



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE RECIFE
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JAMILLE CRISTINA OLIVEIRA DA SILVA

**VARIAÇÃO DA MORFOLOGIA DOS BESOUIROS ROLA-BOSTA (COLEOPTERA:
SCARABAEIDAE) EM RESPOSTA A DIFERENTES RECURSOS EM
DECOMPOSIÇÃO**

Recife

2025

JAMILLE CRISTINA OLIVEIRA DA SILVA

**VARIAÇÃO DA MORFOLOGIA DOS BESOUIROS ROLA-BOSTA (COLEOPTERA:
SCARABAEIDAE) EM RESPOSTA A DIFERENTES RECURSOS EM
DECOMPOSIÇÃO**

TCC apresentado ao Curso de Ciências
Biológicas da Universidade Federal de
Pernambuco, Centro Acadêmico da
Recife, como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel.

Orientador(a): Profa. Dra. Luciana Iannuzzi

Coorientador(a): Me. Mirella Lima Costa

Recife

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Jamille Cristina Oliveira Da.

Variação da morfologia dos besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeidae)
em resposta a diferentes recursos em decomposição. / Jamille Cristina Oliveira
Da Silva. - Recife, 2025.

36 : il., tab.

Orientador(a): Luciana Iannuzzi

Coorientador(a): Mirella Lima Costa

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas - Bacharelado, 2025.
9,0.

Inclui referências, apêndices.

1. Scarabaeinae. 2. Tamanho corporal. 3. Necrofagia . 4. Amazônia Central.
5. Copronecrofagia . I. Iannuzzi, Luciana . (Orientação). II. Costa, Mirella Lima .
(Coorientação). IV. Título.

590 CDD (22.ed.)

Jamille Cristina Oliveira da Silva

**VARIAÇÃO DA MORFOLOGIA DOS BESOUROS ROLA-BOSTA
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EM RESPOSTA A DIFERENTES
RECURSOS EM DECOMPOSIÇÃO**

TCC apresentado ao Curso de Ciências
Biológicas da Universidade Federal de
Pernambuco, Centro Acadêmico de
Recife, como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel.

Aprovado em: 12/03/2025

Nota: 9,0

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **LUCIANA IANNUZZI**
Data: 11/04/2025 15:28:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Dra. Luciana Iannuzzi
Universidade Federal de
Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 **FABIO CORREIA COSTA**
Data: 02/04/2025 13:58:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Dr Fábio Correa Costa
Universidade Federal de
Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 **LILIAN MARIA ARAUJO DE FLORES**
Data: 01/04/2025 09:21:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Dra. Lilian Maria Araujo de Flores
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico esse trabalho aos meus pais, Janilda Maria Oliveira da Silva e Aílto Pereira Costa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais e a minha avó materna, por serem minha fortaleza e meu maior apoio, vocês são a base que me sustenta em todos os momentos da minha jornada. Agradeço aos meus irmãos (Thiago e Julia) por serem tão importantes pra mim, espero ser um exemplo que inspire vocês a alcançarem seus próprios sonhos. Não poderia deixar de agradecer ao meu primo Victor por ser um exemplo para mim e por todo o incentivo e apoio!

Ao meu namorado, Edson, por ter sido o meu maior parceiro e incentivo ao longo desses anos. Por todo o amor, paciência e apoio incondicional, eu poderia passar uma vida inteira te agradecendo. Te amo!!

Agradeço às minhas amigas de vida, Samara e Anna Julia, por nunca deixarem de prestar apoio e torcerem por mim, independentemente da distância. Agradeço também aos grandes amigos que fiz na graduação, Evelyn Andrade, Henrique Bion e Jailene Kelley, por percorrerem essa loucura comigo e proporcionarem sorrisos até nos nossos piores momentos kk. Vou guardar com carinho cada momento que vivemos juntos.

Um agradecimento especial a todo LABTEI, sobretudo aos amigos que fiz lá (Antonio Benicio, Everton Juvino, Lucas Matheus e etc.) que tornaram tudo mais fácil e leve, por dividir o peso do dia a dia e das viagens de campo mais puxadas, pelas conversas mais aleatórias do mundo e que sempre terminam num café kkkkk.

O agradecimento mais especial vai para a minha orientadora Luciana Iannuzzi, alguém que tive a sorte de ter como orientadora. Obrigada por ser tão presente, paciente, compreensiva, atenciosa e acolhedora. Por ter acreditado em mim nos momentos que até eu mesmo duvidei (e não foram poucos kkk). Sou eternamente grata por ter a oportunidade de aprender tanto com a senhora, e continuo aprendendo até hoje!

Agradeço também à minha coorientadora Mirella Lima, por ter sido sempre tão paciente e disposta a me ajudar nos momentos que precisei. Também aprendi muito com você, obrigada por tudo!

Agradeço também a mim mesma por ter sido resiliente mesmo diante de tantas dificuldades e obstáculos, e por ter chegado até aqui.

Agradeço a gestão da Reserva Adolpho Ducke, local onde as coletas foram realizadas. Por fim, agradeço à Universidade Federal de Pernambuco pela oportunidade e por ter sido, ao longo desses anos, a minha segunda casa.

“O importante não é o quão rápido vou chegar lá,
nem o que está esperando do outro lado,
mas sim a escalada.”

Miley Cyrus – The Climb, 2009

RESUMO

Os besouros rola-bosta (Scarabaeidae: Scarabaeinae) desempenham papéis ecológicos fundamentais, como a decomposição de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, mas sua diversidade e funcionalidade estão ameaçadas por mudanças ambientais, como a perda de habitats e a redução de recursos alimentares. Este estudo teve como objetivo geral verificar a influência do tipo de isca na atração de besouros rola-bosta na Amazônia Central, considerando tamanho corporal e comportamento, com a hipótese de que o tamanho corporal dos besouros rola-bosta influencia a escolha do tipo de isca em decomposição. Foram realizadas coletas na Reserva Adolpho Ducke, utilizando armadilhas de queda iscadas com três tipos de carne em decomposição (bovino, frango e peixe), e o tamanho corporal dos besouros foi medido e classificado em pequeno, médio e grande. Os dados foram analisados por meio de Modelos Lineares Generalizados (GLMs) e análise de valor indicativo (IndVal) para avaliar a associação entre espécies e tipos de recursos. Foram coletados 3.205 indivíduos, pertencentes a 24 espécies, com maior abundância em iscas de carne bovina. Seis espécies apresentaram variação significativa no tamanho corporal em relação ao tipo de recurso, sendo que indivíduos maiores foram atraídos principalmente por carne bovina, enquanto menores preferiram peixe. A qualidade do recurso alimentar, especialmente a liberação de compostos voláteis durante a conveniência, influencia tanto a atratividade quanto a estrutura da comunidade de besouros, com espécies generalistas dominando o ambiente. Conclui-se que o tipo de recurso alimentar afeta diretamente as características morfológicas e comportamentais dos besouros rola-bosta, reforçando a importância da disponibilidade de recursos para a manutenção da diversidade e funcionalidade desses insetos em ecossistemas tropicais.

Palavras-chave: Scarabaeinae; Tamanho corporal; Necrofagia; Amazônia Central; comportamento.

ABSTRACT

Dung beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) play fundamental ecological roles, such as organic matter decomposition and nutrient cycling, but their diversity and functionality are threatened by environmental changes, including habitat loss and the reduction of food resources. This study aimed to assess the influence of bait type on dung beetle attraction in Central Amazonia, considering body size and behavior, with the hypothesis that dung beetle body size influences the choice of decomposing bait. Sampling was conducted in the Adolpho Ducke Reserve using pitfall traps baited with three types of decomposing meat (beef, chicken, and fish), and beetle body size was measured and classified as small, medium, or large. Data were analyzed using Generalized Linear Models (GLMs) and Indicator Value Analysis (IndVal) to evaluate species associations with resource types. A total of 3,205 individuals from 24 species were collected, with the highest abundance observed in beef bait. Six species showed significant variation in body size in response to bait type, with larger individuals being primarily attracted to beef, while smaller ones preferred fish. The quality of the food resource, particularly the release of volatile compounds during decomposition, influences both attractiveness and the structure of the beetle community, with generalist species dominating the environment. It is concluded that food resource type directly affects the morphological and behavioral traits of dung beetles, reinforcing the importance of resource availability for maintaining the diversity and functionality of these insects in tropical ecosystems.

