

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Flexibilidade morfofisiológica do morcego *Lonchophylla mordax* às mudanças sazonais nos recursos alimentares disponíveis no bioma Caatinga

Carlos Henrique de Souza Silva
Doctor Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2026**

CARLOS HENRIQUE DE SOUZA SILVA

Flexibilidade morfofisiológica do morcego *Lonchophylla mordax* às mudanças sazonais nos recursos alimentares disponíveis no bioma Caatinga

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Oswaldo P. Ribeiro Filho

Coorientadora: Sirlene S. R. Sartori

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S586f
2026
Silva, Carlos Henrique de Souza, 1994-
Flexibilidade morfofisiológica do morcego *Lonchophylla
mordax* às mudanças sazonais nos recursos alimentares
disponíveis no bioma Caatinga / Carlos Henrique de Souza Silva.
– Viçosa, MG, 2026.

1 tese eletrônica (153 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexos.

Orientador: Oswaldo Pinto Ribeiro Filho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Biologia Animal, 2026.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2026.374>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Morcegos - Nutrição - Fatores climáticos. 2. Morcegos -
Morfologia. 3. Tubo digestivo. 4. Animais da caatinga.
5. Ecologia da caatinga. I. Ribeiro Filho, Oswaldo Pinto, 1960-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia
Animal. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal.
III. Título.

CDD 22. ed. 599.41723

CARLOS HENRIQUE DE SOUZA SILVA

Flexibilidade morfofisiológica do morcego *Lonchophylla mordax* às mudanças sazonais nos recursos alimentares disponíveis no bioma Caatinga

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 23 de abril de 2026.

Assentimento:

Carlos Henrique de Souza Silva
Autor

Oswaldo Pinto Ribeiro Filho
Orientador

Essa tese foi assinada digitalmente pelo autor em 18/06/2026 às 15:07:27 e pelo orientador em 21/06/2026 às 16:04:37. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **7A7C.YDBF.IGY8** e clique no botão 'Validar documento'.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa – UFV, pela oportunidade de realizar o meu doutorado e contribuir para a sua excelência, no campo da pesquisa científica. Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Ao programa de pós-graduação em Biologia Animal, pelas oportunidades concedidas e solicitude sempre prestada.

À minha mãe Marluce e ao meu pai João, pelo apoio incondicional em toda minha vida, por serem as minhas maiores referências, pela compreensão nas minhas escolhas e por nunca medir esforços para me ajudar. Pai, agradeço imensamente por seu auxílio durante todos os campos e por acompanhar de perto o meu trabalho. A Deus que, de certa forma, permitiu a minha chegada ao final desta etapa, que me deu forças, resiliência e dedicação para a conclusão dessa pesquisa.

Ao meu orientador, pelo valioso apoio e suas contribuições para a construção desta pesquisa, pelo olhar crítico e paciente da sua orientação, pelos conselhos, ensinamentos e amizade que colaboraram para a minha formação.

À minha coorientadora e membro da banca de defesa, pelo apoio e relevantes contribuições à esta pesquisa, por sua amizade e admirável compreensão.

Aos membros da banca de defesa, o professor Guilherme Garbino, a professora Cristina Veloso, o Dr. Marcelo Pereira, a professora Mônica Santos e a professora Amanda Cunha, pela inestimável contribuição na avaliação desta tese.

Ao Max Planck Institute of Animal Behavior – MPIAB e à University of Konstanz, à professora Dina Dechmann e toda a sua equipe, pelo acolhimento, ensinamentos, incentivos e convívio afetivo e sempre descontraído que foram proporcionados durante o período sanduíche.

À professora Danielle Barbora Morais e aos Laboratórios de Morfologia Experimental – LABMEX e de Técnicas Histológicas – HISTOTEC, do departamento de Morfologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, pelo auxílio na utilização do espaço laboratorial e armazenamento de amostras.

Ao professor Eduardo Venticinque, aos Drs. Juan Vargas Mena e Eugenia

Cordero-Schimdt e ao estagiário Yohran, do Departamento de Ecologia da UFRN, pelas orientações e auxílio na utilização de material de coleta.

Ao professor Hugo Rocha e ao Laboratório de Biotecnologia de Polímeros Naturais – BIOPOL do Departamento de Bioquímica da UFRN, pelo auxílio no armazenamento de amostras.

Ao guia de campo “Seu João”, o qual teve uma contribuição valiosa para o desenvolvimento dessa pesquisa, a sua esposa “Darquinha” e seu primo Marcos Antônio, que me receberam e ofereceram abrigo durante os campos.

Aos laboratórios de Morfologia Animal – LabMorfo, Patologia Experimental – LAPEX, Sistemática Molecular – Beagle e Ecofisiologia de Quirópteros – LEQ, do Departamento de Biologia Animal, e aos laboratórios de Ultraestrutura Celular (UFV) e Biologia Estrutural, do Departamento de Biologia Geral da UFV, pelas colaborações nas análises dessa pesquisa.

À professora Josefina Bressan e ao Laboratório de Metabolismo Energético e de Composição Corporal – LAMECC, do Departamento de Nutrição e Saúde da UFV, pelo auxílio no armazenamento das amostras em ultrafreezer.

Ao médico veterinário Emilio Campos Acevedo Nieto, pelas orientações que contribuíram para o desenvolvimento da metodologia utilizada neste trabalho.

Aos estagiários Marianna Araújo, Leandro Valente e Sabrina Abranches, pelo auxílio durante as atividades laboratoriais e análises dessa pesquisa.

Aos amigos e familiares, especialmente a Fernando Colque, pelo apoio e confiança ao longo desta trajetória.

RESUMO

SILVA, Carlos Henrique de Souza, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2026. **Flexibilidade morfofisiológica do morcego *Lonchophylla mordax* às mudanças sazonais nos recursos alimentares disponíveis no bioma Caatinga.** Orientador: Oswaldo Pinto Ribeiro Filho. Coorientadora: Sirlene Souza Rodrigues Sartori.

O morcego nectarívoro *Lonchophylla mordax* é uma espécie endêmica do bioma Caatinga, adaptada principalmente ao consumo de néctar, sendo responsável pela polinização de diversas espécies de plantas. O presente estudo avaliou a influência da mudança sazonal na dieta, distribuição, e nos aspectos biométricos, reprodutivos, gastrointestinais e metabólicos da espécie, durante as estações seca e chuvosa. O estudo foi realizado no município de Lajes, Rio Grande do Norte, Brasil, onde foi realizado um levantamento de espécies vegetais em floração e foram capturados 32 indivíduos adultos de *L. mordax* (18 machos e 14 fêmeas), dos quais foram coletados dados biométricos e reprodutivos, amostras fecais e glicemia. Uma subpopulação de dez machos adultos foi coletada para análises morfológicas e morfométricas do trato digestório, determinação do glicogênio hepático e muscular, e cálculo de índices corporais. Foram observadas diferentes espécies vegetais em floração seguindo o padrão sazonal, com maior esforço amostral para a captura dos morcegos na estação seca e padrão de atividade semelhante para estes indivíduos entre as estações. O peso corporal e a condição corporal foram significativamente maiores na estação chuvosa, sem efeito do sexo, e a atividade reprodutiva foi distinta entre machos e fêmeas. A análise fecal revelou predominância de cactáceas na chuvosa e maior consumo de insetos na seca, indicando dieta mais generalista nesse período, porém, maior agregação dos recursos alimentares e melhor condição corporal na chuvosa. Materiais vegetais predominaram no conteúdo estomacal em ambas as estações, e o trato digestório apresentou padrão morfológico e histométrico típico de morcegos nectarívoros. Houve variação sazonal nos parâmetros biométricos digestivos, com maior massa intestinal na estação seca e maiores dimensões estomacais na chuvosa, enquanto as medidas morfométricas dos segmentos intestinais não diferiram entre as estações. Os níveis glicêmicos e as concentrações de glicogênio hepático e muscular apresentaram alta variabilidade individual, sem diferença significativa entre as estações, e os índices corporais permaneceram estáveis. Em conjunto, as mudanças sazonais na Caatinga influenciaram a distribuição de alimentos e a dieta dos morcegos *L. mordax*, assim como sua condição corporal, reprodução e parâmetros digestivos, com maior dispersão das espécies vegetais e dieta mais generalista na seca. Por outro lado, houve

predominância de cactáceas e maior agregação de recursos alimentares, com melhor condição corporal, na chuvosa. Os dados metabólicos indicaram dependência de açúcares do néctar e adaptação às variações ambientais.

Palavras-chave: Chiroptera; Dieta; Glicemia; Glicogênio; Morfometria; Tubo digestivo

ABSTRACT

SILVA, Carlos Henrique de Souza, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2026. **Morphophysiological flexibility of the bat *Lonchophylla mordax* to seasonal changes in available food resources in the Caatinga biome.** Adviser: Oswaldo Pinto Ribeiro Filho. Co-adviser: Sirlene Souza Rodrigues Sartori.

The nectarivorous bat *Lonchophylla mordax* is an endemic species of the Caatinga biome, primarily adapted to nectar consumption and responsible for the pollination of several plant species. The present study evaluated the influence of seasonal changes on the diet, distribution, and biometric, reproductive, gastrointestinal, and metabolic aspects of the species during the dry and rainy seasons. The study was conducted in the municipality of Lajes, Rio Grande do Norte, Brazil, where a survey of flowering plant species was performed, and 32 adult individuals of *L. mordax* (18 males and 14 females) were captured. Biometric and reproductive data, fecal samples, and blood glucose levels were collected from these individuals. A subpopulation of ten adult males was collected for morphological and morphometric analyses of the digestive tract, determination of hepatic and muscle glycogen, and calculation of somatic indices. Different flowering plant species were observed following the seasonal pattern, with greater sampling effort required for bat capture during the dry season, and a similar activity pattern for these individuals between seasons. Body mass and body condition were significantly higher in the rainy season, with no effect of sex, and reproductive activity differed between males and females. Fecal analysis revealed a predominance of Cactaceae in the rainy season and a higher consumption of insects in the dry season, indicating a more generalist diet during the latter period; however, there was greater aggregation of food resources and better body condition in the rainy season. Plant materials predominated in stomach contents across both seasons, and the digestive tract exhibited a morphological and histometric pattern typical of nectarivorous bats. Seasonal variation was observed in digestive biometric parameters, with greater intestinal mass in the dry season and larger stomach dimensions in the rainy season, whereas the morphometric measurements of the intestinal segments did not differ between seasons. Glycemic levels and hepatic and muscle glycogen concentrations showed high individual variability, with no significant differences between seasons, and somatic indices remained stable. Taken together, seasonal changes in the Caatinga influenced food distribution and the diet of *L. mordax* bats, as well as their body condition, reproduction, and digestive parameters, with greater dispersion of plant species and a more generalist diet in the dry season. Conversely, there

was a predominance of Cactaceae and greater aggregation of food resources, resulting in better body condition, during the rainy season. Metabolic data indicated a dependence on nectar sugars and adaptation to environmental variations.

Keywords: Chiroptera; Diet; Glycemia; Glycogen; Morphometry; Digestive tract

Lista de figuras

- Figura 1. Espécime macho adulto da espécie *Lonchophylla mordax*. Fonte: elaborada pelo autor (2024) 35
- Figura 2. Imagens da paisagem de caatinga hiperxerófila durante as estações seca - dezembro de 2024 (A) e chuvosa - maio de 2025 (B), respectivamente, em Lajes (RN) (Fonte: imagens do autor, 2024 e 2025) 37
- Figura 3. Climatógrafo dos dados médios de precipitação e temperatura, referentes aos anos de 2022 a 2025 na região de Lajes – RN, incluindo o período das atividades de campo, o qual ocorreu nos meses de novembro e dezembro de 2024 e março e maio de 2025. Fonte: elaborado pelo autor com dados extraídos da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN (2026)..... 38
- Figura 4. Mapa do estado do Rio Grande do Norte, com o município de Lajes, onde foram realizadas as atividades de campo, com imagens de satélite com os 10 pontos de amostragem escolhidos para as capturas 39
- Figura 5. Instalação das redes de neblina para a captura de *Lonchophylla mordax*, durante a estação seca, em uma área de um riacho temporário nos Locais 7 e 8 (A e B) e na estação chuvosa do Local 1 (C e D). Fonte: imagens do autor (2024 e 2025)..... 40
- Figura 6. Registro fotográfico da captura e remoção de um indivíduo de *Lonchophylla mordax* das redes. Fonte: imagem do autor (2025) 41
- Figura 7. Procedimento de triagem de indivíduos de *Lonchophylla mordax*. Pesagem com dinamômetro de mola (A) e medição do comprimento do antebraço com paquímetro digital (B). Fonte: imagens do autor (2025)..... 42
- Figura 8. Caracteres utilizados na identificação de *Lonchophylla mordax*, baseado em chave taxonômica por Diaz et al. (2021): lábio inferior sem sulco evidente (A); presença de sulco nas laterais da língua (B); ponta da língua sem papilas filiformes longas (C); asas unidas à base da perna (D); pelos dorsais bicolors, com base clara e pontas castanhas (E); e ventre com pelos castanho-claros (F) 43
- Figura 9. Marcação de um indivíduo de *Lonchophylla mordax* com colar de plástico flexível, portando uma anilha numerada de alumínio polido, ajustado ao pescoço do animal. Fonte: imagem do autor (2024) 44
- Figura 10. Alimentação de um indivíduo de *Lonchophylla mordax* com solução de água com açúcar a 15%. Fonte: imagem do autor (2024) 44

- Figura 11. Procedimento de eutanásia e dissecação de *Lonchophylla mordax*. Anestesia dos animais por inalação de isoflurano 100% (Isoflurano Syntec®) embebido em algodão, dentro de um tubo Falcon de 50 mL (A); Indivíduo macho de *L. mordax* fixado com alfinetes em um suporte de isopor, em posição para dissecação (B); Tubo digestório, composto por estômago, intestino delgado (duodeno e jejuno/íleo) e intestino grosso, removido e estendido para visualização da anatomia externa (C). Fonte: imagens do autor (2024) 47
- Figura 12. Procedimento de coleta de sangue de *Lonchophylla mordax*. Indivíduo de *L. mordax* com a asa esquerda aberta, evidenciando a veia braquial (seta branca), o insert no canto direito inferior mostra a punção feita com seringa de insulina na veia braquial (A). Aproximação de uma fita reagente para a coleta de duas gotas de sangue do morcego, para a leitura da glicemia em um glicosímetro (B). Fonte: imagens do autor (2025) 51

CAPÍTULO 1

- Figura 1. Mapa do estado do Rio Grande do Norte, com o município de Lajes, onde foram realizadas as atividades de campo, com imagens de satélite com os 10 pontos de amostragem escolhidos para as capturas 68
- Figura 2. Horários de captura dos morcegos, significando preferência de saídas para alimentação. Gráfico mostrando as maiores frequências de captura, com picos entre 19h/19:40 e 20h/20:30, e em menor grau entre 21h/21:30 (A). Espécime macho adulto de *Lonchophylla mordax*, identificado pela genitália externa (B) (Fonte: imagem do autor, 2024) 73
- Figura 3. Parâmetros corporais analisados no morcego *Lonchophylla mordax*. Peso corporal (g), comprimento do antebraço (mm), e condição corporal (g/mm) (peso/antebraço) por estação (seca e chuvosa) e sexo (machos e fêmeas). O último gráfico relaciona o peso corporal com a condição corporal, com pontos e linhas de tendência separados por sexo e estação. Os asteriscos indicam diferença estatística. 75
- Figura 4. Quantidade de indivíduos do morcego *Lonchophylla mordax* classificados quanto ao seu estado reprodutivo, por sexo (macho e fêmea) e cada estação (seca e chuvosa). 76
- Figura 5. Morfologias dos grãos de pólen, identificados em amostras fecais de morcegos *Lonchophylla mordax*, na estação seca (A-F) e na estação chuvosa (G-L). *Cynophalla hastata* (Capparaceae) (A); *Ruellia asperula* (Acanthaceae) (B); *Tarenaya spinosa*

(Cleomaceae) (C); *Helicteres baruensis* (Malvaceae) (D); *Dicliptera ciliaris* (Acanthaceae) (E); *Bauhinia* sp. (Fabaceae) (F); *Pilosocereus pachycladus* (Cactaceae) (G); *Pilosocereus chrysostele* (Cactaceae) (H); *Pilosocereus gounellei* (Cactaceae) (I); *Pilosocereus tuberculatus* (Cactaceae) (J); *Melocactus ernestii* (Cactaceae) (K); *Encholirium spectabile* (Bromeliaceae) (L). Barras: 10 µm 77

Figura 6. Fragmentos de insetos identificados nas fezes de *Lonchophylla mordax*. Acima, à esquerda, gráfico da frequência de ocorrência (%) dos tipos de fragmentos identificados em cada indivíduo, por estação. Antenas (A); Élitros (B); Peças bucais (C); Patas (D); Espirotromba (E); Segmentos do corpo, pata e asa do ectoparasita (díptero da família Streblidae) de morcegos (F) 78

Figura 7. Escamas de insetos identificadas nas fezes do morcego *Lonchophylla mordax*. À esquerda, gráfico da frequência de ocorrência (%) de escamas correspondentes aos grupos Lepidoptera e Coleoptera, nas estações seca e chuvosa. Escamas de insetos da ordem Lepidoptera (A); Escamas de insetos da ordem Coleoptera (B) 79

CAPÍTULO 2

Figura 1. Anatomia macroscópica do estômago de *Lonchophylla mordax*. Anatomia externa do estômago, indicando as seguintes regiões: Ca – cárdia, CF – ceco fúndico, Co – corpo, TP – tubo pilórico, VC – vestibulo cárdico, o qual faz parte do esôfago (A). Estômago seccionado longitudinalmente, evidenciando as mesmas regiões anatômicas supracitadas (B). Barras: 1 mm. 99

Figura 2. Fotomicrografias de cortes longitudinais do estômago de um indivíduo de *Lonchophylla mordax*, corado por meio de azul de toluidina (A) e pela técnica de Alcian Blue – AB + Ácido Periódico de Schiff – PAS (B). CF: ceco fúndico; Co: corpo; TP: tubo pilórico; Mu: mucosa; Mo: muscular oblíqua; Mc: muscular circular 100

Figura 3. Fotomicrografias de cortes histológicos do estômago de *Lonchophylla mordax*, corados com Azul de Toluidina (A-G). O estômago apresenta uma organização tecidual típica dos mamíferos: transição esofagogástrica, com epitélio esofágico estratificado pavimentoso e epitélio simples gástrico, fossetas e glândulas gástricas (A); região da cárdia mostrando fossetas longas e glândulas curtas, especialmente com células parietais e células mucosas (B); região do corpo evidenciando as glândulas mais desenvolvidas, com células parietais, principais e mucosas (C); e região do tubo pilórico destacando as longas fossetas e glândulas curtas (D); destaque

das fossetas e glândulas da região cárdica (E); região do corpo evidenciando as fossetas e glândulas com suas principais células (F); fossetas longas com suas principais células na região pilórica (G). Ee: epitélio esofágico; Eg: epitélio gástrico; F: fosseta; G: glândula; Sm: submucosa; Mo: muscular oblíqua; Mc: muscular circular; Ml: muscular longitudinal; Nl: nódulo linfático; Seta: célula parietal; Cabeça de seta: célula principal; Asterisco: célula mucosa superficial 100

Figura 4. Fotomicrografias de cortes histológicos do estômago de *Lonchophylla mordax*, corados com Alcian Blue – AB conjugado com Ácido Periódico de Schiff – PAS (A-G), para revelar células produtoras de muco. Região de transição entre o epitélio esofágico (Ee) e o epitélio gástrico (Eg) (A); região da cárdia (B); região do corpo (C); região pilórica, com insert no lado superior direito, com aumento de 1000x, evidenciando células mucosas da glândula (D); destaque em aumento maior para células mucosas superficiais e células parietais, na região da cárdia (E); destaque para células principais PAS-negativas (F), e PAS-positivas, na região do corpo (G). Asterisco: células mucosas superficiais; Seta grossa: célula mucosa do colo; Seta fina: célula parietal; Cabeça de seta: célula principal; Traço: célula mucosa da glândula; Sm: submucosa; Mo: músculo oblíquo; Mc: músculo circular; Ml: músculo longitudinal..... 101

Figura 5. Conteúdo alimentar estomacal do morcego *Lonchophylla mordax*, nas estações seca (A) e chuvosa (B). Os estômagos foram seccionados longitudinalmente, onde podem ser observados materiais provavelmente de origem vegetal (setas brancas). Destaque para alguns itens alimentares de origem vegetal e de insetos identificados nos estômagos (C). Barras: 1 mm 102

Figura 6. Fotomicrografias de cortes histológicos do intestino de *Lonchophylla mordax*, corados com Azul de toluidina. Segmentos intestinais de um indivíduo coletado na estação seca (A-C), e de um indivíduo coletado na estação chuvosa (D-E). Duodeno (A e D); jejuno (B e E); intestino grosso (C e F). Vilosidades em ziguezague no duodeno (G); região basal da mucosa do intestino delgado, exibindo criptas e as camadas submucosa e musculares (H); nódulo linfático no intestino grosso (I); camadas do intestino grosso, evidenciando as criptas na mucosa (J); porção final do intestino delgado (íleo), evidenciando a placa de Peyer (K); detalhe de uma placa de Peyer (L). Vi: vilosidades; Cl: criptas de Lieberkühn; Sm: submucosa; Mc: muscular circular;

	MI: muscular longitudinal; Pm: plexo mioentérico; NI: nódulo linfático; Pp: placa de Peyer.....	104
Figura 7.	Fotomicrografias de cortes histológicos dos intestinos delgado e grosso de <i>Lonchophylla mordax</i> , corados pela técnica de Alcian Blue – AB conjugado com Ácido Periódico de Schiff – PAS. Duodeno (A e B); jejuno (C); e intestino grosso (D). Setas indicam células caliciformes AB/PAS-positivas e cabeças de seta indicam a borda estriada PAS-positiva.....	105
Figura 8.	Medidas relativas (%) das camadas e estruturas teciduais dos órgãos digestivos do morcego <i>Lonchophylla mordax</i> . Legenda: P/M: profundidade da fosseta/altura da mucosa; L/P: largura da fosseta/profundidade da fosseta; CM: profundidade do colo glandular/altura da mucosa; LC/A: largura do colo glandular/profundidade do colo; BM: profundidade da base glandular/altura da mucosa; LB/A: largura da base glandular/profundidade da base; M/P: mucosa/parede total; S/P: submucosa/parede total; MO/P: muscular oblíqua/parede total; MC/P: muscular circular/parede total; ML/P: muscular longitudinal/parede total; MT/P: muscular total/parede total; V/M: altura das vilosidades/mucosa; L/A: largura das vilosidades/altura das vilosidades; P/M e Cripta_P/M: profundidade das criptas/mucosa; L/P e Cripta_L/P: largura das criptas/profundidade das criptas; Prega_A/P: altura da prega circular/parede total; Prega_L/P: largura da prega circular/parede total.....	107
Figura 9.	Gráficos de violino representando a distribuição dos parâmetros biométricos de peso, comprimento e índices gastrointestinal-somáticos de <i>Lonchophylla mordax</i> , em cada estação. Os pontos pretos representam os indivíduos amostrados e o ponto central branco indica a mediana, para melhor visualização da distribuição dos dados. *: indica diferença significativa pelo teste t de Student ($P < 0,05$).....	108
Figura 10.	Medidas morfométricas lineares obtidas dos segmentos intestinais (duodeno, jejuno e intestino grosso) de <i>Lonchophylla mordax</i> , comparados entre as estações seca e chuvosa.....	109

CAPÍTULO 3

Figura 1.	Boxplot com pontos individuais sobrepostos evidenciando a distribuição dos valores de glicemia entre as estações seca e chuvosa em <i>Lonchophylla mordax</i> , indicando maior dispersão nos dados da estação seca.....	135
Figura 2.	Concentração de glicogênio extraído do fígado e do músculo peitoral de <i>Lonchophylla mordax</i> , convertidos em μmol de unidades glicosil por g de tecido (μmol glicosyl	

units g^{-1} . Os valores comparados entre as estações seca e chuvosa não obtiveram diferença significativa ($p < 0,05$). Para a representação gráfica, os dados foram transformados para escala logarítmica, para melhor visualização da distribuição dos valores (pontos cinzas) 136

Figura 3. Porcentagens dos índices corporais hepatossomático (IHS), lipossomático (ILS) e viscerossomático (IVS), obtidos a partir do peso do fígado, das vísceras e da gordura interescapular, respectivamente, em relação ao peso corporal do morcego *Lonchophylla mordax*. Os pontos cinzas indicam a distribuição dos valores reais. 137

Lista de tabelas

CAPÍTULO 1

- Tabela 1. Quantidade de indivíduos de *Lonchophylla mordax* capturados por sexo e estação, registro de outras espécies de morcegos capturadas, locais de captura e suas características (vegetação, florações e aspectos paisagísticos) 72
- Tabela 2. Dados biométricos, expressos como média \pm desvio padrão, de indivíduos adultos de *Lonchophylla mordax*, separados por sexo e estação, excluindo-se fêmeas em estado reprodutivo (gestação/lactação)..... 74

CAPÍTULO 2

- Tabela 1. Medidas histométricas mensuradas paras as camadas e estruturas teciduais dos órgãos digestivos (estômago, duodeno, jejuno e intestino grosso) do morcego *Lonchophylla mordax*..... 124
- Tabela 2. Medidas relativas das camadas e estruturas teciduais dos órgãos digestivos (estômago, duodeno, jejuno e intestino grosso) do morcego *Lonchophylla mordax* 126
- Tabela 3. Dados biométricos corporais e digestivos e índices gastrointestinal-somáticos obtidos do morcego *Lonchophylla mordax*, nas estações seca e chuvosa. Os valores estão expressos como média \pm desvio padrão 128
- Tabela 4. Medidas morfométricas lineares obtidas dos segmentos intestinais duodeno, jejuno e intestino grosso, comparados entre as estações seca e chuvosa, no morcego *Lonchophylla mordax*..... 129

Sumário

1. Introdução.....	19
2. Objetivo	21
2.1. Objetivos específicos	22
3. Revisão de literatura	23
3.1. O bioma caatinga no contexto da influência sazonal	23
3.2. Biologia alimentar dos morcegos nectarívoros	25
3.3. Morfofisiologia do trato digestório de morcegos nectarívoros	27
3.4. Metabolismo energético e composição corporal em morcegos nectarívoros	32
3.5. O morcego nectarívoro <i>Lonchophylla mordax</i> como organismo-modelo.....	34
4. Material e métodos	37
4.1. Áreas de amostragens e coletas dos animais	37
4.2. Estado reprodutivo.....	45
4.3. Eutanásia e dissecação.....	45
4.4. Determinação dos componentes da dieta	47
4.4.1. Coleta de material fecal.....	47
4.4.2. Conteúdo estomacal	48
4.5. Análise morfológica e morfométrica do trato gastrointestinal	48
4.5.1. Índices gastrointestinal-somáticos e morfometria intestinal	48
4.5.2. Histologia gastrointestinal.....	49
4.5.3. Histometria gastrointestinal.....	50
4.6. Metabolismo energético	51
4.6.1. Glicemia	51
4.6.2. Glicogênio hepático e muscular	52
4.6.3. Índices corporais	52
4.7. Análise estatística	53
5. Referências	54
CAPÍTULO 1: “Distribuição espacial, flexibilidade alimentar e estado fisiológico de <i>Lonchophylla mordax</i> no bioma Caatinga”	65
Introdução.....	66
Material e métodos	67
Locais de estudo e captura dos morcegos	67
Estado reprodutivo.....	69

Coleta e análise de material fecal.....	69
Análise estatística.....	70
Resultados.....	70
Descrição das áreas de amostragem.....	70
Captura dos animais e dados biométricos	73
Estado reprodutivo.....	75
Análise fecal.....	76
Discussão	79
Estado reprodutivo.....	82
Análise fecal.....	83
Conclusões.....	87
Referências	87
CAPÍTULO 2: “Caracterização morfométrica e histométrica gastrointestinal e a influência sazonal em índices somáticos de <i>Lonchophylla mordax</i> na Caatinga”	92
Introdução.....	93
Material e métodos	94
Áreas de estudo e coleta dos animais.....	94
Eutanásia e análise do conteúdo estomacal.....	95
Processamento histológico	96
Histometria gastrointestinal	96
Índices gastrointestinal-somáticos e morfometria intestinal.....	97
Análise estatística.....	98
Resultados.....	98
Morfologia estomacal	98
Conteúdo estomacal.....	102
Morfologia intestinal.....	103
Histometria gastrointestinal	106
Índices gastrointestinal-somáticos e morfometria intestinal.....	107
Discussão	110
Morfologia e histometria gastrointestinal	110
Conteúdo estomacal.....	115
Índices gastrointestinal-somáticos e morfometria intestinal.....	116
Conclusões.....	118

Referências	119
Material suplementar	124
CAPÍTULO 3: “Glicemia e perfil metabólico de <i>Lonchophylla mordax</i> na Caatinga: variabilidade energética e dinâmica sazonal de ambientes semiáridos”	130
Introdução.....	131
Material e métodos	132
Área de estudo e captura dos animais	132
Determinação da glicemia.....	133
Glicogênio hepático e muscular	133
Índices corporais	134
Análise estatística.....	134
Resultados.....	134
Glicemia.....	134
Glicogênio hepático e muscular	135
Índices corporais	136
Discussão	137
Glicemia.....	137
Glicogênio hepático e muscular	140
Índices corporais	143
Conclusões	145
Referências	145
Conclusões gerais	149
Anexo I.....	150
Anexo II.....	152
Anexo III.....	153

1. Introdução

Ambientes que apresentam alta sazonalidade, como as florestas tropicais secas, naturalmente impõem desafios a muitas espécies de morcegos que habitam esses locais, afetando a sobrevivência e a reprodução nos períodos de escassez (Stoner e Timm, 2011). A alteração nos padrões de recursos alimentares pode afetar a distribuição e abundância das espécies residentes (García-Morales et al., 2013). A mudança no comportamento alimentar é utilizada como estratégia para manter o equilíbrio energético, como ocorre na estação seca, na qual as baixas precipitações reduzem a produtividade vegetal e a oferta de alimento (Chesson et al., 2004). Essa flexibilidade também é observada em ambientes fragmentados, onde há menor heterogeneidade de recursos (Gorresen e Willig, 2004).

O morcego nectarívoro *Lonchophylla mordax* (Thomas, 1903) é uma das 13 espécies do gênero *Lonchophylla*, pertencente à família Phyllostomidae. Apresenta massa corporal média de 9 g e comprimento médio de antebraço de 35 mm. O nome do gênero *Lonchophylla* deriva do grego *lonchē* (“lança”) e *phýllon* (“folha”), em referência à forma de lança da folha nasal. Já o epíteto específico *mordax* vem do latim, que significa “aquele que morde” ou “mordedor” (Thomas, 1903). A espécie é endêmica do Brasil, com distribuição nas áreas secas da Caatinga e em algumas regiões de transição entre os biomas Caatinga e Mata Atlântica (Moratelli e Dias, 2015; Barbier et al., 2023).

O estado de conservação de *L. mordax* foi classificado como “Quase Ameaçado” pela International Union for Conservation of Nature – IUCN (Sampaio et al., 2016) e como “Pouco Preocupante” pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio (avaliação de 2013, publicada em 2018).

Apesar de *L. mordax* ser conhecida como uma espécie nectarívora, ainda existem importantes lacunas no conhecimento sobre sua biologia e ecologia. Dados detalhados sobre sua dieta, padrões de forrageamento e aspectos morfofisiológicos do aparelho digestório são escassos. Ainda, a abrangência total da sua distribuição e a taxonomia do grupo não estão completamente elucidados (Barbier et al., 2023).

Na Caatinga do estado do Rio Grande do Norte, especialmente em áreas de afloramentos de rochas calcáreas no município de Lajes, *L. mordax* foi registrada como a segunda espécie nectarívora mais comum, ocorrendo em simpatria com outras espécies de mesmo hábito alimentar, como *Glossophaga soricina* e *Xeronycteris vieirai*, (Vargas-Mena et al., 2018). Juntas, essas espécies exercem um papel ecológico crucial como polinizadoras de diversas

espécies de plantas. Estudos sobre a dieta de *L. mordax* indicam o consumo de néctar e pólen de plantas comuns da caatinga, como *Encholirium spectabile* (Bromeliaceae) e cactáceas do gênero *Pilosocereus* (*P. gounellei* e *P. pachycladus*). Por outro lado, a inclusão de insetos em diferentes estações também já foi registrada (Cordero-Schmidt, 2020).

O néctar, constituído de frutose e glicose, é uma fonte adequada para o fornecimento rápido de energia para o voo (Baker et al., 1998; Voigt e Speakman, 2007; Agostini et al., 2011), enquanto o pólen promove um suprimento eficiente de proteínas e aminoácidos, sendo consumido de forma oportuna ou acidental (Howell, 1974; Law, 1992). Várias espécies de morcegos complementam a sua alimentação selecionando frutos, partes florais e folhas, e até mesmo insetos, os quais podem garantir fontes de nitrogênio, vitaminas e minerais (Gardner, 1977; Cordero-Schmidt et al., 2017).

