por los incendios y positivamente asociada con la humedad del suelo, la proximidad a fuentes de agua y a corrales. La riqueza de especies mostró una correlación positiva con la proximidad y el tamaño de fragmentos forestales, y negativa con la compactación del suelo. Se concluye que, incluso en áreas antropizadas, las variables ambientales a microescala influyen significativamente en la estructura de las comunidades de Scarabaeinae. Los resultados destacan la importancia de prácticas de manejo sostenible, como la conservación de fragmentos de bosque y el control de quemas, para la preservación de la biodiversidad local.

Palabras clave: Invertebrados del suelo, Biodiversidad, Perturbaciones antropogénicas.

1. Introdução

A expansão de pastagens constitui uma das principais causas de desmatamento em escala global, levando à fragmentação cada vez mais intensa das florestas nativas (Skidmore et al., 2021). Diferentemente de sistemas agrícolas mais complexos, como as agroflorestas, as áreas de pastagem apresentam condições ambientais contrastantes às florestas originais: maior insolação no solo, temperaturas elevadas e mais variáveis, redução da umidade, diminuição da diversidade vegetal e escassez de refúgios contra predadores (Guerra-Alonso et al., 2020). Além disso, práticas associadas ao manejo das pastagens, como o uso de fertilizantes e pesticidas a compactação e a queimada para a limpeza do solo, aceleram a perda da biodiversidade (González-Gómez et al., 2023).

Os besouros coprófagos da subfamília Scarabaeinae estão entre os grupos mais afetados por esse processo. Esses insetos são altamente sensíveis à perda e fragmentação de habitats, respondendo rapidamente a distúrbios naturais e antrópicos em diferentes escalas espaciais (Storck-Tonon et al., 2020). Espécies especialistas de floresta, por exemplo, têm baixa capacidade de colonizar e recolonizar fragmentos em paisagens dominadas por matrizes abertas, como as pastagens de gado, tornando-se mais vulneráveis à extinção local e regional (Noble et al., 2023).

Além de seu valor como bioindicadores, os besouros coprófagos desempenham papéis ecológicos fundamentais. Ao manipular recursos de esterco, promovem a decomposição da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a fertilização do solo, além de contribuir para o controle de parasitas bovinos e de moscas sinantrópicas (Nichols; Gómez, 2014). A rápida degradação do esterco bovino reduz áreas inutilizadas para o pastejo, favorecendo a produtividade das pastagens e, consequentemente, beneficiando o manejo pecuário (Cajaiba et al., 2019; Sarmiento-Garcés; Hernández, 2021).

Apesar de avanços recentes, ainda existem lacunas relevantes no conhecimento sobre a diversidade e a ecologia de besouros coprófagos em pastagens amazônicas. Estudos têm demonstrado que a riqueza é inferior nessas áreas em comparação com fragmentos florestais, sendo as espécies especialistas de floresta as mais impactadas pela abertura do habitat (Puker et al., 2024; Cajaiba et al., 2019). Além disso, faltam informações sobre a resposta sazonal (seca vs. chuvosa), a influência de variáveis microambientais (como umidade do solo, cobertura vegetal residual e disponibilidade de sombra) e o efeito de diferentes tipos de recurso alimentar sobre as guildas funcionais. Nesse sentido, trabalhos como o de Correa et al. (2023) evidenciam a segregação de guildas em função do recurso utilizado, mas ainda há carência de estudos que abordem essas relações em pastagens amazônicas sob diferentes condições sazonais.

Pesquisas em regiões pouco exploradas podem preencher essas lacunas, trazendo contribuições significativas tanto para a ecologia básica quanto para aplicações práticas. Ao investigar a riqueza, abundância e composição de Scarabaeinae em pastagens com distintos níveis de degradação, comparando períodos seco e chuvoso, é possível compreender como a sazonalidade modula as respostas ecológicas desses organismos, fornecendo subsídios para avaliar sua resiliência em ambientes perturbados. De forma complementar, a utilização de diferentes tipos de isca pode revelar preferências alimentares e variações na estrutura funcional das assembleias, permitindo entender como o habitat influencia a organização das guildas. Tais informações podem subsidiar estratégias de manejo sustentável de pastagens, com vistas à manutenção da biodiversidade, ao controle de parasitas e à melhoria da qualidade do solo, além de apoiar políticas de conservação em uma região fortemente impactada pela expansão pecuária.

Neste contexto, formulamos as hipóteses de que (i) a riqueza, abundância e diversidade de Scarabaeinae variam em função do nível de degradação das pastagens e das condições sazonais, sendo maiores em áreas menos perturbadas e durante a estação chuvosa; e (ii) a composição das assembleias e a representatividade das guildas tróficas diferem entre os tipos de isca utilizados, refletindo a estrutura funcional e as preferências alimentares das espécies. Para testar essas hipóteses, este estudo teve como objetivo investigar a resposta da assembleia de Scarabaeinae em áreas de pastagem no município de Itaituba, Pará, avaliando a influência das variáveis ambientais, sazonais e dos diferentes recursos alimentares sobre a riqueza, abundância, composição e estrutura funcional das espécies.