Keywords: Scarabaeinae; Body size; Necrophagy; Central Amazonia; behavior

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

MATERIAIS E MÉTODOS

Figura 1 - Localização da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas (adaptado de: Google Earth 2021). 19

Figura 2 - Esquema de amostragem da coleta dos besouros rola-bosta na região da Amazônia Central, em 2022. Os círculos representam as armadilhas. As cores sinalizam o tipo de isca. 21

RESULTADOS

Figura 1 - Efeito do tipo de isca (carne, frango e peixe) no tamanho corporal médio dos besouros rola-bosta, estimado por modelo linear generalizado (GLM). A - *Eurysternus caribaeus*; B - *Eurysternus atrossericus*; C - *Deltochilum* gr. *submetallicum*; D - *Deltochilum* gr. *aspericolle*; E - *Dichotomius lucasi*; F - *Canthidium* sp. 29

LISTA DE TABELAS

RESULTADOS

Tabela 1 - Abundância de indivíduos de rola-bosta coletados em armadilhas pitfall iscadas com diferentes tipos de isca (carne, frango e peixe), no período seco, na Amazônia central. 26

Tabela 2 - Categorização das espécies de besouros rola-bosta de acordo com preferência (especialista/generaista) por tipos de recurso (baço, frango e peixe) com base no Índice de Valor Indicador (IndVal) e tamanho corporal (pequeno, médio, grande), na Amazônia Central. 28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO GERAL	14
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.3	HIPÓTESE	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	BESOUROS ROLA-BOSTA (SCARABAEINAE)	14
2.2	REGIÃO AMAZÔNICA	15
2.3	GUILDA TRÓFICAS E DE ALOCAÇÃO DE RECURSOS DOS BESOUROS ROLA-BOSTA	16
2.4	TAMANHO CORPORAL	17
3	MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1	ÁREA DE ESTUDO	18
3.2	AMOSTRAGENS	20
3.3	ANÁLISE DE DADOS	21
4	RESULTADOS	22
5	DISCUSSÃO	23
6	CONCLUSÃO	26
7	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

Os besouros da família Scarabaeidae, mais conhecidos como rola-bosta no Brasil, ocorrem em quase todos os biomas terrestres, contando com aproximadamente 20 mil espécies que os representam (Ronqui & Lopes, 2006). São assim conhecidos pelo hábito de algumas espécies rolar o seu recurso alimentar (Vaz-de-Mello et al., 2011). Eles apresentam duas principais fontes alimentares: a coprofagia, descrita pela alimentação de excrementos, e a necrofagia, em que se alimentam de carcaças de animais em decomposição. Além disso, algumas espécies exibem um comportamento denominado copronecrofagia, no qual se alimentam tanto de fezes quanto de restos de animais mortos (Halffter & Matthews 1966; Filgueiras et al., 2009). Os besouros rola-bosta podem ser agrupados em diferentes categorias funcionais com base em características, como tamanho corporal e estratégias de alocação de recursos. Em relação ao tamanho, eles possuem três classes: pequenos, médios e grandes. Com base nas guildas de alocação, são classificados em três grupos principais: endocoprídeos (residentes), que habitam o interior do recurso; paracoprídeos (escavadores), que enterram o esterco abaixo da fonte; e telocoprídeos (roladores), que removerem e rolam uma esfera de alimento até o local do ninho (Hanski & Cambefort, 1991).

Como organismos heterotróficos, os besouros rola-bosta dependem do consumo de alimentos para gerar energia, crescer e manter o metabolismo. Dessa forma, a alimentação é essencial para sua sobrevivência e reprodução (Lotka, 1925). Durante a fase larval, o alimento fornecido pelos adultos afeta diretamente o crescimento e a biomassa dos indivíduos, determinando seu tamanho corporal na fase adulta (Moczek & Emlen, 2000). Essa dependência de recursos alimentares leva ao desenvolvimento de diversas estratégias adaptativas para detectar, buscar e processar uma gama diversificada de alimentos, que são essenciais não apenas para sua sobrevivência, mas também para seu desempenho ecológico (Schmidt-Nielsen, 1997). Os nutrientes encontrados no recurso são particularmente importantes para o desenvolvimento adequado, afetando características como o

tamanho do corpo e o comprimento dos chifres dos machos, que têm implicações diretas para o sucesso reprodutivo (Emlen, 1997; Moczek & Emlen, 1999).

Essa dependência alimentar está intimamente ligada à interação dos besouros rola-bosta com os mamíferos, que fornecem excremento, a principal fonte de alimentação e nidificação, o que é característico do comportamento coprofágo observado na maioria das espécies do grupo (Halffter & Edmonds, 1982; Hanski & Cambefort, 1991). Acredita-se que várias espécies deste grupo ocuparam as florestas da América do Sul e decorreram da coprofagia para a necrofagia devido, provavelmente, às extinções dos grandes mamíferos durante o Pleistoceno, criando novos nichos e diminuindo a competição interespecífica (Cambefort, 1991).

No entanto, as mudanças ambientais recentes, como a perda de habitats e a intensificação das atividades humanas, têm afetado diretamente a disponibilidade desses recursos para os besouros rola-bosta, impactando sua riqueza, abundância e biomassa (Braga et al., 2013). Práticas como a pecuária alteram a disponibilidade de fezes, recurso vital para esses besouros, que são amplamente utilizados como bioindicadores devido à sua sensibilidade às mudanças ambientais (Halffter & Fávila, 1993). A diminuição de recursos compromete não apenas as populações de besouros, mas também a funcionalidade dos ecossistemas (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019).

Essas alterações podem ser refletidas nas características funcionais dos besouros, uma vez que a morfologia geralmente demonstra a interação de um organismo com seu ambiente e as funções exercidas (Bertossa, 2011; Wainwright, 1996). As características funcionais referem-se a atributos morfológicos, fisiológicos e fenológicos de organismos que afetam indiretamente sua aptidão, sobrevivência e desempenho no ambiente (Violle et al., 2007). Os besouros rola-bosta desempenham papéis cruciais em diversas funções ecológicas, incluindo remoção de fezes, dispersão de sementes e bioturbação do solo (Nichols et al., 2008). O tamanho do corpo desses insetos, por exemplo, pode indicar como eles utilizam os recursos e até mesmo refletir o estado de degradação ambiental, já que está ligado à maior ou menor disponibilidade de recursos (Koller et al., 2007 apud Rocha, 2016).

A análise das características funcionais não apenas lança luz sobre a organização das comunidades de rola-bosta (Messier, McGill e Lechowicz, 2010; Violle et al., 2012), mas também revela a suscetibilidade dessas comunidades a futuras perturbações (Laliberté et al., 2010). Sendo assim, esse estudo busca preencher

lacunas no entendimento da ecologia e comportamento dos besouros rola-bosta, assim como visa fornecer percepções sobre sua relação com o ambiente e os fatores que moldam suas características morfológicas.

1.1 Objetivo geral: Verificar a influência do tipo de isca na atratividade de besouros rola-bosta, considerando o tamanho corporal e os comportamentos desses insetos em uma região da Amazônia Central.

1.2 Objetivos específicos:

1. Comparar o tamanho do corpo dos besouros rola-bosta atraídos por diferentes tipos de carne em decomposição;
2. Verificar se existe especialização dos besouros rola-bosta por tipos de carne em decomposição.

1.3 Hipótese: O tamanho corporal dos besouros rola-bosta influencia a escolha do tipo de isca em decomposição.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Besouros rola-bosta (Scarabaeinae)

A subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae), popularmente conhecida como besouros rola-bosta, compreende um grupo de detritívoros que desempenham papéis fundamentais nos processos biológicos dos ecossistemas terrestres, colaborando com a decomposição de matéria orgânica e a renovação de nutrientes do solo (Nichols et al., 2008). Esses besouros são taxonomicamente e funcionalmente diversos possuindo uma ampla distribuição em regiões tropicais, subtropicais e temperadas, apresentando grande diversidade especialmente em áreas tropicais, como a amazônia (Hanski & Cambefort, 1991; Vaz-de-Mello, 2009). Estima-se que existam cerca de 6.200 espécies descritas de rola-bosta (Tarasov & Génier, 2015; Tarasov & Dimitrov, 2016), das quais aproximadamente 1.500 ocorrem na América do Sul e cerca de 700 são registradas no Brasil (Vaz-de-Mello, 2019).