A mudança sazonal na dieta pode produzir ajustes na morfologia e fisiologia do trato digestório e no comportamento alimentar, porém, pode gerar gargalos na eficiência de utilização de certos alimentos, refletindo diretamente no metabolismo energético (Karasov et al., 2011; Wan-Long et al., 2012; Minter et al., 2020), como nas reservas corporais de glicogênio e gordura (McNab, 1976; Okon et al., 1978; Araújo, 2010). Nos morcegos nectarívoros, tais reservas são pouco investidas, e o jejum prolongado (mais de 24h) é dificilmente tolerado, resultando em morte do indivíduo (Amaral et al., 2019).

O trato gastrointestinal age como mediador entre a seleção de alimentos e a homeostase energética, porém, a capacidade digestiva é um fator limitante nesse processo, já que a carga e qualidade nutricionais aumentadas interferem na taxa de digestão, absorção e distribuição de nutrientes para o corpo, podendo gerar limitações no fluxo energético ou na seleção de alimentos (Karasov e McWilliams, 2005). Essas limitações digestivas repercutem diretamente no metabolismo energético, influenciando a forma como os indivíduos armazenam, mobilizam e utilizam energia ao longo das estações.

A estrutura gastrointestinal pode se adaptar às mudanças nas propriedades e quantidade do alimento consumido, como já foi registrado nos morcegos *G. soricina* e *Anoura caudifer* (Vázquez-Domínguez, 2016; Silva, 2022). Além disso, a modulação enzimática é necessária para ajustar a expressão de enzimas específicas com a carga de cada tipo de substrato a ser catalisado (Karasov e McWilliams, 2005; Sassi et al., 2007; Vázquez-Domínguez, 2016). Essas alterações estruturais e enzimáticas garantem a eficiência digestiva necessária para sustentar o metabolismo e o balanço energético em períodos de variação alimentar.

A variação glicêmica é um indicador-chave das exigências nutricionais, da mobilização e do gasto de reservas energéticas, os quais são influenciados pela disponibilidade sazonal de recursos alimentares e movimentações de forrageamento (Peng et al., 2017). O estado energético do organismo também repercute sobre outros processos fisiológicos, como a reprodução, já que o equilíbrio entre oferta e demanda energética determina a viabilidade de investir em atividades de alta exigência metabólica. Assim, o efeito do equilíbrio energético sobre a atividade reprodutiva pode ser observado na sincronização da reprodução com as épocas de maior abundância de recursos alimentares, tendo em vista a alta demanda energética para o desenvolvimento da prole, lactação e cuidado parental (Rintoul e Brigham, 2014; Hazard et al., 2022).

Esses ajustes fisiológicos — digestivos e metabólicos — interagem de forma integrada, moldando o ciclo reprodutivo e a sobrevivência dos indivíduos em ambientes com forte sazonalidade. Os picos reprodutivos de *L. mordax* demonstram um padrão de ocorrência entre o fim da estação seca e início da chuvosa, caracterizados como polimodal ao longo do ano, entretanto, a maioria das gestações estão associadas à precipitação e disponibilidade de recursos florais de cactáceas (Cordero-Schmidt, 2020; Barbier et al., 2023).

A crescente incidência de processos de desertificação, com a destruição de habitats associada à exploração de calcário, expansão de parques eólicos e outras pressões antrópicas sobre as populações de *L. mordax*, reforçam a importância de compreender como essa espécie está adaptada ao seu ambiente natural e de que maneira tais adaptações podem ser afetadas por alterações ambientais.

Considerando as variações sazonais típicas da Caatinga e as lacunas de conhecimento sobre *L. mordax*, torna-se essencial compreender como as mudanças na dieta influenciam sua morfofisiologia digestiva e metabolismo energético. Esses aspectos são fundamentais para entender as estratégias de adaptação dessa espécie a ambientes com forte sazonalidade, contribuindo para sua conservação e para o entendimento dos mecanismos ecofisiológicos que sustentam a persistência de morcegos nectarívoros em ecossistemas semiáridos.

2. Objetivo

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de investigar como o morcego nectarívoro *Lonchophylla mordax* enfrenta as mudanças sazonais nos seus recursos alimentares, em habitats com alto grau de sazonalidade, localizados em áreas de Caatinga, no município de

Lajes, Rio Grande do Norte. Foram avaliados caracteres morfofisiológicos e morfométricos do trato digestório, relacionados à dieta, e suas repercussões nos níveis glicêmicos e no metabolismo energético.

2.1. Objetivos específicos

- Levantamento descritivo das áreas de amostragem, com observação e coleta de dados fisionômicos ambientais;
- Captura e anilhamento dos animais;
- Observação dos estados reprodutivos de machos e fêmeas;
- Identificação de pólen e insetos consumidos pelos morcegos a partir de amostras fecais;
- Descrição do conteúdo estomacal;
- Detalhamento dos aspectos anatômicos, histológicos e histométricos do estômago e intestinos;
- Avaliação de índices gastrointestinal-somáticos e medidas lineares dos intestinos, nas estações seca e chuvosa;
- Medição das concentrações de glicose sanguínea;
- Determinação das concentrações de glicogênio hepático e muscular;
- Aferição dos índices corporais hepatossomático, viscerossomático e lipossomático.

3. Revisão de literatura

3.1. O bioma caatinga no contexto da influência sazonal

As florestas tropicais sazonalmente secas do Brasil são representadas, principalmente, pelo bioma Caatinga, embora ocorram também em algumas porções do Cerrado (Pennington et al., 2000). Considerada um bioma endêmico do Brasil, a Caatinga localiza-se na região nordeste, entendendo-se até o leste de Minas Gerais, com uma área total de aproximadamente 912,529 km², correspondendo a cerca de 10,7% do território nacional (da Silva et al., 2017). O clima da região é altamente sazonal e semiárido, caracterizado por forte limitação hídrica. As precipitações concentram-se em torno de cinco meses do ano e variam entre 300 mm e 2000 mm anuais, distribuídas de forma irregular, com alternância entre anos chuvosos e anos de seca severa (Sampaio, 2010; da Silva et al., 2017). Em algumas áreas, o período seco pode durar de sete a dez meses, e as temperaturas médias anuais oscilam entre 25 e 30° C (Prado, 2003; da Silva et al., 2017).

Diversos tipos de solo ocorrem na Caatinga, refletindo a sua complexa formação geológica. O bioma é constituído por escudos cristalinos a leste e porções sedimentares a oeste; os solos sedimentares são, em geral, profundos, pobres, arenosos e com boa capacidade de retenção de água, enquanto os solos da porção cristalina apresentam fertilidade e retenção hídrica mais variáveis (Sampaio, 2010; Moro et al., 2016). O relevo varia desde áreas mais baixas entre 300 e 500 m, como a depressão sertaneja, até regiões mais elevadas até 1000 m, como a Chapada Diamantina e o Planalto da Borborema, onde nascem grandes e pequenos rios de regime perene ou temporário. Esses cursos d'água estabelecem zonas ripárias, devido a maior umidade e menor limitação hídrica, que funcionam como refúgios ecológicos em períodos de seca prolongada (Sampaio, 2010; Moro et al., 2016).

As diversas fitofisionomias presentes na Caatinga permitem a classificação desse bioma como um domínio heterogêneo, com elementos florísticos de savanas, florestas tropicais, campos rupestres e, predominantemente, florestas tropicais sazonalmente secas (Queiroz et al., 2017). Essa diversidade está diretamente relacionada à variabilidade de solos, relevo e gradientes de precipitação, possibilitando a distinção entre caatinga cárstica, caatinga sedimentar e caatinga cristalina (Queiroz et al., 2017). Diferentes comunidades vegetais se estabelecem nessas formações; na porção cristalina predominam habitats de caatinga *sensu stricto*, caatinga arbustiva densa, matas ripárias frequentemente dominadas por Carnaúba

(*Copernicia prunifera*), além de *inselbergs* com vegetação rupícola, onde são comuns cactáceas do gênero *Pilosocereus*. Já na porção sedimentar ocorrem habitats rupícolas associados a rochas sedimentares, caatinga arbustiva, caatinga arbórea e dunas continentais (Moro et al., 2016).

Na porção leste da região Nordeste, a Mata Atlântica é gradativamente substituída por florestas semidecíduas, que perdem as suas folhas durante a estação seca. À medida que a precipitação e a umidade diminuem, formações com plantas decíduas tornam-se mais frequentes (Giulietti et al., 2006). Essas comunidades vegetais são compostas por espécies espinhosas, ervas e arbustos decíduos, representadas pelas famílias Cactaceae, Bromeliaceae, Euphorbiaceae e Fabaceae (Giulietti et al., 2006), cujos representantes apresentam adaptações morfofisiológicas que lhes permitem enfrentar períodos alternados de abundância e escassez de recursos hídricos (Moro et al., 2016).

O regime de chuvas constitui um dos principais fatores determinantes da variabilidade sazonal na caatinga, caracterizando o bioma como um sistema ecológico controlado por pulsos de precipitação (Machado et al., 1997). Durante a estação chuvosa, ocorre aumento expressivo da produção primária, com a vegetação apresentando aspecto verde e elevada produção de flores e frutos, o que resulta em maior disponibilidade de recursos alimentares, fundamentais para diversas comunidades animais (Meiado et al., 2012). Em contraste, na estação seca, muitas espécies de plantas perdem suas folhas e a floração torna-se reduzida, embora não completamente ausente, restringindo-se a espécies capazes de armazenar água ou que a encontram disponível no solo (Borchert, 1994; Neves et al., 2022).

Em ambas as estações, a manutenção das comunidades de animais depende fortemente de recursos como néctar, pólen e óleos, ofertados anual ou temporalmente, sendo explorados por insetos, beija-flores e morcegos, os quais são responsáveis por aproximadamente 90% da polinização na caatinga (Machado e Lopes, 2004; Machado, 2009; Leal et al., 2017). O recurso floral mais dominante no bioma é o néctar (mais de 70%), seguido do pólen, óleo, pólen + néctar e resina (Machado e Lopes, 2004). Os insetos são os polinizadores mais frequentes (quase 70%), principalmente abelhas, os quais recebem majoritariamente néctar e pólen como recompensas (Machado e Lopes, 2004), além disso, esses insetos podem tornar-se alimento para polinizadores vertebrados, de forma oportuna ou acidental. A frutificação na caatinga também ocorre anualmente, entretanto, as espécies zoocóricas predominam na estação chuvosa, enquanto na estação seca a presença de frutos é menor, constituindo um importante recurso para os animais (Griz e Machado, 2001; Silva et al., 2020b).

Os animais que habitam florestas tropicais sazonais, como a caatinga, enfrentam muitos desafios à sua sobrevivência em função da marcada sazonalidade na oferta de água e alimento. No caso dos mamíferos, a persistência nessas condições depende da combinação de adaptações comportamentais, como mudanças na dieta e no padrão de atividade, e adaptações fisiológicas, incluindo variações na temperatura corporal, uso do torpor ou hibernação, conservação de água e atraso reprodutivo (Stoner e Timm, 2011). A variação sazonal na oferta de recursos alimentares exerce, portanto, forte pressão seletiva sobre os sistemas fisiológicos, favorecendo respostas adaptativas flexíveis. Um exemplo é o morcego nectarívoro *Glossophaga soricina*, que pode entrar em torpor sob condições de restrição alimentar, reduzindo seus custos energéticos durante períodos desfavoráveis (Kelm e von Helversen, 2007).

Apesar da caatinga ser extremamente sazonal, diferentes estratégias adaptativas de floração e frutificação são encontradas para cada estação, de forma que a disponibilidade de recursos para a fauna é constante ao longo do ano (Araújo et al., 2007). Plantas polinizadas por morcegos produzem flores de forma assíncrona e oferecem néctar/pólen na estação chuvosa, entretanto, flores polinizadas por aves e insetos são mais constantes ao longo do ano (Quirino e Machado, 2014).

3.2. Biologia alimentar dos morcegos nectarívoros

Os morcegos constituem o segundo maior grupo de mamíferos, contendo 1500 espécies e 186 delas são conhecidas por ocorrerem no território brasileiro (Garbino et al., 2024; Simmons e Cirranello, 2025). A família de morcegos mais bem estudada nos neotrópicos é a dos Phyllostomidae, sendo notada pela grande diversidade de categorias tróficas encontradas, incluindo insetívoros, frugívoros, carnívoros, piscívoros, hematófagos e os nectarívoros (Hemingway et al., 2020). No bioma caatinga ocorrem entre 90 e 102 espécies de morcegos, das quais 58 pertencem à família Phyllostomidae e 9 são nectarívoras (Carmignotto e Astúa, 2017; Silva et al., 2018; García et al., 2025).

A nectarivoria evoluiu como forma de recurso para os morcegos, provavelmente a partir de um ancestral insetívoro/onívoro (Baker et al., 2012), e está associada a um sistema de polinização de diversas espécies de plantas. Na caatinga, os morcegos constituem 13% dos polinizadores, polinizando aproximadamente 38 espécies de plantas, as quais apresentam um conjunto de características florais adaptadas aos morcegos conhecido como síndrome de quiropterofilia, caracterizada por antese noturna, coloração clara, odor sulfuroso, flores

tubulares e posicionadas acima da vegetação, simetria zigomorfa, e produção abundante de néctar (Machado e Lopes, 2004; Domingos-Melo et al., 2023). Plantas das famílias Cactaceae e Fabaceae são as mais representativas, como as espécies dos gêneros *Pilosocereus* e *Bauhinia*, porém espécies do gênero *Encholirium* (Bromeliaceae) e *Ruellia asperula* (Acanthaceae) também têm interação com morcegos (Gomes et al., 2018; Cordero-Schmidt et al., 2021; Domingos-Melo et al., 2023).

Os morcegos considerados nectarívoros, da família Phyllostomidae, pertencem a duas subfamílias: Glossophaginae e Lonchophyllinae, somando aproximadamente 56 espécies (Cirranello e Simmons, 2020). Esses grupos compartilham características adaptadas ao consumo de néctar, como rostró alongado, língua extensível com papilas filiformes alongadas, denticção reduzida e habilidade de pairar enquanto extrai o néctar. Os Lonchophyllinae possuem um sulco longitudinal de cada lado da língua e papilas filiformes semelhantes a pelos distribuídas dorsoventralmente, enquanto nos Glossophaginae este sulco está ausente e as papilas se restringem à ponta da língua, tendo um aspecto de “escova” (Datzmann et al., 2010). Uma diferença na orientação dos feixes musculares também foi observada nas duas subfamílias; os Lonchophyllinae possuem feixes musculares, na língua, complexos e omnidirecionais, e nos Glossophaginae essa disposição é predominantemente horizontal (Griffiths, 1982). O comportamento alimentar nos Lonchophyllinae é realizado por meio de bombeamento do néctar pelos sulcos da língua constantemente distendida, já os Glossophaginae ingerem néctar por movimentos estereotipados de lambida (Tschapka et al., 2015).

As estratégias de deslocamento, de busca e forrageamento social são determinadas pela previsibilidade do alimento, das condições e tipo de hábitat, do modo de forrageamento empregado e, por último, do tipo de dieta (Schnitzler e Denzinger, 2024). Os morcegos nectarívoros empregam uma estratégia de alimentação passiva/ativa, em que sinais químicos são utilizados inicialmente para detectar flores na vegetação, e só então localizá-las por meio da ecolocalização e visão (Schnitzler e Denzinger, 2024). Flores com odor sulfuroso atraem os morcegos, embora sinais visuais, como a luz UV, ou acústicos, obtidos isoladamente, podem ser integrados juntamente com a memória espacial de experiências prévias para encontrar néctar (Raguso, 2004; Thiele e Winter, 2005). Os morcegos também possuem habilidade de utilizar os sinais olfativos para detectar flores com nectários cheios ou vazios, seja a curta ou longa distância (Gonzales-Terrazas et al., 2016).

O néctar, um recurso vegetal produzido pelos nectários florais, é secretado como recompensa para animais polinizadores em troca do transporte de pólen para fins reprodutivos

das plantas, sendo rico em açúcares simples, como glicose e frutose, e o dissacarídeo sacarose (Brandenburg et al., 2009). Em geral, são pobres em aminoácidos e possuem altas concentrações dos íons inorgânicos K^+ e Cl^- , além de apresentarem lipídeos e compostos secundários em sua composição (Baker e Baker, 1973; Baker, 1977; Hiebert e Calder, 1983).

Flores polinizadas por morcegos e aves geralmente produzem néctares de baixa concentração de açúcar e pobres em aminoácidos, enquanto as flores polinizadas por insetos possuem uma concentração maior de aminoácidos (Baker, 1977; Heil, 2011). As plantas quiropterófilas produzem néctares abundantes e com predominância de hexoses (glicose e frutose), como nas cactáceas, embora muitas espécies de morcegos nectarívoros sejam bastante generalistas, explorando flores com diferentes concentrações de açúcar e normalmente polinizadas por outros grupos de animais (Rodríguez-Peña et al., 2016; Rocha et al., 2019; Cordero-Schimidt et al., 2021).

Ao contrário dos insetos polinizadores, os morcegos nectarívoros devem obter proteínas e aminoácidos ingerindo outras fontes, principalmente do pólen e de insetos. Experimentos com morcegos nectarívoros alimentados somente com solução de açúcar, por quatro noites, resultou em perda de pelos, reduziu a capacidade de voo e levou a um enfraquecimento geral (Rodríguez-Peña et al., 2013). O pólen constitui uma fonte nutritiva de proteínas, aminoácidos, amido e lipídeos, contidos por duas camadas rígidas que devem ser quebradas para que os animais tenham acesso ao conteúdo citoplasmático (Roulston e Cane, 2000). Os insetos também são ricos em compostos nitrogenados, gorduras e carboidratos, presentes nos tecidos moles, e revestidos externamente por um exoesqueleto de quitina (Bell, 1990). A maioria das espécies de morcegos nectarívoros incluem pólen e insetos na sua dieta, como forma de complementar as altas quantidades de açúcares ingeridos do néctar (Muchhala e Tschapka, 2020).

Outros recursos consumidos pelos nectarívoros incluem frutos, os quais são fontes de açúcares como glicose, frutose e sacarose, e estruturas florais, que fornecem conteúdos fibrosos (Gardner, 1977; Baker et al., 1998).

3.3. Morfofisiologia do trato digestório de morcegos nectarívoros

O trato digestório é o principal mediador entre a aquisição do alimento (comportamento alimentar) e a sua transformação em nutrientes aproveitáveis pelos animais para constituir o corpo, reconstruir moléculas e fornecer energia (Karasov e McWilliams, 2005). A dieta à base de néctar requer muitas adaptações, não só na morfologia corporal externa, mas também no

nível estrutural — macroscópico e microscópico — e no nível funcional dos órgãos digestivos (Price et al., 2015). Apesar do padrão morfofisiológico definido pela seleção natural, esses órgãos são dinâmicos e se aclimatam a diferentes condições do ambiente externo, como a ingestão de alimentos, em quantidade e qualidade (Bozinovic et al., 2010).

Nos morcegos nectarívoros, o estômago é geralmente semelhante entre as diversas espécies existentes, com porções de tamanhos relativamente diferentes. De modo geral, na junção gastroesofágica, pode haver um longo vestíbulo cárdico (região distal do esôfago) ou nenhum, um longo e estreito ceco na região fúndica e uma região terminal (pilórica) moderadamente bem desenvolvida. Em *G. soricina*, a morfologia estomacal parece possuir um padrão intermediário entre o hábito herbívoro e o insetívoro, assemelhando-se ao do morcego onívoro *Phyllostomus discolor*; em *G. soricina*, já foram relatados a ausência ou presença de vestíbulo cárdico bem desenvolvido em diferentes indivíduos, um ceco fúndico dilatado na superfície dorsal, uma região pilórica tubular e extensa, e um esfíncter pilórico assimétrico, sendo maior no lado da curvatura maior, o que sugere uma relação com o consumo de alimentos de origem animal (Rouk e Glass, 1970; Forman, 1971; 1972; Rouk, 1973).

Em *Anoura geoffroyi*, o vestíbulo cárdico é bem desenvolvido, assim como um ceco cárdico (em muitas espécies há somente um ceco fúndico), e a região pilórica é pouco distinguível. Em *Leptonycteris sanborni*, o estômago possui um formato globular ou saculiforme, com uma face ventral sendo maior que a dorsal, possui um ceco fúndico e o tubo pilórico é recurvado em forma helicoidal (Rouk e Glass, 1970; Rouk, 1973). Em espécies dos gêneros *Choeroniscus* e *Lichonycteris*, o vestíbulo cárdico é mais desenvolvido, o ceco fúndico é mais curto e pouco dilatado, não apresenta incisura cárdica, a região pilórica é alongada e os esfíncteres pilóricos são mais estreitos, assemelhando-se àqueles de morcegos frugívoros (Forman, 1971).

No caso de morcegos loncofilíneos, o estômago de *Lonchophylla robusta* possui um aspecto semelhante ao de *G. soricina*, porém, com formato mais tubular. A espécie apresenta um vestíbulo cárdico e ceco cárdico bem desenvolvidos e região pilórica bem diferenciada, assemelhando-se ao estômago de alguns frugívoros (Rouk, 1973). O formato saculiforme do estômago encontrado em morcegos nectarívoros, assim como região pilórica alongada e esfíncter pilórico assimétrico, são características associadas à ingestão de grandes volumes de material alimentar de origem vegetal. Além disso, o padrão encontrado no esfíncter permite uma liberação mais lenta do conteúdo estomacal para o duodeno (Rozensztranch, 2004).

A superfície interna do estômago é pregueada e, em nível tecidual, os morcegos apresentam as quatro camadas típicas, as quais são: mucosa, submucosa, muscular externa e serosa. Na mucosa, o epitélio é formado por uma camada de células colunares simples, com atividade glandular, dispondo-se na superfície e adentrando na lâmina própria, formando as fossetas gástricas. Abaixo, uma fina camada de células musculares lisas compõe a camada muscular da mucosa. A submucosa é uma fina camada de tecido conjuntivo frouxo, subjacente à mucosa, com vasos sanguíneos e nódulos linfoides. A camada muscular externa é composta das subcamadas oblíqua, circular e longitudinal. A camada serosa é composta de mesotélio e tecido conjuntivo frouxo muito delgado (Scillitani et al., 2007; Strobel et al., 2015; Aylward et al., 2019).

Diferentes tipos de células são encontrados na mucosa; incluindo células mucosas, parietais, principais e células endócrinas, estas últimas são produtoras de hormônios como gastrina, colecistoquinina, serotonina e enteroglucagon, nas regiões fúndica e pilórica de morcegos nectarívoros (Rouk e Glass, 1970; Machado-Santos et al., 2009). Como observado em *Lonchophylla sanborni*, as glândulas gástricas são tubulares e podem ser ramificadas. O estômago apresenta quatro tipos de glândulas mucosas: glândulas cárdicas, fúndicas (oxínticas), transicionais e pilóricas. As glândulas cárdicas se situam na estreita faixa de transição gastroesofágica; as glândulas fúndicas são mais profundas e estreitas, ocupando o ceco e parte do corpo, e possuem numerosas células parietais e principais; na zona de transição para o piloro ocorre uma mudança apenas na localização das células mucosas na região basal e diminuição das células principais; e nas glândulas pilóricas, há uma predominância de células mucosas (Rouk e Glass, 1970).

Os intestinos são relativamente curtos e sem distinções externas entre o delgado e o grosso, este último possuindo um colo sem divisões, apêndices ou saculações, e ceco em apenas algumas espécies. Distinções microscópicas podem ser feitas com base nas estruturas teciduais: de modo geral, a mucosa apresenta vilosidades no intestino delgado e sem pregas, no duodeno; algumas espécies apresentam glândulas (de Brunner) na submucosa; o número de células caliciformes se torna maior a partir do jejuno; e a maioria das espécies apresenta placas de Peyer no íleo. No intestino grosso, a mucosa apresenta somente criptas, com numerosas células caliciformes e nódulos linfoides; as camadas musculares mais espessas; e, em alguns estudos, foram relatadas pregas circulares em algumas porções (Park e Hall, 1951; Rouk e Glass, 1970; Ishikawa et al., 1985; Tedman e Hall, 1985; Makanya et al., 2001; Scillitani et al., 2007; Strobel

et al., 2015; Aylward et al., 2019; Silva et al., 2020a; Geronimo et al., 2023; Cardoso et al., 2023).

A estrutura tecidual do intestino de várias espécies de morcegos nectarívoros já foi analisada, revelando vilosidades altas — em torno de 300 a 1000 μm — e criptas de Lieberkühn com profundidade entre 200 e 400 μm (Gadelha-Alves et al., 2008; Silva, 2022). O epitélio é formado por uma camada de células colunares absortivas e células caliciformes, produtoras de muco, apoiadas sobre uma lâmina própria de tecido conjuntivo frouxo, rica em vasos sanguíneos, células musculares lisas, e vaso linfático central. A submucosa, rica em vasos sanguíneos, linfáticos e plexo nervoso, separa-se da mucosa pela fina camada de muscular da mucosa. As camadas musculares são subdivididas em muscular circular interna e muscular longitudinal externa, apresentando um plexo nervoso mioentérico entre as duas camadas. A camada serosa é a mais externa e é constituída de mesotélio e tecido conjuntivo frouxo (Aylward et al., 2019; Silva et al., 2020a).

Assim como em morcegos em geral, o intestino de morcegos nectarívoros é mais curto e possui menor área de superfície nominal, em comparação a mamíferos terrestres de mesmo tamanho, e isso se deve à tendência de redução da massa dos órgãos digestivos para economizar os custos com o voo (Price et al., 2015). A constituição química do néctar permite a sua rápida digestão e absorção, ocorrendo no intestino delgado, precisamente na borda em escova dos enterócitos. Várias dissacaridases são expressas no intestino de morcegos nectarívoros, como maltase, isomaltase e sacarase. A expressão de sacarase é menor, devido à baixa preferência de néctares concentrados em sacarose (Hernandez e Martínez Del Río, 1992; Herrera e Mancina, 2008). A preferência por néctares ricos em frutose e glicose resulta diretamente na expressão dos receptores GLUT5 e SGLT1, respectivamente, permitindo que a absorção de açúcares simples acelere o processo digestivo (Price et al., 2015).

A capacidade de digestão e absorção de néctar sofre um gargalo fisiológico nesses animais; fatores internos, como sobrecarga de transportadores e enzimas, intestino curto e ingestão de grandes volumes de néctares diluídos impõem um limite de ingestão (Ayala-Berdon et al., 2008). Apesar disso, diferentes respostas à ingestão de néctar são adaptações de morcegos mais generalistas para manter um fluxo de energia constante ao ingerir néctares de diferentes concentrações de açúcar, ao contrário dos mais especialistas (Ayala-Berdon e Schondube, 2011). As taxas de assimilação de açúcares em morcegos são geralmente altas (>95%), e isso não se deve apenas às estratégias de seleção de néctares ricos em monossacarídeos, mas também ao emprego de outras vias de absorção. A via paracelular é muito utilizada para absorver

açúcares e aminoácidos, em uma combinação de arrasto de solvente e aumento da permeabilidade das junções oclusivas (Brun et al., 2014; Price et al., 2015).

A restrição de nitrogênio imposta pela dieta à base de néctar é superada pela ingestão de pólen e insetos (Rodríguez-Peña et al., 2013). A digestão do pólen ocorre basicamente no intestino delgado, por meio de choque osmótico e penetração das enzimas digestivas pela parede do pólen (Mancina et al., 2005). A eficiência de extração do conteúdo citoplasmático dos grãos de pólen é maior em morcegos que se alimentam regularmente de pólen, do que naqueles que consomem sazonalmente, porém, essa digestibilidade depende do tempo de retenção intestinal e da atividade das enzimas envolvidas (Herrera e Matínez del Río, 1998).

O consumo de insetos requer a atividade da enzima quitinase, comumente produzida pelas células principais do estômago e por bactérias simbiotes no intestino de morcegos insetívoros, a qual digere a quitina do exoesqueleto e permite o acesso de outras enzimas aos tecidos moles (Whitaker et al., 2004; Strobel et al., 2013). A trealase, que catalisa a quebra do dissacarídeo trealose, principal açúcar da hemolinfa dos insetos, não é expressa em morcegos não-insetívoros devido ao gene *Treh* ser inativo (Jiao et al., 2019).

Em ambientes com elevada sazonalidade entre as estações seca e chuvosa, as variações na disponibilidade e qualidade do alimento podem provocar alterações comportamentais na ingestão de alimento e na estrutura e função do trato digestório. A plasticidade corresponde a mudanças fenotípicas reversíveis nos órgãos digestivos em razão de variações ambientais (Karasov e Diamond, 1983). Em mamíferos, a flexibilidade intestinal pode ser observada em variações no seu tamanho e na renovação epitelial das vilosidades, em que novos enterócitos são formados nas criptas e migram continuamente até a ponta das vilosidades, onde se tornam apoptóticos. A proliferação celular é maior em intestinos com baixa atividade, e menor quando o intestino está mais ativo (Starck, 2005).

A flexibilidade do trato digestório pode ser induzida por diferenças na qualidade do alimento ingerido: de acordo com a teoria da digestão de Sibly (1981), dietas com baixa qualidade nutricional tendem a incrementar o tamanho e a massa dos intestinos. A mudança no comportamento alimentar e aumento do esforço de forrageamento em morcegos nectarívoros é uma estratégia para enfrentar reduções na qualidade dos recursos. Entretanto, algum grau de plasticidade digestiva é esperado nesses animais, seja estrutural ou a nível de enzimas e transportadores (Ayala-Berdon et al., 2018). Para a hipótese da digestão adaptativa, os níveis de enzimas e transportadores são ajustados conforme a presença de seus substratos específicos; há uma economia energética na manutenção de enzimas para nutrientes de dietas sazonais. Pode

haver, também, aumento do número de microvilosidades e mudança na composição da microbiota (Karasov et al., 2025).

3.4. Metabolismo energético e composição corporal em morcegos nectarívoros

A forma de locomoção aérea dos morcegos exigiu a evolução de adaptações no âmbito da sua fisiologia metabólica, combinando eficiente absorção intestinal, rápida disponibilização de energia e manutenção de massa corporal relativamente reduzida para sustentar um estilo de vida energeticamente caro (Shen et al., 2010; Price et al., 2015). O voo é uma das formas mais dispendiosas de locomoção entre vertebrados, impondo taxas metabólicas elevadas. Para morcegos nectarívoros em atividade, a dieta à base de néctar tem um papel central para o fornecimento imediato de açúcares simples, utilizados como fonte primária de energia (Rodríguez-Peña et al., 2016).

Em geral, os mamíferos se baseiam na oxidação de lipídios em exercícios prolongados e de baixa intensidade, e de reservas de glicogênio em exercícios de alta intensidade (Rogers et al., 2019). Nos morcegos nectarívoros, cuja intensidade do voo é alta, os carboidratos absorvidos da alimentação são transportados diretamente para os músculos para fornecer energia para o voo durante as atividades de forrageamento (Kelm et al., 2011). Esses animais pouco investem em reservas de gordura e glicogênio; poucas quantidades podem ser formadas, mas são depletadas em até 50% a cada noite, sendo pouco suficientes para sustentar o metabolismo, indicando que são animais altamente dependentes de acesso frequente a recursos florais (Voigt e Speakman, 2007). Em *G. soricina* e *Anoura caudifer*, a baixa formação de reservas energéticas pode acarretar uma severa vulnerabilidade em tolerar o jejum de curto-prazo (Amaral et al., 2019; Castro et al., 2021).

A glicemia em *G. soricina* e *A. caudifer* varia entre 3 mmol/L (54 mg/dL) e 5 mmol/L (90 mg/dL), podendo alcançar valores superiores a 400 mg/dL durante a alimentação, decaindo após os primeiros 30 a 90 min (Kelm et al., 2011; Castro et al., 2021). Comparada a outros animais, a glicemia em roedores (peso corporal entre 100 e 260 g) é de 54 a 72 mg/dL; em aves de pequeno porte (17 a 18 g) pode variar entre 234 e 342 mg/dL; e em beija-flores (média de 3 a 4 g de massa corporal) pode atingir até 756 mg/dL (Beuchat e Chong, 1998; Opazo et al., 2004; Kaliński et al., 2025). A hiperglicemia, causada pela dieta rica em açúcares, tem seus efeitos negativos prontamente anulados pela rápida oxidação das moléculas de glicose e frutose, por meio da expressão aumentada de transportadores GLUT4 nas células musculares,

estimulada pelas contrações musculares, e da enzima hexoquinase, responsável pela fosforilação da glicose (Rose e Richter, 2005; Wasserman et al., 2011; Rodriguez-Peña et al., 2016).