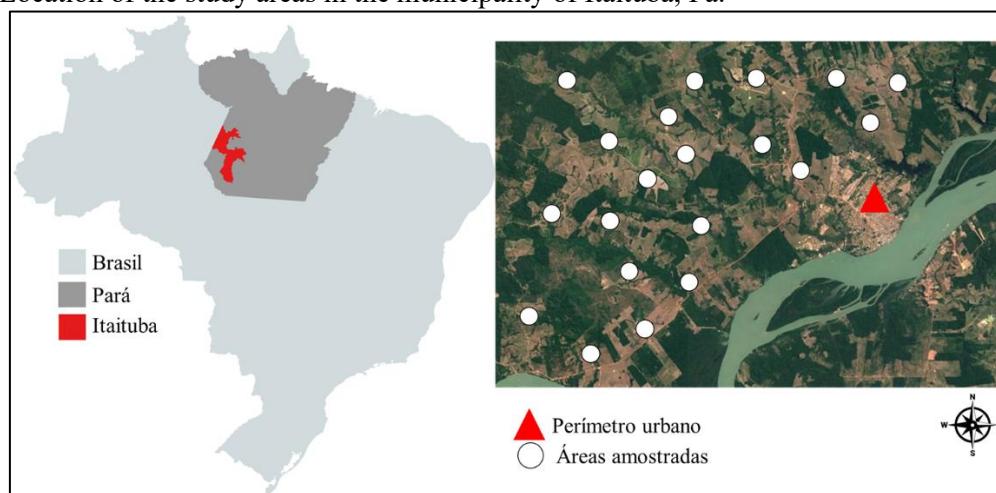
2. Material e Métodos

2.1. Local de estudo

Foram realizadas coletas em 20 áreas distintas de pastagens, com distância mínima de cinco quilômetros entre si, localizadas no município de Itaituba, Amazônia brasileira (figura 1).

Figura 1 – Localização das áreas de estudo no município de Itaituba, Pa.

Figure 1 – Location of the study areas in the municipality of Itaituba, Pa.



As áreas de pastagens investigadas apresentavam diferentes níveis de degradação, abrangendo desde aquelas sujeitas a queimadas anuais, passando por áreas que eram sistematicamente aradas, até aquelas caracterizadas por práticas de limpeza reduzidas. Essas variações nos tipos de perturbação são consideradas essenciais para uma compreensão abrangente das respostas dos besouros Scarabaeinae, uma vez que permitem

analisar como diferentes formas de intervenção humana influenciam a dinâmica ecológica desses insetos e suas adaptações a ambientes perturbados (Cajaiba et al., 2017a).

O clima da região é quente e úmido, uma subdivisão do clima tropical. Apresenta duas estações bem definidas: o período chuvoso, de dezembro a junho e o período de estiagem, de julho a novembro. A temperatura média anual varia de 23 a 34°C; a umidade relativa do ar é de 80%, em média.

2.2. Coletas de *Scarabaeinae*

Utilizou-se armadilhas *pitfall* de 200mm de diâmetro e 110mm de altura e preenchida por 200ml de água com sal grosso e algumas gotas de detergente para quebrar a tensão superficial do líquido. Um prato descartável invertido foi instalado em cima de cada armadilha e distante 100mm do solo para evitar entrada de folhas e/ou água de chuva na armadilha. A *pitfall* ficou instalada durante o período de 48 horas contínuas.

Em cada uma das áreas coletadas foram instaladas cinco conjuntos de *pitfalls*, cada conjunto composto por quatro *pitfalls*: uma não-iscada (controle) e três com atrativos (banana, carne e fezes humanas). As amostragens foram efetuadas em dois períodos distintos com relação as diferenças sazonais: em fevereiro a abril (período chuvoso) e julho e agosto/2024 (período seco), totalizando 800 *pitfalls* (5 conjuntos de 4 *pitfalls* x 20 áreas x 2 períodos).

As *pitfall* foram instaladas de 5 a 10m uma das outras e os conjuntos de 120 a 150m, respeitando assim a independência das réplicas. Essa distância de 120-150m entre os conjuntos de 4 armadilhas, foi suficiente para evitar a pseudoréplica para *Scarabaeinae* em diversos estudos realizados na Amazônia (Cajaiba et al., 2017b) e em outras regiões do Brasil (Campos; Hernández, 2015). Para evitar o efeito borda, as armadilhas foram instaladas a uma distância mínima de 100 metros da borda.

2.3. Variáveis ambientais

Para compreender a influência das variáveis ambientais nos ecossistemas de pastagens e seu impacto nas populações de besouros *Scarabaeinae*, foram selecionadas e medidas as variáveis ambientais especificadas no Quadro 1 (material suplementar). Essas variáveis são fundamentais para entender como os fatores abióticos e bióticos interagem e afetam diretamente a diversidade e a abundância desses insetos nas áreas de pastagem.

2.4. Análises dos dados

Para atender nossos objetivos, as seguintes análises estatísticas foram realizadas: O teste de Shapiro Wilk identificou que os dados não apresentavam uma distribuição normal. O teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Dunn, foi utilizado para testar possíveis diferenças de riqueza e abundância de *Scarabaeinae* por isca. A mesma análise foi utilizada para avaliar os padrões de diversidade entre os diferentes períodos de coleta (seco e chuvoso).

Para determinar se a composição taxonômica *Scarabaeinae* é diferente entre os diferentes tipos de iscas, foi realizado uma análise de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) e uma análise de Variância Permutacional Multivariada (PERMANOVA). NMDS foi usada para mapear a similaridade entre as iscas e PERMANOVA para testar diferenças significativas na composição entre os grupos formados pela NMDS. Essas análises foram baseadas na similaridade de BrayCurtis. NMDS e PERMANOVA também foram realizadas para avaliar se a composição de espécies variava entre os diferentes períodos do ano (seco e chuvoso).