Os besouros rola-bosta exibem uma diversidade de hábitos alimentares, incluindo o consumo de matéria vegetal em decomposição (saprofagia), carcaças de animais (necrofagia), fungos (micofagia) e excremento, principalmente de mamíferos

(coprofagia) (Halffter & Matthews, 1966; Filgueiras et al., 2009). A coprofagia é o hábito mais comum e amplamente estudado, especialmente em espécies que dependem de fezes de mamíferos para alimentação e nidificação (Hanski & Cambefort, 1991). No entanto, a necrofagia também é comum, principalmente em florestas tropicais, onde a disponibilidade de carcaças pode ser maior do que a de fezes (Halffter & Halffter, 2009). Os coprófagos que rolam fezes são os mais conhecidos, desempenhando um papel ecológico crucial ao enterrar esterco, o que promove a aeração do solo, a dispersão de sementes e a ciclagem de nutrientes (Halffter & Edmonds, 1982; Hanski & Cambefort, 1991). Além disso, ao enterrar excrementos, esses besouros auxiliam na diminuição da liberação de gases, como o metano, que é gerado em grande quantidade pelas fezes do gado (Holland, 2013).

2.2 Região Amazônica

A Amazônia é a maior floresta tropical úmida do mundo, cobrindo uma área de aproximadamente 5,5 milhões de km² e abrangendo nove países da América do Sul. No Brasil, ela ocupa cerca de 60% do território nacional, sendo um dos biomas mais importantes do planeta (IBGE, 2012; MMA, 2023). Caracterizada por sua floresta úmida, a Amazônia abriga uma das maiores biodiversidades do mundo, com milhões de espécies de plantas, animais e microrganismos, muitas delas endêmicas (Fearnside, 2005). Além das florestas de terra firme, a Amazônia inclui ecossistemas únicos, como várzeas, igapós e áreas de campinaranas, que contribuem para sua complexidade ecológica (Brito, 2010). Desempenha um papel fundamental na regulação do clima global, atuando como um grande sumidouro de carbono e influenciando os ciclos hidrológicos em escala continental e global (Nobre et al., 2016).

A história da Amazônia, no entanto, é marcada por ciclos de perturbação, desde a colonização europeia até os dias atuais, com a expansão de atividades como a pecuária, a agricultura, a mineração e a exploração madeireira (Inpe, 2023; Raisg, 2022). Essas atividades têm levado ao desmatamento, à fragmentação florestal e a incêndios. No Brasil, a Amazônia Legal foi estabelecida em 1953 por meio da Lei nº 1.806 com o objetivo de promover o desenvolvimento socioeconômico integrado à proteção ambiental. Essa região abrange nove estados (Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Mato Grosso e parte do Maranhão) e

corresponde a cerca de 5 milhões de km², ou 60% do território nacional (IBGE, 2012; MMA, 2023). A Amazônia Legal é crucial para a conservação da biodiversidade e a regulação do clima, mas também é a região mais afetada por desmatamento e degradação ambiental (Inpe, 2023; Raisg, 2022). A Amazônia Central, no estado do Amazonas, é uma das áreas mais preservadas da Amazônia Legal, com florestas primárias e alta biodiversidade, atuando como refúgio de espécies endêmicas e reguladora do clima (Nobre et al., 2016). No entanto, a mesma vem enfrentando pressões crescentes devido à expansão de atividades humanas, que ameaçam sua integridade ecológica (Inpe, 2023). A perda de grandes mamíferos, devido às mudanças climáticas, diminui a disponibilidade de fezes e de carcaça, recursos vitais para os besouros (Halffter & Matthews, 1966; Hanski e Cambefort, 1991). Espécies maiores de besouros rola-bosta, mais suscetíveis a declínios em sistemas perturbados (Gardner et al., 2008), são especialmente afetadas pela degradação ambiental. Isso resulta na perda de funções ecológicas críticas, como a dispersão de sementes e a escavação do solo, essenciais para a regeneração florestal e a estruturação do solo (Dangles et al., 2012; Larsen et al., 2005). Além disso, a remoção de fezes e carcaças, uma das funções mais importantes desses besouros, é severamente comprometida. Com a redução na disponibilidade desses recursos, os besouros enfrentam dificuldades para realizar a decomposição e o enterramento de matéria orgânica, processos fundamentais para a ciclagem de nutrientes e a manutenção da fertilidade do solo (Nichols et al., 2008).

2.3 Guildas tróficas e de alocação de recursos dos besouros rola-bosta

As interações ecológicas entre besouros rola-bosta e mamíferos tiveram um papel fundamental na evolução desses insetos e na estruturação de suas comunidades ao longo dos últimos 40 milhões de anos (Cambefort, 1991). Essas relações históricas moldaram não apenas a diversidade morfológica e comportamental dos besouros, mas também suas funções ecológicas. A evolução dos hábitos alimentares dos besouros rola-bosta está intimamente ligada à história dos ecossistemas terrestres. Evidências fósseis de câmaras subterrâneas contendo esterco indicam que os besouros rola-bosta já praticavam a coprofagia em associação com dinossauros, antes mesmo da diversificação dos mamíferos (Chin & Gill, 1996).

De acordo com a história evolutiva dos besouros rola-bosta (Hanski e Cambefort, 1991; Scholtz et al., 2009), a necrofagia é uma condição derivada da coprofagia. Esse processo provavelmente ocorreu em resposta a transformações ambientais nas florestas tropicais, associadas a mudanças climáticas e à extinção de espécies de grandes vertebrados entre o Plioceno e o Pleistoceno (5–2 milhões de anos atrás) (Halffter & Matthews, 1966; Hanski e Cambefort, 1991). Atualmente, a necrofagia facultativa ou obrigatória é bastante comum em ambientes como as florestas neotropicais (Halffter & Halffter, 2009). A preferência alimentar varia entre as espécies e depende da oferta de recursos disponíveis no ambiente. Em locais onde há uma grande presença de mamíferos de grande porte, como na África, a maioria das espécies é coprófaga (Cambefort & Walter, 1991). Já em regiões com menor abundância de megafauna, como nos Neotrópicos, ocorre uma maior diversificação alimentar, com um aumento na frequência de espécies necrófagas (Keast, 1969; Giménez Gómez et al., 2018; Ebert et al., 2019). Essa adaptabilidade na dieta permite que os besouros utilizem diferentes fontes de alimento, diminuindo a competição entre espécies e favorecendo sua coexistência em ambientes de alta biodiversidade (Martín-Piera & Lobo, 1993).

Essa diversidade de estratégias alimentares está intimamente ligada às guildas de alocação de recursos, que classificam os besouros rola-bosta de acordo com suas estratégias de construção de ninhos: Telecoprídeos, que transportam o esterco para locais distantes antes de enterrá-lo; Paracoprídeos, que constroem ninhos diretamente sob ou ao lado do esterco; e Endocoprídeos, que nidificam dentro do próprio esterco (Hanski & Cambefort, 1991). Essas guildas refletem adaptações morfológicas e ecológicas que influenciam diretamente suas funções nos ecossistemas. (Hanski & Cambefort, 1991; Nervo et al., 2014).

2.4 Tamanho corporal

O tamanho corporal dos besouros rola-bosta está fortemente associado à quantidade e ao tipo de recurso alimentar que eles consomem. Espécies maiores, tendem a consumir e enterrar quantidades maiores de esterco, uma vez que possuem maior capacidade de transporte e forrageamento (Horgan, 2001; Larsen et al., 2008). Também são frequentemente especializados em explorar esterco fresco de grandes mamíferos, o que exige maior força e eficiência no transporte (Nervo et

al., 2014; Tixier et al., 2015; Frank et al., 2017). Por outro lado, espécies menores, como os endocoprídeos, são mais eficientes em explorar recursos localizados, como pequenas quantidades de esterco ou material em decomposição, devido à sua menor necessidade de área e capacidade de nidificação dentro do próprio recurso (Hanski e Cambefort, 1991). Essas diferenças morfológicas estão diretamente relacionadas às estratégias de forrageamento e à qualidade do recurso disponível, que variam conforme o habitat e a disponibilidade de esterco (Moczek e Emlen, 2000; Moczek e Nijhout, 2004).