Morcegos frugívoros e insetívoros conseguem sintetizar maior reserva de glicogênio hepático (entre 20,45 e 105 mg/g de tecido), tolerando jejuns de 48h, mantidos pela disponibilização de glicose no sangue por meio da glicogenólise (Pinheiro et al., 2006; Freitas et al., 2010). Já nos nectarívoros, a ingestão de carboidratos em uma noite de forrageamento irá abastecer diretamente as fibras oxidativas de contração rápida dos músculos do voo, e o excedente de glicose ingerido é convertido em glicogênio e gordura. Em *A. caudifer*, os valores de glicogênio hepático podem variar entre 25 e 40 mg/g de tecido (Castro et al., 2021). Em jejum, esses morcegos oxidam os ácidos graxos, tanto no início do forrageamento quanto nos momentos de repouso, cujo gasto energético é em razão dos órgãos internos (Suarez e Welch, 2017). Em contrapartida, o glicogênio muscular é limitado, provavelmente para reduzir o peso corporal; o metabolismo nos músculos peitorais depende mais da oxidação de gorduras e da glicose ingerida (Yacoe et al., 1982).

As reservas de gordura, nos mamíferos, podem estar localizadas em duas regiões: no tecido adiposo branco, localizado sob a pele e nas vísceras; e no tecido adiposo marrom, encontrado principalmente nas regiões interescapular, subescapular, axilar e cervical (Cinti, 2001). O tecido adiposo branco é o local de armazenamento de energia, e libera ácidos graxos na corrente sanguínea para serem convertidos em ATP pelos tecidos, além de participar da homeostase da glicose (Rosen e Spiegelman, 2006). Já o tecido adiposo marrom possui uma alta expressão da proteína *Ucp1* (termogenina), responsável pela produção de calor nesses animais, evitando a utilização do tremor como resposta ao frio (Cannon e Nedergaard, 2004).

Morcegos que realizam hibernação e torpor oxidam os lipídios do tecido adiposo marrom para despertar dessas condições fisiológicas, por meio da termogênese. Morcegos tropicais não hibernam; contudo, podem empregar o torpor — uma redução diária da temperatura corporal e da taxa metabólica — como forma de diminuir o gasto energético, principalmente diante das oscilações na oferta de recursos alimentares, embora não precisem de grandes reservas de gordura para despertar, devido às temperaturas mais elevadas dos trópicos (Cannon e Nedergaard, 2004; Geiser, 2004). Em *G. soricina*, o torpor diurno pode ser utilizado como estratégia fisiológica para enfrentar não só restrições alimentares e mudanças de temperatura, mas também para equilibrar o gasto energético com a quantidade de alimento ingerido (Kelm e von Helversen, 2007).

Além das reservas de glicogênio e gordura, o perfil de proteína muscular é um importante indicador de ótimas condições fisiológicas, embora seja pouco explorado em morcegos. O conteúdo de nitrogênio dos músculos é maior em morcegos do que em mamíferos terrestres de tamanho similar, devido aos requisitos do voo (Studier et al., 1994). A contribuição dos aminoácidos para o fornecimento de energia é pequena, nos mamíferos. Entretanto, morcegos vampiros oxidam aminoácidos como fonte primária de energia, uma vez que a sua dieta especializada é rica em proteínas (Rossi e Welch, 2024). Para morcegos nectarívoros, a inclusão de proteínas na dieta a partir de pólen e insetos é um fator crítico, pois são escassas no néctar, e não são preferencialmente utilizadas para fornecer energia (Suarez e Welch, 2017; Muchhala e Tschapka, 2020).

A composição corporal de minerais em morcegos é semelhante à de aves e mamíferos terrestres de tamanho aproximado, e as concentrações de cálcio e magnésio aumentam com o tamanho corporal. Períodos gestacionais e de lactação podem alterar a composição, principalmente de cálcio, devido à mobilização para a prole. As concentrações de ferro, sódio e potássio, em geral, não sofrem variações com o aumento do peso (Studier et al., 1994).

3.5. O morcego nectarívoro *Lonchophylla mordax* como organismo-modelo

O morcego *Lonchophylla mordax* (Thomas, 1903) é uma das 13 espécies do gênero *Lonchophylla*, pertencente à subfamília Lonchophyllinae e família Phyllostomidae. *Lonchophylla* é uma junção das palavras gregas *lonchē* (“lança”) e *phýllon* (“folha”), devido ao formato de lança da folha nasal, uma projeção cutânea acima das narinas (Figura 1). O nome da espécie “mordax” vem do latim, que significa “que morde” ou “mordedor”, fazendo alusão a um comportamento de morder da espécie (Thomas, 1903). As características morfológicas de *L. mordax* incluem pelagem ventral castanho-clara, pelos bicolores com bases mais claras, peso corporal médio de 9 g, comprimento médio do antebraço de 35 mm e comprimento mandibular entre 15 e 17 mm (Moratelli e Dias, 2015; Cordero-Schimidt et al., 2021; Barbier et al., 2023).

Atualmente, considera-se a espécie como endêmica do Nordeste do Brasil, que habita cavernas e fendas de rochas calcáreas, em regiões xéricas de vegetações de Caatinga e áreas de transição entre Caatinga e Mata Atlântica. Registros foram feitos nos estados da Bahia, Alagoas, Sergipe e Rio Grande do Norte, sendo a segunda espécie de nectarívoro mais comum; a primeira é *G. soricina* (Moratelli e Dias, 2015; Kries et al., 2018; Cordero-Schimidt et al., 2021; Barbier et al., 2023). O seu estado de conservação já foi classificado como “Quase Ameaçado” pela

International Union for Conservation of Nature – IUCN (Sampaio et al., 2016) e, mais recentemente, como “Pouco Preocupante” pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio (avaliação de 2013, publicada em 2018).



Figura 1. Espécime macho adulto da espécie *Lonchophylla mordax*. Fonte: elaborada pelo autor (2024).

As atividades reprodutivas de *L. mordax* baseiam-se em um ou dois picos reprodutivos ao longo do ano. Alguns estudos relataram a captura de fêmeas gestantes em fevereiro, abril, junho, julho, agosto e entre dezembro e janeiro, na transição entre o fim da estação seca e início da chuvosa. Isso sugere um padrão reprodutivo polimodal sazonal, geralmente com dois picos por ano. Contudo, os picos de gestações e nascimentos coincidem com a presença de chuvas e disponibilidade de recursos florais de cactáceas, garantindo que as fêmeas tenham energia para a lactação (Cordero-Schmidt, 2020; Barbier et al., 2023).

O rostró e língua alongados de *L. mordax* são características de morcegos adaptados ao consumo de néctar, apesar da inclusão também de pólen e insetos na dieta. A nectarivoria promove uma relação mutualística com diversas espécies de plantas por meio da polinização. Plantas frequentemente visitadas incluem as cactáceas do gênero *Pilosocereus* (*P. pachycladus*, *P. catingicola*, *P. chrysostele* e *P. gounellei*), *Cereus jamacaru* e *Melocactus zehntneri*. As espécies de *Bauhinia* (*B. cheilantha* e *B. pentandra*), *Coursetia rostrata* e *Mimosa lewisii*, pertencentes à família Fabaceae já foram registradas em interação com *L. mordax*. O néctar e o

pólen de Bromeliáceas do gênero *Encholirium* são incluídos na dieta, como *E. spectabile* e *E. splendidum*, esta última considerada em perigo, na Bahia, devido à destruição do hábitat por indústrias de extração de calcário. Plantas das famílias Euphorbiaceae, Combretaceae, Bignoniaceae, Malvaceae e Acanthaceae, como as espécies ornitófilas *Ruellia asperula* e *Dicliptera ciliaries*, também são comumente visitadas (Vogel et al., 2005; Forzza e Leme, 2015; Rocha et al., 2019; Cordero-Schimidt et al., 2021).

Sabe-se que os morcegos nectarívoros detectam flores por meio de pistas químicas e as localizam empregando a ecolocalização (Schnitzler e Denzinger, 2024). O morcego *L. mordax* possui o gene da opsina de comprimento de onda curto (OPN1SW) não funcional, indicando que dispõe de uma visão monocromática (Kries et al., 2018), reforçando a importância de sinais químicos para detecção de fontes de alimento, somado ao seu comportamento de visitar também flores não-quiropterófilas e de cores vistosas.

A dentição de *L. mordax* segue a seguinte fórmula: 2/2 (incisivos), 1/1 (caninos), 2/3 (pré-molares), 3/3 (molares) = 34, o que indica que é uma espécie capaz de triturar outros tipos de alimentos, como insetos e frutos, o que já tem sido detectado em outros estudos. Insetos podem ser ingeridos de forma acidental ou oportuna, ao explorar as flores. Entretanto, o rosto e a mandíbula alongados, e o arco zigomático delicado, podem restringir a sua força de mordida para presas grandes (Taddei et al., 1983; Moratelli e Dias, 2015; Muchhala e Tschapka, 2020).

4. Material e métodos

4.1. Áreas de amostragem e captura dos animais

Este estudo foi realizado no município de Lajes, no estado do Rio Grande do Norte, em uma área de caatinga hiperxerófila, caracterizada por forte sazonalidade e presença de afloramentos de rochas calcáreas. A estação seca se estende de agosto a dezembro e a estação chuvosa de janeiro a julho (Szilagyi, 2007). Assim, as atividades de campo foram conduzidas de novembro a dezembro de 2024 e março e maio de 2025 (Figura 2A e B). Dados médios de precipitação e temperatura, referentes aos anos de 2022 a 2025 na região de Lajes, incluindo o período das atividades de campo, estão mostrados na Figura 3. As capturas e experimentações com os animais foram conduzidos sob autorização expedida pelo ICMBio/IBAMA (SISBio nº 86042), e os procedimentos foram autorizados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFV - CEUA (nº 22/2023). Os documentos de autorização das licenças podem ser consultados no Anexo I.

A caracterização topográfica, altimétrica e vegetacional foi realizada com base na observação direta dos locais de estudo e em dados extraídos da plataforma do Banco de Dados de Informações Ambientais – BDIA, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2025).

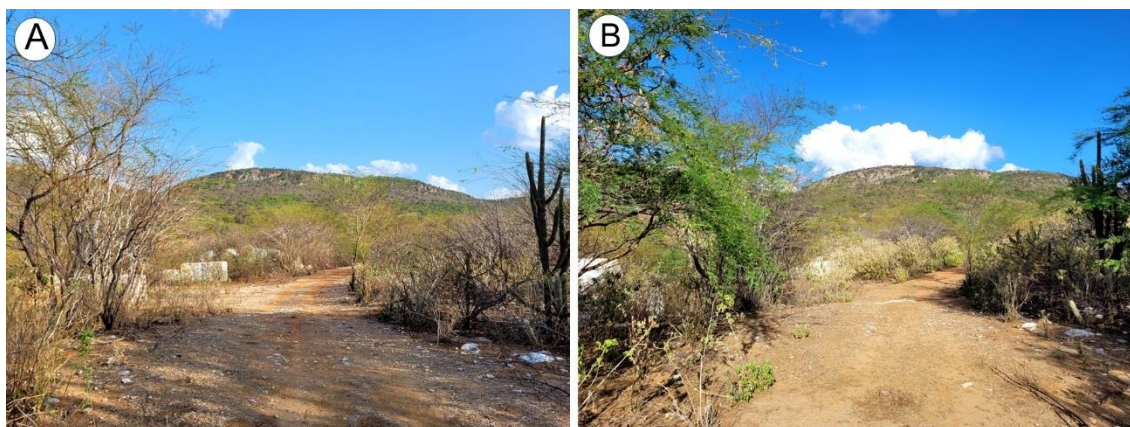


Figura 2. Imagens da paisagem de caatinga hiperxerófila durante as estações seca - dezembro de 2024 (A) e chuvosa - maio de 2025 (B), respectivamente, em Lajes (RN) (Fonte: imagens do autor, 2024 e 2025).

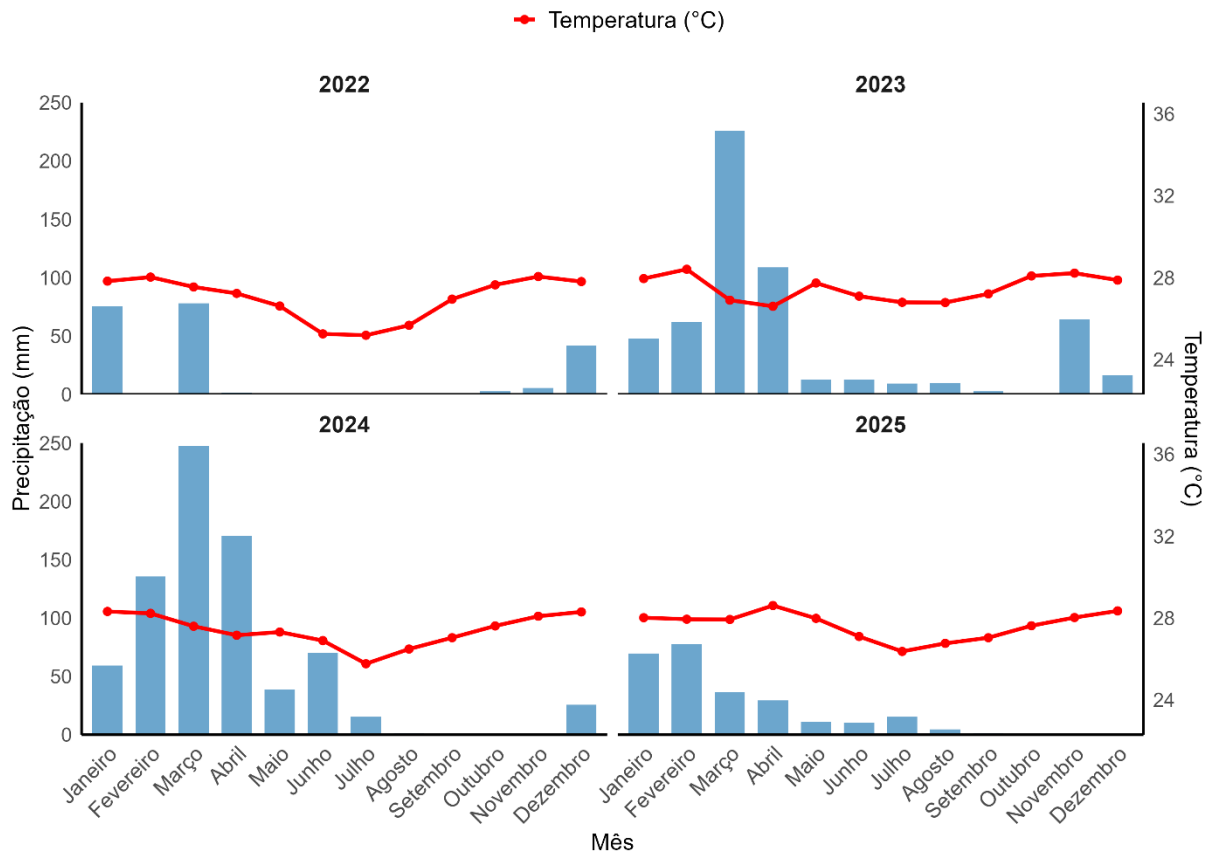


Figura 3. Climatógrafo dos dados médios de precipitação e temperatura, referentes aos anos de 2022 a 2025 na região de Lajes – RN, incluindo o período das atividades de campo, o qual ocorreu nos meses de novembro e dezembro de 2024 e março e maio de 2025. Fonte: elaborado pelo autor com dados extraídos da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN (2026).

Foram capturados 32 animais (18 machos e 14 fêmeas) da espécie *Lonchophylla mordax*, sendo 16 em cada estação. O número amostral foi calculado com base no tamanho da população estimada nos locais, a qual foi de 150 indivíduos, sendo assim, o cálculo do tamanho da amostra ajustado para a população finita foi de aproximadamente 26 indivíduos. O sexo dos indivíduos foi diferenciado por observação da genitália externa, por não haver dimorfismo sexual evidente na espécie.

Dez pontos foram escolhidos para serem amostrados, com base nas características de preferência de habitat da espécie, de acordo com Cordero-Schmidt (2020). Os pontos podem ser visualizados na Figura 4 e possuem as seguintes coordenadas: Local 1 (-5.7972735, -36.2409645) e Local 2 (-5.7991440, -36.2411510), ambos situados na Fazenda Santo Antônio, Local 3 (-5.7240890, -36.1950180), Local 4 (-5.724016, -36.195344), Local 5 (-5.723172, -

36.190393), Local 6 (-5.723660, -36.189835), Local 7 (-5.724144, -36.190194), Local 8 (-5.725176, -36.189895), Local 9 (-5.7484930, -36.1779750) e Local 10 (-5.7492850, -36.1778540).

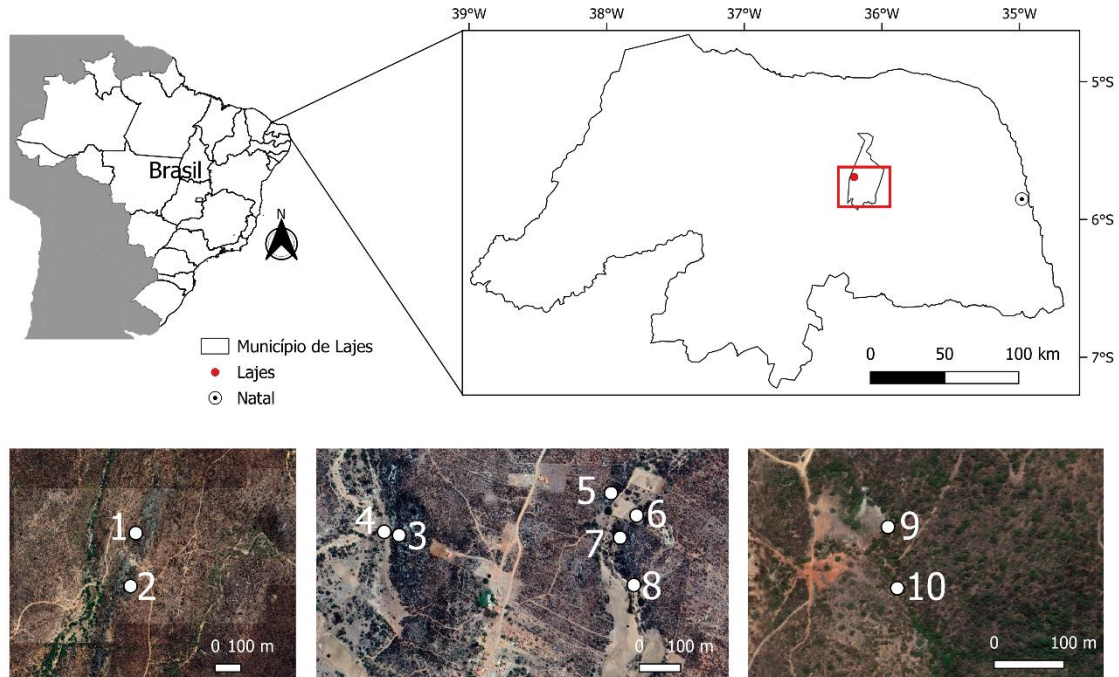


Figura 4. Mapa do estado do Rio Grande do Norte, com o município de Lajes, onde foram realizadas as atividades de campo, com imagens de satélite com os 10 pontos de amostragem escolhidos para as capturas.

A captura dos morcegos foi feita utilizando entre três e cinco redes de neblina, com extensões de 7, 10 e 15 m por 3 a 2,5 m de altura (malha de 20 mm), armadas com 10 hastes desmontáveis de alumínio, e amarradas com cordas na vegetação próxima (Figura 5A - D). As redes foram instaladas de forma conjugada, em diferentes combinações: duas de 7 m, duas de 10 m, uma de 7 m com outra de 10 m, uma de 15 m com outra de 7 m, uma de 15 m com outra de 10 metros, três com 15 + 10 + 7 m, ou ainda três com 10 + 10 + 7 m, com algumas sendo dispostas isoladamente. Elas foram posicionadas em sentido paralelo ao longo das trilhas ou em diagonal, a uma distância aleatória entre cada rede ou conjunto de redes, e a cerca de 1 m das entradas de grutas e da vegetação, em locais com flores potencialmente visitadas pela espécie.

As redes foram abertas entre 17:40 e 18:00h e foram fechadas entre 00:00 e 2:40h, dependendo do número de indivíduos necessários. As verificações foram realizadas a cada 40 minutos. O esforço de captura foi calculado multiplicando a área das redes de neblina

(comprimento x altura) pelo tempo de redes abertas (h), e pela quantidade de redes, seguindo Straube e Bianconi (2002).

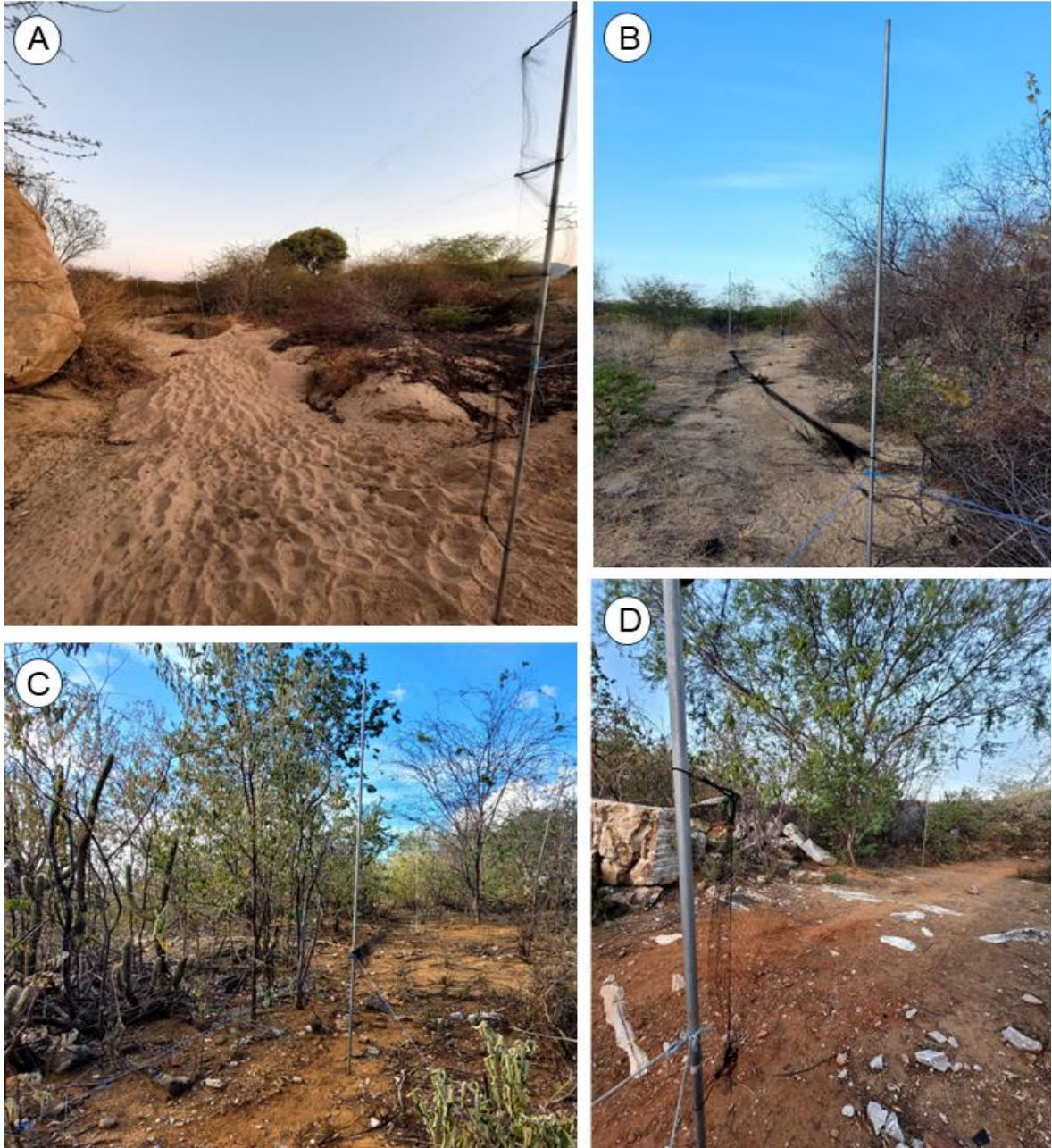


Figura 5. Instalação das redes de neblina para a captura de *Lonchophylla mordax*, durante a estação seca, em uma área de um riacho temporário nos Locais 7 e 8 (A e B) e na estação chuvosa do Local 1 (C e D). Fonte: imagens do autor (2024 e 2025).

Para a segurança no processo de retirada dos morcegos das redes, utilizaram-se luvas de raspa de couro (7 mm), ao retirar espécimes de maior porte, e luvas de algodão sem pigmento,

para a retirada de espécimes menores e, porventura, utilizaram-se pinças de ponta grossa para auxiliar na retirada dos animais emaranhados. Os morcegos de outras espécies que foram capturados foram soltos imediatamente. Para a iluminação durante as atividades de campo, utilizaram-se uma lanterna de mão e lanternas de cabeça (Figura 6).



Figura 6. Registro fotográfico da captura e remoção de um indivíduo de *Lonchophylla mordax* das redes. Fonte: imagem do autor (2025).

Os morcegos foram acondicionados em bolsas de tecido de algodão (50 cm x 36 cm), previamente limpas e higienizadas. Os animais foram pesados dentro das bolsas, com um dinamômetro de mola (Pesola®, precisão: 0,2 g; capacidade: 300 g; dimensões: 30 cm x 2 cm) e, depois, subtraiu-se o peso das bolsas para obtenção do peso corporal. Posteriormente, os animais foram colocados sobre uma mesa dobrável (84 x 64 x 68 cm), armada em campo, e mediu-se o comprimento do antebraço por meio de paquímetro digital (precisão: 0,02 mm; capacidade: 150 mm; dimensões: 23 cm x 5 cm x 1cm). Calculou-se a condição corporal dos indivíduos dividindo o peso corporal pelo comprimento do antebraço, de acordo com Dechmann et al. (2014) (Figura 7A e B).

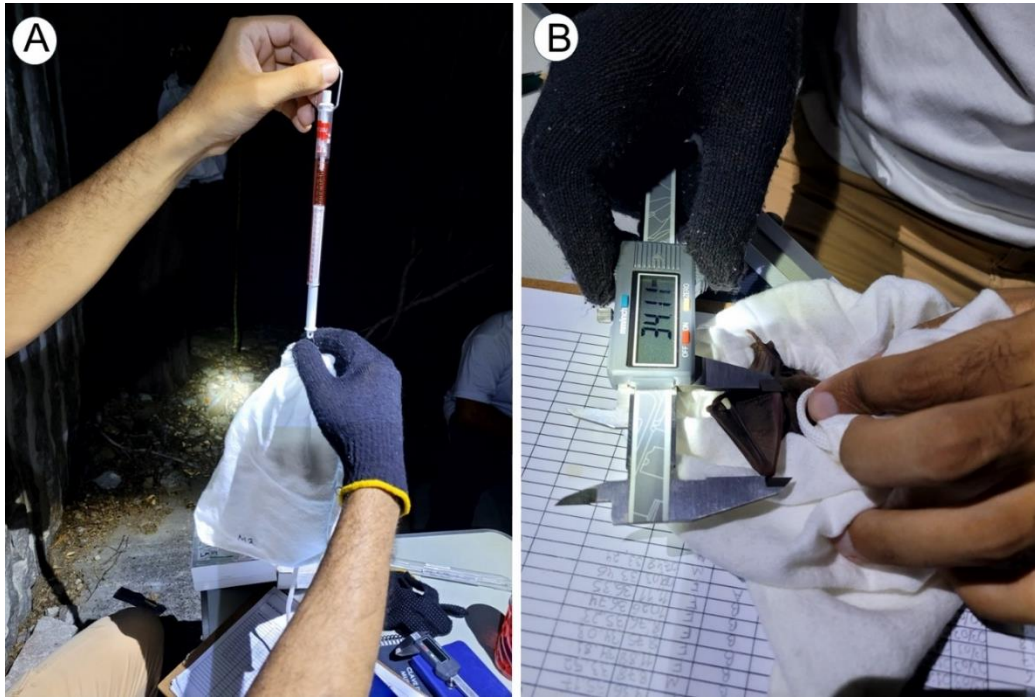


Figura 7. Procedimento de triagem de indivíduos de *Lonchophylla mordax*. Pesagem com dinamômetro de mola (A) e medição do comprimento do antebraço com paquímetro digital (B). Fonte: imagens do autor (2025).

A identificação da espécie foi realizada com o auxílio de chave taxonômica, elaborada por Díaz et al. (2021), a partir dos seguintes caracteres: lábio inferior sem sulco evidente, presença de sulco nas laterais da língua e ponta da língua sem papilas filiformes longas; comportamento de ingestão de néctar por bombeamento pelos sulcos da língua; asas unidas à base da perna; pelos dorsais bicolores (base clara e pontas castanhas) e ventre com pelos castanho-claros (Figura 8). O estágio adulto foi determinado após a observação à contraluz do fechamento das epífises com as diáfises do quarto dedo, entre o metacarpo IV e a falange proximal; indivíduos com epífises abertas foram classificados como jovens, conforme Kunz e Anthony (1982).

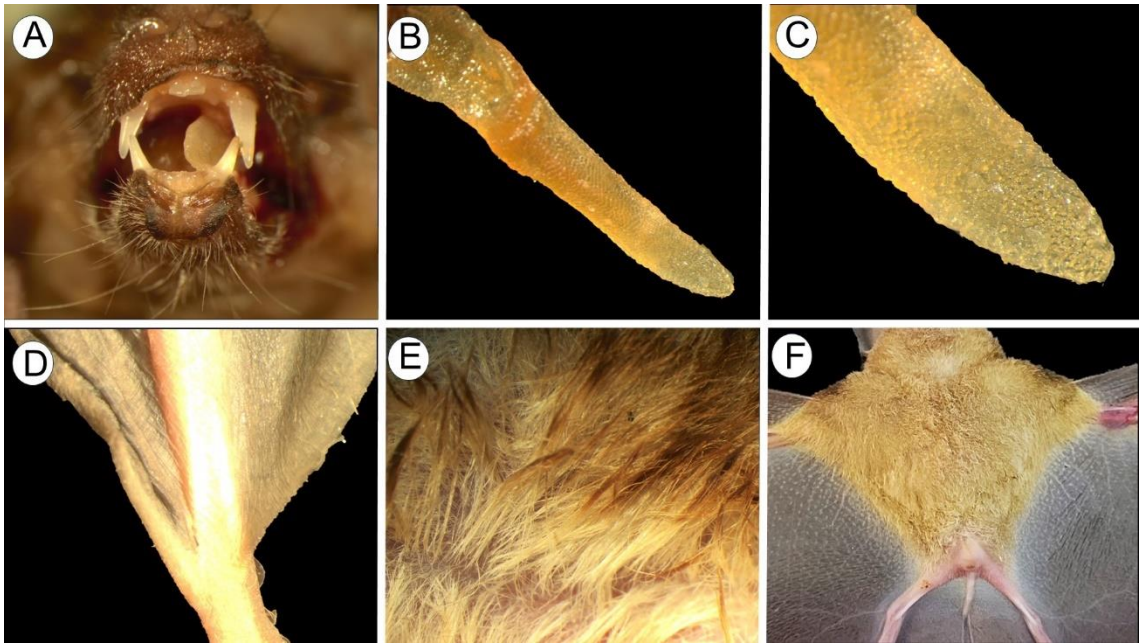


Figura 8. Caracteres utilizados na identificação de *Lonchophylla mordax*, baseado em chave taxonômica por Diaz et al. (2021): lábio inferior sem sulco evidente (A); presença de sulco nas laterais da língua (B); ponta da língua sem papilas filiformes longas (C); asas unidas à base da perna (D); pelos dorsais bicolors, com base clara e pontas castanhas (E); e ventre com pelos castanho-claros (F).

Os indivíduos capturados não eutanasiados foram marcados com colar de plástico flexível (25 cm) portando anilha de alumínio polido (2,8 mm) numerada, ajustado ao tamanho do pescoço do animal e fechado na extremidade, cortando-se o excesso do colar com tesoura multiuso (Figura 9), para contabilizar o número de capturas e recapturas.

Após a mensuração dos dados biométricos e coleta de amostras, os morcegos foram alimentados com uma solução de água com sacarose a 15% e soltos em seu local de captura (Figura 10).



Figura 9. Marcação de um indivíduo de *Lonchophylla mordax* com colar de plástico flexível, portando uma anilha numerada de alumínio polido, ajustado ao pescoço do animal. Fonte: imagem do autor (2024).



Figura 10. Alimentação de um indivíduo de *Lonchophylla mordax* com solução de água com açúcar a 15%. Fonte: imagem do autor (2024).