Modelos generalizados de efeitos mistos lineares (GLMMs), com distribuição de Poisson e uma função de log-link, foram usados para analisar a influência de variáveis ambientais na abundância de espécies e por área de pastagem e estação. Os preditores selecionados foram examinados para correlação pareada usando o

coeficiente de correlação rho de Spearman para evitar multicolinearidade, e apenas preditores com uma correlação menor que 0,7 foram considerados (Elith et al., 2006). Todas as análises foram realizadas com base no programa R 3.2.4 (R Core Team, 2016) usando o pacote *lme4* (Bates, 2010) e o pacote *vegan* (Oksanen et al., 2017).

3. Resultados

Foram coletados 2478 indivíduos de Scarabaeinae, distribuídos em nove gêneros e 33 espécies. As espécies mais abundantes foram *Canthon simulans*, *Ateuchus pygidialis* e *Canthon fulgidus*, com 273, 192 e 189 indivíduos, respectivamente, enquanto que as espécies menos abundantes foram *Ateuchus* sp3 e *Canthon* sp3, com seis indivíduos cada (Tabela 1).

Tabela 1 – Espécies de besouros coprófagos (Scarabaeinae) coletados em áreas de pastagens no município de Itaituba, Pa.

Table 1 – Species of coprophagous beetles (Scarabaeinae) collected in pasture areas in the municipality of Itaituba, Pa.

Espécie	Abundância
<i>Ateuchus pygidialis</i>	192
<i>Ateuchus</i> sp1	124
<i>Ateuchus</i> sp2	62
<i>Ateuchus</i> sp3	06
<i>Ateuchus</i> sp4	37
<i>Canthidium lendum</i>	43
<i>Canthidium</i> sp1	143
<i>Canthidium</i> sp2	50
<i>Canthidium</i> sp3	149
<i>Canthidium</i> sp4	158
<i>Canthon quadriguttatus</i>	25
<i>Canthon simulans</i>	273
<i>Canthon conformis</i>	43
<i>Canthon fulgidus</i>	189
<i>Canthon lituratus</i>	40
<i>Canthon mutabilis</i>	34
<i>Canthon</i> sp1	09
<i>Canthon</i> sp2	12
<i>Canthon</i> sp3	06
<i>Canthon</i> sp4	143
<i>Dicotomius</i> sp1	68
<i>Dicotomius</i> sp2	99
<i>Eurysternus caribaeus</i>	65
<i>Eurysternus</i> sp1	40
<i>Eurysternus</i> sp2	25

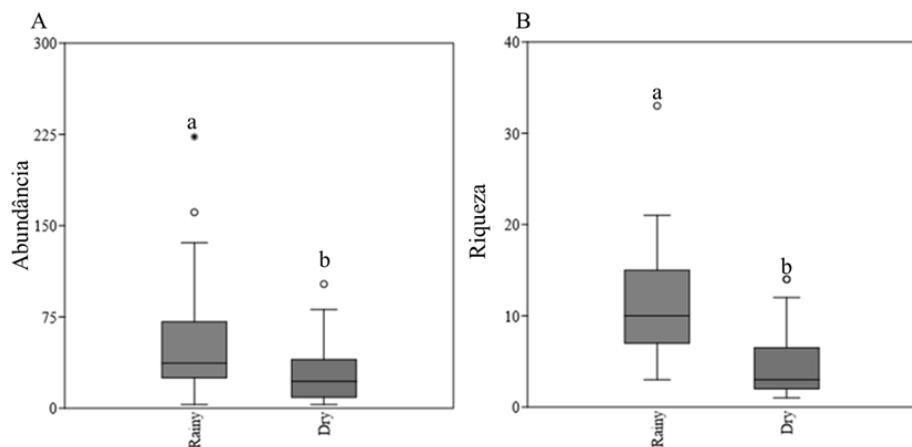
<i>Gromphas aeruginosa</i>	56
<i>Ontherus pubens</i>	71
<i>Ontherus</i> sp	68
<i>Onthophagus</i> sp1	37
<i>Onthophagus</i> sp2	40
<i>Onthophagus</i> sp3	115
<i>Pseudocanthon</i> sp1	12
<i>Pseudocanthon</i> sp2	40
Total	2.478

Em relação aos diferentes períodos de coleta, a chuvosa apresentou maior abundância, 1734 indivíduos e a estação seca apresentou 744 indivíduos. De acordo com o teste de KruskalWallis, houve diferença estatística na abundância entre os diferentes períodos de coleta ($H = 11.16$ $p < 0.01$) (Figura 2a).

Todas as espécies estavam presentes na estação chuvosa, enquanto que na estação seca, seis espécies estavam ausentes (*Ateuchus* sp3, *Ateuchus* sp4, *Canthon lituratus*, *Eurysternus* sp2, *Pseudocanthon* sp1 e *Pseudocanthon* sp2). De acordo com o teste de KruskalWallis, houve diferença estatística na riqueza entre os diferentes períodos de coleta ($H = 26.6$ $p < 0.0001$) (Figura 2b).

Figura 2 – Abundância (a) e Riqueza (b) de Scarabaeinae coletadas na estação seca e chuvosa, no município de Itaituba, PA.

Figure 2 – Abundance (a) and richness (b) of Scarabaeinae collected in the dry and rainy season, in the municipality of Itaituba, PA.