A qualidade do recurso alimentar desempenha um papel crucial na dieta dos besouros rola-bosta. Os indivíduos maiores, são mais dependentes de recursos frescos e de alta qualidade, como esterco recente ou carcaças de animais, que fornecem nutrientes essenciais para o desenvolvimento das larvas (Dadour e Cook, 1996). Em contraste, indivíduos menores, são mais generalistas e podem explorar recursos de menor qualidade, como esterco em decomposição, material vegetal em decomposição ou até mesmo carcaças em estágios avançados de putrefação (Hanski e Cambefort, 1991; Scholtz et al., 2009). Estudos têm destacado a importância de abordagens baseadas em características funcionais para compreender como o tamanho corporal e os atributos morfológicos influenciam a dieta e a ecologia dos besouros rola-bosta (Messier et al., 2010; Violle et al., 2012). Características como tamanho corporal e massa corporal têm sido utilizadas para avaliar a capacidade de forrageamento e a resiliência desses besouros frente a mudanças ambientais (Frank et al., 2017). Um estudo recente demonstra que a estrutura das comunidades de besouros rola-bosta é altamente dinâmica e é influenciada por fatores como a qualidade do recurso, a sazonalidade e a perturbação do habitat, o que reforça a importância de considerar o tipo de isca e o tamanho corporal dos besouros em estudos ecológicos (Noriega et al., 2021).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Reserva Adolpho Ducke (2°57' S, 59°55' W, ca. 90 m de altitude), localizada em Manaus - Amazonas (Figura 1), declarada Reserva Biológica em 1972. A reserva abrange uma extensão de 10.000 hectares, sendo predominantemente composta por terrenos sólidos (Brito, 2010). Apesar de estar

localizada em área urbana, nunca foi submetida a desmatamento, pecuária, mineração ou exploração madeireira. Esse ambiente preservado serve como um modelo ideal para o estudo dos padrões ecológicos de ecossistemas nativos (Coutinho, 2006; Prance, 1979; Brito, 2010; Ribeiro et al., 1994; Chauvel, 1982). A vegetação consiste em floresta tropical úmida, caracterizada por uma ampla variedade de espécies de árvores, arbustos e plantas herbáceas, e em áreas alagáveis de floresta conhecida como igapós (Alencar, 1986).

A região possui um clima tropical quente e úmido, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26 °C, variando entre 19 e 39 °C ao longo do ano (Dados climáticos, 2022). Apresenta uma precipitação anual entre 1.900 e 2.300 mm, com duas estações bem definidas: uma chuvosa, de dezembro a maio, com média mensal de 277,76 mm, seguida por uma estação seca, de junho a novembro, com média mensal de 78,93 mm (Ferreira et al., 2012; Climate data, 2022).



Figura 1 – Localização da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas (adaptado de: Google Earth 2021).

3.2 Amostragens

A coleta dos indivíduos foi realizada em julho de 2022, que corresponde ao início da estação seca da região (Baccaro 2008). Durante a estação seca na região amazônica, há uma intensa atividade dos besouros rola-bosta (Ratcliffe, 2013), o que proporciona uma amostra representativa das suas populações. Para a amostragem dos besouros rola-bosta foi utilizada armadilha de queda (*pitfall*), que é constituída de um pote de plástico de 100 mL (13 cm de altura x 15 cm de diâmetro), enterrada no solo até a altura da borda. Foi adicionada uma solução de 200 ml de água com sal e detergente dentro de cada armadilha. O detergente possui ação para quebrar a tensão superficial da água e o sal evita o apodrecimento dos indivíduos coletados. Para evitar que folhas, galhos e animais vertebrados caíssem dentro da armadilha, assim como para evitar o acúmulo de água da chuva, foi acoplada uma tampa de plástico suspensa por palitos de churrasco acima do *pitfall*. Abaixo da tampa foi instalado um porta isca, onde foram adicionados aproximadamente 25 g de cada tipo de carne apodrecida por 48 horas (baço bovino, fígado de frango e peixe (sardinha) inteiro). Foram instalados 30 conjuntos de armadilhas para cada tipo de isca e 15 para controle, cada uma contendo duas armadilhas de queda (*pitfall*), distribuídos ao longo de transectos lineares (Figura 2). Cada conjunto distou 150 metros entre si, e no total foram instaladas 210 armadilhas de queda (Ver metodologia Costa et al., 2024). Cada armadilha foi exposta por 48 horas. Após esse período, o material coletado foi triado e armazenado em mantas, e em seguida foi identificado até o menor nível taxonômico possível.

Para as medições morfológicas, foram analisadas 11 espécies que apresentaram pelo menos 10 indivíduos em, no mínimo, dois dos três tipos de isca testados. Dentro dessas espécies, foram selecionados no mínimo 10 indivíduos por isca. Foi medido o comprimento do corpo (ápice do clipeo- ápice do abdômen), com a utilização do paquímetro e estereomicroscópio Leica MZ6. O tamanho das espécies foi classificado em três categorias: pequenas (< 8,9 mm), médias (9–21 mm) e grandes (> 22,0 mm). Essas categorias foram definidas de acordo com a variação do

tamanho corporal das espécies seguindo o trabalho de Noriega et al. (2021). Os exemplares foram depositados na Coleção Entomológica da UFPE (CEUFPE).

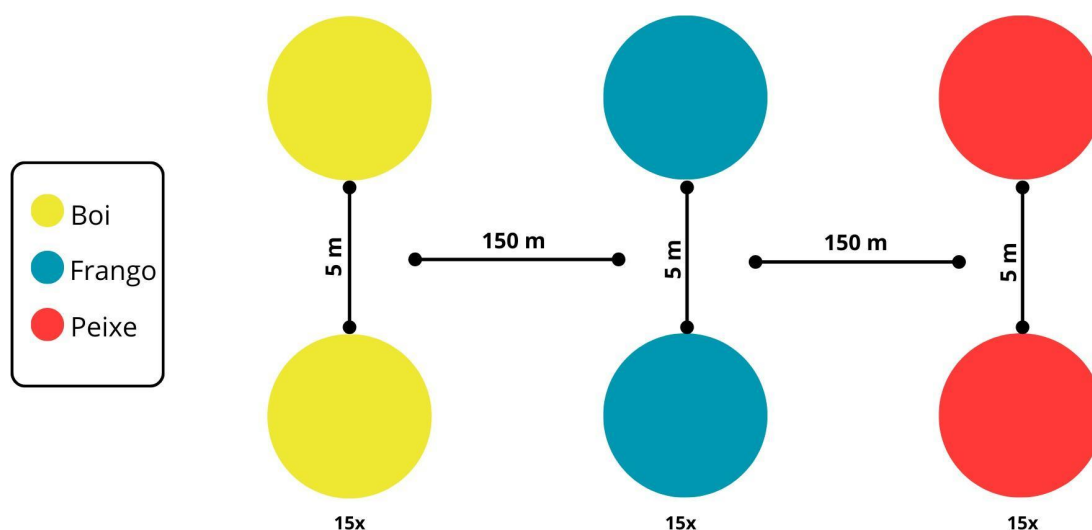


Figura 2. Esquema de amostragem da coleta dos besouros rola-bosta na região da Amazônia Central, em 2022. Os círculos representam as armadilhas. As cores sinalizam o tipo de isca.

3.3 Análise de dados

Para avaliar o efeito do tipo de recurso alimentar (variável preditora) sobre o tamanho corporal dos besouros (variável resposta), foram utilizados Modelos Lineares Generalizados (GLMs) com distribuição gaussiana (McCullagh & Nelder, 1989). A homocedasticidade dos GLMs foi verificada por meio do teste de Fligner-Killeen (Fligner & Killeen, 1976). Verificamos a distribuição de dados visualmente usando gráficos q-q e usamos a distância de Cook para testar a presença de outliers (Distância de Cook > 1,0). Ambos foram analisados no R versão 4.1.2. (R development core team 2022). A significância da variável preditora (tipo de recurso) foi avaliada por meio de uma análise de variância (ANOVA) com teste F (Fisher, 1925).

Foi realizada uma análise de valor indicativo (IndVal) para identificar a associação das espécies de besouros com os tipos de recurso alimentar (variável preditora). O índice IndVal é composto por dois elementos principais: a especificidade, determinada a partir das abundâncias relativas, e a fidelidade, calculada com base na frequência de ocorrência (variável resposta). Ambos os componentes são analisados em relação aos diferentes tipos de iscas (Dufrene & Legendre, 1997; McGeoch et al., 2002). A aplicação dessa análise foi realizada no programa R (R Core Team, 2022), utilizando o pacote Labdsv (Roberts, 2016).

4 RESULTADOS

Foram coletados 3.147 indivíduos, pertencentes a 13 gêneros e 24 espécies de besouros rola-bosta (Scarabaeidae, Scarabaeinae). No total, 1.561 indivíduos (49% do total), distribuídos em 19 espécies, foram capturados por isca de carne; 837 indivíduos (26% do total), distribuídos em 16 espécies, foram encontrados em armadilhas iscadas com peixe; e 748 indivíduos (23% do total), distribuídos em 18 espécies, foram encontrados em isca de frango. Três espécies foram as mais representativas do estudo, sendo elas *Deltochilum* gr. *submetallicum*, *Deltochilum* gr. *aspericolle* e *Canthon triangularis*, que juntas corresponderam a aproximadamente 60% dos indivíduos coletados. Em contrapartida, 17 espécies foram consideradas raras, cada uma representando menos de 1% da abundância total. Duas espécies foram classificadas como *singleton*, sendo elas *Onthophagus* aff. *osculatii* e *Oxysternon durantoni*. *Uroxys* sp. foi classificada como *doubleton* (dois indivíduos coletados) (Tabela 1).