4.2. Estado reprodutivo

O estado reprodutivo dos animais foi verificado visualmente e classificado, de acordo com Zortéa (2003), da seguinte forma: os machos em período reprodutivo foram classificados como escrotados (E), quando os testículos estavam na bolsa escrotal, ou não-reprodutivos (NR), quando não estavam na bolsa escrotal. As fêmeas em período reprodutivo foram classificadas em prenhes (P), quando se constatava o aumento do abdômen, e em lactantes (L), se havia a presença de leite nas glândulas mamárias. Fêmeas que não apresentavam mamilos e abdômen intumescidos foram classificadas como não-reprodutivas (NR), e ao se observar o reestabelecimento de pelos em torno dos mamilos, as fêmeas estavam pós-lactantes (PL).

4.3. Eutanásia e dissecação

Dez animais machos adultos não-reprodutivos, coletados no Local 1 (-5.7972735, -36.240965), sendo cinco em cada estação, foram eutanasiados para as análises teciduais. A eutanásia foi realizada em campo seguindo as recomendações éticas da CEUA-UFV (nº 22/2023) e as resoluções dos órgãos competentes (Anexo II). Os animais foram previamente anestesiados por inalação de isoflurano 100% (Isoflurano Syntec®), conforme protocolos internacionais para quirópteros (Bat world sanctuary, 2020; Approved euthanasia methods for bats, 2020). Foram embebidos 2 mL do anestésico em uma bola de algodão, colocada no fundo de um tubo de centrifugação de 50 mL (Falcon®), que serviu como câmara de inalação. Cada animal foi introduzido na câmara, sem contato direto com a bola de algodão, permanecendo até a anestesia completa (Figura 11A).

Após verificar a ausência de movimentos, os animais foram posicionados em decúbito ventral e submetidos ao deslocamento cervical, por meio de pressão aplicada na região do pescoço, com o objetivo de separar a medula espinal do encéfalo. Esse método foi empregado conforme a justificativa disposta no Anexo III. A pressão foi realizada segurando-se a cabeça do animal com o polegar e o dedo médio da mão esquerda, enquanto o indicador pressionava a região cervical. Com a mão direita seguraram-se as patas traseiras e o uropatágio, puxando o corpo para cima.

Posteriormente, os animais foram postos sobre um suporte de isopor e fixados com o auxílio de alfinetes (Figura 11B). A dissecação foi feita por incisão abdominal, com tesoura de ponta reta e auxílio de pinça de ponta fina, utilizando-se algodão umedecido com álcool 70%

para a limpeza periódica da tesoura e da pinça, permitindo a remoção de pelos e fragmentos de tecido aderidos aos instrumentos.

Inicialmente, o fígado e um fragmento de músculo peitoral (≥ 200 mg) foram retirados, armazenados em microtubos de 2,0 mL devidamente identificados, e preservados em gelo seco até o transporte para laboratório, onde foram mantidos em ultrafreezer a -80 °C, para serem utilizados na dosagem de glicogênio.

Após a remoção do tubo digestório, o estômago e o intestino foram estendidos em uma placa de isopor e fotografados, e ainda tiveram seus comprimentos mensurados com o auxílio de um paquímetro (precisão: 0,01 mm; capacidade: 150 mm; dimensões: 23 cm x 5 cm x 1 cm). O estômago foi armazenado em microtubo de 2,0 mL, fixado em paraformaldeído a 4% por 24h e posteriormente conservado em álcool a 70%. O peso do estômago foi obtido pós-fixação, com o seu conteúdo alimentar, em uma balança eletrônica de precisão.

O intestino foi pesado a fresco, com o conteúdo alimentar, em balança digital de precisão (precisão: 0,01 g; capacidade: 500 g) e, após isso, foi seccionado em três fragmentos de aproximadamente 5 mm: um de cada região — cranial, média e caudal, para a análise histológica (Figura 11C). Os fragmentos foram fixados em paraformaldeído a 4%, por 24h, e conservados em álcool a 70%, em microtubos de 2,0 mL.

Foram também retirados coração, pulmões, pâncreas, baço, rins e testículos, e fixados juntos, dentro de potes coletores identificados de 50 mL em paraformaldeído a 4%, por 24h. Após esse tempo, o paraformaldeído foi devidamente descartado e substituído por álcool 70%.

Em laboratório, os órgãos foram pesados individualmente sobre uma lâmina de papel alumínio em uma balança eletrônica de precisão (resolução: 0,1 mg, capacidade: 220 g)

Após os procedimentos de dissecação, as carcaças foram inseridas em tubos tipo Falcon de 50 mL, devidamente identificados, e armazenados em gelo seco até o laboratório, mantidos a -20 °C.

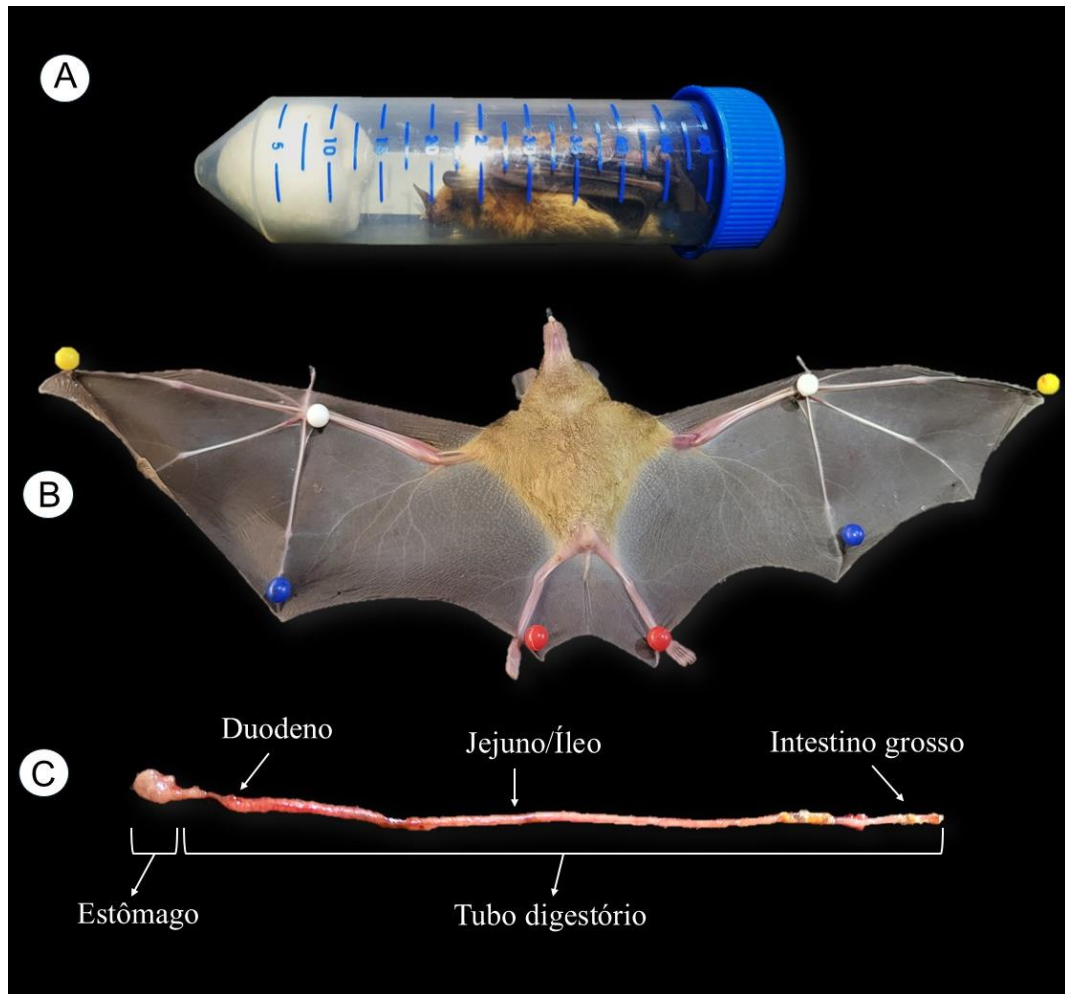


Figura 11. Procedimento de eutanásia e dissecação de *Lonchophylla mordax*. Anestesia dos animais por inalação de isoflurano 100% (Isoflurano Syntec®) embebido em algodão, dentro de um tubo Falcon de 50 mL (A); Indivíduo macho de *L. mordax* fixado com alfinetes em um suporte de isopor, em posição para dissecação (B); Tubo digestório, composto por estômago, intestino delgado (duodeno e jejuno/íleo) e intestino grosso, removido e estendido para visualização da anatomia externa (C). Fonte: imagens do autor (2024).

4.4. Determinação dos componentes da dieta

4.4.1. Coleta de material fecal

Para a coleta de amostras fecais, os animais permaneceram acondicionados dentro das bolsas de contenção, devidamente higienizadas, por até 1h. As fezes foram coletadas diretamente das bolsas com o auxílio de pinça e armazenadas em microtubos de 2,0 mL com álcool a 100%. Posteriormente, o microtubos foram mantidos resfriados a -20 °C.

Para visualizar o conteúdo fecal, pequenas porções das amostras de todos os animais foram fragmentadas sobre uma placa de Petri e observadas por meio de um microscópio estereoscópico (Olympus VMT, com aumento de até 20x). Em seguida, esse conteúdo foi transferido para lâminas de vidro, corados com 1 a 2 gotas de fucsina básica e secos em temperatura ambiente. As lâminas foram montadas com Entellan® (Merck, Frankfurt, Alemanha) e cobertas com lamínulas.

As lâminas foram fotografadas em um fotomicroscópio com câmera acoplada (Olympus BX53, aumento de até 1000x, utilizando óleo de imersão) para identificação de grãos de pólen e de fragmentos de insetos, e identificação e determinação das frequências de ocorrências de escamas de insetos.

4.4.2. Conteúdo estomacal

O estômago de cada animal foi utilizado para a observação do seu conteúdo alimentar e, depois, seguiu para a inclusão histológica. Os estômagos foram dissecados em uma placa de Petri por meio de uma incisão longitudinal, com navalhas de bisturi e auxílio de pinça e tesoura microcirúrgica, sendo observado a olho nu e, posteriormente, através de um microscópio estereoscópico (Olympus SZX7 com câmera acoplada CMOS, em aumento de até 5,6x). O material alimentar foi removido e armazenado em microtubos de 2 mL contendo álcool a 70%.

4.5. Análise morfológica e morfométrica do trato gastrointestinal

4.5.1. Índices gastrointestinal-somáticos e morfometria intestinal

Para comparar possíveis diferenças no investimento tecidual dos órgãos digestivos, entre estações, foram calculados índices gastrointestinal-somáticos, dos dez animais, relacionando o estômago e o intestino às medidas de peso e comprimento corporais. Foram considerados: o PER (peso estomacal relativo = peso estomacal / peso corporal), CER (comprimento estomacal relativo = comprimento estomacal / comprimento corporal), PIR (peso intestinal relativo = peso intestinal / peso corporal) e o CIR (comprimento intestinal relativo = comprimento intestinal / comprimento corporal).

A análise morfométrica intestinal foi realizada a partir dos segmentos duodeno, jejuno e intestino grosso, cujos cortes histológicos transversais foram fotografados na objetiva de 4x

(aumento de 40x), sendo cinco imagens medidas por animal. Foram realizadas as seguintes medidas: diâmetro médio (média dos diâmetros menor e maior); perímetro (circunferência externa); área total (obtida a partir da medição do perímetro); raio (metade da medida do diâmetro médio); área nominal (produto do comprimento intestinal multiplicado pelo perímetro); e o volume (obtido através da fórmula $V = \pi \cdot r^2 \cdot L$, onde r = raio e L = comprimento do intestino) (Vázquez-Domínguez, 2016).

4.5.2. Histologia gastrointestinal

Os dez animais coletados foram previstos para a análise histológica, entretanto, quatro espécimes da estação chuvosa revelaram uma degradação tecidual na mucosa do trato gastrointestinal, detectada somente após a observação das lâminas, o que comprometeu a inclusão desses indivíduos na análise histológica e histométrica, sendo possível em apenas seis animais (cinco da estação seca e um da chuvosa).

O estômago foi seccionado longitudinalmente em dois segmentos aproximadamente iguais, de modo a incluir todas as suas regiões anatômicas (cárdia, ceco fúndico, corpo e tubo pilórico). O intestino, por sua vez, foi seccionado transversalmente em três segmentos: cranial (duodeno), médio (jejuno) e caudal (intestino grosso).

Um segmento do estômago e os três segmentos intestinais foram desidratados em banhos crescentes em álcool a 70%, 80%, 90%, 95% e 3x em álcool a 100% e, então, incluídos em resina glicol-metacrilato (Historesin®, Leica) *overnight*. A solução de resina foi misturada ao composto endurecedor para emblocar os fragmentos em uma fôrma plástica. Após o endurecimento, as amostras emblocadas foram seccionadas a 3 µm de espessura, com um intervalo de 10 cortes (30 µm) para cada secção, utilizando-se um micrótomo semiautomático rotativo (RM2265 – Leica), com navalha de vidro.

As lâminas foram coradas com azul de toluidina para a visualização geral dos tecidos; e com uma combinação dos corantes Alcian Blue – AB (pH 2,5), para mucopolissacarídeos ácidos, e Ácido Periódico de Schiff – PAS, para mucopolissacarídeos neutros, e os núcleos contracorados com Hematoxilina de Harris. Após coradas, as lâminas foram montadas com Entellan® (Merck, Frankfurt, Alemanha), secadas à temperatura ambiente e armazenadas em porta-lâminas.

As lâminas de cada segmento foram compostas por 10 cortes, sendo uma lâmina corada com azul de toluidina e outra com a combinação de AB/PAS. Considerando o segmento

estomacal e os três segmentos intestinais (quatro no total) de seis animais, e as duas lâminas de coloração diferente para cada segmento, o processamento resultou em 480 cortes.

4.5.3. Histometria gastrointestinal

As medidas morfométricas das estruturas parietais do estômago e dos segmentos intestinais foram realizadas conforme os métodos descritos por Silva et al. (2020a) e Sousa (2021). As lâminas coradas com azul de toluidina foram fotografadas em um fotomicroscópio com câmera acoplada (Olympus BX53), utilizando a objetiva de 10x (aumento total de 100x). Como esse aumento não permite a visualização completa de cada segmento, foram obtidas duas imagens por corte. Foram analisados 40 cortes de cada segmento por animal, totalizando 80 imagens por indivíduo e 480 imagens para os seis animais.

Na mucosa do estômago, sem considerar uma região específica, foram mensuradas a profundidade e largura das fossetas, e a altura e largura do colo e da base das glândulas, além da altura da mucosa. No intestino delgado (duodeno e jejuno), foram obtidas medidas de altura e largura (apical e basal, para cálculo da largura média) de duas vilosidades, além da profundidade e largura de duas criptas, e a altura da mucosa. No intestino grosso, foram feitas duas medidas de profundidade e largura de criptas e a altura da mucosa. Duas medidas também foram obtidas das outras camadas do estômago e dos intestinos delgado e grosso: camadas submucosa, muscular oblíqua (quando presente), muscular circular, muscular longitudinal e muscular total (somatório das subcamadas musculares). As mensurações foram realizadas no *software* ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, MD, EUA).

A partir das medições obtidas, foram calculadas medidas relativas das estruturas gástricas e intestinais, a fim de ajustar os dados histométricos. Para isso, a altura das camadas mucosa, submucosa e das musculares foi dividida pela altura total da parede (somatório das camadas mucosa, submucosa e muscular total), sendo expressas em porcentagem. Adicionalmente para a mucosa, foram calculadas as seguintes medidas (adaptado de Silva et al., 2020a e Sousa, 2021):

- Profundidade da fosseta/altura da mucosa;
- Largura da fosseta/profundidade da fosseta;
- Profundidade do colo da glândula/altura da mucosa;
- Largura do colo da glândula/profundidade do colo da glândula;

- Profundidade da base da glândula/altura da mucosa;
- Largura da base da glândula/profundidade da base da glândula;
- Altura das vilosidades/altura da mucosa;
- Largura das vilosidades/altura das vilosidades;
- Profundidade das criptas/altura da mucosa;
- Largura das criptas/profundidade das criptas.

4.6. Metabolismo energético

4.6.1. Glicemia

A glicemia foi determinada em 13 animais da estação seca e em 16 da estação chuvosa. Para isso, os morcegos foram confinados em bolsas de contenção por no mínimo 1h. Após, uma pequena punção foi feita na veia braquial, de acordo com Smith et al. (2010) e Watsa et al. (2023), por meio de seringa de insulina (0,5 mL, agulha 0,38 x 13 mm). Aplicou-se uma leve pressão manual no local próximo à punção para que aproximadamente duas gotas de sangue pudessem ser colocadas em fitas reagentes, as quais foram lidas em um dispositivo eletrônico (glicosímetro – G-Tech Free®). Posteriormente, o sangue foi rapidamente estancado com uma pressão aplicada no local com o auxílio de algodão. Em seguida, os morcegos foram reintroduzidos nas bolsas de contenção correspondentes (Figura 12).

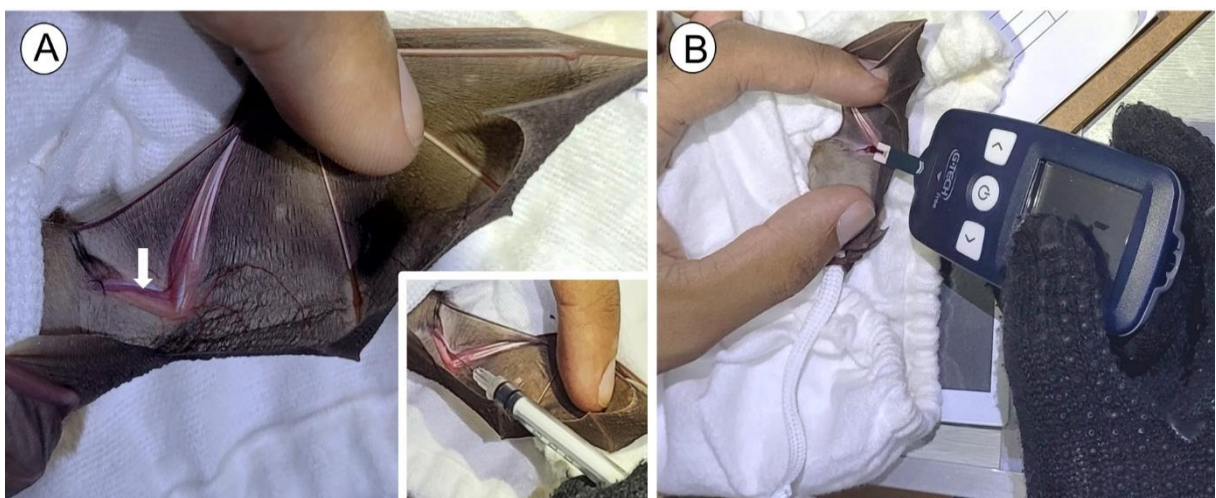


Figura 12. Procedimento de coleta de sangue de *Lonchophylla mordax*. Indivíduo de *L. mordax* com a asa esquerda aberta, evidenciando a veia braquial (seta branca), o insert no canto direito inferior mostra a punção feita com seringa de insulina na veia braquial (A). Aproximação de

uma fita reagente para a coleta de duas gotas de sangue do morcego, para a leitura da glicemia em um glicosímetro (B). Fonte: imagens do autor (2025).

4.6.2. Glicogênio hepático e muscular

Após retirar o fígado e o músculo peitoral do ultrafreezer a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, os fragmentos foram pesados em balança eletrônica. Posteriormente, os fragmentos foram dissolvidos dentro de tubos de ensaio, em hidróxido de potássio (KOH a 30%) por 24h. As dosagens de glicogênio hepático e do músculo peitoral foram determinadas de acordo com métodos já descritos (Carroll et al., 1956; Srivastava e Krishna, 2010).

Após 24h, a solução com os fragmentos dissolvidos foi tornada alcoólica com álcool a 99% e centrifugada a 2000 rpm por 10 min, para então ser diluída em 2 mL de água destilada. Foram adicionados 4 mL de reagente de antrona a 2 mL das amostras contendo glicogênio, em banho gelado, as quais foram previamente diluídas na proporção de 1:5 v/v e, posteriormente, imersas em água fervente por 10 min. A absorbância do conteúdo de glicogênio de cada amostra foi lida a 620 nm.

4.6.3. Índices corporais

A fim de inferir sobre o investimento em massa de órgãos, como forma de utilização adequada de energia corporal, foram calculados os seguintes índices:

- Hepatossomático – IHS: considerando isoladamente o fígado, devido ao seu papel central no metabolismo energético e na regulação da homeostase corporal;
- Viscerossomático – IVS: considerando o conjunto de vísceras (estômago, intestinos, fígado, rins, baço, coração e pulmões), para avaliar o investimento geral em massa visceral;
- Lipossomático – ILS: considerando a gordura interescapular (depósito de gordura observado na região dorsal, entre as escápulas).

Os índices foram calculados com base nas seguintes fórmulas e expressos em porcentagem:

$$\text{IHS} = \frac{\text{peso do fígado}}{\text{peso corporal}} \times 100 \qquad \text{IVS} = \frac{\text{peso das vísceras}}{\text{peso corporal}} \times 100$$

$$\text{ILS} = \frac{\text{peso da gordura interescapular}}{\text{peso corporal}} \times 100$$

4.7. Análise estatística

A análise dos dados obtidos foi realizada para comparação entre indivíduos das estações seca e chuvosa. A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk e a homocedasticidade pelo teste de Levene. Para os dados biométricos corporais, índices gastrointestinal-somáticos, glicemia, glicogênio e índices corporais, a comparação entre as estações foi feita pelos testes two-way ANOVA fatorial, teste t de Student ou o teste de Mann-Whitney, quando apropriado, considerando um intervalo de confiança de 95% ($p < 0,05$). Para a condição corporal, devido à heterogeneidade das variâncias, foi empregado o teste Welch ANOVA.

As frequências de ocorrência (presença = 1; ausência = 0) de escamas de Lepidoptera e Coleoptera foram comparadas entre as estações por meio de tabelas de contingência 2×2. Para Lepidoptera, aplicou-se o teste de Qui-quadrado de Pearson com correção de Yates, enquanto para Coleoptera foi utilizado o teste exato de Fisher, com cálculo da razão de chances (OR) e intervalo de confiança de 95%, devido à baixa frequência esperada.

Para a morfometria dos segmentos intestinais foram obtidas múltiplas medidas por indivíduo, sendo utilizados modelos lineares mistos (LMM) para controlar o efeito de autorreplicação, considerando estação (seca e chuvosa), segmento intestinal (duodeno, jejuno e intestino grosso) e a interação entre esses fatores. Quando apropriado, comparações múltiplas *post-hoc* foram realizadas com ajuste de Tukey.

Todas as análises foram realizadas no *software* R (R Core Team, 2024), utilizando os pacotes *ggplot2*, *lme4*, *lmerTest*, *emmeans* e *rstatix*. Os dados estão apresentados como média \pm desvio padrão ou mediana e intervalo interquartil (IQR), conforme a distribuição.

5. Referências

- Agostini, K.; Sazima, M.; Galetto, L. **Nectar production dynamics and sugar composition in two *Mucuna* species (Leguminosae, Faboideae) with different specialized pollinators.** *Naturwissenschaften*, v. 98, n. 11, p. 933–942, 2011.
- Amaral, T. S. et al. **Low energy reserves are associated with fasting susceptibility in Neotropical nectar bats *Glossophaga soricina*.** *Brazilian Journal of Biology*, v. 79, p. 165–168, 2019.
- Approved euthanasia methods for bats.** [vídeo]. [S.l.]: [s.n.], 2020. Disponível em: <https://www.exemplo.com/video-euthanasia>. Acessado em 16 de agosto de 2022.
- Araújo, E. L.; Castro, C. C.; Albuquerque, U. P. **Dynamics of Brazilian Caatinga—a review concerning the plants, environment and people.** *Functional Ecosystems and communities*, v. 1, n. 1, p. 15–28, 2007.
- Araújo, M. R. **Variação sazonal nos parâmetros metabólicos em morcegos insetívoros machos *Molossus molossus* Pallas, 1766 (Chiroptera: Molossidae).** Monografia apresentada à Universidade Federal de Juiz de Fora, p. 50, 2010.
- Ayala-Berdon, J. et al. **The intake responses of three species of leaf-nosed Neotropical bats.** *Journal of Comparative Physiology B*, v. 178, n. 4, p. 477–485, 2008.
- Ayala-Berdon, J.; Corona, C. G.; Martínez-Gómez, M. **Seasonal intake responses could reflect digestive plasticity in the nectar-feeding bat *Anoura geoffroyi*.** *Mammalian Biology*, v. 93, n. 1, p. 118–123, 2018.
- Ayala-Berdon, J.; Schondube, J. E. **A physiological perspective on nectar-feeding adaptation in phyllostomid bats.** *Physiological and Biochemical Zoology*, v. 84, n. 5, p. 458–466, 2011.
- Aylward, M. et al. **A comparative morphological and histological study of the gastrointestinal tract of four insectivorous bat species: *Asellia tridens*, *Chaerephon pumilus*, *Nycteris thebaica*, *Rhinopoma hardwickii*.** *Journal of Morphology*, v. 280, n. 8, p. 1106–1117, 2019.
- Baker, H. G. **Non-sugar chemical constituents of nectar.** *Apidologie*, v. 8, n. 4, p. 349–356, 1977.
- Baker, H. G.; Baker, I. **Amino-acids in nectar and their evolutionary significance.** *Nature*, v. 241, n. 5391, p. 543–545, 1973.
- Baker, H. G.; Baker, I.; Hodges, S. A. **Sugar composition of nectars and fruits consumed by birds and bats in the tropics and subtropics.** *Biotropica*, v. 30, n. 4, p. 559–586, 1998.
- Baker, R. J. et al. **Molecular timescale of diversification of feeding strategy and morphology in New World leaf-nosed bats (Phyllostomidae): a phylogenetic perspective.** *Evolutionary history of bats: fossils, molecules and morphology*, v. 385, p. 409, 2012.

Barbier, E.; Pilatti, P.; Bernard, E. **Insights into the natural history of the nectar-feeding bat *Lonchophylla mordax* (Phyllostomidae), a Data Deficient species endemic to Brazil.** *Acta Chiropterologica*, v. 25, n. 1, p. 113–123, 2023.

Bat World Sanctuary. **Insectivorous bat euthanasia.** [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://batworld.org/insectivorous-bat-euthanasia/>. Acessado em 16 de Agosto de 2022.

Bell, G. P. **Birds and mammals on an insect diet: a primer on diet composition analysis in relation to ecological energetics.** *Studies in avian biology*, v. 13, 1990.

Beuchat, C. A.; Chong, C. R. **Hyperglycemia in hummingbirds and its consequences for hemoglobin glycation.** *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v. 120, n. 3, p. 409–416, 1998.

Borchert, R. **Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees.** *Ecology*, v. 75, n. 5, p. 1437–1449, 1994.

Bozinovic, F. et al. **Between-population differences in digestive flexibility in the olivaceous field mouse.** *Zoology*, v. 113, n. 6, p. 373–377, 2010.

Brandenburg, A. et al. **The sweetest thing: advances in nectar research.** *Current opinion in plant biology*, v. 12, n. 4, p. 486–490, 2009.

Brun, A. et al. **High paracellular nutrient absorption in intact bats is associated with high paracellular permeability in perfused intestinal segments.** *Journal of Experimental Biology*, v. 217, n. 18, p. 3311–3317, 2014.

Cannon, B.; Nedergaard, J. A. N. **Brown adipose tissue: function and physiological significance.** *Physiological reviews*, v. 84, n. 1, p. 277–359, 2004.

Cardoso, N. N. et al. **Histological, histochemical and immunohistochemical aspects of the intestine and pancreas of bats of the Phyllostomidae family (Mammalia, Chiroptera).** *Zoologischer Anzeiger*, v. 307, p. 10–17, 2023.

Carmignotto, A.P.; Astúa, D. **Mammals of the Caatinga: diversity, ecology, biogeography, and conservation.** In: Silva, M. C.; Leal, I. R.; Tabarelli, M. (Eds.). *Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America*. Springer, Cham, pp. 211–254, 2017.

Carroll, N. V. et al. **The determination of glycogen in liver and muscle by use of anthrone reagent.** *Journal of Biological Chemistry*, v. 220, n. 2, p. 583–593, 1956.

Castro, D. L. J. et al. **Insulin and glucose regulation at rest and during flight in a Neotropical nectar-feeding bat.** *Mammalian Biology*, v. 101, n. 6, p. 987–996, 2021.

Chesson, P. et al. **Resource pulses, species interactions, and diversity maintenance in arid and semi-arid environments.** *Oecologia*, v. 141, n. 2, p. 236–253, 2004.

Cinti, S. **The adipose organ: morphological perspectives of adipose tissues.** *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 60, n. 3, p. 319–328, 2001.

Cirranello, A.; Simmons, N. B. **Diversity and discovery: a golden age.** In: Fleming, T. H.; Dávalos, L. M.; Mello, A. R. (Eds.). *Phyllostomid bats: A unique mammalian radiation.* University of Chicago Press, p. 43–62, 2020.

Cordero-Schmidt, E. et al. **Bat–flower interaction networks in Caatinga reveal generalized associations and temporal stability.** *Biotropica*, v. 53, n. 6, p. 1546–1557, 2021.

Cordero-Schmidt, E. et al. **Natural history of the Caatinga endemic Vieira's flower bat, *Xeronycteris vieirai*.** *Acta Chiropterologica*, v. 19, n. 2, p. 399–408, 2017.

Cordero-Schmidt, E. **Interactions, persistence and coexistence mechanisms of nectarivorous bats and the plants they feed on, in a seasonally dry tropical forest in Northeastern Brazil.** Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p. 1–160, 2020.

da Silva, J. M. C. et al. **The caatinga: Understanding the challenges.** In: *Caatinga.* Cham: Springer International Publishing, p. 3–19, 2017.

Datzmann, T.; Von Helversen, O.; Mayer, F. **Evolution of nectarivory in phyllostomid bats (Phyllostomidae Gray, 1825, Chiroptera: Mammalia).** *BMC Evolutionary Biology*, v. 10, n. 1, p. 165, 2010.

Dechmann, D. K. N. et al. **Tracking post-hibernation behavior and early migration does not reveal the expected sex-differences in a “female-migrating” bat.** *PLoS One*, v. 9, n. 12, p. e114810, 2014.

Díaz, M. M. et al. **Clave de identificación de los murciélagos neotropicales/Chave de identificação dos morcegos neotropicais.** *Publicación Especial Nro 4*, p. 207, 2021.

Domingos-Melo, A. et al. **Bat pollination in the Caatinga: A review of studies and peculiarities of the system in the new world's largest and most diverse seasonally dry tropical forest.** *Flora*, v. 305, p. 152332, 2023.

Forman, G. L. **Comparative morphological and histochemical studies of stomach of selected American bats.** *The University of Kansas Science Bulletin*, v. 49, p. 591–729, 1972.

Forman, G. L. **Gastric morphology in selected mormoopid and glossophagine bats as related to systematic problems.** *Transactions of the Illinois State Academy of Science*, v. 64, p. 273–282, 1971.

Forzza, R. C.; Leme, E. **Three new species of *Encholirium* (Bromeliaceae) from eastern Brazil.** *Phytotaxa*, v. 227, n. 1, p. 13, 2015.

Freitas, M. B. et al. **Energy metabolism and fasting in male and female insectivorous bats *Molossus molossus* (Chiroptera: Molossidae).** *Brazilian Journal of Biology*, v. 70, n. 3, p. 617–621, 2010.

Gadelha-Alves, R.; Rozensztranch, A. M. S.; Barbosa, O. R. **Comparative intestinal histomorphology of five species of phyllostomid bats (Phyllostomidae, Microchiroptera):**

ecomorphological relations with alimentary habits. International Journal of Morphology, v. 26, p. 591–602, 2008.

Garbino, G. S. T. et al. **Updated checklist of bats (Mammalia: Chiroptera) from Brazil.** Zoologia (Curitiba), v. 41, p. e23073, 2024.

García, F. J. et al. **New geographical records of Phyllostomidae (Chiroptera) for the Brazilian Caatinga, with taxonomic notes.** Mammalia, v. 89, n. 3, p. 304–317, 2025.

García-Morales, R.; Badano, E. I.; Moreno, C. E. **Response of Neotropical bat assemblages to human land use.** Conservation Biology, v. 27, n. 5, p. 1096–1106, 2013.

Gardner, A. L. **Feeding habits.** In: Baker et al. Biology of bats of the new world family Phyllostomatidae, Part II. Texas: Texas Tech University Press. p. 293–300, 1977.

Geiser, F. **Metabolic rate and body temperature reduction during hibernation and daily torpor.** Annual Review of Physiology, v. 66, n. 1, p. 239–274, 2004.

Geronimo, E. et al. **Morphological aspects of the digestive tract of insectivorous bats of the species *Molossus rufus* (E. Geoffroy, 1805).** Acta Zoologica, v. 104, n. 4, p. 497–505, 2023.

Giulietti, A. M. et al. **To Set the Scene.** In: Queiroz, Luciano Paganucci de; Rrapini, Alessandro; Giulietti, Ana Maria (Eds.). Towards Greater Knowledge of the Brazilian Semi-arid Biodiversity. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, p. 11–15, 2006.