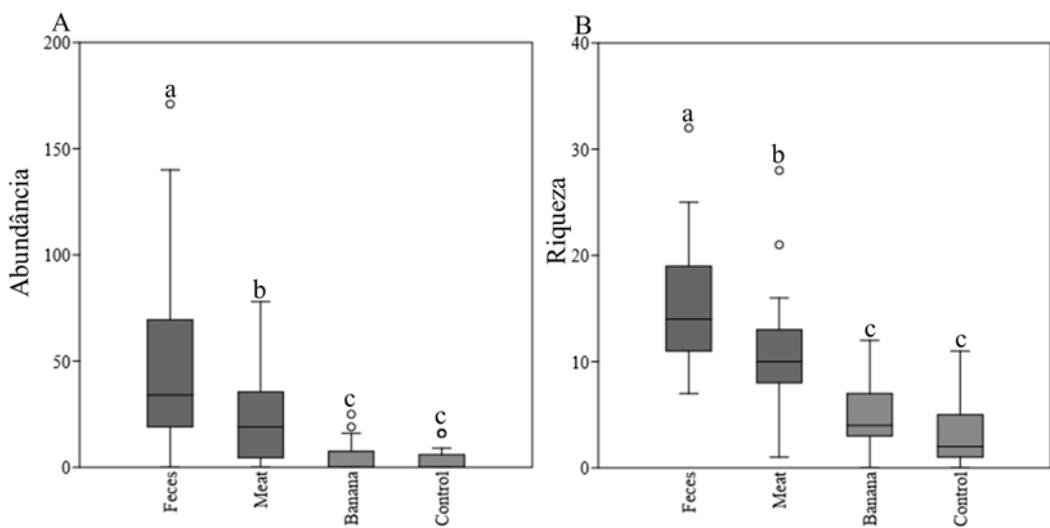


Em relação aos diferentes tipos de iscas, fezes foi a que coletou o maior número de indivíduos (1494 espécimes), seguidos por carne (728 espécimes), banana (126 espécimes) e controle (130 espécimes).

Em relação à riqueza de espécies, verificou-se um padrão semelhante à abundância, sendo que fezes capturou a maior riqueza (32 espécies), seguida por carne (26 espécies), banana (15 espécies) e controle (14 espécies). De acordo com teste de KruskalWallis, a abundância ($H = 56,19$ $p < 0.0001$) e riqueza ($H = 20,64$ $p < 0,0001$), apresentaram diferenças significativas (Figura 3a e 3b, respectivamente).

Figura 3 – Abundância (a) e Riqueza (b) de Scarabaeinae coletadas com diferentes iscas, no município de Itaituba, PA.

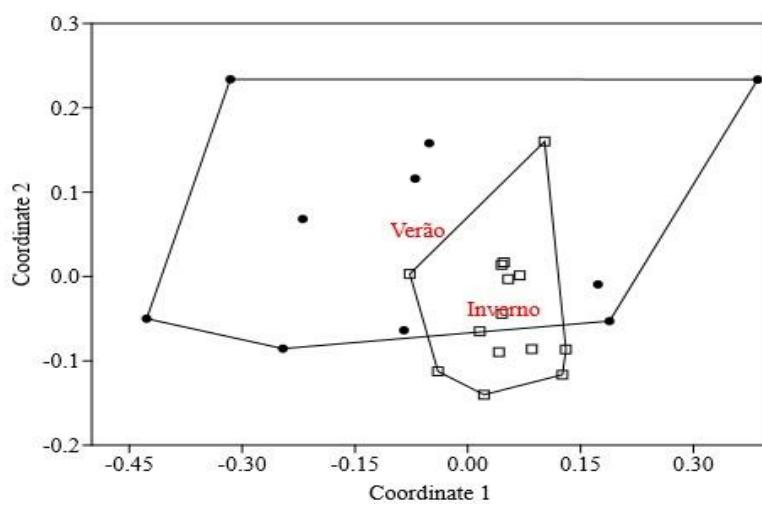
Figure 3 – Abundance (a) and richness (b) of Scarabaeinae collected with different baits, in the municipality of Itaituba, PA.



O NMDS demonstrou que houve algumas espécies exclusivas para os diferentes períodos coletados (Figura 4), a qual foi corroborada pela PERMANOVA que mostrou diferenças significativas na composição de espécies do verão e inverno (Permanova com 9999 permutações, utilizando o índice de Bray-Curtis, $F = 3.879$ $p < 0.001$).

Figura 4 – Escala multidimensional não métrica (*Non-metric multidimensional scaling - NMDS*) mostrando conjuntos taxonômicos de besouros agrupados de acordo com as diferentes épocas do no (usando similaridade de Bray-Curtis; Estresse: 0.20).

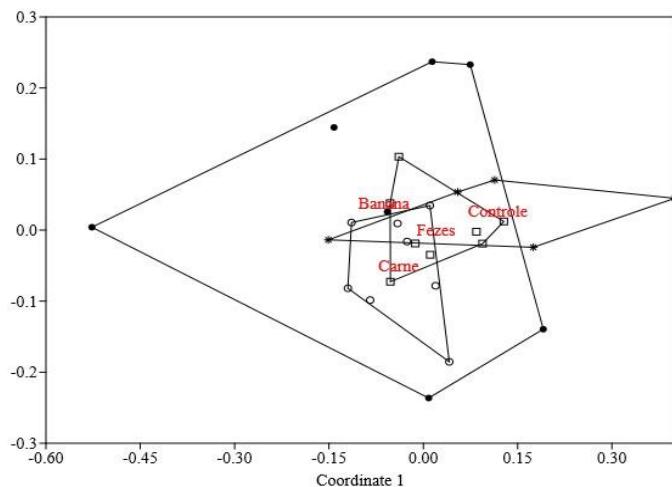
Figure 4 – Non-metric multidimensional scaling (NMDS) showing taxonomic sets of beetles grouped according to the different seasons (using Bray-Curtis similarity; Stress: 0.20).