Quatro espécies foram identificadas em apenas um tipo de recurso, como *Onthophagus* aff. *osculatii* (N= 1), *Oxysternon durantoni* (N= 1) e *Scybalocanthon pygidialis* (N= 4) (somente em isca de carne); *Hansreia coriacea* (N= 5) (somente em isca de frango). A maioria das espécies foi generalista, ocorrendo em múltiplos tipos de isca e *Canthon sordidus*, *Deltochilum* gr. *aspericolle* e *Dichotomius lucasi* ocorreram em todos os recursos.

Quanto ao tamanho do corpo, houve a presença de espécies pequenas, médias e grandes. Das 11 espécies estudadas, três foram classificadas como pequenas (27% do total), sendo elas: *Canthon sordidus*, *Canthidium* sp. e *Eurysternus atrossericus*. Seis foram classificadas como médias (45% do total), sendo elas: *Deltochilum* gr.

aspericolle, *Deltochilum* gr. *submetallicum*, *Deltochilum* *carinatum*, *Canthon* *triangularis*, *Eurysternus* *caribaeus* e *Dichotomius* *lucasi*. Por fim, duas foram classificadas como grandes (18% do total), sendo elas: *Coprophanaeus* *lancifer* e *Coprophanaeus* *jasius* (Tabela 2).

Os resultados alcançados pelo modelo linear generalizado (GLM) mostraram que o tipo de isca influencia a atratividade de acordo com o tamanho corporal dos indivíduos de seis espécies: Em *Canthidium* sp. ($p = 0.0001854$), os indivíduos maiores (entre 6 e 7 mm) foram atraídos pela isca de boi e os menores pela isca de peixe, diferindo significativamente (Fig. 1F). Em *Deltochilum* *aspericolle* ($p = 0.0006248$), os indivíduos maiores foram atraídos pelas iscas de boi e frango (entre 11 e 12 mm), enquanto os menores por peixe, diferindo significativamente (Fig. 1D). Em *Deltochilum* *submetallicum* ($p = 0.002718$), os indivíduos maiores foram atraídos pela isca de boi (14,8 e 15,5 mm), enquanto os menores foram atraídos pela isca de peixe, diferindo significativamente (Fig. 1C). Em *Eurysternus* *atrossericus* ($p = 5.49 \times 10^{-9}$), os maiores indivíduos foram atraídos pela isca de peixe (entre 7 e 8 mm), enquanto os menores foram atraídos pela isca de boi, diferindo significativamente (Fig. 1B). Em *Eurysternus* *caribaeus* ($p = 0.01795$), os indivíduos maiores foram atraídos pela isca de boi (Entre 20 e 21 mm), enquanto os menores foram atraídos pela isca de frango, diferindo significativamente (Fig. 1A). Por fim, em *Dichotomius* *lucasi* ($p = 2.41 \times 10^{-7}$), os indivíduos maiores foram atraídos pela isca de boi (entre 14,5 e 16 mm), os menores pela isca de frango. (Fig. 1E).

Cinco espécies foram classificadas como indicadoras de iscas de carne bovina: *Canthidium* sp. ($p=0,001$, 52,2%), *Canthon* *triangulares* ($p=0,001$, 64,1%), *Eurysternus* *caribaeus* ($p=0,001$, 62,9%), *Eurysternus* *atrossericus* ($p=0,001$, 38,1%) e *Deltochilum* *submetallicum* ($p=0,002$, 50,8%), sugerindo uma preferência desse grupo por esse tipo de recurso alimentar. Por outro lado, *Deltochilum* *aspericolle* ($p=0,047$, 40,9%) foi a única espécie que apresentou associação significativa com peixe.

5 DISCUSSÃO

A diversidade de besouros rola-bosta observada neste estudo foi menor em comparação com trabalhos anteriores conduzidos na região amazônica, além de apresentar uma abundância reduzida de indivíduos (Ratcliffe, 2013). Isso pode ser

explicado por fatores ecológicos, como a diminuição de vertebrados de grande porte ao longo do tempo, e por perturbações ambientais, como desmatamento e fragmentação de habitats, que afetam diretamente as populações (Nichols et al., 2008). Além disso, diferenças metodológicas, como o tipo de isca e o esforço amostral, também podem influenciar o número de indivíduos capturados. Neste estudo, *Deltochilum* gr. *submetallicum*, *Deltochilum* gr. *aspericolle* e *Canthon triangularis* foram as espécies mais representativas, totalizando juntos cerca de 60% dos indivíduos coletados. No entanto, estudos na Amazônia registram diferentes espécies como mais abundantes, como *Canthidium deyrollei*, *Dichotomius lucasi*, *Uroxys pygmaeus* e *Deltochilum septemstriatum* (Salomão et al., 2021; Ferreira et al., 2023; Ratcliffe, 2013). A nossa hipótese é que essa diferença na composição das espécies mais abundantes também pode estar relacionada a processos ecológicos como a substituição de espécies, um fenômeno amplamente discutido na literatura sobre ecossistemas tropicais (Lôbo et al., 2011). Esses autores destacam que, em ambientes sujeitos a distúrbios, espécies especializadas podem ser gradualmente substituídas por espécies mais generalistas e resistentes, resultando na homogeneização da comunidade. As espécies analisadas demonstraram predominância no comportamento generalista, sendo atraídos por todos os tipos de carniça. Essa capacidade de explorar múltiplos recursos alimentares está diretamente associada ao processo de perturbação ambiental, como o desmatamento, que favorece espécies generalistas e tolerantes a distúrbios (Nichols et al., 2007; Filgueiras et al., 2009; Hanski & Cambefort, 1991; Larsen et al., 2005). A degradação e fragmentação de ambientes florestais são fenômenos críticos em regiões tropicais, resultando na redução da extensão e qualidade dos habitats, no aumento do isolamento entre fragmentos e na criação de condições ecológicas desfavoráveis (Laurance et al., 2002; Ewers & Didham, 2006; Fahrig, 2003). Como resultado, a fragmentação do habitat contribui para o declínio de espécies especializadas e eleva o risco de extinções locais, ao mesmo tempo em que promove a dominância de espécies generalistas (Ewers & Didham, 2006; Tabarelli et al., 2008). No entanto, a dominância de generalistas traz desvantagens, como a perda de biodiversidade, a simplificação das interações ecológicas e a redução da resiliência dos ecossistemas (Larsen et al., 2005). Além disso, a competição com especialistas pode levar à homogeneização e ao desequilíbrio das cadeias alimentares, aumentando o risco de extinções em cascata (Terborgh et al., 2001).

A maioria das espécies selecionadas para a obtenção das medidas corpóreas apresentou tamanho médio, enquanto espécies grandes foram menos representativas. Isso pode estar relacionado à falta de mamíferos de grande porte na região. Em ambientes onde esses animais foram reduzidos ou extintos, a disponibilidade de fezes frescas é limitada (Nichols et al., 2008). Besouros maiores são mais suscetíveis ao declínio em sistemas perturbados (Gardner et al., 2008), pois seu tamanho está positivamente correlacionado com a quantidade de esterco consumido e as necessidades de área para alimentação e reprodução (Halffter & Matthews, 1966; Larsen et al., 2008).