Gomes, L. A. C. et al. **Ecological considerations on *Xeronycteris vieirai*: an endemic bat species from the Brazilian semiarid macroregion.** Mastozoología neotropical, v. 25, p. 81–88, 2018.

Gonzalez-Terrazas, T. P. et al. **Finding flowers in the dark: nectar-feeding bats integrate olfaction and echolocation while foraging for nectar.** Royal Society Open Science, v. 3, n. 8, 2016.

Gorresen, P. M.; Willig, M. R. **Landscape responses of bats to habitat fragmentation in Atlantic forest of Paraguay.** Journal of Mammalogy, v. 85, n. 4, p. 688–697, 2004.

Griffiths, T. A. **Systematics of the New World nectar-feeding bats (Mammalia, Phyllostomidae), based on the morphology of the hyoid and lingual regions.** American Museum novitates; no. 2742. 1982.

Griz, L. M. S.; Machado, I. C. S. **Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil.** Journal of Tropical Ecology, v. 17, n. 2, p. 303–321, 2001.

Hazard, Q. C. K. et al. **Reproductive phenologies of phyllostomid bats in the Central Amazon.** Mammalian Biology, p. 1–12, 2022.

Heil, M. **Nectar: generation, regulation and ecological functions.** Trends in plant science, v. 16, n. 4, p. 191–200, 2011.

Hemingway, Claire T.; Dixon, M. May; Page, Rachel A. **The omnivore's dilemma**. In: Fleming, T. H.; Dávalos, L. M.; Mello, A. R. (Eds.). *Phyllostomid bats: A unique mammalian radiation*. University of Chicago Press, p. 239–256, 2020.

Hernandez, A.; Martínez del Río, C. **Intestinal disaccharidases in five species of phyllostomid bats**. *Comparative Biochemistry and Physiology. B, Comparative Biochemistry*, v. 103, n. 1, p. 105–111, 1992.

Herrera, L. G. M.; Mancina, C. A. G. **Sucrose hydrolysis does not limit food intake by Pallas's long-tongued bats**. *Physiological and Biochemical Zoology*, v. 81, n. 1, p. 119–124, 2008.

Herrera, L. G. M.; Martínez del Río, C. **Pollen digestion by New World bats: effects of processing time and feeding habits**. *Ecology*, v. 79, n. 8, p. 2828–2838, 1998.

Hiebert, S. M.; Calder, W. A. **Sodium, potassium, and chloride in floral nectars: energy-free contributions to refractive index and salt balance**. *Ecology*, v. 64, n. 2, p. 399–402, 1983.

Howell, D. J. **Bats and pollen: physiological aspects of the syndrome of chiropterophily**. *Comparative biochemistry and physiology part a: physiology*, v. 48, n. 2, p. 263–276, 1974.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Banco de Dados de Informações Ambientais (BDIA)**. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/>. Acessado em 10 de abril de 2026.

ICMBio. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II — Mamíferos**. ICMBio/MMA, Brasília, p. 622, 2018.

Ishikawa, K. et al. **Anatomical study of the intestine of the insect-feeder bat, *Myotis frater kaguae***. *Journal of Anatomy*, v. 142, p. 141–150, 1985.

Jiao, H. et al. **Trehalase gene as a molecular signature of dietary diversification in mammals**. *Molecular Biology and Evolution*, v. 36, n. 10, p. 2171–2183, 2019.

Kaliński, A. et al. **Long term study on blood glucose levels in wintering great tits *Parus major* in sites differing in artificial food availability**. *Scientific Reports*, v. 15, n. 1, p. 2519, 2025.

Karasov, W. H.; Diamond, J. M. **Adaptive regulation of sugar and amino acid transport by vertebrate intestine**. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, v. 245, n. 4, p. G443–G462, 1983.

Karasov, W. H.; Kohl, K. D.; Caviades-Vidal, E. **The dynamic gut: the vertebrate gastrointestinal tract and associated microbiome exhibit physiological flexibility and adaptations to diet**. *Journal of Experimental Biology*, v. 228, n. 14, p. jeb250395, 2025.

Karasov, W. H.; Martínez Del Río, C.; Caviades-Vidal, E. **Ecological physiology of diet and digestive systems**. *Annual review of physiology*, v. 73, n. 1, p. 69–93, 2011.

- Karasov, W. H.; McWilliams, S. R. **Digestive constraints in mammalian and avian ecology.** Physiological and ecological adaptations to feeding in vertebrates, p. 87–112, 2005.
- Kelm, D. H. et al. **High activity enables life on a high-sugar diet: blood glucose regulation in nectar-feeding bats.** Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 278, n. 1724, p. 3490–3496, 2011.
- Kelm, D. H.; von Hhelversen, O. **How to budget metabolic energy: torpor in a small Neotropical mammal.** Journal of Comparative Physiology. B, Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology, v. 177, n. 6, p. 667–677, 2007.
- Kries, K. et al. **Colour vision variation in leaf-nosed bats (Phyllostomidae): Links to cave roosting and dietary specialization.** Molecular Ecology, v. 27, n. 18, p. 3627–3640, 2018.
- Kunz, T. H.; Anthony, E. L. P. **Age estimation and post-natal growth in the bat *Myotis lucifugus*.** Journal of Mammalogy, v. 63, n. 1, p. 23–32, 1982.
- Law, B. S. **Physiological factors affecting pollen use by Queensland blossom bats (*Syconycteris australis*).** Functional Ecology, p. 257–264, 1992.
- Leal, I. R. et al. **Plant–Animal Interactions in the Caatinga: Overview and Perspectives.** In: Caatinga. Cham: Springer International Publishing, p. 255–278, 2017.
- Machado, C. G. **Beija-flores (Aves: Trochilidae) e seus recursos florais em uma área de caatinga da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.** Zoologia (Curitiba, Brazil), v. 26, n. 2, p. 255–265, 2009.
- Machado, I. C. S.; Bbarros, L. M.; Sampaio, E. V. S. B. **Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil.** Biotropica, v. 29, n. 1, p. 57–68, 1997.
- Machado, I. C.; Lopes, A. V. **Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest.** Annals of Botany, v. 94, n. 3, p. 365–376, 2004.
- Machado-Santos, C. et al. **Distributions of the endocrine cells in the gastrointestinal tract of nectarivorous and sanguivorous bats: a comparative immunocytochemical study.** Tissue and Cell, v. 41, n. 3, p. 222–229, 2009.
- Makanya, A. N. et al. **Gut morphology and morphometry in the epauletted wahlberg’s fruit bat (*Epomophorus wahlbergi*, Sundevall, 1846).** Acta Biologica Hungarica, v. 52, n. 1, p. 75–89, 2001.
- Mancina, C. A.; Balseiro, F.; Herrera M, L. G. **Pollen digestion by nectarivorous and frugivorous Antillean bats.** Mammalian Biology, v. 70, n. 5, p. 282–290, 2005.
- McNAB, B. K. **Seasonal fat reserves of bats in two tropical environments.** Ecology, v. 57, n. 2, p. 332–338, 1976.
- Meiado, M. **Diaspore of the caatinga: a review. Flora of the Caatingas of the São Francisco River: Natural History and Conservation.** Andrea Jakobsson Estúdio Editorial, p. 306–365, 2012.

- Minter, L. J. et al. **Digestible Energy Intake and Digestive Efficiency of Human-Managed North American River Otters (*Lontra canadensis*)**. *Veterinary Medicine International*, v. 2020, p. 1–7, 2020.
- Moratelli, R.; Dias, D. **A new species of nectar-feeding bat, genus *Lonchophylla*, from the Caatinga of Brazil (Chiroptera, Phyllostomidae)**. *Zookeys*, v. 514, p. 73–91, 2015.
- Moro, M. F. et al. **A phytogeographical metaanalysis of the semiarid caatinga domain in Brazil**. *The Botanical Review; Interpreting Botanical Progress*, v. 82, n. 2, p. 91–148, 2016.
- Muchhala, N.; Tschapka, M. **The ecology and evolution of nectar feeders**. In: Fleming, T. H.; Dávalos, L. M.; Mello, A. R. (Eds.). *Phyllostomid bats: A unique mammalian radiation*. University of Chicago Press, p. 273–294, 2020.
- Neves, S. P. S. et al. **The roles of functional traits in canopy maintenance along a savanna/seasonally dry tropical forest gradient in northeastern Brazil**. *Flora*, v. 292, n. 152090, p. 152090, 2022.
- Okon, E. E.; Umukoro, R. M.; Ajudua, A. **Diurnal variations of the glycogen and fat stores in the liver and breast muscle of the fruit bat, *Eidolon helvum* (Kerr)**. *Physiology & Behavior*, v. 20, n. 2, p. 121–123, 1978.
- Opazo, J. C.; Soto-Gamboa, M.; Bozinovic, F. **Blood glucose concentration in caviomorph rodents**. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v. 137, n. 1, p. 57–64, 2004.
- Park, H.; Hall, E. R. **The gross anatomy of the tongues and stomachs of eight new world bats**. *Transactions of the Kansas Academy of Science (1903-)*, v. 54, p. 64–72, 1951.
- Peng, X. et al. **Flight is the key to postprandial blood glucose balance in the fruit bats *Eonycteris spelaea* and *Cynopterus sphinx***. *Ecology and Evolution*, v. 7, n. 21, p. 8804–8811, 2017.
- Pennington, T. R.; Prado, Darién E.; Pendry, Colin A. **Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes**. *Journal of Biogeography*, v. 27, n. 2, p. 261–273, 2000.
- Pinheiro, E. C. et al. **Effect of fasting on carbohydrate metabolism in frugivorous bats (*Artibeus lituratus* and *Artibeus jamaicensis*)**. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, v. 143, n. 3, p. 279–284, 2006.
- Prado, D. **As caatingas da América do Sul**. In: Leal, I. R.; Tabarelli, M.; Silva, Jmc (Eds.). *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária da UFPE. Recife: [S.n.]. p. 3–73, 2003.
- Price, E. R. et al. **Digestive adaptations of aerial lifestyles**. *Physiology*, v. 30, n. 1, p. 69–78, 2015.
- Queiroz, L. P. de et al. **Diversity and evolution of flowering plants of the caatinga domain**. In: *Caatinga*. Cham: Springer International Publishing, p. 23–63, 2017.

Quirino, Z. G. M.; Machado, I. C. **Pollination syndromes in a Caatinga plant community in northeastern Brazil: seasonal availability of floral resources in different plant growth habits.** *Brazilian Journal of Biology*, v. 74, n. 1, p. 62–71, 2014.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** R Foundation for Statistical Computing, 2024. <https://www.R-project.org/>

Raguso, R. A. **Flowers as sensory billboards: progress towards an integrated understanding of floral advertisement.** *Current opinion in plant biology*, v. 7, n. 4, p. 434–440, 2004.

Rintoul, J. L. P.; Brigham, R. M. **The influence of reproductive condition and concurrent environmental factors on torpor and foraging patterns in female big brown bats (*Eptesicus fuscus*).** *Journal of Comparative Physiology B*, v. 184, n. 6, p. 777–787, 2014.

Rocha, E. A. et al. **Reproductive biology of columnar cacti: are bats the only protagonists in the pollination of *Pilosocereus*, a typical chiropterophilous genus?.** *Folia Geobotanica*, v. 54, n. 3, p. 239–256, 2019.

Rodríguez-Peña, N. et al. **Intestinal paracellular absorption is necessary to support the sugar oxidation cascade in nectarivorous bats.** *Journal of Experimental Biology*, v. 219, n. 6, p. 779–782, 2016.

Rodríguez-Peña, N. et al. **Nitrogen and amino acids in nectar modify food selection of nectarivorous bats.** *Journal of Animal Ecology*, v. 82, n. 5, p. 1106–1115, 2013.

Rogers, E. J.; Sommers, A. S.; Mcguire, L. P. **Seasonal dynamics of lipid metabolism and energy storage in the Brazilian free-tailed bat.** *Physiological and Biochemical Zoology*, v. 92, n. 4, p. 386–395, 2019.

Rose, A. J.; Richter, E. A. **Skeletal muscle glucose uptake during exercise: how is it regulated?.** *Physiology*, v. 20, n. 4, p. 260–270, 2005.

Rosen, E. D.; Spiegelman, B. M. **Adipocytes as regulators of energy balance and glucose homeostasis.** *Nature*, v. 444, n. 7121, p. 847–853, 2006.

Rossi, G. S.; Welch, K. C. **Vampire bats rapidly fuel running with essential or non-essential amino acids from a blood meal.** *Biology Letters*, v. 20, n. 11, 2024.

Rouk, C. S. **Gastric morphology and adaptive radiation in the Phyllostomatidae.** Tese de Doutorado. Ph. D. dissert., Texas Tech University Unpublish, 1973.

Rouk, C. S.; Glass, B. P. **Comparative gastric histology of five north and central American bats.** *Journal of Mammalogy*, v. 51, n. 3, p. 455–472, 1970.

Roulston, T. H.; Cane, J. H. **Pollen nutritional content and digestibility for animals.** *Plant systematics and Evolution*, v. 222, n. 1, p. 187–209, 2000.

Rozensztranch, A. M. S. **Morfologia comparada do estômago e da junção gastroduodenal de morcegos da família Phyllostomidae (Mammalia, Chiroptera)**. Tese de doutorado. 2004.

Sampaio, E. V. S. B. **Características e potencialidades**. In: Gariglio MA, Sampaio EVSB, Cestaro LA, Kageyama PY (Ed.). *Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga*. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, p. 29–48, 2010.

Sampaio, E.; Lim, B.; Peters, S. ***Lonchophylla mordax***. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T12267A22038521, 2016. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T12267A22038521.en>. Acessado em 11 de março de 2024.

Sassi, P. L.; Borghi, C. E.; Bozinovic, F. **Spatial and seasonal plasticity in digestive morphology of cavies (*Microcavia australis*) inhabiting habitats with different plant qualities**. *Journal of mammalogy*, v. 88, n. 1, p. 165–172, 2007.

Schnitzler, H-U.; Denzinger, A. **Foraging strategies of echolocating bats**. In: *A Natural History of Bat Foraging*. Academic Press, p. 83–107, 2024.

Scillitani, G. et al. **Lectin histochemistry of gastrointestinal glycoconjugates in the greater horseshoe bat, *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber, 1774)**. *Acta Histochemica*, v. 109, n. 5, p. 347-357, 2007.

Shen, Yong-Yi et al. **Adaptive evolution of energy metabolism genes and the origin of flight in bats**. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 107, n. 19, p. 8666–8671, 2010.

Sibly, R. M. **Strategies of digestion and defecation**. In: *Townsend, C.R., Calow, P. (Eds.), Physiological Ecology: An Evolutionary Approach to Resource Use*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 109–139, 1981.

Silva, C. H. S. et al. **Comparative study on the small and large intestines of the bats *Artibeus planirostris* and *Diphylla ecaudata*: influence of food habits on morphological parameters**. *Acta Chiropterologica*, v. 22, n. 2, p. 435–448, 2020a.

Silva, C. H. S. **Plasticidade digestiva, metabolismo energético e composição corporal no morcego *Anoura caudifer* (Phyllostomidae: Glossophaginae)**. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal de Viçosa, p. 10–80, 2022.

Silva, E. E. M. et al. **Fruiting phenology and consumption of zoochoric fruits by wild vertebrates in a seasonally dry tropical forest in the Brazilian Caatinga**. *Acta oecologica (Montrouge, France)*, v. 105, n. 103553, p. 103553, 2020b.

Silva, U. B. T. et al. **Species richness, geographic distribution, pressures, and threats to bats in the Caatinga drylands of Brazil**. *Biological Conservation*, v. 221, p. 312-322, 2018.

Simmons, Nancy B.; Cirranello, Andrea L. **Batnames.org Species List Version 1.9**. Zenodo, 2025. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.16937886>

Smith, C. S.; de Jong, C. E.; Field, H. E. **Sampling small quantities of blood from microbats**. *Acta Chiropterologica*, v. 12, n. 1, p. 255–258, 2010.

Sousa, A. F. R. **Morfofisiologia comparada do trato gastrointestinal de três espécies de morcegos com hábitos alimentares diferentes.** Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal de Viçosa, p. 78, 2021.

Srivastava, R. K.; Krishna, A. **Melatonin modulates glucose homeostasis during winter dormancy in a vespertilionid bat, *Scotophilus heathi*.** Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, v. 155, n. 3, p. 392–400, 2010.

Starck, J. M. **Structural flexibility of the digestive system of tetrapods: patterns and processes at the cellular and tissue level.** In: Starck, J. M. and Wang, T. (eds) Physiological and ecological adaptations to feeding in vertebrates. Science Publishers Inc., Enfield, p. 175–200, 2005.

Stoner, K. E.; Timm, R. M. **Seasonally dry tropical forest mammals: Adaptations and seasonal patterns.** In: Seasonally Dry Tropical Forests. Washington, DC: Island Press/Center for Resource Economics, p. 85–106, 2011.

Straube, F. C.; Bianconi, G. V. **Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes-de-neblina.** Chiroptera Neotropical, v. 8, n. 1–2, p. 150–152, 2002.

Strobel, S. et al. **Histological and histochemical analysis of the gastrointestinal tract of the common pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus*).** European Journal of Histochemistry: EJH, v. 59, n. 2, p. 2477, 2015.

Studier, E. H.; Seveck, S. H.; Wilson, Don E. **Proximate, caloric, nitrogen and mineral composition of bodies of some tropical bats.** Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology, v. 109, n. 3, p. 601–610, 1994.

Suarez, R.; Welch, K. **Sugar Metabolism in Hummingbirds and Nectar Bats.** Nutrients v. 9, n. 743, p. 1–16, 2017.

Szilagyi, G. **Diagnóstico ambiental do processo de desertificação no município de Lajes/RN.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brazil, p. 1–110, 2007.

Taddei, V. A.; Vizotto, L. D.; Sazima, I. V. A. N. **Uma nova espécie de *Lonchophylla* do Brasil e chave para identificação das espécies do gênero (Chiroptera, Phyllostomidae).** Ciência e Cultura, v. 35, n. 5, p. 625–629, 1983.

Tedman, R. A.; Hall, L. S. **The morphology of the gastrointestinal tract and food transit time in the fruit bats *Pteropus alecto* and *P. poliocephalus* (Megachiroptera).** Australian Journal of Zoology, v. 33, p. 625–640, 1985.

Thiele, J.; Winter, Y. **Hierarchical strategy for relocating food targets in flower bats: spatial memory versus cue-directed search.** Animal behaviour, v. 69, n. 2, p. 315–327, 2005.

Thomas, O. XLIV. **Notes on South-American monkeys, bats, carnivores, and rodents, with descriptions of new species.** Annals and Magazine of Natural History, v. 12, p. 455–464, 1903.

- Tschapka, M.; Gonzalez-Terrazas, T. P.; Knörnschild, M. **Nectar uptake in bats using a pumping-tongue mechanism.** *Science advances*, v. 1, n. 8, p. e1500525, 2015.
- Vargas-Mena, J. C., et al. **Diversity of cave bats in the Brazilian tropical dry forest of Rio Grande do Norte state.** *Mastozoología neotropical*, v. 25, n. 1, p. 199–212, 2018.
- Vázquez-Domínguez, G. **Plasticidad digestiva estacional del murciélago nectarívoro *Glossophaga soricina* (Phyllostomidae: Glossophaginae).** Tesis de Maestría presentada a la Universidad Nacional Autónoma de México, p. 9–40, 2016.
- Vogel, S.; Lopes, A. V.; Machado, I. C. **Bat pollination in the NE Brazilian endemic *Mimosa lewisii*: an unusual case and first report for the genus.** *Taxon*, v. 54, n. 3, p. 693-700, 2005.
- Voigt, C. C.; Speakman, J. R. **Nectar-feeding bats fuel their high metabolism directly with exogenous carbohydrates.** *Functional ecology*, v. 21, n. 5, p. 913–921, 2007.
- Wan-Long, Z. et al. **Seasonal variations of body mass, thermogenesis and digestive tract morphology in *Apodemus chevrieri* in Hengduan mountain region.** *Animal biology (Leiden, Netherlands)*, v. 62, n. 4, p. 463–478, 2012.
- Wasserman, D. H. et al. **The physiological regulation of glucose flux into muscle in vivo.** *Journal of Experimental Biology*, v. 214, n. 2, p. 254–262, 2011.
- Watsa, M. et al. **Handling and sampling bats-ISL Peru.** 2023. dx.doi.org/10.17504/protocols.io.q26g7y7o9gwz/v1
- Whitaker Jr, J. O.; Dannelly, H. K.; Prentice, D. A. **Chitinase in insectivorous bats.** *Journal of Mammalogy*, v. 85, n. 1, p. 15–18, 2004.
- Yacoe, M. E. et al. **Muscle enzyme profile, diet, and flight in South American bats.** *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, v. 242, n. 3, p. R189–94, 1982.
- Zortéa, M. **Reproductive patterns and feeding habits of three nectarivorous bats (Phyllostomidae: Glossophaginae) from the Brazilian Cerrado.** *Brazilian Journal of Biology*, v. 63, n. 1, p. 159–168, 2003.

CAPÍTULO 1

“Distribuição espacial, flexibilidade alimentar e estado fisiológico de *Lonchophylla mordax* no bioma Caatinga”

Carlos Henrique de Souza Silva^{1*}, Marianna Araújo Alves de Souza¹, Sabrina Beatriz Abranches¹, Leandro Silva Valente¹, Sirlene Rodrigues Sartori¹, Oswaldo Pinto Ribeiro Filho¹

¹Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil

*Autor para correspondência: carlos.souza@ufv.br

Resumo

O morcego nectarívoro *Lonchophylla mordax*, endêmico da Caatinga brasileira, é uma espécie adaptada ao consumo de néctar e atua na polinização de diversas espécies de plantas. Foi avaliada a influência da mudança sazonal na dieta de *L. mordax* e a relação com a sua distribuição, seus aspectos biométricos e reprodutivos. Foram capturados 32 indivíduos adultos (18 machos e 14 fêmeas), em uma região de caatinga, no município de Lajes, estado do Rio Grande do Norte, Brasil, nas estações seca e chuvosa. Realizou-se o levantamento das áreas de estudo, a verificação dos estados reprodutivos, a aquisição dos dados biométricos e coleta de amostras fecais. Foram observadas diferentes espécies vegetais em floração, ocorrendo de forma sazonal. O esforço amostral foi maior na estação seca, e o padrão de atividade de forrageamento dos animais foi semelhante entre as estações. O peso corporal e a condição corporal foram significativamente maiores no período chuvoso, sem efeito do sexo. A atividade reprodutiva foi distinta entre machos e fêmeas. A análise fecal revelou uma predominância de cactáceas na chuvosa e fragmentos de insetos da ordem Coleoptera na seca e Lepidoptera na chuvosa. As mudanças sazonais na Caatinga influenciaram a distribuição, dieta, condição corporal e reprodução de *L. mordax*. Na estação seca, houve maior dispersão de itens alimentares e dos indivíduos e, conseqüentemente, a dieta foi mais generalista, com maior consumo de insetos. Enquanto na chuvosa ocorreu maior agregação dos alimentos, com predominância de cactáceas, e dos indivíduos, com melhor condição corporal e maior atividade

reprodutiva. Esses padrões, corroborados pelas análises fecais, evidenciam alta plasticidade ecológica da espécie frente às variações ambientais.

Palavras-chave: Alimentação; Chiroptera; Condição corporal; Insetos; Pólen; Reprodução.

Introdução

Das 186 espécies de morcegos que ocorrem no Brasil, a família Phyllostomidae é a mais representativa (96 spp) (Garbino et al., 2024). Essa família inclui grande diversidade de nichos ecológicos e uma ampla variedade de recursos alimentares consumidos — como frutos, insetos, néctar, pólen, folhas, sangue, pequenos mamíferos, peixes, sapos e aves (Kunz et al., 2011). Apesar da categorização tradicional dos filostomídeos em guildas tróficas específicas, algumas espécies extrapolam o seu nicho alimentar, selecionando outros recursos; essa estratégia tem sido interpretada como consumo acidental ou complementar, como observado em nectarívoros (Clare et al., 2014).

Nas florestas tropicais sazonalmente secas do Brasil, nove espécies de morcegos nectarívoros ocorrem e são responsáveis pela polinização de dezenas de plantas que compõem a paisagem típica desses ecossistemas (Carvalho-Neto et al., 2017; Cordero-Schmidt et al., 2021). O nectarívoro *Lonchophylla mordax* Thomas, 1903 (Phyllostomidae: Lonchophyllinae) apresenta distribuição endêmica no Nordeste do Brasil e, na Caatinga, já foi registrado em algumas localidades, habitando áreas xéricas associadas a afloramentos calcários (Moratelli e Dias, 2015; Vargas-Mena et al., 2018; Barbier et al., 2023).

As espécies do gênero *Lonchophylla* são conhecidas por utilizar néctar, pólen, insetos e frutos como recursos alimentares (Gardner, 1977). O consumo de insetos e outros itens já foi descrito para *L. robusta*, cuja dieta apresentou 90% do conteúdo estomocal composto por insetos (Fleming et al., 1972). Insetos das ordens Lepidoptera, Coleoptera e Streblidae foram registrados para *L. robusta* e *L. concava* (Howell e Burch, 1974). Para *L. dekeyseri*, espécie ameaçada do cerrado brasileiro, recursos florais são explorados principalmente na estação seca, enquanto insetos e frutos predominam na estação chuvosa (Coelho e Marinho-Filho, 2002). Sementes também foram observadas no conteúdo fecal de *L. handleyi* em floresta premontana (Pellón, 2022).

A dieta de *L. mordax* já foi documentada na caatinga, sobretudo quanto a recursos de origem vegetal, sendo o pólen das famílias Cactaceae, Bromeliaceae e Fabaceae consumidos

em maior proporção (Cordero-Schmidt et al., 2021). Fêmeas da espécie também consumiram insetos (predominantemente na estação chuvosa) e pólen e tecido vegetal na estação seca (Cordero-Schmidt, 2020). No entanto, análises de dieta voltadas para a diversidade de insetos são pouco exploradas nessa espécie.

No presente estudo, analisamos o conteúdo fecal de 32 indivíduos de *L. mordax*, entre as estações seca e chuvosa de uma área de caatinga hiperxerófila, com o objetivo de identificar os itens consumidos — especialmente insetos e pólen — e fornecer novos *insights* sobre a dieta e o comportamento alimentar dessa espécie. Além disso, foram coletados dados reprodutivos e biométricos dos indivíduos, bem como realizado um levantamento das espécies vegetais em floração, presentes nos locais de estudo.

Material e Métodos

- **Locais de estudo, captura dos morcegos e coleta de dados biométricos**

As atividades de campo foram realizadas entre novembro e dezembro de 2024, correspondente à estação seca, e março e maio de 2025, referente à estação chuvosa, em uma área de caatinga hiperxerófila no município de Lajes, estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Todo o estudo e experimentações com os animais foram conduzidos sob autorização expedida pelo ICMBio/IBAMA (nº 86042), e pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Viçosa - CEUA (nº 22/2023).

A caracterização topográfica, altimétrica e vegetacional foi realizada com base na observação direta dos locais de estudo e em dados extraídos da plataforma do Banco de Dados de Informações Ambientais – BDIA, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2025).

Dez pontos foram amostrados, com base na presença de afloramentos de rochas calcáreas e fontes de recursos alimentares. Os pontos podem ser visualizados na Figura 1 e possuem as seguintes coordenadas: Local 1 (-5.7972735, -36.2409645), Local 2 (-5.7991440, -36.2411510), Local 3 (-5.7240890, -36.1950180), Local 4 (-5.724016, -36.195344), Local 5 (-5.723172, -36.190393), Local 6 (-5.723660, -36.189835), Local 7 (-5.724144, -36.190194), Local 8 (-5.725176, -36.189895), Local 9 (-5.7484930, -36.1779750) e Local 10 (-5.7492850, -36.1778540).

Foram capturados 32 indivíduos adultos (18 machos e 14 fêmeas) de *L. mordax*, sendo 16 em cada estação, por meio de 3-5 redes de neblina. Como a espécie não exibe dimorfismo sexual evidente, o sexo foi determinado por observação da genitália externa. As redes foram instaladas ao longo de trilhas, priorizando locais com entradas de grutas e vegetação; com flores potencialmente visitadas pela espécie. Identificamos as espécies vegetais que estavam florindo no entorno da área de amostragem com base na literatura. O tempo de abertura das redes variou entre 17:40 e 2:40h. O esforço de captura foi calculado multiplicando a área das redes de neblina (comprimento x altura) pelo tempo de redes abertas (h), e pela quantidade de redes, seguindo Straube e Bianconi (2002).

Os morcegos foram identificados com chave taxonômica (Díaz et al., 2021) e acondicionados em bolsas de tecido de algodão, previamente limpas. Em seguida, foram pesados com um dinamômetro de mola (Pesola®) e mediu-se o comprimento do antebraço por meio de paquímetro digital. Calculou-se a condição corporal dos indivíduos dividindo o peso corporal pelo comprimento do antebraço. O estágio adulto foi determinado por observação do fechamento das epífises com as diáfises do quarto dedo, conforme Kunz e Anthony (1982).

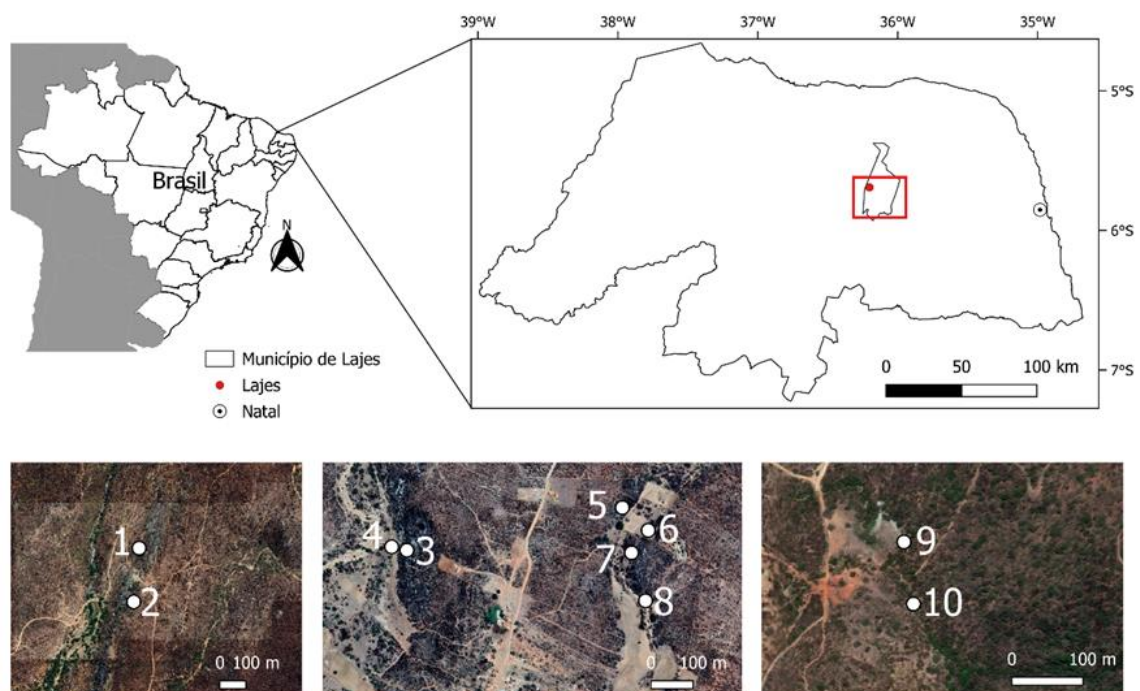


Figura 1. Mapa do estado do Rio Grande do Norte, com o município de Lajes, onde foram realizadas as atividades de campo, com imagens de satélite com os 10 pontos de amostragem escolhidos para as capturas.

Após as amostragens, os animais foram marcados com colar de plástico flexível portando anilhas de alumínio polido (2,8 mm) numeradas — para contabilizar o número de capturas e recapturas — foram alimentados com uma solução de água com sacarose a 15% e soltos em seu local de captura. Os morcegos de outras espécies que foram capturados foram soltos imediatamente.

- **Estado reprodutivo**

O estado reprodutivo foi verificado sem o auxílio de equipamento nos animais e classificado, de acordo com Zortéa (2003): os machos em período reprodutivo foram classificados como escrotados (E), quando os testículos estavam na bolsa escrotal, ou não-reprodutivos (NR), quando não estavam na bolsa escrotal. As fêmeas em período reprodutivo foram classificadas em prenhes (P), quando se constatava o aumento do abdômen, e em lactantes (L), se havia a presença de leite nas glândulas mamárias. Fêmeas que não apresentavam mamilos e abdômen intumescidos foram classificadas como não-reprodutivas (NR), e ao observar um reestabelecimento de pelos em torno dos mamilos, as fêmeas estavam pós-lactantes (PL).