O NMDS demonstrou que houve muita sobreposição de espécies entre os diferentes tipos de iscas (figura 5), não havendo diferença significativa na composição de espécies entre as diferentes iscas (Permanova com 9999 permutações, utilizando o índice de Bray-Curtis, $F = 1.009$ $p > 0.05$).

Figura 5 – Escala multidimensional não métrica (*Non-metric multidimensional scaling* - NMDS) mostrando conjuntos taxonômicos de besouros agrupados de acordo com as diferentes épocas do no (usando similaridade de Bray-Curtis; Estresse: 0.11).

Figure 5 – Non-metric multidimensional scaling (NMDS) showing taxonomic sets of beetles grouped according to the different seasons (using Bray-Curtis similarity; Stress: 0.11).



A análise dos fatores ambientais revelou que a abundância apresentou forte relação com variáveis de perturbação e de estrutura da paisagem. Observou-se que a presença de incêndios exerceu efeito negativo significativo, indicando que áreas afetadas pelo fogo tendem a sustentar populações menos numerosas. Em contrapartida, a abundância foi positivamente influenciada por condições ambientais mais favoráveis, como a maior umidade do solo, a proximidade de corpos hídricos acompanhados de matas ciliares e a distância em relação a fragmentos florestais. A abundância também foi positivamente associada à proximidade de currais, o que pode estar relacionado à maior disponibilidade de recursos tróficos (matéria orgânica e esterco), atraindo espécies com hábitos específicos (Tabela 2 e Figura 6).

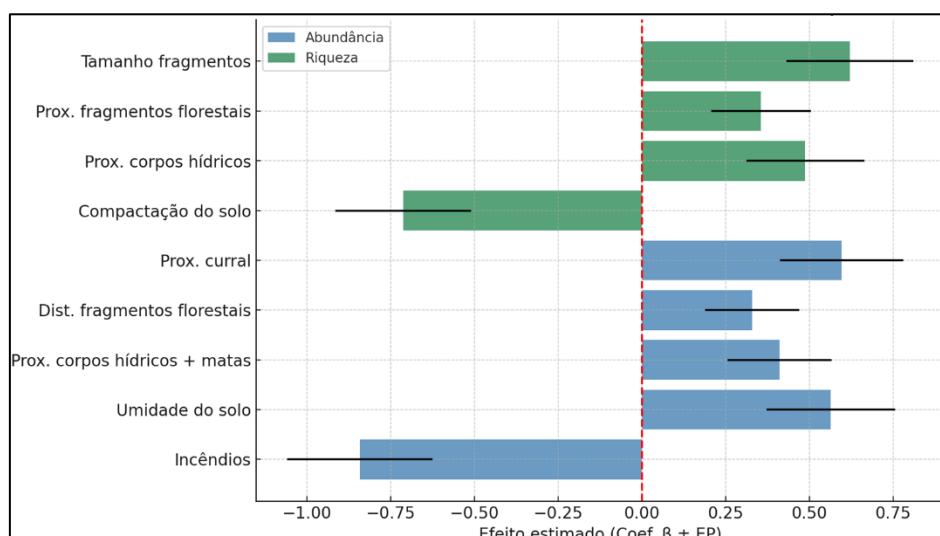
Tabela 2 – Relação das variáveis ambientais entre abundância e riqueza de espécies de Scarabaeinae coletados em áreas de pastagens no município de Itaituba, PA. Apenas as variáveis ambientais significativas são apresentadas. * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$.

Table 2 – Relationship of environmental variables between abundance and species richness of Scarabaeinae collected in pasture areas in the municipality of Itaituba, PA. Only significant environmental variables are presented. * $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$.

Abundância	Estimate \pm SE	Z-value
Existência de fogo nos últimos 12 meses	-0.842 (0.217)	-3.88**
Umidade do solo	0.564 (0.192)	2.94**
Distância para rios/ riachos/ lagos com matas ciliares (m)	0.411 (0.155)	2.65*
Distância para florestas/ fragmentos (m)	0.329 (0.141)	2.33*
Distância para curral (m)	-0.677 (1.21)	-0.92**
Riqueza		
Compactação do solo	-0.713 (0.11)	-3.51***
Distância para rios/ riachos/ lagos com matas ciliares (m)	0.488 (0.176)	2.77**
Distância para florestas/ fragmentos (m)	0.356 (0.149)	2.36*
Tamanho das florestas/ fragmentos (ha)	0.621 (0.190)	3.27**

Figura 6 – Influência das variáveis ambientais sobre abundância e riqueza de espécies, com base em GLMMs. Valores à direita da linha vermelha indicam efeito positivo. Pontos à esquerda indicam efeito negativo.

Figure 6 – Influence of environmental variables on species abundance and richness, based on GLMMs. Values to the right of the red line indicate a positive effect. Points to the left indicate a negative effect.