O tamanho dos indivíduos de seis espécies de besouros rola-bosta variou de acordo com o tipo de recurso utilizado como isca. Cinco dessas espécies apresentaram besouros maiores atraídos por carne bovina, enquanto quatro tiveram indivíduos menores capturados por isca de peixe. Esses resultados estão alinhados com a literatura, que destaca que a qualidade e a disponibilidade de recursos alimentares podem afetar diretamente o desenvolvimento e a aptidão dos indivíduos (Favila, 2001; Frank et al., 2017). A carne bovina, por exemplo, foi associada a indivíduos maiores, possivelmente devido à sua maior disponibilidade de nutrientes e à capacidade desses indivíduos de competir mais eficientemente por esse recurso. Esse recurso é altamente detectável e atrativo para os besouros rola-bosta, possivelmente devido à sua composição química, como a liberação de dimetil dissulfeto em grandes quantidades, enquanto outros tipos de isca, como peixe e frango, emitem esses compostos em proporções menores ou com perfis químicos distintos (Kalinova et al., 2009). Esse forte odor pode ser rapidamente identificado pelos besouros devido à sua alta sensibilidade a compostos voláteis liberados durante a decomposição de recursos alimentares. Eles possuem um sistema olfativo altamente desenvolvido, que lhes permite detectar e seguir esses compostos a longas distâncias, usando-os como pistas químicas para localizar recursos (Dormont et al., 2010; Stavert et al., 2014). Dessa forma, a carne bovina pode atrair indivíduos maiores, que buscam recursos de alta qualidade para sustentar seu metabolismo e promover o crescimento, (Kalinova et al., 2009; Hanski & Cambefort, 1991). Por outro lado, a espécie *Eurysternus atrossericus* apresentou um padrão distinto das demais (inclusive com outra cogenérica), com indivíduos maiores capturados por isca de peixe e menores por carne bovina. Esse resultado sugere que, apesar de a carne bovina ser altamente nutritiva, ela pode ser menos favorável para essa espécie

devido à maior competição ou à menor eficiência na utilização do recurso pelos indivíduos maiores. Em ambientes onde a competição por recursos é intensa, espécies como *Eurysternus atrosericus* podem desenvolver estratégias alternativas de forrageamento, explorando recursos menos disputados, como o peixe, que podem oferecer uma vantagem competitiva para indivíduos maiores (Nichols et al., 2007; Larsen et al., 2005).

6 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que o tipo de recurso em decomposição exerce influência significativa sobre as características morfológicas e comportamentais dos besouros rola-bosta na Amazônia Central. Foi possível confirmar que o tamanho corporal dos besouros varia de acordo com o tipo de recurso utilizado, evidenciando uma relação entre a qualidade do recurso e a morfologia das espécies. Além disso, observou-se que a maioria das espécies apresenta comportamento generalista, embora algumas demonstrem preferências específicas por determinados tipos de recursos.

Tabela 1. Abundância de indivíduos de rola-bosta coletados em armadilhas pitfall iscadas com diferentes tipos de isca (carne, frango e peixe), no período seco, na Amazônia Central.

Táxons	Carne	Frango	Peixe	Total de indivíduos
Ateuchini				
<i>Ateuchus globulus</i> (Boucomont, 1928)	1	2	5	8
<i>Ateuchus simplex</i> (Le Peletier & Serville, 1828)	5	0	0	5
<i>Eutrichillum</i> sp.	1	1	4	6
Deltochilini				
<i>Canthon quadriguttatus</i> (Olivier, 1789)	1	3	1	5
<i>Canthon sordidus</i> Harold, 1868	62	68	29	159
<i>Canthon triangularis</i> (Drury, 1770)	271	85	53	409
<i>Deltochilum</i> gr. <i>aspericollae</i> Bates, 1870	214	123	247	584
<i>Deltochilum carinatum</i> (Westwood, 1837)	14	5	5	24
<i>Deltochilum icarus</i> (Olivier, 1789)	5	7	3	15
<i>Deltochilum</i> gr. <i>sextuberculatum</i>	0	1	2	3

Bates, 1870

<i>Deltochilum</i> gr. <i>submetallicum</i> (Castelnau, 1840)	534	223	259	1016
--	-----	-----	-----	------

<i>Scybalocanthron pygidialis</i> (Schmidt, 1922)	4	0	0	4
--	---	---	---	---

<i>Hansreia coriacea</i> (Schmidt, 1922)	0	5	0	5
--	---	---	---	---

Dichotomini

<i>Dichotomius lucasi</i> Harold, 1869	34	31	10	75
--	----	----	----	----

<i>Dichotomius boreus</i> (Olivier, 1789)	4	4	3	11
---	---	---	---	----

Oniticellini

<i>Eurysternus atrossericus</i> Génier, 2009	39	5	14	58
---	----	---	----	----

<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)	91	16	4	111
--	----	----	---	-----

Onthophagini

<i>Onthophagus</i> aff. <i>osculatii</i> Guérin-Mèneville, 1855	1	0	0	2
--	---	---	---	---

Phanaeini

<i>Coprophanaeus jasius</i> (Olivier, 1789)	82	114	71	267
--	----	-----	----	-----

<i>Coprophanaeus lancifer</i> (Linnaeus, 1767)	56	42	47	145
---	----	----	----	-----

<i>Oxysternon festivum</i> (Linnaeus, 1758)	2	0	1	3
--	---	---	---	---

<i>Oxysternon durantoni</i> Arnaud, 1984	1	0	0	1
---	---	---	---	---

Genera incertae sedis in Scarabaeinae

<i>Canthidium</i> sp.	138	13	78	229
-----------------------	-----	----	----	-----

<i>Uroxys</i> sp.	1	0	1	2
-------------------	---	---	---	---

Total de indivíduos por isca

1.561	748	837
-------	-----	-----

Riqueza de espécies

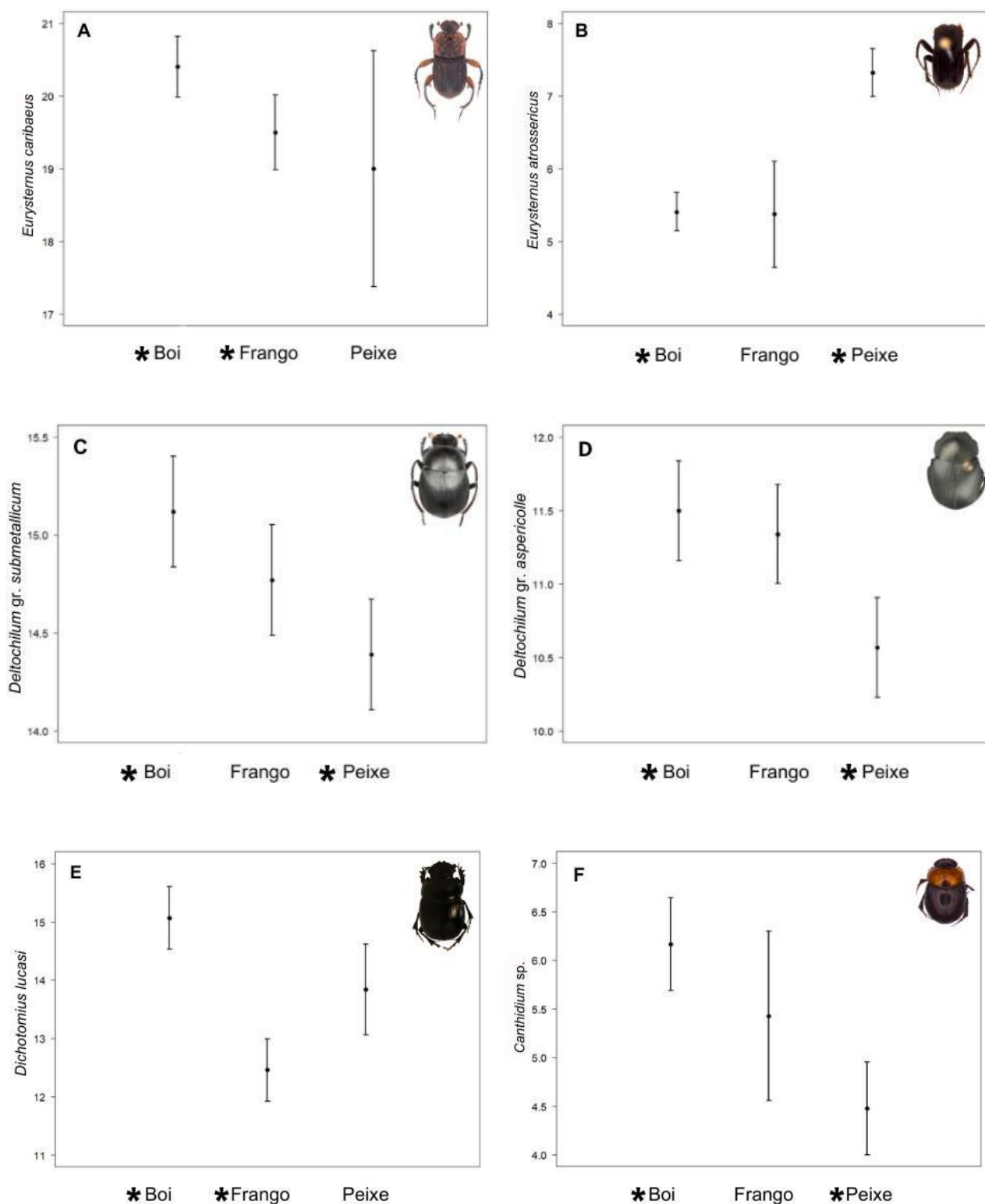
21	15	18
----	----	----

Tabela 2. Categorização das espécies de besouros rola-bosta de acordo com preferência (especialista/generaista) por tipos de recurso (baço, frango e peixe) com base no Índice de Valor Indicador (IndVal) e tamanho corporal (pequeno, médio, grande), na Amazônia Central.