- **Coleta e análise de material fecal**

Após as capturas, os animais permaneceram nas bolsas de contenção por até 1h. Posteriormente, verificou-se a presença de fezes, as quais foram coletadas e armazenadas em microtubos com álcool a 100%; e resfriados a -20 °C, em laboratório.

Pequenas porções fecais de cada animal, foram analisadas sob microscópio estereoscópico (Olympus VMT, com aumento de até 20x) para visualizar a composição das amostras. Em seguida, o conteúdo foi transferido para lâminas de vidro, corados com 1 a 2 gotas de fucsina básica e secos em temperatura ambiente; sendo montadas com Entellan® (Merck, Frankfurt, Alemanha) e lamínulas.

As lâminas foram fotografadas em um fotomicroscópio com câmera colorida (Olympus BX53, aumento de até 1000x) para identificação de grãos de pólen e fragmentos de exoesqueleto e membros de insetos e identificação e determinação da frequência de ocorrência de escamas de insetos. Os grãos de pólen foram identificados com base em caracteres

morfológicos descritos em artigos e catálogos polínicos da fauna local e regional, como Santos et al. (1997), Saba (2007), Cordero-Schimidt (2020), Dias et al. (2022) e Silva et al. (2024).

- **Análise estatística**

A análise dos resultados das variáveis biométricas “peso corporal”, “comprimento do antebraço” e “condição corporal” foi realizada comparando-se os dados entre as estações seca e chuvosa. Verificou-se a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilk e a homocedasticidade pelo teste de Levene ($p > 0,05$). Para a comparação entre as estações, foi utilizado o teste two-way ANOVA fatorial e foi verificado o efeito da interação entre estação e sexo. Excluiu-se as fêmeas prenhes e lactantes, as quais estavam em pequeno número e apresentaram valores extremos, elevando a média. Para a condição corporal, as variâncias desiguais nos conjuntos de dados exigiram o teste Welch ANOVA ($P < 0,05$).

As frequências de ocorrência (presença = 1; ausência = 0) das escamas de Lepidoptera e Coleoptera foram comparadas entre as estações seca e chuvosa por meio de tabelas de contingência 2x2. Para Lepidoptera, aplicou-se o teste de Qui-quadrado de Pearson com correção de Yates (χ^2_{Yates}). Para Coleoptera, utilizou-se o Teste Exato de Fisher com cálculo de Razão de Chances (OR) e intervalo de confiança de 95%, devido à baixa frequência esperada em algumas células da tabela. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

As análises foram realizadas no *software* R (R Core Team, 2024), utilizando o pacote *ggplot2*.

Resultados

- **Descrição das áreas de amostragem**

As altitudes descritas para os locais de estudo variaram entre 300 e 200 m. As características topográficas dos locais 1 e 2 foram descritas como solos rasos, com relevos íngremes, pedregosos e suscetíveis à erosão, sendo classificados como neossolos litólicos. Esses locais estão próximos às encostas da Serra do Feiticeiro — um tipo de escarpa que ocorre na região de Lajes - RN — e apresentaram uma abundância de grutas e rochas calcáreas. Os locais de 3 a 10 apresentaram solos minerais e férteis, caracterizados por uma camada argilosa densa abaixo de uma superfície arenosa, e o relevo foi geralmente plano e sujeito à inundação

na época de chuvas, sendo classificados como planissolos háplicos. Foram observadas áreas com passagens de rios temporários e alguns afloramentos rochosos de calcáreo nesses locais.

A fitogeografia dos locais de estudo é caracterizada como savana-estépica. O aspecto fisionômico foi classificado como caatinga arbustiva, com presença de matas de galeria próximas a cursos d'água, especificamente nos locais 4 a 10. Em relação às características ecofisiológicas das plantas, os locais foram definidos como caatinga hiperxerófila, na qual a grande maioria das espécies vegetais perde as folhas no período seco e são adaptadas à baixa umidade e pluviosidade.

Foram observadas as seguintes espécies vegetais com floração e algumas com frutos, na estação seca: *Ruellia asperula* – Acanthaceae (locais 1, 4, 6, 7, 8 e 9), *Tabebuia aurea* – Bignoniaceae (locais 5 e 8), *Tarenaya spinosa* – Cleomaceae (local 1), *Melocactus* sp. – Cactaceae (locais 1 e 9), *Copernicia prunifera* – Arecaceae (locais 4 e 7), *Vitex gardneriana* com flores e frutos – Lamiaceae (locais 5, 6, 7 e 8), *Mimosa* sp. – Fabaceae (locais 7 e 8), *Coursetia rostrata* com flores e frutos – Fabaceae (locais 1, 2 e 10) e *Pilosocereus gounellei* – Cactaceae (9 e 10). Na estação chuvosa, foi identificada a presença de *T. spinosa* – Cleomaceae (local 1), *C. rostrata* com flores e frutos – Fabaceae (locais 1 e 2), *Cnidoscolus urens* – Euphorbiaceae (locais 1 e 2), *Tacinga inamoena* – Cactaceae (local 3) e *Pilosocereus pachycladus* com flores e frutos – Cactaceae (locais 1 e 2). Mais detalhes da descrição dos locais, da quantidade de indivíduos de *L. mordax* capturados, bem como de outras espécies de morcegos, podem ser consultados na Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de indivíduos de *Lonchophylla mordax* capturados por sexo e estação, registro de outras espécies de morcegos capturadas, locais de captura e suas características (vegetação, florações e aspectos paisagísticos)

Estação seca		Estação chuvosa		Outras espécies de morcegos capturados	Locais e coordenadas geográficas	Descrição dos locais
Macho	Fêmea	Macho	Fêmea			
7	1	6	10	<i>Glossophaga soricina</i> , <i>Xeronycteris vieirai</i> , <i>Artibeus planirostris</i> , <i>Trachops cirrhosus</i> e <i>Myotis</i> sp.	1 -5.7972735, -36.2409645	Vegetação de caatinga arbustiva, com presença de floração de <i>Ruellia asperula</i> , <i>Tarenaya spinosa</i> , <i>Melocactus</i> sp., <i>Coursetia rostrata</i> , <i>Cnidoscolus urens</i> e predominância de <i>Pilosocereus pachycladus</i> , algumas também com frutos. Abundância de grutas, fendas e cavernas de rochas calcáreas.
0	0	0	0	<i>G. soricina</i> .	2 5.7991440, -36.2411510	
2	1	0	0	<i>Neoplatymops mattogrossensis</i> , <i>Peropteryx macrotis</i> e <i>A. planirostris</i> .	3 -5.7240890, -36.1950180	Presença de grutas e fendas de rochas calcáreas associadas espécies de Cactaceae (<i>Tacinga inamoena</i> – única vista com flores) e <i>R. asperula</i> .
0	0	0	0	<i>G. soricina</i> .	4 -5.724016, -36.195344	Caatinga de galeria - floresta ciliar com florações de <i>Copernicia prunifera</i> e <i>R. asperula</i> . Área sujeita a inundação por passagem de rio intermitente.
0	0	0	0		5 -5.723172, -36.190393	
0	0	0	0		6 -5.723660, -36.189835	Caatinga de galeria – floresta ciliar com florações de <i>R. asperula</i> , <i>Tabebuia alba</i> , <i>C. prunifera</i> , <i>Vitex gardneriana</i> , também com frutos, e <i>Mimosa</i> sp.
1	0	0	0		7 -5.724144, -36.190194	Presença de afloramentos de rochas calcáreas formando grutas e fendas. Área sujeita a inundação por passagem de riacho.
2	2	0	0		8 -5.725176, -36.189895	
0	0	0	0	<i>Desmodus rotundus</i> , <i>Diphylla ecaudata</i> , <i>T. cirrhosus</i> , <i>A. planirostris</i> , <i>G. soricina</i> .	9 -5.7484930, -36.1779750	Vegetação de caatinga arbustiva, apresentando florações de <i>R. asperula</i> , <i>Melocactus</i> sp., <i>C. rostrata</i> e <i>Pilosocereus gounellei</i> . Área com mina subterrânea abandonada e passagem de rio temporário.
0	0	0	0		10 -5.7492850, -36.1778540	

- **Captura dos animais e dados biométricos**

Este estudo demandou 4935 m².h de esforço amostral entre novembro e dezembro de 2024, e 2352,5 m².h entre março e maio de 2025. A preferência de horário de atividade dos animais (saídas para alimentação) foi constatada pelo percentual de capturas contabilizadas e foi semelhante entre as estações seca e chuvosa, resultando em 37,50% entre 19:00 e 19:40, 18,75% entre 20:00 e 20:30, e 12,50% entre 21:00 e 21:30 (Figura 2). As capturas de *L. mordax* foram registradas apenas nos locais 1, 3, 7 e 8, com 24, 3, 1 e 4 animais, respectivamente (Tabela 1). Nenhum animal foi recapturado.

O local 1 apresentou a maior heterogeneidade de espécies capturadas, dentre nectarívoros, frugívoros, insetívoros e onívoros, com amostragens de *L. mordax* em ambas as estações. Nectarívoros, como *Glossophaga soricina* e *Xeronycteris vieirai*, foram capturados sem a presença de *L. mordax* em algumas noites na estação seca, enquanto na chuvosa foram capturadas com *L. mordax*. No local 3, só foram capturados indivíduos de *L. mordax*, além de alguns frugívoros e insetívoros. Nos locais 7 e 8, apenas *L. mordax* foi capturada. Foi observada a presença de predadores, tendo sido um deles capturado — uma coruja no local 9 — e de morcegos hematófagos, onívoros e frugívoros, além do nectarívoro *G. soricina*, mas sem a presença de *L. mordax*, nos locais 9 e 10. Nos demais locais em que não houve a captura da espécie de interesse, foi capturada apenas *G. soricina* (locais 2 e 4). Nos locais 5 e 6 não houve captura de quaisquer espécies de morcegos.

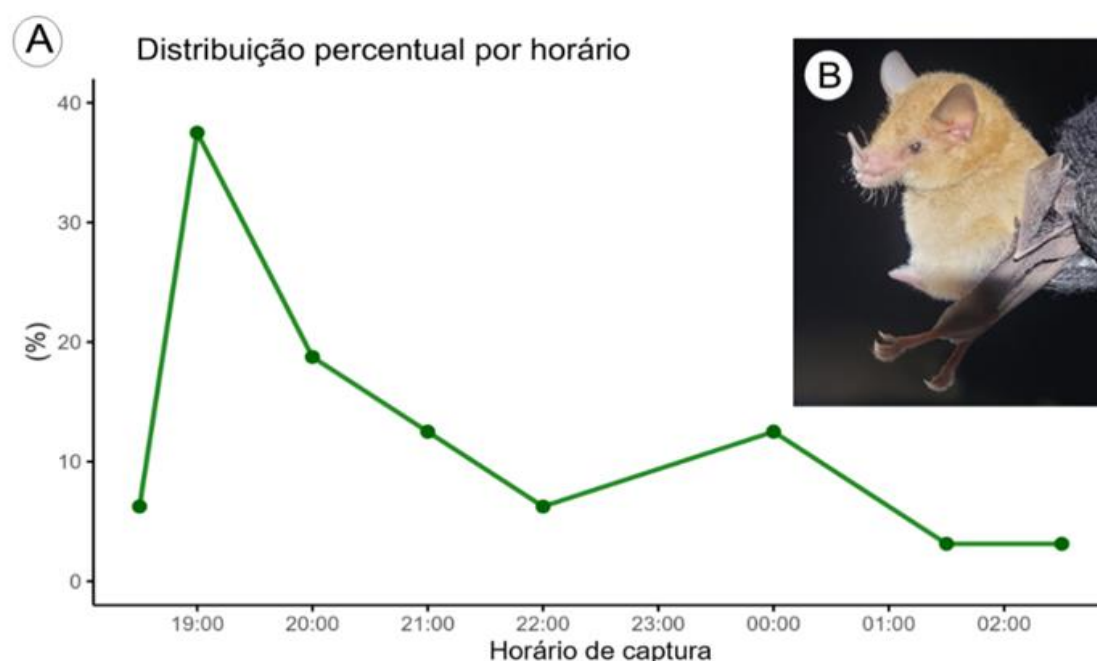


Figura 2. Horários de captura dos morcegos, significando preferência de saídas para alimentação. Gráfico mostrando as maiores frequências de captura, com picos entre 19h/19:40 e 20h/20:30, e em menor grau entre 21h/21:30 (A). Espécime macho adulto de *Lonchophylla mordax*, identificado pela genitália externa (B) (Fonte: imagem do autor, 2024).

A análise fatorial de duas vias indicou uma variação significativa no peso corporal e na condição corporal de *L. mordax* entre as estações estudadas, mas não entre os sexos e nem na interação entre esses fatores ($p > 0,05$). Ambos os sexos apresentaram valores significativamente maiores na estação chuvosa (peso corporal: $p = 0,04$; condição corporal: $p = 0,04$; Tabela 2). Os machos exibiram aumento do peso médio ($8,48 \pm 0,71$ g), assim como as fêmeas ($9,04 \pm 0,67$ g). De forma similar, a condição corporal também foi superior na estação chuvosa nos machos ($0,25 \pm 0,02$ g/mm) e nas fêmeas ($0,26 \pm 0,02$ g/mm). O comprimento do antebraço não resultou em diferença estatística entre sexos e estações ($p = 0,08$) (Tabela 2; Figura 3).

Tabela 2. Dados biométricos, expressos como média \pm desvio padrão, de indivíduos adultos de *Lonchophylla mordax*, separados por sexo e estação, excluindo-se fêmeas em estado reprodutivo (gestação/lactação)

Item	Animais	Estação seca	Estação chuvosa
Peso corporal (g)	Machos	$7,99 \pm 0,66^b$ (n=12)	$8,48 \pm 0,71^a$ (n=6)
	Fêmeas	$7,99 \pm 1,63^b$ (n=3)	$9,04 \pm 0,67^a$ (n=8)
Antebraço (mm)	Machos	$34,97 \pm 0,71^a$ (n=12)	$34,35 \pm 0,94^a$ (n=6)
	Fêmeas	$35,33 \pm 0,79^a$ (n=4)	$34,98 \pm 0,98^a$ (n=10)
Condição corporal (g/mm)	Machos	$0,23 \pm 0,02^b$ (n=12)	$0,25 \pm 0,02^a$ (n=6)
	Fêmeas	$0,23 \pm 0,05^b$ (n=3)	$0,26 \pm 0,02^a$ (n=8)

Letras diferentes (^{a, b}) indicam significância estatística pelo teste two-way ANOVA (fatorial) para o peso corporal, entre as estações seca e chuvosa. Letras diferentes (^{a, b}) indicam significância estatística pelo teste Welch ANOVA para condição corporal, entre as estações seca e chuvosa. Foi considerando o valor de $p < 0,05$.

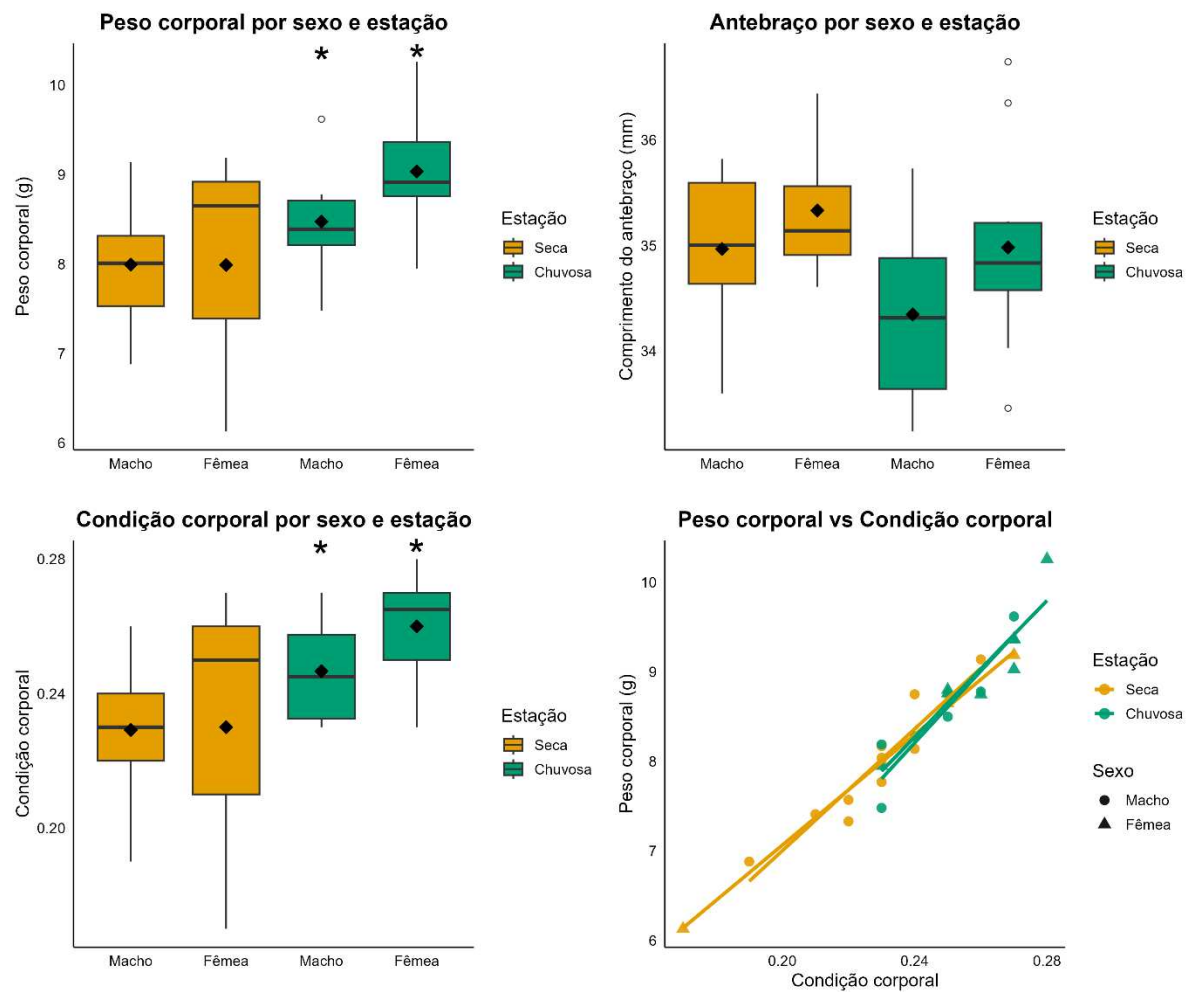


Figura 313. Parâmetros corporais analisados no morcego *Lonchophylla mordax*. Peso corporal (g), comprimento do antebraço (mm), e condição corporal (g/mm) (peso/antebraço) por estação (seca e chuvosa) e sexo (machos e fêmeas). O último gráfico relaciona o peso corporal com a condição corporal, com pontos e linhas de tendência separados por sexo e estação. Os asteriscos indicam diferença estatística.

• Estado reprodutivo

Durante a estação seca, a maioria dos indivíduos capturados foram machos (12) e, entre eles, cinco apresentaram testículos escrotados, indicando atividade reprodutiva, e sete foram classificados como não-reprodutivos. Entre as fêmeas (quatro), apenas uma estava prenhe e uma estava em fase pós-lactante, enquanto nenhuma foi registrada em lactação.

Na estação chuvosa, as fêmeas foram capturadas em número maior (10) e o padrão reprodutivo foi diferente: foi contabilizada mais uma fêmea prenhe, uma lactante e cinco pós-

lactantes, evidenciando um aumento nos estados reprodutivos ativos, enquanto três estavam não-reprodutivas. Entre os machos, seis indivíduos estavam não-reprodutivos e nenhum escrotado foi registrado (Figura 4).

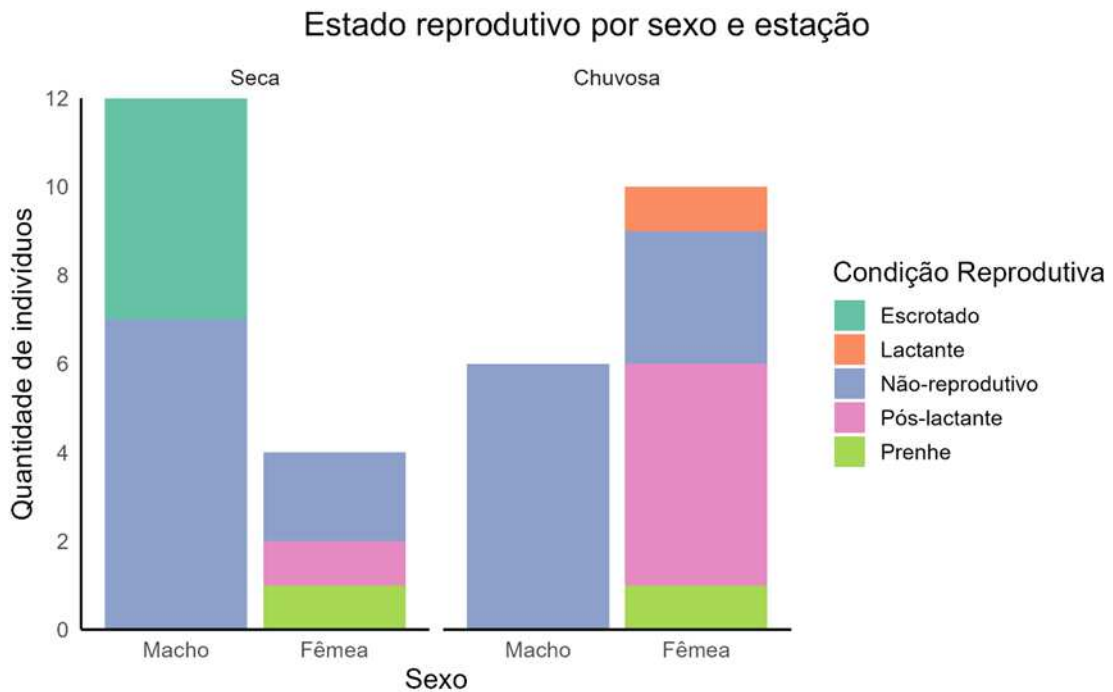


Figura 414. Quantidade de indivíduos do morcego *Lonchophylla mordax* classificados quanto ao seu estado reprodutivo, por sexo (macho e fêmea) e cada estação (seca e chuvosa).

- **Análise fecal**

A quantidade e o aspecto das fezes variaram entre as estações. Durante a estação seca, foram obtidos um menor número de pellets fecais a partir das bolsas de contenção, com aspectos mais compactos e de coloração escura. A análise sob estereomicroscópio permitiu observar uma maior proporção de material proveniente de insetos. No período chuvoso, os morcegos produziram maior quantidade de pellets, de coloração esbranquiçada e consistência compacta, porém, de fácil desintegração. Foi observada uma grande quantidade de grãos de pólen, misturados com alguns fragmentos de insetos. Em ambas as estações, notou-se a presença de muitos filamentos fibrosos de algodão e microplástico, provavelmente ingeridos dos materiais de fabricação das bolsas de contenção, além de pelos dos próprios animais.

A identificação dos grãos de pólen revelou diferentes tipos de plantas incluídas na alimentação de *L. mordax*, com algumas sendo exploradas na estação seca e outras na chuvosa.

Na estação seca, foram observados grãos de pólen das espécies *Cynophalla hastata* (Capparaceae), *Ruellia asperula* (Acanthaceae), *Helicteres baruensis* (Malvaceae), *Tarenaya spinosa* (Cleomaceae), *Dicliptera ciliaris* (Acanthaceae) e algumas espécies do gênero *Pilosocereus* (Cactaceae). Já na estação chuvosa, o gênero *Pilosocereus* foi predominante, especialmente das espécies *P. pachycladus*, *P. chrysostele* e *P. tuberculatus*; outras espécies foram identificadas em menor frequência, como *Melocactus zehntneri* (Cactaceae), *Bauhinia* sp. (Fabaceae), *Cereus jamacaru* (Cactaceae) e *Encholirium spectabile* (Bromeliaceae) (Figura 5).

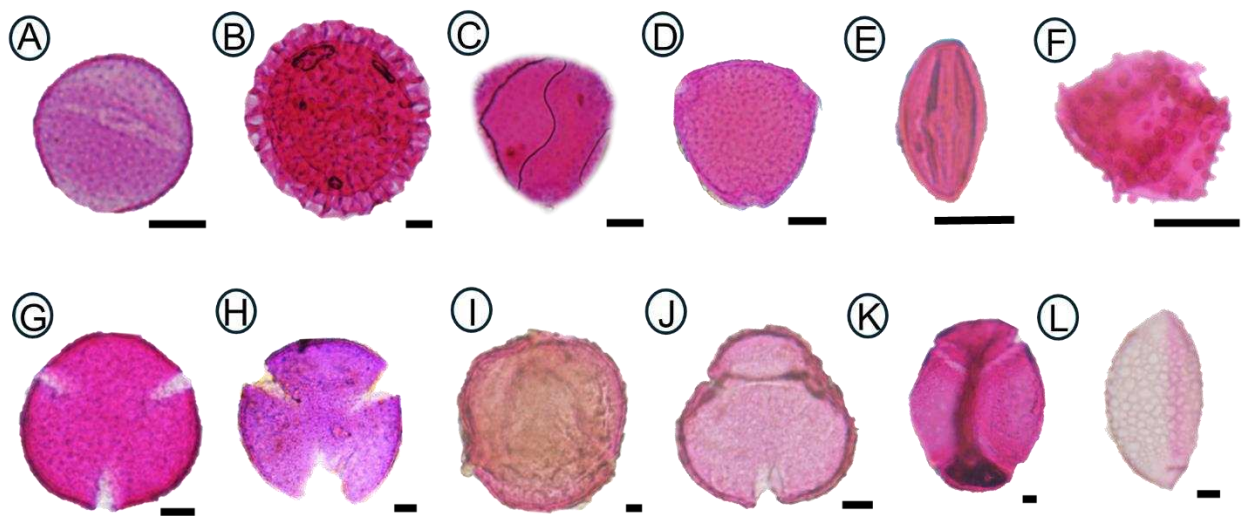


Figura 5. Morfologias dos grãos de pólen, identificados em amostras fecais de morcegos *Lonchophylla mordax*, na estação seca (A-F) e na estação chuvosa (G-L). *Cynophalla hastata* (Capparaceae) (A); *Ruellia asperula* (Acanthaceae) (B); *Tarenaya spinosa* (Cleomaceae) (C); *Helicteres baruensis* (Malvaceae) (D); *Dicliptera ciliaris* (Acanthaceae) (E); *Bauhinia* sp. (Fabaceae) (F); *Pilosocereus pachycladus* (Cactaceae) (G); *Pilosocereus chrysostele* (Cactaceae) (H); *Pilosocereus gounellei* (Cactaceae) (I); *Pilosocereus tuberculatus* (Cactaceae) (J); *Melocactus ernestii* (Cactaceae) (K); *Encholirium spectabile* (Bromeliaceae) (L). Barras: 10 μ m.

Os fragmentos de insetos foram observados em quase todos os animais, os que não tinham, apresentaram escamas ou algum outro vestígio. Os fragmentos variaram desde muito desintegrados e não identificados a partes mais íntegras, como antenas, asas membranosas, élitros de coleópteros, espirotrombas de lepidópteros, ocelos, patas e peças bucais, em ambas

as estações. Houve maior frequência de fragmentos de coleópteros na estação seca e fragmentos de lepidópteros na chuvosa: as porcentagens de ocorrência dos fragmentos resultaram em 31,25% de élitros de coleópteros na estação seca e 6,25% na chuvosa; 62,5% de asas membranosas e 25% de espirotrombas na estação chuvosa, enquanto, na seca, 6,25% foram asas membranosas e nenhuma espirotromba. Alguns pequenos insetos parcialmente completos, vistos em alguns animais de ambas as estações, foram identificados como dípteros da família Streblidae, conhecidos como moscas ectoparasitas de morcegos (Figura 6).

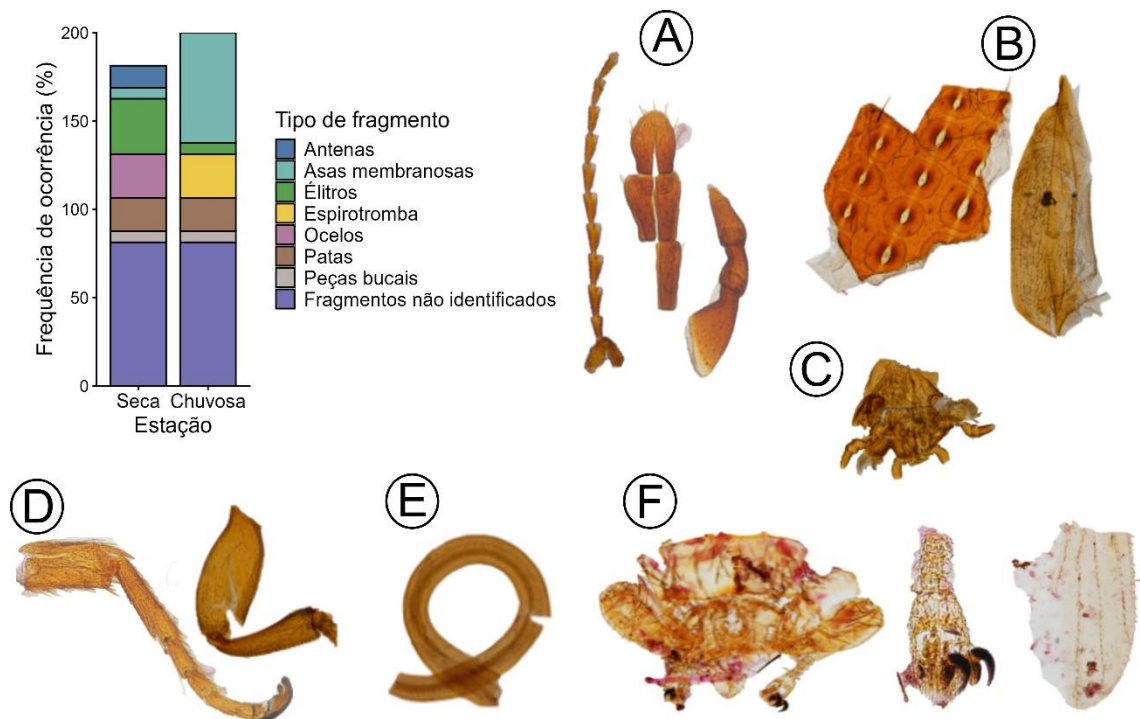


Figura 6. Fragmentos de insetos identificados nas fezes de *Lonchophylla mordax*. Acima, à esquerda, gráfico da frequência de ocorrência (%) dos tipos de fragmentos identificados em cada indivíduo, por estação. Antenas (A); Élitros (B); Peças bucais (C); Patas (D); Espirotromba (E); Segmentos do corpo, pata e asa do ectoparasita (díptero da família Streblidae) de morcegos (F).

Escamas de lepidópteros predominaram em ambas as estações, sendo significativamente mais frequentes em indivíduos da estação chuvosa (93,8%; $\chi^2 = 5,56$; $p = 0,018$). A ocorrência de escamas de coleópteros não diferiu entre as estações (43,8%; Fisher, $p = 0,25$), embora tenha sido numericamente maior na estação seca (Figura 7).

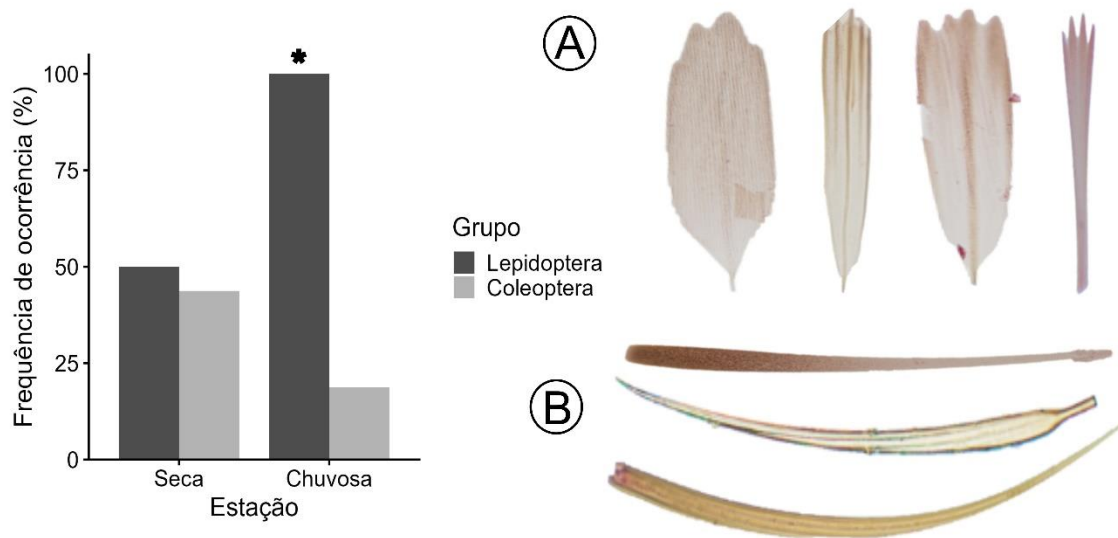


Figura 7. Escamas de insetos identificadas nas fezes do morcego *Lonchophylla mordax*. À esquerda, gráfico da frequência de ocorrência (%) de escamas correspondentes aos grupos Lepidoptera e Coleoptera, nas estações seca e chuvosa. Escamas de insetos da ordem Lepidoptera (A); Escamas de insetos da ordem Coleoptera (B).