Quanto à riqueza de espécies, verificou-se que a compactação do solo exerceu influência negativa, indicando que áreas com maior pressão antrópica e degradação física tendem a apresentar uma comunidade mais empobrecida. Por outro lado, a riqueza foi favorecida pela proximidade de corpos hídricos e florestas, assim como pelo tamanho dos fragmentos florestais, evidenciando a importância da heterogeneidade ambiental e da disponibilidade de habitats para a manutenção da diversidade local (Tabela 2 e Figura 6).

4. Discussão

Os resultados obtidos revelam padrões ecológicos importantes na comunidade de Scarabaeinae estudada, tanto em termos de abundância quanto de riqueza e composição de espécies. A coleta de 2.478 indivíduos, distribuídos em 33 espécies e nove gêneros, evidencia uma comunidade relativamente diversa, considerando-se o esforço amostral e o tipo de ambiente investigado. A dominância das espécies *Canthon simulans*, *Ateuchus pygidialis* e *Canthon fulgidus* está de acordo com estudos prévios, que apontam a prevalência de espécies coprófagas generalistas em ambientes modificados ou com maior disponibilidade de recursos atrativos, como fezes e carne (Hernández & Vaz-de-Mello, 2009; Cajaiba et al., 2017c).

A sazonalidade influenciou de forma significativa a comunidade, com maior abundância na estação chuvosa (1.734 indivíduos) em comparação à seca (744 indivíduos), diferença confirmada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,0001$). Esse padrão é amplamente descrito para escarabeíneos tropicais, nos quais a maior disponibilidade de recursos orgânicos, aliada às condições microclimáticas favoráveis – como maior umidade do solo e temperaturas mais amenas – promove aumento na atividade, no forrageamento e na reprodução dos indivíduos (Halffter & Edmonds, 1982). A ausência de algumas espécies na estação seca pode refletir estratégias adaptativas frente ao estresse ambiental, como redução da atividade ou estivação (Gonçalves, 2020).

A riqueza também apresentou diferença estatística significativa entre as estações, indicando que a diversidade de espécies não se mantém estável ao longo do ano. Esse padrão sugere forte influência de fatores sazonais, como a variação na disponibilidade de recursos, as condições microclimáticas e a intensidade de perturbações ambientais. A análise de composição de espécies (PERMANOVA, $p < 0,001$) corroborou esse resultado, revelando mudanças estruturais na comunidade, nas quais não apenas a abundância relativa, mas também a identidade das espécies é modulada pela sazonalidade (Cajaiba et al., 2017c).

Em relação às iscas, observou-se efeito marcante tanto na abundância quanto na riqueza de espécies. As fezes foram responsáveis por atrair o maior número de indivíduos (1.494) e a maior riqueza (32 espécies), resultado coerente com a ecologia alimentar dos escarabeíneos coprófagos, que utilizam esse recurso como fonte primária de alimento e substrato para nidificação. A carne, embora atrativa para espécies necrófagas ou onívoras, apresentou desempenho inferior. Já a banana e o controle foram os menos efetivos, o que reforça a baixa atratividade de recursos vegetais fermentados para a maioria das espécies (Cajaiba et al., 2017c). Apesar dessas diferenças quantitativas, a composição de espécies entre os tipos de isca apresentou elevada sobreposição (NMDS) e não diferiu significativamente (PERMANOVA, $p > 0,05$), sugerindo que a maioria das espécies é generalista em relação ao recurso, embora com preferências alimentares que modulam a abundância relativa.

Os fatores ambientais também exerceram influência relevante sobre a comunidade. A abundância foi negativamente afetada pela ocorrência de incêndios nos últimos 12 meses, corroborando estudos que destacam os impactos do fogo sobre insetos, devido à redução da cobertura vegetal, alteração microclimática e diminuição da disponibilidade de recursos. Por outro lado, a umidade do solo, a proximidade de corpos hídricos e de fragmentos florestais, bem como a proximidade ao curral, apresentaram efeito positivo sobre a abundância, evidenciando a importância de micro-habitats úmidos e da presença de fontes de matéria orgânica na manutenção da atividade dos escarabeíneos (Nicádio et al., 2024).

A riqueza, por sua vez, mostrou-se negativamente correlacionada à compactação do solo, possivelmente devido às dificuldades de escavação e nidificação em solos densos, além da menor circulação de ar e água, que pode reduzir a qualidade e a disponibilidade de recursos (Nichols et al., 2008; Louzada et al., 2010). Adicionalmente, a proximidade de áreas conservadas e o maior tamanho dos fragmentos florestais exerceram influência positiva sobre a riqueza, sugerindo que ambientes mais preservados oferecem condições favoráveis

para a ocorrência de espécies especializadas e sensíveis à degradação, aumentando assim a diversidade local (Estrada et al., 1998; Silva & Hernández, 2015).

5. Conclusão

Os resultados obtidos evidenciam que as assembleias de Scarabaeinae em áreas de pastagem no município de Itaituba apresentam elevada diversidade, mas fortemente modulada por fatores sazonais, ambientais e de manejo. A maior abundância e riqueza registradas na estação chuvosa demonstram a influência direta da disponibilidade de recursos e das condições microclimáticas sobre esses insetos, reforçando a importância da sazonalidade para a dinâmica das populações. Além disso, a forte resposta negativa ao fogo e à compactação do solo evidencia como as práticas antrópicas intensificam a perda de diversidade, enquanto variáveis como proximidade de corpos hídricos e fragmentos florestais favorecem a manutenção de espécies e o aumento da abundância, indicando a relevância da heterogeneidade ambiental e da disponibilidade de recursos tróficos para a conservação desse grupo.