Táxons	IndVal	Categoria de tamanho do corpo
Deltochilini		
<i>Canthon sordidus</i> Harold, 1868	Generalista	Pequeno
<i>Canthon triangularis</i> (Drury, 1770)	Especialista	Médio
<i>Deltochilum</i> gr. <i>aspericolle</i> Bates, 1870	Especialista	Médio
<i>Deltochilum carinatum</i> (Westwood, 1837)	Generalista	Médio
<i>Deltochilum</i> gr. <i>submetallicum</i> (Castelnau, 1840)	Especialista	Médio
Dichotomini		
<i>Dichotomius lucasi</i> Harold, 1869	Generalista	Médio
Oniticellini		
<i>Eurysternus atrossericus</i> Génier, 2009	Especialista	Pequeno
<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)	Especialista	Médio
Phanaeini		
<i>Coprophanaeus jasius</i> (Olivier, 1789)	Generalista	Grande
<i>Coprophanaeus lancifer</i> (Linnaeus, 1767)	Generalista	Grande
Genera incertae sedis in Scarabaeinae		
<i>Canthidium</i> sp.	Especialista	Pequeno

Figura 1. Efeito do tipo de isca (carne, frango e peixe) no tamanho corporal médio dos besouros rola-bosta, estimado por modelo linear generalizado (GLM). O eixo Y representa as medidas corporais (mm), enquanto o eixo X indica os tipos de isca utilizados.

A - *Eurysternus caribaeus*; B - *Eurysternus atroserricus*; C - *Deltochilum* gr. *submetallicum*; D - *Deltochilum* gr. *aspericolle*; E - *Dichotomius lucasi*; F - *Canthidium* sp.



7 REFERÊNCIAS

ALENCAR, JC Análise de associação estrutural de uma comunidade de floresta tropical úmida onde ocorre *Aniba rosaeodora* Ducke (Lauraceae) . Manaus, Amazonas: [sn].

BACCARO, FB; MAGALHÃES, C.; LEPSCH-CUNHA, N. Uma reserva Ducke. Reserva Ducke, a biodiversidade amazônica através de uma nota. Em: BACCARO, R.; BRAGA-NETO, W. (Eds.). Editora INPA . [sl: sn].

BERTOSSA, R. C. Morphology and behaviour: functional links in development and evolution. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, v. 366, n. 1574, p. 2056–2068, 2011.

BRAGA, R. F. et al. Dung beetle community and functions along a habitat-disturbance gradient in the Amazon: a rapid assessment of ecological functions associated to biodiversity. *PloS one*, v. 8, n. 2, p. e57786, 2013.

BRITO, J. M. D. Estrutura e composição florística de uma floresta de baixio de terra firme da reserva Adolpho Ducke, Amazônia central. *Amazônia central*, 2010.

CAMBEFORT, Y.; WALTER, P. Dung beetles in tropical forests in Africa. *Dung beetle ecology*. [s.l: s.n.].

CHAUVEL, A. Os latossolos amarelos, álicos, argilosos dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. *Acta amazonica*, v. 12, n. suppl 3, p. 47–60, 1982.

CHIN, K.; GILL, B. D. Dinossauros, besouros esterco e coníferas: participantes de uma teia alimentar do Cretáceo. *Palaios*, v. 11, n. 3, p. 280-285, 1996.

COSTA, M. L. Preferência e atratividade por diferentes dietas na determinação das comunidades de besouros rola-bosta. *Dissertação*, 2024

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. *Acta botanica Brasilica*, v. 20, n. 1, p. 13–23, 2006.

CYRUS, Miley. *The Climb*. Intérprete: Miley Cyrus. In: *Hannah Montana: The Movie*. [S.I.]: Walt Disney Records, 2009.

DADOUR, I. R.; COOK, D. F.; HENNESSY, D. Survival and reproduction of the dung beetle *Onthophagus binodis* Thunberg (Coleoptera: Scarabaeidae) in dung produced by cattle on grain diets in feedlots. *Environmental Entomology*, n. 5, p. 1026–1031, 1996.

DAVIS, A. J.; HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. Dung Beetle Ecology. *The journal of animal ecology*, v. 62, n. 2, p. 396, 1993.

DORMONT, L. et al. Innate olfactory preferences in dung beetles. *The journal of experimental biology*, v. 213, n. Pt 18, p. 3177–3186, 2010.

DUFRÊNE, M.; LEGENDRE, P. Conjuntos de espécies e espécies indicadoras: a necessidade de uma abordagem assimétrica flexível. *Monografias ecológicas*, p. 345–366, 1997.

EBERT, K. M. et al. Bait preferences of Australian dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in tropical and subtropical Queensland forests. *Austral entomology*, v. 58, n. 4, p. 772–782, 2019.

EMLÉN, D. J. Diet alters male horn allometry in the beetle *Onthophagus acuminatus* (Coleoptera: Scarabaeidae). Em: *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. [s.l: s.n.]. p. 567–574..

EWERS, R. M.; RAPHAEL, K. Fatores de confusão na detecção de respostas de espécies à fragmentação de habitat. *Biological reviews*, p. 117–142, 2006

FAHRIG, L. Efeitos da fragmentação do habitat na biodiversidade. *Revisão anual de ecologia, evolução e sistemática*, v. 34, n. 1, p. 487-515, 2003.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates, and consequences. *Conservation biology: the journal of the Society for Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 680–688, 2005.

FERMÍN; LOBO, J. M. Altitudinal distribution patterns of copro-necrophage Scarabaeoidea (Coleoptera) in Veracruz, Mexico. *The Coleopterists' Bulletin*, p. 321–334, 1993.

FERREIRA, Andreza Carvalho. Diversidade de besouros rola bosta em campinaranas conservadas e degradadas na Amazônia Central. 2023.

FILGUEIRAS, B. K. C. et al. Attractivity of omnivore, carnivore and herbivore mammalian dung to Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) in a tropical Atlantic rainforest remnant. *Revista brasileira de entomologia*, v. 53, n. 3, p. 422–427, 2009

FLIGNER, M. Corrigenda: A class of two-sample distribution-free tests for scale. *Journal of the American Statistical Association*, v. 76, n. 373, p. 217, 1981.

FRANK, K. et al. Land use affects dung beetle communities and their ecosystem services in forests and grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, p. 114–122, 2017.

GARDNER, T. A. et al. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles: Land-use change and tropical forest dung beetles. *The journal of applied ecology*, v. 45, n. 3, p. 883–893, 2008.

GOMEZ, G.; CAROLINA, V. Relationship between land uses and diversity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in the southern Atlantic forest of Argentina: which are the key factors? *Biodiversity and Conservation*, v. 12, p. 3201–3213, 2018.

GOSZ, J. R.; LIKENS, G. E.; BORMANN, F. H. Organic matter and nutrient dynamics of the forest and forest floor in the Hubbard Brook forest. *Oecologia*, v. 22, n. 4, p. 305–320, 1976

HALFFTER, G. Why and where coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) eat seeds, fruits or vegetable detritus. *Boletín de la SEA*, v. 45, p. 1–22, 2009.

HALFFTER, G.; EDMONDS, W. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae). An ecological and evolutive approach. [s.l: s.n.].

HALFFTER, G.; FAVILA, M. E. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) um grupo de animais para analisar, inventariar e monitorar a biodiversidade e a floresta tropical e paisagens modificadas. *Biology International*, v. v. 27, p. 15–21, 1993.

HALFFTER, G.; MATTHEWS, E. G. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae. *Folia Entomologica Mexicana*, v. 12, n. 14, p. 1–312, 1966.

HOLLAND, J. S. Dung Beetles Battle Global Warming? *National Geographic*. [s.l: s.n.].

HORGAN, F. G. Burial of bovine dung by coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) from horse and cow pastures in El Salvador. *European Journal of Soil Biology*, n. 2, p. 103–111, 2001.