Discussão

O maior esforço amostral necessário na estação seca reflete uma menor previsibilidade e disponibilidade espacial dos recursos alimentares, o que pode ter influenciado diretamente na distribuição dos indivíduos de *L. mordax*. Apesar da amostragem ter sido realizada em dez locais, os indivíduos foram registrados em apenas quatro deles (1, 3, 7 e 8), sugerindo uma maior dispersão em busca desses recursos. Nesse período, havia poucas plantas em floração, como é o caso da melosa-vermelha (*Ruellia asperula*), que floresce na estação seca. A presença dessa planta pode ter concentrado os animais em determinados pontos, funcionando como locais-chave de forrageamento e possível refúgio.

Na estação chuvosa, a redução no esforço de captura, com todos os indivíduos sendo capturados em apenas três noites e concentrados em um único local, apesar de outros locais terem sido amostrados nessa estação, indica uma maior agregação espacial da população. Esse padrão pode estar associado ao aumento da disponibilidade de recursos alimentares, que tende a ser mais abundante e previsível nesse período, favorecendo a permanência dos indivíduos em áreas com maior oferta de alimento, atingindo o número previsto de animais de maneira mais rápida. Ao contrário da estação seca, em que a escassez de recursos florais provavelmente forçou uma maior dispersão dos animais em busca de alimento, a estação chuvosa favoreceu a

concentração de *L. mordax* em locais específicos, devido ao fato de haver plantas no ápice da floração. Sendo assim, o esforço de forrageamento de *L. mordax* é menor nessa estação, pois as fontes de alimento estão mais próximas.

As comunidades abundantes de cactáceas do gênero *Pilosocereus*, no local 1, são caracterizadas por uma alta densidade e proximidade entre os indivíduos desse gênero, significando uma maior e mais concentrada oferta de alimento para os morcegos nessa área, nas épocas de floração dessas plantas. Com as primeiras chuvas, essas cactáceas produzem as primeiras flores, que fornecem néctar e pólen, atraindo os morcegos nectarívoros através da exalação do odor. Esse padrão de distribuição espacial dos recursos alimentares pode favorecer a permanência desses morcegos próximos a essas plantas.

Espécies de *Pilosocereus* são reconhecidas como importantes recursos alimentares para *L. mordax* e outros morcegos nectarívoros (Cordero-Schmidt et al., 2021). Além disso, a presença numerosa de afloramentos rochosos nesse local pode contribuir para a sua utilização como abrigo, favorecendo a formação de colônias. Registros anteriores já indicaram a ocorrência de grande número de indivíduos nesse mesmo local, sugerindo a presença de uma colônia estabelecida (Cordero-Schmidt, 2020).

A presença conjunta ou ausência de outros nectarívoros, como *Glossophaga soricina* e *Xeronycteris vieirai*, em relação à *L. mordax*, certamente contribui para os diferentes padrões espaciais dessa espécie entre as estações. Na estação seca, a ausência de registro de *L. mordax* em algumas noites, no local 1, corrobora com a sua maior dispersão, mesmo com outros nectarívoros tendo sido capturados. Na estação chuvosa, a concentração dos indivíduos nesse local devido à maior abundância de alimento pode ser evidenciada também pela presença de espécies de outros hábitos alimentares, indicando a existência de frutos, insetos e néctar em abundância.

Em alguns locais, onde *L. mordax* não foi capturada, como os locais 9 e 10, a presença de predadores, como corujas, podem ter dispersado ainda mais os indivíduos ou mesmo terem sido predados, pois havia cactáceas e outras plantas em floração nessas áreas. Isso pode indicar a influência de um maior risco de predação, na estação seca, levando a uma maior área de sobrevoos dos indivíduos, somada à escassez de recursos. Ainda, a não captura de *L. mordax* nesses locais, e nos demais (2, 4, 5 e 6), pode indicar uma estratégia de evitar competição com outros nectarívoros, especificamente *G. soricina*, o que confirma a constatação de ausência de *L. mordax* no local 1, em noites de seca.

A exploração de recursos alimentares, por morcegos nectarívoros, não ocorre de forma aleatória, mas por meio da utilização de rotas de forrageamento, de forma que indivíduos usam áreas específicas para reduzir a competição. Esses morcegos baseiam-se em duas estratégias: exploração de fontes já conhecidas, onde seguem rotas já estabelecidas, utilizando um conhecimento prévio, resultando em maior eficiência e menor gasto energético; e a exploração de novas fontes, na qual os morcegos buscam novas áreas, com melhores recursos, e reduzem a competição, por meio da expansão do seu deslocamento (Goldshtein et al., 2020).

A maior concentração de capturas no início da noite reflete os picos de atividade em busca de alimento dos morcegos. Durante esse período, os indivíduos deixam os abrigos após o jejum diurno prolongado para procurar por fontes de alimento e permitir a reposição energética. A posição estratégica das redes, na entrada de grutas e próximas às fontes de alimentação, aumentou a probabilidade de colisão dos animais, ao usarem as trilhas como rota de deslocamento entre os abrigos e as áreas de forrageamento.

Esses dados reforçam que o padrão de atividade observado em *L. mordax* é semelhante ao de outros filostomídeos nectarívoros. Pesquisas demonstraram que esses animais tendem a iniciar suas atividades logo após o pôr do sol, coincidindo com uma maior oferta de recursos como néctar e insetos voadores (Pedrozo et al., 2018; Barbier et al., 2023; Albuquerque-Lima et al., 2024).

As diferenças significativas no peso e na condição corporal indicam que a sazonalidade influencia a condição fisiológica da espécie, sendo favorecida durante a estação chuvosa. Nesse período, a maior disponibilidade de recursos alimentares pode promover o acúmulo de reservas energéticas, como gordura e glicogênio, refletindo em maior massa corporal. Esse padrão é consistente com o descrito para *L. mordax* e outros filostomídeos nectarívoros, como *Glossophaga soricina* e *Anoura caudifer*, cujos pesos corporais tendem a aumentar em épocas de maior floração, frutificação e abundância de insetos noturnos, características típicas da estação chuvosa (Vázquez-Domínguez, 2016; Silva, 2022; Barbier et al., 2023).

Os valores mais elevados de peso e condição corporal durante a estação chuvosa, para ambos os sexos, podem estar relacionados a variações fisiológicas relativas à reprodução, como a necessidade de cuidado parental. Os resultados encontrados são consistentes com os de Cordero-Schmidt (2020), que registrou um pico reprodutivo em *L. mordax* durante o final da estação seca e início da chuvosa.

A ausência de diferença significativa no comprimento do antebraço, entre os sexos, reforça a inexistência de dimorfismo sexual, assim como outras características morfológicas

observadas, como folha nasal, coloração dos pelos e uropatágio, semelhantes entre machos e fêmeas.

A medida de antebraço é amplamente utilizada como um indicador estável de tamanho corporal em morcegos, servindo como referência para a avaliação da condição física dos indivíduos (McGuire et al., 2018). Assim sendo, pode-se dizer que os indivíduos coletados em ambas as estações se encontravam em boas condições físicas.

- **Estado reprodutivo**

Durante o final da estação seca foram encontrados machos com testículos escrotados, indicando que o início da atividade reprodutiva desses animais ocorre no período de transição entre as estações. Isso demonstra que a fase reprodutiva desses animais é curta e que os fatores climáticos influenciam o desenvolvimento gonadal. Entre as fêmeas, o número reduzido de indivíduos, com registros de uma prenhe e outra em fase pós-lactante, sugere o início da atividade reprodutiva nesse período. Os resultados encontrados permitem inferir que o período reprodutivo de *L. mordax* pode não ser totalmente sincronizado entre machos e fêmeas, o que é comum em alguns morcegos de regiões tropicais.

Estudos anteriores descreveram o padrão reprodutivo da espécie como sendo polimodal, com pico entre o final da estação seca e o início da chuvosa, entre dezembro e abril, e ocorrências de gestações esporádicas em junho e agosto (Cordero-Schimidt, 2020; Barbier et al., 2023). O tempo de gestação não está definido para essa espécie; entretanto, no nectarívoro congênico *Lonchophylla dekeyseri*, a gestação dura entre 2 e 3 meses, podendo ser semelhante em *L. mordax* (Brasil, 2010). Segundo Racey e Entwistle (2000), a assincronia reprodutiva pode estar relacionada à disponibilidade de recursos alimentares, que influencia diretamente o investimento energético necessário para a gestação e lactação. Ainda, as fêmeas possuem capacidade de terem mais de uma gestação por ano, dependendo da disponibilidade adequada de recursos (Cordero-Schimidt, 2020; Barbier et al., 2023).

Na estação chuvosa, o aumento na captura de fêmeas e a maior diversidade de estados reprodutivos indica a ocorrência de um pico de atividade reprodutiva durante essa estação, como já observado por Cordero-Schimidt (2020) e Barbier et al. (2023).

Como o nascimento dos filhotes tende a ocorrer em épocas de abundância de alimento (Racey e Entwistle, 2000), a ocorrência simultânea de fêmeas lactantes e pós-lactantes, de *L. mordax*, é compatível com a sua reprodução polimodal e possibilidade de múltiplas ninhadas

em um mesmo ano, dependendo da disponibilidade de recursos. Essa afirmação é condizente com o aumento de florações na estação chuvosa, especialmente de cactáceas, proporcionando uma fonte abundante de nutrientes para as fêmeas em fase de lactação.

A diapausa embrionária pode ocorrer em razão de um estro logo após a parição, favorecendo o desenvolvimento da próxima ninhada antes do término da estação chuvosa para que o nascimento ocorra na época de recursos alimentares abundantes.

As oscilações na disponibilidade de recursos podem promover estratégias reprodutivas associadas à implantação e desenvolvimento dos embriões e, embora essas modificações possam ser mais comuns às espécies de regiões temperadas, espécies tropicais, como *Artibeus jamaicensis*, já foram registradas promovendo um atraso na implantação do embrião por até três meses, de forma que o embrião permanece dormente no útero (Fleming, 1971; Racey e Entwistle, 2000).

Nos quirópteros, mecanismos de diapausa reprodutiva, como atraso na fertilização, na implantação e no desenvolvimento do embrião é comum nos morcegos hibernantes, embora possa ocorrer também em espécies tropicais. O armazenamento de esperma constitui outra estratégia registrada para esses animais, podendo ocorrer tanto no epidídimo dos machos quanto no trato reprodutivo das fêmeas, devido à assincronia no tempo de produção dos gametas. Assim, os morcegos podem acoplar a fecundação ou o desenvolvimento embrionário com as épocas de abundância de recursos alimentares (Fleming, 1971; Racey e Entwistle, 2000).

A assincronia reprodutiva entre machos e fêmeas não contradiz a ocorrência de pico reprodutivo na chuvosa. Machos podem completar a espermatogênese e armazenar esperma antes que as condições ambientais sejam ideais, enquanto fêmeas podem postergar a fertilização ou o desenvolvimento embrionário até períodos mais favoráveis.

Apesar de nenhum indivíduo de *L. mordax* ter sido capturado nos meses de janeiro, fevereiro e abril, a presença de fêmeas lactantes e pós-lactantes em maio pode sugerir fecundações ocorridas nos meses anteriores. Portanto, em conjunto com registros prévios, os resultados obtidos ajudam a confirmar um padrão reprodutivo polimodal e assíncrono entre os indivíduos de *L. mordax*.

- **Análise fecal**

As amostras fecais revelaram uma diferença sazonal na frequência e no tipo de pólen e nos grupos de insetos incluídos na dieta de *L. mordax*. Os morcegos exploraram diferentes

espécies de plantas, de acordo com a disponibilidade na estação, obtendo néctar e pólen em proporções diferentes. Na estação seca, o aspecto das fezes indicou que os animais foram afetados por uma escassez e maior dispersão dos alimentos, consumindo uma quantidade limitada de pólen e insetos que estava disponível. Na chuvosa, as fezes mais volumosas e esbranquiçadas refletiram uma maior abundância de alimento e sugerem uma distribuição mais agregada dos recursos, influenciando o comportamento alimentar, a distribuição espacial das populações e o estado reprodutivo.

Na Caatinga, o néctar é o recurso floral mais abundante, seguido do pólen. Contudo, a sua oferta depende da espécie vegetal e do tipo de polinizador associado, além disso, a floração é determinada por picos de chuva para muitas espécies, como as cactáceas, enquanto outras florescem na estação seca (Borchert, 1994; Machado et al., 1997; Machado e Lopes, 2004; Neves et al., 2022). Apesar dos insetos serem os polinizadores dominantes nesses ambientes, os morcegos nectarívoros contribuem para o sucesso reprodutivo de diversas espécies de plantas, a maioria das quais apresentam uma série de características especializadas na atração de morcegos, constituindo a síndrome de quiropterofilia, incluindo antese noturna, coloração opaca, odor sulfuroso e desagradável, flores com aberturas amplas e posicionadas a uma distância da folhagem e produtoras de uma grande quantidade de néctar e pólen (Machado e Lopes, 2004; Fleming et al., 2009; Domingos-Melo et al., 2023).

Na estação seca, a identificação dos grãos de pólen apontou algumas espécies de plantas que são comumente polinizadas por insetos e aves. No caso da espécie *R. asperula*, os seus grãos de pólen foram detectados em quantidade moderada em quase todos os indivíduos da seca, sugerindo ser uma fonte de alimento abundante e disponível para *L. mordax* no período de escassez. A espécie *R. asperula* foi observada em habitats de caatinga arbustiva e margeando cursos d'água temporários, onde foram capturados indivíduos de *L. mordax*. Apesar disso, a planta normalmente possui antese diurna, floresce na estação seca, possui flores vermelhas e são polinizadas por beija-flores (Tripp e Manos, 2008). Outra espécie pertencente à família Acanthaceae — *D. ciliaris* — também é polinizada por beija-flores e apresenta antese diurna, porém, foi registrada em interação com *L. mordax* no presente estudo e no estudo de Cordero-Schimidt et al. (2021).

A espécie *H. baruensis*, ao contrário, floresce à noite e possui algumas características adaptadas à polinização por morcegos. Estudos anteriores detectaram uma maior produção de frutose e glicose no néctar de *H. baruensis* durante toda a noite, além de 17 tipos de aminoácidos livres (von Helversen e Voigt, 2002; Goldberg, 2009). Outras plantas identificadas na dieta de

L. mordax na estação seca foram *C. hastata* e *T. spinosa*, as quais possuem antese também noturna ou crepuscular e são visitadas por diversos tipos de polinizadores, como mariposas, abelhas e morcegos, evidenciando um sistema de polinização generalista (Machado et al., 2006; Costa et al., 2025). Essas plantas já foram registradas na dieta de *L. mordax* na Caatinga (Cordero-Schimidt et al., 2021), constituindo importantes refúgios alimentares na estação seca, mesmo sendo não-quiropterófilas.

Os grãos de pólen relatados na estação chuvosa foram predominantemente provenientes de cactáceas, de várias espécies do gênero *Pilosocereus*. Essas espécies possuem as características típicas associadas à síndrome de quiropterofilia, ofertando néctar e pólen copiosamente como recompensa aos polinizadores. No local de maior captura, os indivíduos de *L. mordax* certamente usufruíam de uma quantidade abundante de recursos alimentares, permitindo uma maior agregação desses animais nesse local. Os resultados obtidos sugerem um favorecimento nas condições ambientais e disponibilidade de alimento no período chuvoso, corroborando os dados de peso corporal, condição corporal e estado reprodutivo das fêmeas.

Em estudos anteriores, *L. mordax* teve interações majoritariamente com *P. pachycladus*, *P. gounellei*, *P. chrysostele* e *P. tuberculatus*, além de *Melocactus zehntneri*, uma cactácea de antese diurna e polinizada por outros animais (Rocha et al., 2007; Cordero-Schimidt et al., 2021). O pico de floração dos cactos do gênero *Pilosocereus*, na Caatinga, ocorre geralmente com as primeiras chuvas e durante os meses subsequentes, o número de flores abertas costuma ser entre 1-2 ou mais, por indivíduo por noite de floração, e o início da antese ocorre entre 17h00 e 18h00, correlacionando-se com os picos de atividade dos morcegos (Rocha et al., 2007; 2019; Pereira et al., 2021).

O alto volume de néctar ofertado por essas plantas, entre 300 e 1600 μ l, geralmente é menos concentrado, entre 14 e 23% de açúcares, contudo, esse recurso constitui uma fonte valiosa de carboidratos para o fornecimento de energia imediata para a contração muscular. A quantidade considerável de pólen excretado nas fezes desses animais reflete uma alta ingestão desse recurso, proporcionando a aquisição de aminoácidos e proteínas para complementar a dieta (Kelm et al., 2011; Rocha et al., 2019).

Em ambas as estações, o consumo de insetos das ordens Coleoptera e Lepidoptera, com proporções diferentes de fragmentos e escamas, indica uma possível influência do sistema de polinização das plantas exploradas. Os insetos são os polinizadores dominantes na Caatinga e, além disso, espécies de besouros e abelhas podem consumir partes florais, e lepidópteros podem utilizar as flores para oviposição de larvas (Machado e Lopes, 2004; Lima-Nascimento et al.,

2025). A presença constante dos insetos nas flores os torna um recurso alimentar de acesso relativamente fácil para os morcegos polinizadores, e o seu consumo proporciona uma fonte rica em proteínas e gorduras; a deficiência desses nutrientes na dieta pode causar perda de pelos, redução da capacidade de voo e enfraquecimento geral (Bell, 1990; Rodríguez-Peña et al., 2013; Muchhala e Tschapka, 2020).

A presença de fragmentos de espirotrombas e a quantidade de escamas de mariposas na dieta de *L. mordax*, na estação chuvosa, revela a maior ingestão de insetos da ordem Lepidoptera nessa estação.

As espécies de *Pilosocereus* não são polinizadas somente por morcegos, mas também por mariposas, besouros, formigas, moscas e abelhas (Rocha et al., 2019; Pereira et al., 2021; Domingos-Melo et al., 2023), o que pode explicar a presença de remanescentes desses insetos nas fezes dos morcegos capturados.

Durante o contato dos morcegos com as flores dos cactos, insetos podem ser ingeridos de forma acidental ou mesmo oportuna, entretanto, observações laboratoriais e análise de DNA barcoding de amostras fecais do nectarívoro *G. soricina* relevaram a captura de insetos no ar e o consumo de mariposas que possuem adaptações auditivas para a detecção de sinais de ecolocalização de morcegos (Clare et al., 2014), o que não descarta o emprego desse comportamento para o consumo dessas presas em outros nectarívoros.

Considerando a dentição de *L. mordax*, os caninos, pré-molares e molares bem desenvolvidos indicam a sua utilização na captura e mastigação de alimentos mais rígidos, como os insetos, que possuem exoesqueleto de quitina — um polissacarídeo. Durante o seu comportamento de ingestão de néctar, insetos presentes nas flores possivelmente são capturados de forma oportuna e intencional, podendo ser considerado um insetívoro oportunista, pois os insetos são fontes de proteína em maior quantidade do que o pólen. A língua é utilizada principalmente para a captura do néctar; durante essas capturas, os grãos de pólen ficam aderidos aos pelos, os quais são posteriormente deglutidos quando os morcegos os lambem — comportamento natural desses animais. As diferenças sazonais na disponibilidade de néctar e pólen e os requisitos fisiológicos de nitrogênio das proteínas significam que *L. mordax* possui adaptações a dietas mistas.

Moscas da família Streblidae também foram encontradas nas fezes de alguns indivíduos; esses insetos são conhecidos por serem ectoparasitas de morcegos (Barbier et al., 2023).

Conclusões

O morcego *Lonchophylla mordax* apresenta uma flexibilidade ecológica ajustando o seu comportamento alimentar, estado fisiológico e atividade reprodutiva em resposta às condições sazonais da Caatinga. A maior dispersão desses animais durante a estação seca e a agregação na estação chuvosa refletem diretamente a disponibilidade e distribuição de recursos alimentares. As variações na dieta e na condição corporal evidenciam a capacidade de flexibilidade na dieta, assumindo um comportamento mais generalista, consumindo, também, insetos e pólen, além de néctar de diferentes plantas para sobreviver à imprevisibilidade na estação seca. Esses padrões demonstram a importância da plasticidade ecológica como estratégia para a sobrevivência em ambientes semiáridos.

Referências

- Albuquerque-Lima, S.; Lopes, A. V.; Machado, I. C. **Reproductive isolation between two sympatric bat-pollinated *Bauhinia* (Leguminosae)**. *Journal of Plant Research*, v. 137, n. 1, p. 65–77, 2024.
- Barbier, E.; Pilatti, P.; Bernard, E. **Insights into the natural history of the nectar-feeding bat *Lonchophylla mordax* (Phyllostomidae), a Data Deficient species endemic to Brazil**. *Acta Chiropterologica*, v. 25, n. 1, p. 113–123, 2023.
- Bell, G. P. **Birds and mammals on an insect diet: a primer on diet composition analysis in relation to ecological energetics**. *Studies in avian biology*, v. 13, 1990.
- Borchert, Rolf. **Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees**. *Ecology*, v. 75, n. 5, p. 1437–1449, 1994.
- Brasil. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Sumário Executivo do Plano de Ação Nacional para a Conservação do Morceguinho-do-Cerrado (*Lonchophylla dekeyseri*)**. Brasília: ICMBio, 2010.
- Carvalho-Neto, F. G. et al. **The heterogeneity of Caatinga biome: an overview of the bat fauna**. *Mammalia*, v. 81, n. 3, p. 257–264, 2017.
- Clare, E. L. et al. **Trophic niche flexibility in *Glossophaga soricina*: how a nectar seeker sneaks an insect snack**. *Functional Ecology*, v. 28, n. 3, p. 632–641, 2014.
- Coelho, D. C.; Marinho-Filho, J. **Diet and activity of *Lonchophylla dekeyseri* (Chiroptera, Phyllostomidae) in the federal district, Brazil**. *MAMMALIA-PARIS-*, v. 66, n. 3, p. 319–330, 2002.

Cordero-Schmidt, E. et al. **Bat–flower interaction networks in Caatinga reveal generalized associations and temporal stability.** *Biotropica*, v. 53, n. 6, p. 1546–1557, 2021.

Cordero-Schmidt, E. **Interactions, persistence and coexistence mechanisms of nectarivorous bats and the plants they feed on, in a seasonally dry tropical forest in Northeastern Brazil.** Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p. 1–160, 2020.

Costa, K. M. et al. **Floral reward and mechanical fit of brush-type flowers to nocturnal and diurnal pollinators: an analysis of two sympatric Capparaceae species.** *Folia Geobotanica*, v. 60, n. 1, p. 1-16, 2025.

Díaz, M. M. et al. **Clave de identificación de los murciélagos neotropicales/Chave de identificação dos morcegos neotropicais.** *Publicación Especial Nro 4*, p. 207, 2021.

Dias, I. M. S. et al. **Pollen characterization of the bee flora from a Caatinga area of Northeast Brazil.** *Botanical Sciences*, v. 100, n. 4, p. 1025–1039, 2022.

Domingos-Melo, A. et al. **Bat pollination in the Caatinga: A review of studies and peculiarities of the system in the new world's largest and most diverse seasonally dry tropical forest.** *Flora*, v. 305, p. 152332, 2023.

Fleming, T H. ***Artibeus jamaicensis*: delayed embryonic development in a neotropical bat.** *Science*, v. 171, n. 3969, p. 402–404, 1971.

Fleming, T. H.; Geiselman, C.; Kress, W. J. **The evolution of bat pollination: a phylogenetic perspective.** *Annals of botany*, v. 104, n. 6, p. 1017–1043, 2009.

Fleming, T. H.; Hooper, E. T.; Wilson, D. E. **Three Central American bat communities: structure, reproductive cycles, and movement patterns.** *Ecology*, v. 53, n. 4, p. 555–569, 1972.

Garbino, G. S. T. et al. **Updated checklist of bats (Mammalia: Chiroptera) from Brazil.** *Zoologia (Curitiba)*, v. 41, p. e23073, 2024.

Gardner, A. L. **Feeding habits.** In: Baker et al. *Biology of bats of the new world family Phyllostomatidae, Part II.* Texas: Texas Tech University Press. p. 293–300, 1977.

Goldberg, L. **Patterns of nectar production and composition, and morphology of floral nectaries in *Helicteres guazumifolia* and *Helicteres baruensis* (Sterculiaceae): two sympatric species from the Costa Rican tropical dry forest.** *Revista de Biología Tropical*, v. 57, p. 161–177, 2009.

Goldshtein, A. et al. **Reinforcement learning enables resource partitioning in foraging bats.** *Current Biology*, v. 30, n. 20, p. 4096-4102. e6, 2020.

Howell, D. J.; Burch, D. **Food habits of some Costa Rican bats.** *Revista de Biología Tropical*, v. 21, n. 2, p. 281–294-281–294, 1974.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA)**. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/>. Acessado em 10 de abril de 2026.

Kelm, D. H. et al. **High activity enables life on a high-sugar diet: blood glucose regulation in nectar-feeding bats**. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 278, n. 1724, p. 3490–3496, 2011.

Kunz, T. H. et al. **Ecosystem services provided by bats**. *Annals of the New York academy of sciences*, v. 1223, n. 1, p. 1–38, 2011.

Kunz, T. H.; Anthony, E. L. P. **Age estimation and post-natal growth in the bat *Myotis lucifugus***. *Journal of Mammalogy*, v. 63, n. 1, p. 23–32, 1982.

Lima-Nascimento, A. M. et al. **Management reduces floral damage by bees and beetles in *Cereus jamacaru* DC. (Cactaceae) in the Caatinga dry forest**. *Discover Plants*, v. 2, n. 1, p. 275, 2025.

Machado, I. C. S.; Barros, Luiz M.; Sampaio, Everardo V. S. B. **Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil**. *Biotropica*, v. 29, n. 1, p. 57–68, 1997.

Machado, I. C.; Lopes, A. V. **Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest**. *Annals of Botany*, v. 94, n. 3, p. 365–376, 2004.

Machado, I. et al. ***Cleome spinosa* (Capparaceae): Polygamodioecy and pollination by bats in urban and Caatinga areas, northeastern Brazil**. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, p. 69–82, 2006.

McGuire, L. P. et al. **Common condition indices are no more effective than body mass for estimating fat stores in insectivorous bats**. *Journal of Mammalogy*, v. 99, n. 5, p. 1065–1071, 2018.

Moratelli, R.; Dias, D. **A new species of nectar-feeding bat, genus *Lonchophylla*, from the Caatinga of Brazil (Chiroptera, Phyllostomidae)**. *Zookeys*, v. 514, p. 73–91, 2015.

Muchhala, N.; Tschapka, M. **The ecology and evolution of nectar feeders**. In: Fleming, T. H.; Dávalos, L. M.; Mello, A. R. (Eds.). *Phyllostomid bats: A unique mammalian radiation*. University of Chicago Press, p. 273–294, 2020.

Neves, S. P. S. et al. **The roles of functional traits in canopy maintenance along a savanna/seasonally dry tropical forest gradient in northeastern Brazil**. *Flora*, v. 292, n. 152090, p. 152090, 2022.

Pedrozo, A. R.; Gomes, L. A.; Uieda, W. **Feeding behavior and activity period of three Neotropical bat species (Chiroptera: Phyllostomidae) on *Musa paradisiaca* inflorescences (Zingiberales: Musaceae)**. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 108, p. e2018022, 2018.

Pellón, J. J. **Fruits consumed by phyllostomid bats in a Peruvian Yungas forest: new dietary items for *Chiroderma salvini* and *Lonchophylla handleyi***. *Mammalia*, v. 86, n. 3, p. 261–265, 2022.

- Pereira, M. R. S. et al. **Visitantes florais em duas espécies do gênero *Pilosocereus* (Cactaceae Juss.) em área de Caatinga.** *Diversitas Journal*, v. 6, n. 1, p. 584–600, 2021.
- R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** R Foundation for Statistical Computing. 2024. <https://www.R-project.org/>
- Racey, P. A.; Entwistle, A. C. **Life-history and reproductive strategies of bats.** In: *Reproductive biology of bats.* Academic Press, p. 363–414, 2000.
- Rocha, E. A. et al. **Reproductive biology of columnar cacti: are bats the only protagonists in the pollination of *Pilosocereus*, a typical chiropterophilous genus?.** *Folia Geobotanica*, v. 54, n. 3, p. 239–256, 2019.
- Rocha, E. A.; Machado, I. C.; Zappi, D. C. **Floral biology of *Pilosocereus tuberculatus* (Werderm.) Byles & Rowley: a bat pollinated cactus endemic from the “Caatinga” in northeastern Brazil.** *Bradleya*, v. 2007, n. 25, p. 129–144, 2007.
- Rodríguez-Peña, N. et al. **Nitrogen and amino acids in nectar modify food selection of nectarivorous bats.** *Journal of Animal Ecology*, v. 82, n. 5, p. 1106–1115, 2013.
- Saba, M. D. **Morfologia polínica de Malvaceae: Implicações taxonômicas e filogenéticas.** Feira de Santana, Bahia: Tese de doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2007.
- Santos, F. A. R.; Watanabe, H. M.; Hamburgo-Alves, J. L. **Pollen morphology of some Cactaceae of north-eastern Brazil.** *Bradleya*, v. 1997, n. 15, p. 84–97, 1997.
- Silva, C. H. S. **Plasticidade digestiva, metabolismo energético e composição corporal no morcego *Anoura caudifer* (Phyllostomidae: Glossophaginae).** Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal de Viçosa, p. 10–80, 2022.
- Silva, M. V. O.; Araújo, F. S.; Ledru, M-P. **A palynological atlas of the Cerrado-Caatinga ecotone in northeastern Brazil.** *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 321, p. 105023, 2024.
- Straube, F. C.; Bianconi, G. V. **Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes-de-neblina.** *Chiroptera Neotropical*, v. 8, n. 1–2, p. 150–152, 2002.
- Thomas, O. XLIV. **Notes on South-American monkeys, bats, carnivores, and rodents, with descriptions of new species.** *Annals and Magazine of Natural History*, v. 12, p. 455–464, 1903.
- Tripp, E. A.; Manos, P. S. **Is floral specialization an evolutionary dead-end? Pollination system transitions in *Ruellia* (Acanthaceae).** *Evolution*, v. 62, n. 7, p. 1712–1737, 2008.
- Vargas-Mena, J. C., et al. **Diversity of cave bats in the Brazilian tropical dry forest of Rio Grande do Norte state.** *Mastozoología neotropical*, v. 25, n. 1, p. 199–212, 2018.

Vázquez-Domínguez, G. **Plasticidad digestiva estacional del murciélago nectarívoro *Glossophaga soricina* (Phyllostomidae: Glossophaginae)**. Tesis de Maestría presentada a la Universidad Nacional Autónoma de México, p. 9–40, 2016.

von Helversen, O.; Voigt, C. C. **Glossophagine bat pollination in *Helicteres baruensis* (Sterculiaceae)**. *Ecotropica*, v. 8, p. 23–30, 2002.

Zortéa, M. **Reproductive patterns and feeding habits of three nectarivorous bats (Phyllostomidae: Glossophaginae) from the Brazilian Cerrado**. *Brazilian Journal of Biology*, v. 63, n. 1, p. 159–168, 2003.

CAPÍTULO 2

“Caracterização morfométrica e histométrica gastrointestinal e a influência sazonal em índices somáticos do morcego endêmico da Caatinga *Lonchophylla mordax*”

Carlos Henrique de Souza Silva^{1*}, Leandro Silva Valente¹, Sabrina Beatriz Abranches¹,
Sirlene Rodrigues Sartori¹, Oswaldo Pinto Ribeiro Filho¹

¹Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil

*Autor para correspondência: carlos.souza@ufv.br

Resumo

O trato digestório é um sistema plástico que se adequa às variações ambientais e disponibilidade de recursos, intermediando dieta e metabolismo. Foi caracterizada a histometria do trato digestório do morcego nectarívoro *Lonchophylla mordax*, endêmico da Caatinga, relacionando suas adaptações à dieta, caracteriza por meio do conteúdo estomacal. Possíveis estratégias morfofisiológicas intestinais foram avaliadas utilizando índices gastrointestinais e medidas morfométricas lineares, como diâmetro, perímetro, área nominal e volume. Dez machos adultos foram coletados no município de Lajes - Rio Grande do Norte, entre as estações seca e chuvosa. O trato digestório foi removido e submetido ao processamento histológico e às seguintes medições: histometria dos componentes teciduais, índices gastrointestinal-somáticos e medidas morfométricas lineares. Materiais vegetais predominaram no estômago em ambas as estações. Segmento de inseto foi observado em um indivíduo. O estômago e os intestinos apresentaram padrão morfológico e histométrico típico de morcegos nectarívoros, com destaque para alta proporção de mucosa e vilosidades bem desenvolvidas. Houve variação sazonal nos parâmetros digestivos, com maior massa intestinal na estação seca e maiores dimensões estomacais na chuvosa. As medidas morfométricas lineares não diferiram entre estações ou segmentos. A sazonalidade influenciou ajustes morfofisiológicos, com maior investimento intestinal na seca, associado à dieta mais generalista e possível retenção da digesta, e o aumento das dimensões estomacais foi relacionado à maior disponibilidade de alimento na chuvosa.