De forma complementar, a análise das iscas mostrou que, embora a composição de espécies não tenha diferido significativamente entre os atrativos, a abundância e a riqueza foram mais elevadas nas iscas de fezes, confirmando a dependência dos Scarabaeinae por recursos coprófagos. Esses achados destacam que a diversidade de besouros rola-bostas em pastagens amazônicas, apesar de resiliente em certa medida, é altamente sensível às pressões ambientais locais e às alterações sazonais, revelando-se um grupo-chave para avaliar a qualidade ambiental e o impacto do uso do solo.

Assim, o estudo contribui para preencher lacunas no conhecimento sobre comunidades de Scarabaeinae em áreas de pastagem da Amazônia, oferecendo subsídios tanto para estratégias de manejo sustentável quanto para políticas de conservação voltadas à manutenção da biodiversidade em paisagens fortemente influenciadas pela pecuária. Destaca-se ainda, a necessidade de ações de conservação e manejo que priorizem a manutenção de fragmentos florestais, a redução da compactação do solo e o controle de queimadas, como estratégias para promover a biodiversidade local. Estudos de longo prazo são fundamentais para avaliar a resposta das comunidades de Scarabaeinae às mudanças ambientais e orientar práticas sustentáveis em paisagens alteradas.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Pará, campus Itaituba pelo apoio de logística para o desenvolvimento deste estudo, e ao CNPq pelo bolsa de Iniciação Científica.

7. Referências

- Bates, D.M., 2010. **lme4: Mixed-Effects Modeling with R**. Springer, New York.
- Cajaiba, R.L., Périco, E., Silva, W.B., Caron, E., Buss, B.C., Dalzochio, M., Santos, M. (2019a). Are primary forests irreplaceable for sustaining Neotropical landscapes' biodiversity and functioning? Contributions for restoration using ecological indicators. **Land Degradation & Development**, **31**, 508-517.
- Cajaiba, R. L., Perico, E., Dalzochio, M. S., Silva, W. B., Bastos, R., Cabral, J. A., & Santos, M. G. (2017b). Does the composition of Scarabaeidae (Coleoptera) communities reflect the extent of land use changes in the Brazilian Amazon? **Ecological Indicators**, **74**, 285–294.
- Cajaiba, R. L., Perico, E., Silva, W. B., & Santos, M. (2017c). Attractiveness of Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) to different baits in the Brazilian Amazon region. **Revista de Biologia Tropical**, **65**, 917–924.

Cajaiba, R. L., Perico, E., Silva, W. B., & Santos, M. (2017d). Can dung beetles (Scarabaeinae) indicate the status of Amazonia's ecosystems? Insights integrating anthropogenic disturbance with seasonal patterns. **Animal Biology**, **67**, 301–318.

Campos, R. C., & Hernández, M. I. M. (2015). Changes in the dynamics of functional groups in communities of dung beetles in Atlantic forest fragments adjacent to transgenic maize crops. **Ecological Indicators**, **49**, 216–227.

Correa, C., Salomão, R., Xavier, B., Puker, A., Ferreira, K. (2023). Not all dung beetles feed on dung: Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) attracted to different carrion types in contrasting habitats at Brazilian Amazon. **Austral Ecology**, **48**, 952–968.

Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Ferrier, M., Dudik, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., McCovert, J., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, M.S., Zimmermann, N.E. (2006). Novel methods improve of species' distributions from occurrence data. **Ecography**, **29**, 129–151.

Estrada, A., Coates-Estrada, R., & Merritt, D. (1998). Dung beetles activity associated with forest edges and isolated trees in an agricultural landscape in tropical Mexico. **Biological Conservation**, **81**(3), 275–282.

Gonçalves, M. P. G. (2020). Os escaravelhos e o tempo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, **35**(4), 553–562.

González-Gómez, L., González-Tokman, D., & García, J. H. (2023). Influence of landscape and livestock management on dung beetle diversity in tropical cattle pastures. **Biodiversity and Conservation**, **32**, 1687–1707

Guerra Alonso, C. B., Zurita, G. A., & Bellocq, M. I. (2022). Livestock grazing impact differently on the functional diversity of dung beetles depending on the regional context in subtropical forests. **Scientific Reports**, **12**, 1636.

Halffter, G., & Edmonds, W. D. (1982). **The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae):** An ecological and evolutive approach. Instituto de Ecología, A.C.

Hernández, M. I. M., & Vaz-de-Mello, F. Z. (2009). Community structure of dung beetles in a habitat mosaic at southern Brazilian Atlantic Forest. **Revista Brasileira de Entomologia**, **53**(4), 577–584.

Louzada, J. N. C., Lima, A. P., & Hernandez, M. I. M. (2010). Dung beetle community structure in relation to anthropogenic disturbances in tropical forest fragments. **Biotropica**, **42**(2), 229–236.

Nicasio, K. L., Pires, M. M., da Silva, K. M. A., Barbosa-Santos, F. M., Cajaiba, R. L., & Périco, E. (2024). Patch size, isolation and forest cover variably shape the beta diversity of dung beetle assemblages in the eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, **572**, 122303.