KALINOVÁ, B. et al. Irresistible bouquet of death—how are burying beetles (Coleoptera: Silphidae: Nicrophorus) attracted by carcasses. *Naturwissenschaften*, v. 96, p. 889–899, 2009.

LALIBERTE, Etienne et al. Land-use intensification reduces functional redundancy and response diversity in plant communities. *Ecology letters*, v. 13, n. 1, p. 76-86, 2010.

LARSEN, T. H.; KREMEN, C. Ordem de extinção e estrutura comunitária alterada interrompem rapidamente o funcionamento do ecossistema. *Ecology letters*, n. 5, p. 538–547, 2005.

LARSEN, T. H.; LOPERA, A.; FORSYTH, A. Compreendendo a desmontagem de comunidades dependentes de características: besouros de esterco, funções de densidade e fragmentação florestal. *Conservation Biology*, n. 5, p. 1288–1298, 2008.

LAURANCE, W. F. et al. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: A 22-year investigation. *Conservation biology: the journal of the Society for Conservation Biology*, v. 16, n. 3, p. 605–618, 2002.

LÔBO, D. Fragmentação florestal leva floresta atlântica do nordeste do Brasil à homogeneização biótica. *Diversity and Distributions*, v. 17, p. 287–296, 2011.

LOTKA, Alfred James. *Elements of physical biology*. Williams & Wilkins, 1925.

LUIZÃO, R. C. C. F. J. Littera e biomassa microbiana do solo no ciclo de matéria orgânica e nutrientes em terra firme ba Amazônia Central. *Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas*, v. 1, p. 65–75, 1991.

LUIZÃO, R. C. C. F. J. Littera e biomassa microbiana do solo no ciclo de matéria orgânica e nutrientes em terra firme ba Amazônia Central. Em: *Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas*. [s.l: s.n.]. p. 65–75

LURY, D. A.; FISHER, R. A. Statistical methods for research workers. *The Statistician: journal of the Institute of Statisticians*, v. 21, n. 3, p. 229, 1972a.

Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE. [s.l: s.n.].

MCCULLAGH, Peter. *Modelos lineares generalizados*. Routledge, 2019.

MCGEOCH, M. A.; BERNDT, J.; BOTES, A. A verificação e aplicação de bioindicadores: um estudo de caso de besouros de esterco em um ecossistema de savana. *Journal of applied ecology*, n. 4, p. 661–672, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Relatório Anual de Desmatamento no Brasil – 2022*. Brasília: MMA, 2023

MESSIER, J.; MCGILL, B. J.; LECHOWICZ, M. J. How do traits vary across ecological scales? A case for trait-based ecology: How do traits vary across ecological scales? *Ecology letters*, v. 13, n. 7, p. 838–848, 2010.

MOCZEK, A.; NIJHOUT, H. Trade-offs durante o desenvolvimento de características sexuais primárias e secundárias em um besouro com chifres. *The American Naturalist*, v. 163, p. 184–191, 2004.

MOCZEK, A. P. Dimorfismo do chifre masculino no besouro escaravelho, *Onthophagus taurus*: Táticas reprodutivas alternativas favorecem fenótipos alternativos? *Onthophagus taurus*: Táticas reprodutivas alternativas favorecem fenótipos alternativos? *Animal Behavior*, v. 59, p. 459–466, 2000.

MOCZEK; EMLEN. Proximate determination of male horn dimorphism in the beetle *Onthophagus taurus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of evolutionary biology*, v. 12, n. 1, p. 27–37, 1999.

Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite - Projeto PRODES. São José dos Campos: INPE, 2023.

NICHOLS, E. Resposta global do besouro rola-bosta à modificação e fragmentação da floresta tropical: uma revisão quantitativa da literatura e meta-análise. *Biological conservation*, n. 1, p. 1–19, 2007.

NICHOLS, E. et al. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological conservation*, v. 141, n. 6, p. 1461–1474, 2008.

NOBRE, C. A. et al. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 113, n. 39, p. 10759–10768, 2016.

NORIEGA, J. A. et al. Mudanças temporais de curto e longo prazo na estrutura de assembleia de besouros de esterco da Amazônia. *Journal of Insect Conservation*, n. 1, p. 1–12, 2021.

PRANCE, G. T. Notes on the vegetation of Amazonia III. The terminology of amazonian forest types subject to inundation. *Brittonia*, v. 31, n. 1, p. 26, 1979.

PRANCE, G. T. A terminologia dos tipos de florestas amazônicas sujeitas a inundação. *Acta amazonica*, v. 10, n. 3, p. 499–504, 1980.

RAISG. Amazônia sob Pressão 2022. São Paulo: RAISG, 2022.

RATCLIFFE, B. C. Os escaravelhos que se alimentam de esterco e carniça (Coleoptera: Scarabaeoidea) de uma floresta tropical amazônica de águas negras: resultados de um estudo contínuo de 56 semanas com armadilhas pitfall. *O Boletim Coleopteristas*, v. 67, n. 4, p. 481–520, 2013.

Relatório Anual de Desmatamento no Brasil - 2022. Brasília: MMA, [s.d.].

ROBERTS, D. W. et al. Ordination and multivariate, v. 775. p. 1–68, 2016

RONQUI, Daniele C.; LOPES, José. Composição e diversidade de Scarabaeoidea (Coleoptera) atraídos por armadilha de luz em área rural no norte do Paraná, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 96, p. 103-108, 2006.

R: a language and environment for statistical computing. Em: R Foundation for Statistical Computing. www.rproject.org. Vienna, Austria: [s.n.].

ROBERTS, D. W. et al. Ordination and multivariate, v. 775. p. 1–68, 2016.

ROCHA, J. R. M. et al. Insects as indicators of environmental changing and pollution: a review of appropriate species and their monitoring. *Holos environment*. Rio Claro, v. 10: [s.n.].

SALOMÃO, R. Nível do lençol freático e textura do solo são importantes impulsionadores da diversidade de besouros rola-bosta em florestas de planície amazônicas. *Applied Soil Ecology*, v. 170, 2022.

SCHMIDT-NIELSEN, K. Fisiologia animal: adaptação e ambiente. [s.l.] Cambridge university press, 1997.

SCHOLTZ, C. H. et al. Biologia evolutiva e conservação de besouros de esterco. Sofia-Moscú: Pensoft, 2009.

STAVERT, J. R. et al. The volatile organic compounds of introduced and native dung and carrion and their role in dung beetle foraging behaviour: VOCs and dung beetle foraging. *Ecological entomology*, v. 39, n. 5, p. 556–565, 2014.

TABARELLI, M.; LOPES, A. V.; PERES, C. A. Edge effects drive tropical forest fragments toward an early-successional system. *Biotropica*, n. 6, p. 657–661, 2008.

TARASOV, S.; DIMITROV, D. Multigene phylogenetic analysis redefines dung beetles relationships and classification (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *BMC evolutionary biology*, v. 16, n. 1, p. 257, 2016.

TARASOV, S.; GÉNIER, F. Innovative Bayesian and parsimony phylogeny of dung beetles (coleoptera, scarabaeidae, scarabaeinae) enhanced by ontology-based partitioning of morphological characters. *PloS one*, v. 10, n. 3, p. e0116671, 2015.

TERBORGH, J. Colapso ecológico em fragmentos florestais livres de predadores. *Science*, v. 294, p. 1923–1926, 2001.

TIXIER, T.; BLOOR, J. M. G.; LUMARET, J.-P. Species-specific effects of dung beetle abundance on dung removal and leaf litter decomposition. *Acta oecologica* (Montrouge, France), v. 69, p. 31–34, 2015.

VAZ-DE-MELLO, F. Z.; GROSSI, P. C. Scarabaeidae in catálogo taxonômico da fauna do Brasil. PNUD. Available at < Available at <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/127498>>. Accessed on May, v. 24, p. 2019, 2019.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. et al. Os Besouros Rola-Bosta (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) da Fazenda São Nicolau. *Descobrimos a Amazônia Meridional: Biodiversidade da Fazenda São Nicolau*. p. 77–102, 2011.

VIOLLE, C. Let the concept of trait be functional! *Oikos*. Copenhagen, Denmark: [s.n.].

Violle, C. , Enquist, BJ , McGill, BJ , Jiang, LIN , Albert, CH , Hulshof, C. , Messier. O retorno da variância: variabilidade intraespecífica na ecologia comunitária. *Tendências em ecologia e evolução*, 27 (4), 244–252, 2012

WAINWRIGHT, P. C. Ecological explanation through functional morphology: The feeding biology of sunfishes. *Ecology*, v. 77, n. 5, p. 1336–1343, 1996.