- Nichols, E., & Gómez, A. (2014). Dung beetles and fecal helminth transmission: patterns, mechanisms and questions. **Parasitology**, **141**, 614–623.
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezquita, S., & Favila, M. E. (2008). Ecological functions of dung beetles: a review of ecosystem services and their efficiency as indicators. **Biological Conservation**, **141**(6), 1461–1474.
- Noble, C. D., Gilroy, J. J., Berenguer, E., Vaz-de-Mello, F., & Peres, C. (2023). Many losers and few winners in dung beetle responses to Amazonian forest fragmentation. **Biological Conservation**, **281**, 110024.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., Mcglinn, D., Minchin, P. R., O'hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H. (2017). **Vegan**: Community Ecology Package. R package version 2.5-6.
- Puker, A., de Oliveira, M.J.G., da Silva, G.C. (2024). Structure of dung beetle assemblages (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in native forest and exotic pastures in the Southwest of the Brazilian Amazon. **Biología** **79**, 879–891.
- Sarmiento-Garcés, R., & Hernández, M. I. M. (2021). A decrease in taxonomic and functional diversity of dung beetles impacts the ecosystem function of manure removal in altered subtropical habitats. **PLoS ONE**, **16**, e0244783.
- Silva, P. G., & Hernández, M. I. M. (2015). Scale-dependence of processes structuring dung beetle metacommunities. **PLoS ONE**, **10**(3), e0123030.
- Skidmore, M., Moffette, F., Rausch, L., Christie, M., Munger, J., & Gibbs, H. (2021). Cattle ranchers and deforestation in the Brazilian Amazon: Production, location, and policies. **Global Environmental Change**, **68**, 102280.
- Storck-Tonon, D., da Silva, R. J., & Sawaris, L. (2020). Habitat patch size and isolation drive the near-complete collapse of Amazonian dung beetle assemblages in a 30-year-old forest archipelago. **Biodiversity and Conservation**, **29**, 2419–2438.

Material Supplementar

Resposta da assembleia de besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) a diferentes variáveis ambientais em pastagens no município de Itaituba, Pará

Quadro 1 – Relação das variáveis ambientais mensuradas e as metodologias utilizadas para mensuração.

Variáveis	Critérios de mensuração	Informações adicionais
Existência de fogo nos últimos 12 meses	Entrevistas com os proprietários; vestígio de fogo no local	Identificado a presença de fogo, a área queimada era mensurada utilizando um GPS e depois calculada utilizando programa QGIS.
Compactação do solo	A taxa de compactação do solo foi determinada através da resistência mecânica à penetração vertical (Rp).	Foi medida nas escalas de profundidades: 0-5; 5-10; 10-20 e 20-30 cm, utilizando-se um penetrômetro DDS-100, com diâmetro da ponteira de 1,5 cm. Em cada ponto amostrado, foram realizadas quatro medida.
pH do solo	O pH do solo foi mensurado utilizando um medidor de pH digital da marca Zarlbol.	Antes da escavação para a instalação das armadilhas pitfall, a camada superficial da serapilheira era removida e a raste era penetrada no solo.
Umidade do solo	A umidade do solo foi mensurada utilizando um medidor de pH digital da marca Zarlbol.	Antes da escavação para a instalação das armadilhas pitfall, a camada superficial da serapilheira era removida e a raste era penetrada no solo.
Temperatura do solo	A temperatura do solo foi mensurada utilizando um medidor de pH digital da marca Zarlbol.	Antes da escavação para a instalação das armadilhas pitfall, a camada superficial da serapilheira era removida e a raste era penetrada no solo.

Distância para rios/ riachos/ lagos sem matas ciliares (m)	As coordenadas geográficas de cada ponto foram medidas utilizando um GPS modelo Garmin Gpsmap 64s Preto E. Em laboratório as informações eram processadas utilizando o Google Earth para determinar a distância para os rios.	A presença ou ausência das matas ciliares eram identificadas <i>in loco</i> .
Distância para rios/ riachos/ lagos com matas ciliares (m)	As coordenadas geográficas de cada ponto foram medidas utilizando um GPS modelo Garmin Gpsmap 64s Preto E. Em laboratório as informações eram processadas utilizando o Google Earth para determinar a distância para os rios.	A presença ou ausência das matas ciliares eram identificadas <i>in loco</i> .
Distância para curral (m)	As coordenadas geográficas de cada ponto foram medidas utilizando um GPS modelo Garmin Gpsmap 64s Preto E. Em laboratório as informações eram processadas utilizando o Google Earth para determinar a distância para o curral.	-
Distância para estradas/ vicinais	As coordenadas geográficas de cada ponto foram medidas utilizando um GPS modelo Garmin Gpsmap 64s Preto E. Em laboratório as informações eram processadas utilizando o Google Earth para determinar a distância para as estradas/vicinais.	-
Distância para florestas/ fragmentos (m)	As coordenadas geográficas de cada ponto foram medidas utilizando um GPS modelo Garmin Gpsmap 64s Preto E. Em laboratório as informações eram processadas utilizando o Google Earth para determinar a distância para as florestas/ fragmentos.	-
Tamanho das florestas/ fragmentos (ha)	As coordenadas geográficas de cada ponto foram medidas utilizando um GPS modelo Garmin Gpsmap 64s Preto E. Em laboratório as informações eram processadas utilizando o Google Earth para determinar o tamanho das florestas/fragmentos utilizando a ferramenta QGIS.	O tamanho das florestas/fragmentos foi determinado utilizando a escala em hectares.
Distância para residências/ construção civil (m)	As coordenadas geográficas de cada ponto foram medidas utilizando um GPS modelo Garmin Gpsmap 64s Preto E. Em laboratório as informações eram processadas utilizando o Google Earth para determinar a distância para casas ou outro tipo de construção civil (barracões, oficinas, ...).	-