Palavras-chave: Chiroptera; Dieta; Estômago; Histologia; Intestino; Nectarívoro.

Introdução

Os morcegos da família Phyllostomidae representam um dos exemplos mais notáveis de diversificação alimentar entre os mamíferos, exibindo especializações tróficas que incluem frugivoria, insetivoria, sanguivoria, carnivoria e nectarivoria (Potter et al., 2021). Entre esses grupos, os nectarívoros destacam-se por apresentarem adaptações morfofuncionais associadas à exploração de uma dieta semilíquida, rica em açúcares simples e de rápida absorção, como o néctar, e rica em proteínas e minerais, como o pólen (Muchhala e Tschapka, 2020). Essas adaptações envolvem alongamento do rostró e mandíbula, dentição reduzida, línguas compridas e especializadas na obtenção do néctar, e estratégias digestivas para aumentar a eficiência na digestão e absorção de carboidratos simples (Datzmann et al., 2010; Tschapka et al., 2015; Brun et al., 2019).

O trato digestório possui um papel central na mediação entre dieta e metabolismo, constituindo um sistema plástico que responde às alterações ambientais e disponibilidade de recursos alimentares (Le Gall et al., 2018). A flexibilidade intestinal pode refletir variações sazonais na dieta, período de jejum, qualidade nutricional dos alimentos e demandas energéticas (Starck, 2005; Karasov et al., 2011; 2025). Em vertebrados terrestres, mudanças fenotípicas são reversíveis no trato digestório; podendo incluir o aumento ou diminuição do comprimento intestinal, hiperplasia ou hipertrofia das células epiteliais, com acúmulo de lipídeos no citoplasma, mudança transicional do epitélio intestinal, e alterações na altura das vilosidades, profundidade das criptas e organização da mucosa são associadas às necessidades de otimização da absorção de nutrientes, impostas pela mudança na dieta (Starck, 2005).

Em habitats sazonalmente secos, como na Caatinga — bioma exclusivamente brasileiro caracterizado por forte irregularidade pluviométrica e padrão temporal na disponibilidade de recursos — a sazonalidade impõe desafios fisiológicos significativos à fauna local, especialmente de morcegos (Stoner e Timm, 2011; da Silva et al., 2017). O néctar e o pólen são os recursos florais mais abundantes nesse bioma (Machado e Lopes, 2004), entretanto, a variação na sua oferta pode influenciar os padrões de forrageamento de nectarívoros, composição dietética e, potencialmente, a organização estrutural do sistema digestório. De acordo com a teoria da digestão, diferenças na qualidade do alimento induzem alterações no tamanho, na massa e morfologia dos órgãos digestivos, tendendo a ser implementados em dietas com qualidade pobre (Sibly, 1981). No entanto, ainda são escassos os estudos que abordam, de

forma integrada, a morfologia e a microestrutura do trato digestório de morcegos nectarívoros que habitam ambientes com alta sazonalidade climática.

O morcego nectarívoro *Lonchophylla mordax* (Chiroptera: Phyllostomidae) é uma espécie endêmica do Brasil, distribuída em habitats de Caatinga hiperxerófila e em ecótonos de Mata Atlântica/Caatinga, onde é responsável pela polinização de dezenas de espécies vegetais, principalmente cactáceas (Moratelli e Dias, 2015; Cordero-Schmidt et al., 2021). Apesar de sua importância funcional nesses ecossistemas pela dieta explorada, características histológicas e morfométricas do seu trato digestório carecem de investigação. Além disso, são necessários mais estudos para entender como essas características morfológicas intestinais podem refletir adaptações associadas à exploração de néctar em condições ambientais extremas, como as da caatinga.

Estudos anteriores com morcegos nectarívoros revelaram uma morfologia gástrica saculiforme ou tubular, com a presença de ceco fúndico, intestinos relativamente curtos, com vilosidades altas, porém, com superfície nominal absorptiva menor, comparado a mamíferos terrestres de mesmo tamanho (Rouk e Glass, 1970; Rouk, 1973; Gadelha-Alves et al., 2008; Cardoso et al., 2023). Apesar disso, a ingestão de néctares ricos em glicose e frutose e a absorção paracelular são estratégias que maximizam a assimilação de nutrientes e minimizam o tempo de retenção alimentar (Price et al., 2015). Contudo, morcegos nectarívoros costumam ingerir insetos e outros recursos para suprir deficiências de aminoácidos e minerais, isso, somado à disponibilidade sazonal de recursos, pode influenciar a qualidade nutricional (Muchhala e Tschapka, 2020).

A maioria dos estudos concentra-se em espécies de ambientes tropicais úmidos, permanecendo incerto se populações que ocupam ambientes sazonalmente secos exibem padrões digestivos semelhantes ou apresentam ajustes associados à variabilidade ambiental. Sendo assim, o presente estudo foi desenvolvido para caracterizar a histometria do trato digestório de *L. mordax* e avaliar possíveis estratégias morfofisiológicas intestinais, entre as estações seca e chuvosa na caatinga, utilizando índices digestivos e medidas morfométricas.

Material e métodos

- **Áreas de estudo e coleta dos animais**

Foram coletados dez animais machos da espécie *L. mordax*, separando-se cinco para cada estação — estação seca entre novembro e dezembro de 2024 e estação chuvosa entre março e maio de 2025, em uma área de caatinga hiperxerófila no município de Lajes, no estado do Rio Grande do Norte (local: -5.7972735, -36.2409645). A região é caracterizada por forte sazonalidade, onde a estação seca se entende de agosto a dezembro e a estação chuvosa de janeiro a julho (Szilagyi, 2007). Todo o estudo e experimentações com os animais foram conduzidos sob autorização expedida pelo ICMBio/IBAMA (SISBio nº 86042), e os procedimentos foram autorizados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFV - CEUA (nº 22/2023).

Foram utilizadas de 4-5 redes de neblina, instaladas próximo a afloramentos rochosos, provavelmente utilizados como abrigo pelos morcegos, e entre a vegetação utilizada como fonte de alimento. Após capturados, os animais foram mantidos em bolsas de tecido de algodão. Posteriormente, foram identificados com chave taxonômica (Díaz et al., 2021), pesados com dinamômetro de mola (Pesola®), foi feita a medida do antebraço com paquímetro digital e verificada a idade adulta, com base na fusão da epífise do quarto dedo (Kunz e Anthony, 1982), e o seus estados não-reprodutivos foram determinados de acordo com a ausência de testículos escrotados (Zortéa, 2003).

- **Eutanásia e análise do conteúdo estomacal**

Os animais foram anestesiados por inalação de isoflurano 100% (Isoflurano Syntec®), em que 2 mL do anestésico foram embebidos em uma bola de algodão, colocada em um tubo de centrifugação de 50 mL. Cada animal permaneceu no tubo até a anestesia completa. Posteriormente, os animais foram submetidos ao deslocamento cervical. A dissecação foi feita nos animais por incisão abdominal, em seguida, retirou-se as principais vísceras (fígado, rins, testículos, trato gastrointestinal, baço, pulmões e coração). O estômago e o intestino foram estendidos e tiveram seus comprimentos mensurados com um paquímetro (precisão: 0,01 mm; capacidade: 150 mm). Esses órgãos foram fixados em paraformaldeído a 4% por 24h e posteriormente conservado em álcool a 70%. O peso do estômago foi obtido pós-fixação em uma balança eletrônica de precisão. O intestino foi pesado a fresco com balança digital (precisão: 0,01 g; capacidade: 500 g).

O estômago de cada animal foi utilizado para a observação do seu conteúdo alimentar e, depois, seguiu para a inclusão histológica. Os estômagos foram dissecados em uma placa de

Petri por meio de uma incisão longitudinal e observado a olho nu e através de um microscópio estereoscópico (Olympus SZX7 com câmera acoplada CMOS, com aumento de até 5,6x). O material alimentar foi removido e armazenado em microtubos de 2 mL contendo álcool a 70%.

- **Processamento histológico**

O estômago foi seccionado longitudinalmente em dois segmentos aproximadamente iguais e o intestino, transversalmente em três segmentos: cranial (duodeno), médio (jejuno) e caudal (intestino grosso). Um segmento do estômago e os três segmentos intestinais foram desidratados em banhos crescentes em álcool a 70%, 80%, 90%, 95% e 3x em álcool a 100% e incluídos em resina glicol-metacrilato (Historesin®, Leica) overnight. Os blocos endurecidos foram seccionados a 3 µm de espessura, com um intervalo de 10 cortes (30 µm) para cada secção, utilizando-se um micrótomo semiautomático rotativo (RM2265 – Leica). As lâminas foram coradas com azul de toluidina para a visualização geral dos tecidos, e com uma combinação de Alcian Blue – AB (pH 2,5), para mucopolissacarídeos ácidos, e Ácido Periódico de Schiff – PAS, para mucopolissacarídeos neutros — os núcleos foram contracorados com Hematoxilina de Harris.

Após a análise dos cortes histológicos, foi identificado que quatro indivíduos coletados na estação chuvosa revelaram uma degradação tecidual no estômago e no intestino que comprometeu a análise, resultando em apenas seis animais, cinco da estação seca e um da chuvosa. Sendo assim, as lâminas de cada segmento foram compostas por 10 cortes, para cada coloração. Considerando o segmento estomacal e os três segmentos intestinais (quatro no total) de seis animais, e as duas lâminas de coloração para cada segmento, o procedimento resultou em 800 cortes.

- **Histometria gastrointestinal**

As medidas morfométricas das estruturas parietais do estômago e dos segmentos intestinais foram realizadas conforme os métodos descritos por Silva et al. (2020) e Sousa (2021). As lâminas coradas com azul de toluidina foram fotografadas em um fotomicroscópio com câmera acoplada (Olympus BX53), utilizando a objetiva de 10x (aumento total de 100x), sendo obtidas duas imagens por corte. Foram analisados 40 cortes de cada segmento por animal, totalizando 80 imagens por indivíduo, aproximadamente 480 fotos no total.

Dentre os quatro segmentos analisados, foram feitas duas medidas para cada variável, em cada foto. Na mucosa do estômago foram mensuradas a altura da mucosa, profundidade e largura da fosseta, e a altura e largura do colo e da base das glândulas. Na mucosa do intestino delgado (duodeno e jejuno), foram obtidas medidas de altura da mucosa, altura e largura da vilosidade (apical e basal, para cálculo da largura média) e profundidade e largura da cripta. Na mucosa do intestino grosso, foram medidas a altura da mucosa, altura e largura da prega circular e profundidade e largura da cripta. Medidas também foram obtidas das camadas submucosa, muscular oblíqua, muscular circular, muscular longitudinal e muscular total dos quatro segmentos. As mensurações foram realizadas no software ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, MD, EUA).

A partir das medições obtidas, foram calculadas medidas relativas das estruturas gástricas e intestinais, a fim de ajustar os dados histométricos. Para isso, a espessura de cada camada foi dividida pela espessura total da parede (obtida pelo somatório das camadas mucosa, submucosa e muscular total), sendo expressas em porcentagem (adaptado de Silva et al., 2020 e Sousa, 2021). A relação de todas as medidas realizadas pode ser consultada no “Material suplementar”.

- **Índices gastrointestinal-somáticos e morfometria intestinal**

Para comparar possíveis diferenças no investimento tecidual dos órgãos digestivos, entre estações, foram calculados índices gastrointestinal-somáticos, dos dez animais, relacionando o estômago e o intestino às medidas de peso e comprimento corporais. Foram considerados: o PER (peso estomacal relativo = peso estomacal / peso corporal), CER (comprimento estomacal relativo = comprimento estomacal / comprimento corporal), PIR (peso intestinal relativo = peso intestinal / peso corporal) e o CIR (comprimento intestinal relativo = comprimento intestinal / comprimento corporal).

A análise morfométrica intestinal foi realizada a partir dos segmentos duodeno, jejuno e intestino grosso, cujos cortes histológicos transversais foram fotografados na objetiva de 4x (aumento de 40x), sendo medidas cinco imagens por animal. Foram realizadas as seguintes medidas: diâmetro médio (média dos diâmetros menor e maior); perímetro (circunferência externa); área total (obtida a partir da medição do perímetro); raio (metade da medida do diâmetro médio); área nominal (produto do comprimento intestinal multiplicado pelo

perímetro); e o volume (obtido através da fórmula $V = \pi \cdot r^2 \cdot L$, onde r = raio e L = comprimento do intestino) (Vázquez-Domínguez, 2016).

- **Análise estatística**

Os dados referentes aos parâmetros biométricos corporais, digestivos e aos índices gastrointestinal-somáticos foram submetidos a verificação de normalidade de distribuição (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade das variâncias (teste de Levene). As médias dos dados agrupados para cada estação (seca e chuvosa) foram comparadas pelo teste t de Student, considerando um intervalo de confiança de 95% ($p < 0,05$).

Os dados morfométricos dos segmentos intestinais foram inicialmente testados quanto à normalidade e homogeneidade das variâncias. Como foram feitas múltiplas medidas por indivíduo (cinco) e em decorrência do baixo número amostral, foram utilizados modelos lineares mistos (LMM), para controlar o efeito de autorreplicação. Foram considerados estação (seca e chuvosa), segmento intestinal (duodeno, jejuno e intestino grosso) e a interação entre esses fatores. Comparações múltiplas *post-hoc* foram realizadas com ajuste de Tukey. Foi adotado um intervalo de confiança de 95% ($p < 0,05$).

Todas as análises foram performadas no software R (R Core Team), utilizando os pacotes *ggplot2*, *lme4*, *lmerTest*, *emmeans* e *rstatix*.

Resultados

- **Morfologia estomacal**

A morfologia externa do estômago dos animais revelou um formato entre saculiforme e tubular. O estômago foi caracterizado em quatro regiões, com base em Rouk (1973): cárdia — região de entrada para o estômago; ceco fúndico — região à esquerda da cárdia, superior, arredondada e de fundo cego; corpo — região central do estômago; e tubo pilórico — região terminal que conecta o estômago ao duodeno. A porção distal e dilatada do esôfago, próxima à cárdia, e onde se situam as glândulas esofágicas da cárdia, forma o vestíbulo cárdico. O estômago apresenta uma incisura cárdica pronunciada, uma reentrância situada entre o vestíbulo cárdico e o ceco fúndico, e as curvaturas maior, na margem côncava lateral, e menor, na margem convexa medial (Figura 1).

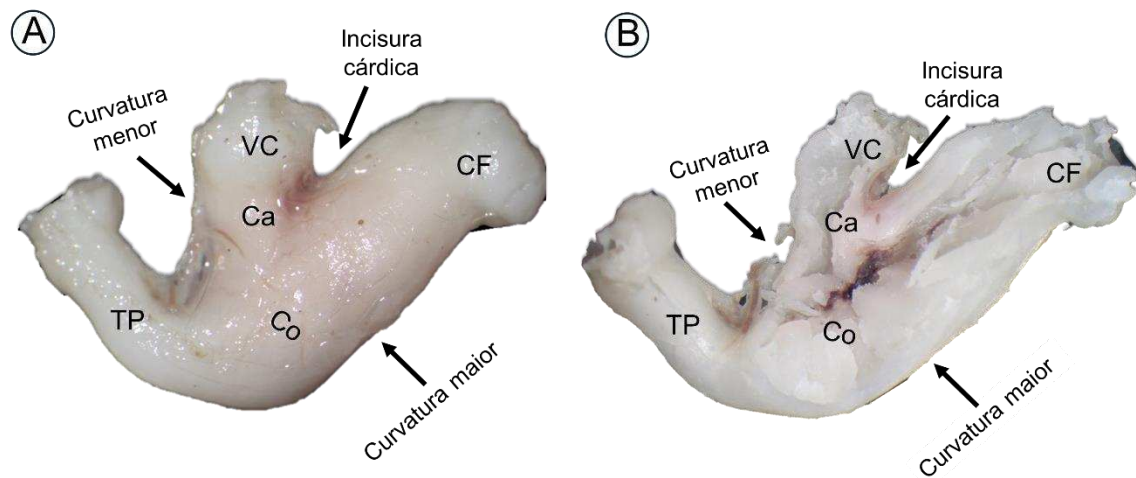


Figura 1. Anatomia macroscópica do estômago de *Lonchophylla mordax*. Anatomia externa do estômago, indicando as seguintes regiões: Ca – cárdia, CF – ceco fúndico, Co – corpo, TP – tubo pilórico, VC – vestibulo cárdico, o qual faz parte do esôfago (A). Estômago seccionado longitudinalmente, evidenciando as mesmas regiões anatômicas supracitadas (B). Barras: 1 mm.

A estrutura tecidual do estômago de *L. mordax* é composta das quatro camadas básicas encontradas nos mamíferos em geral: mucosa, submucosa, muscular externa e serosa. A mucosa é constituída por um epitélio simples colunar, com uma lâmina própria subjacente (Figura 2). Foram identificados três padrões histológicos da mucosa, que caracterizam e diferenciam a cárdia, o ceco fúndico/corpo e o tubo pilórico: a cárdia apresenta fossetas profundas, com células mucosas superficiais, e glândulas relativamente extensas com células mucosas do colo, células parietais e principais; o ceco fúndico/corpo possui fossetas curtas, com células mucosas superficiais, e glândulas profundas com células mucosas do colo, parietais e principais; e o tubo pilórico apresenta as fossetas mais profundas, com células mucosas superficiais, e glândulas curtas com células mucosas e raras células parietais (Figura 3A – G). Foram observados alguns nódulos linfáticos na lâmina própria e uma fina camada de muscular da mucosa abaixo desta lâmina. A submucosa apresentou-se mais espessa nas regiões das pregas longitudinais, com vasos sanguíneos mais calibrosos. A muscular externa estava dividida em oblíqua interna, circular intermediária e longitudinal externa. Grupamentos de neurônios formando o plexo mioentérico foram evidentes entre as musculares oblíqua e circular. A camada serosa mostrou-se quase imperceptível nos cortes histológicos.

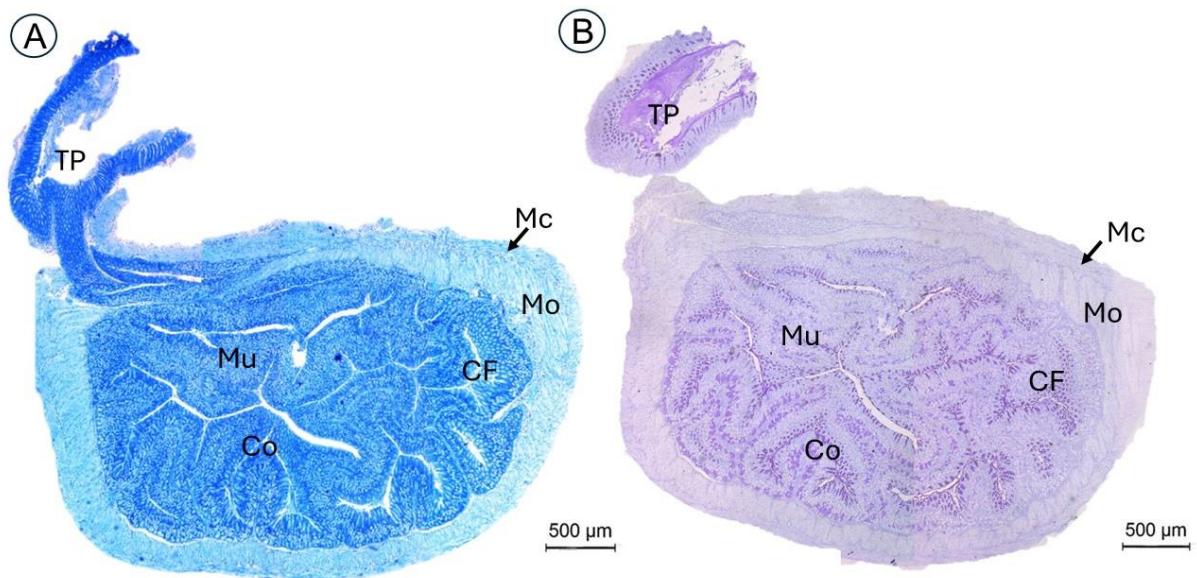


Figura 2. Fotomicrografias de cortes longitudinais do estômago de um indivíduo de *Lonchophylla mordax*, corado por meio de azul de toluidina (A) e pela técnica de Alcian Blue – AB + Ácido Periódico de Schiff – PAS (B). CF: ceco fúndico; Co: corpo; TP: tubo pilórico; Mu: mucosa; Mo: muscular oblíqua; Mc: muscular circular.

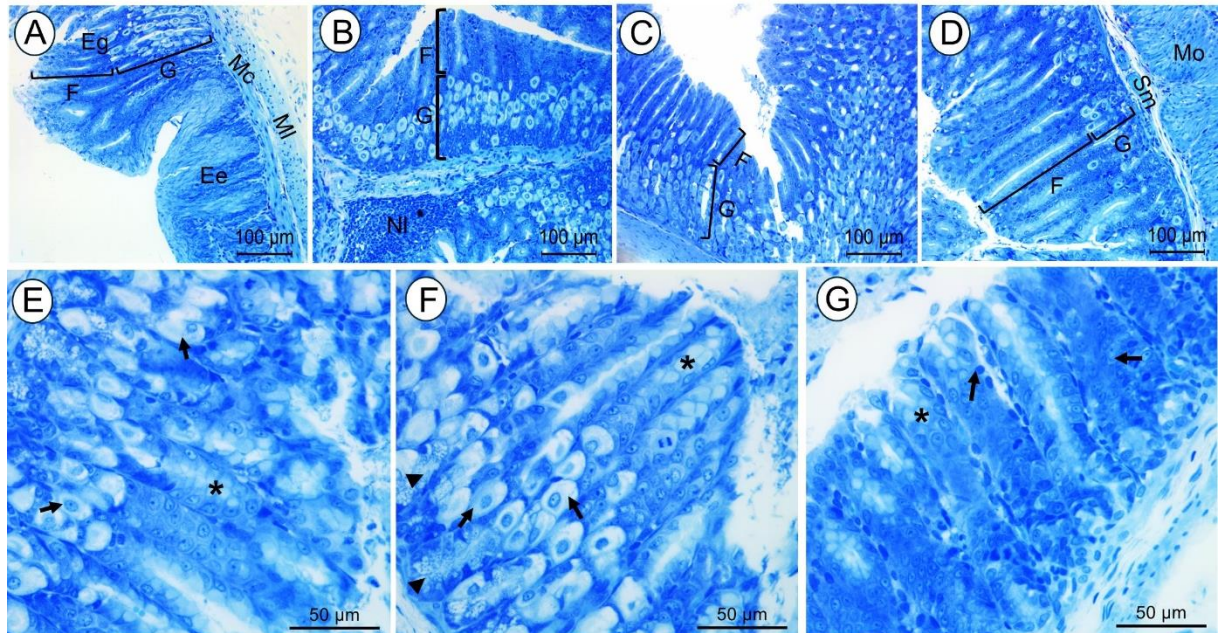


Figura 3. Fotomicrografias de cortes histológicos do estômago de *Lonchophylla mordax*, corados com Azul de Toluidina (A-G). O estômago apresenta uma organização tecidual típica dos mamíferos: transição esofagogástrica, com epitélio esofágico estratificado pavimentoso e epitélio simples gástrico, fossetas e glândulas gástricas (A); região da cárdia mostrando fossetas longas e glândulas curtas, especialmente com células parietais e células mucosas (B); região do

corpo evidenciando as glândulas mais desenvolvidas, com células parietais, principais e mucosas (C); e região do tubo pilórico destacando as longas fossetas e glândulas curtas (D); destaque das fossetas e glândulas da região cárdica (E); região do corpo evidenciando as fossetas e glândulas com suas principais células (F); fossetas longas com suas principais células na região pilórica (G). Ee: epitélio esofágico; Eg: epitélio gástrico; F: fosseta; G: glândula; Sm: submucosa; Mo: muscular oblíqua; Mc: muscular circular; MI: muscular longitudinal; NI: nódulo linfático; Seta: célula parietal; Cabeça de seta: célula principal; Asterisco: célula mucosa superficial.

Células produtoras de muco foram PAS-positivas em todas as regiões do estômago; dentre elas, células mucosas superficiais nas fossetas das três regiões e células mucosas no colo e nas glândulas, as quais apresentaram, em sua maioria, uma forte marcação no ceco fúndico e no corpo, enquanto outras foram visualizadas mais fracamente na cárdia. Na região das glândulas do corpo, foram observadas células principais produtoras de muco PAS-positivas, e células principais não marcadas por PAS, nesses locais. No tubo pilórico, células mucosas da glândula foram visualizadas como uma leve marcação, constatadas por aumento de até 1000x (Figura 4E – G).

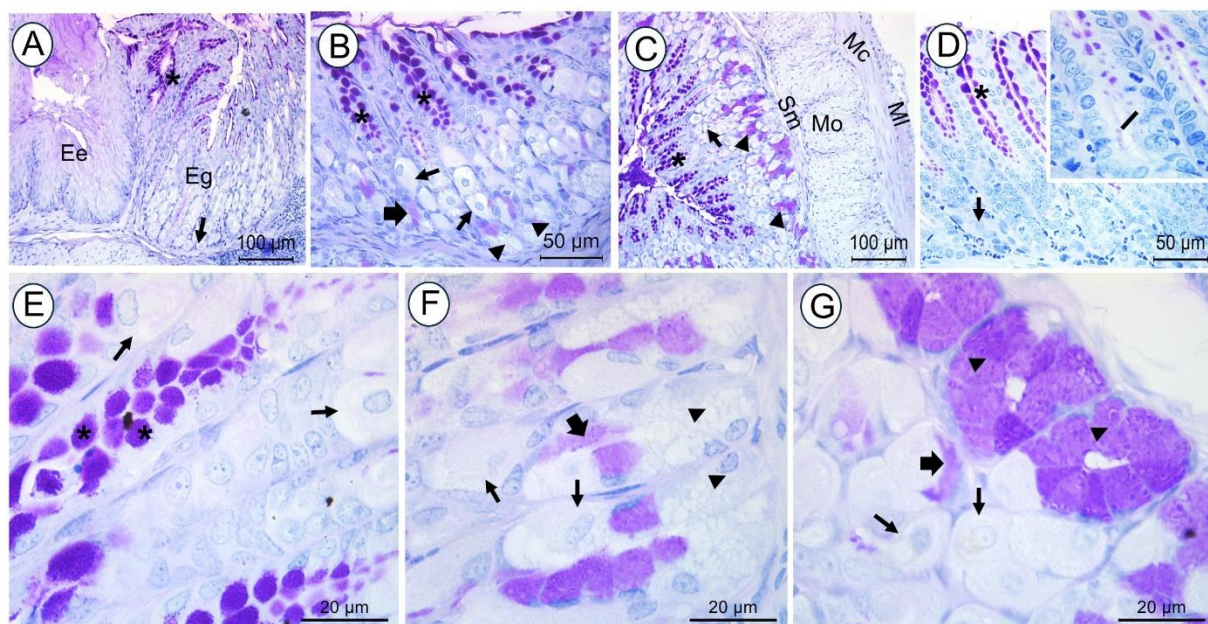


Figura 4. Fotomicrografias de cortes histológicos do estômago de *Lonchophylla mordax*, corados com Alcian Blue – AB conjugado com Ácido Periódico de Schiff – PAS (A-G), para revelar células produtoras de muco. Região de transição entre o epitélio esofágico (Ee) e o epitélio gástrico (Eg) (A); região da cárdia (B); região do corpo (C); região pilórica, com insert

no lado superior direito, com aumento de 1000x, evidenciando células mucosas da glândula (D); destaque em aumento maior para células mucosas superficiais e células parietais, na região da cárdia (E); destaque para células principais PAS-negativas (F), e PAS-positivas, na região do corpo (G). Asterisco: células mucosas superficiais; Seta grossa: célula mucosa do colo; Seta fina: célula parietal; Cabeça de seta: célula principal; Traço: célula mucosa da glândula; Sm: submucosa; Mo: músculo oblíquo; Mc: músculo circular; Ml: músculo longitudinal.

- **Conteúdo estomacal**

Durante as estações seca e chuvosa, foram encontrados pólen e estruturas filamentosas de cor esbranquiçada ou escura no conteúdo estomacal dos animais de ambas as estações. Em apenas um animal da estação seca, observou-se um segmento corporal de inseto (pata). Nenhum animal apresentou estômago vazio (Figura 5).

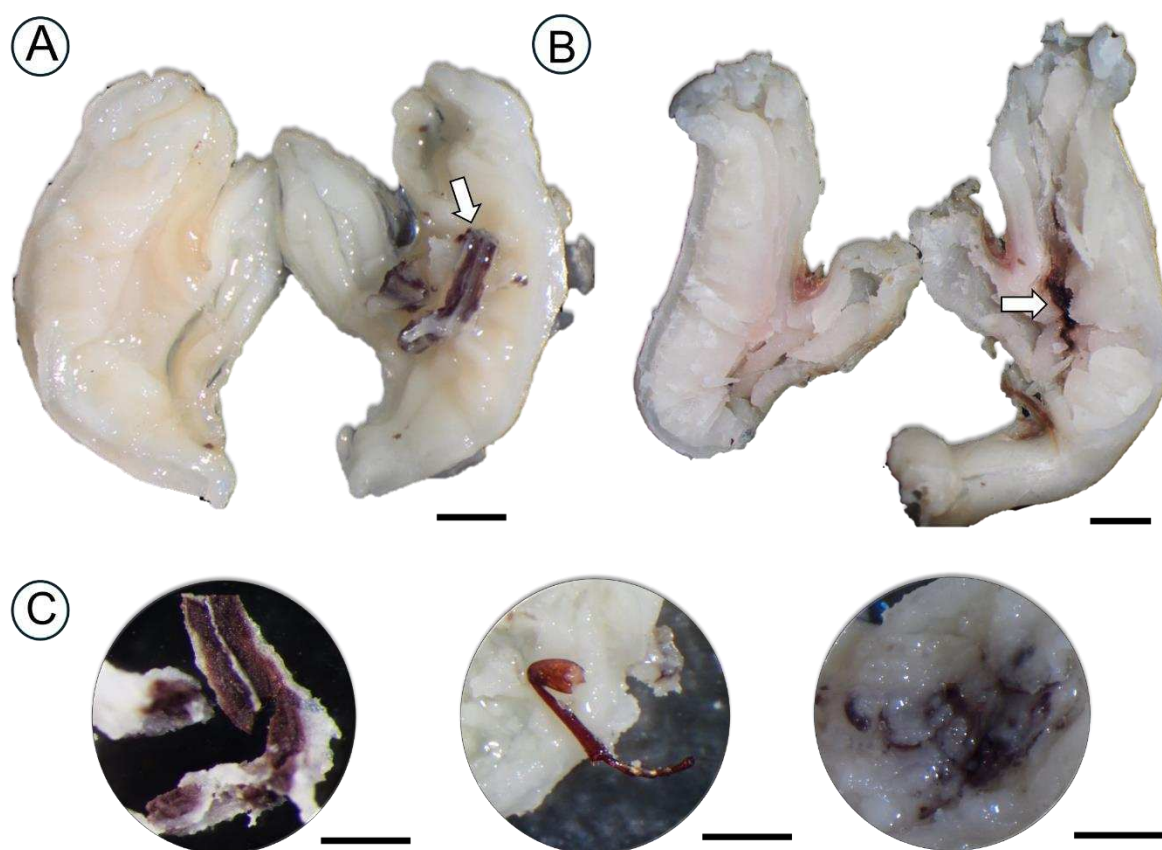


Figura 5. Conteúdo alimentar estomacal do morcego *Lonchophylla mordax*, nas estações seca (A) e chuvosa (B). Os estômagos foram seccionados longitudinalmente, onde podem ser observados materiais provavelmente de origem vegetal (setas brancas). Destaque para alguns itens alimentares de origem vegetal e de insetos identificados nos estômagos (C). Barras: 1 mm.

- **Morfologia intestinal**

A morfologia macroscópica do intestino de *L. mordax* não apresentou distinção externa evidente, de forma que o duodeno, jejuno, íleo e intestino grosso só puderam ser diferenciados por avaliação histológica (Figura 6A – F).

O arranjo histológico observado nos intestinos dos indivíduos coletados de *L. mordax* apresentou-se conservado entre as estações seca e chuvosa. Na mucosa do duodeno e do jejuno, as vilosidades assumiram um aspecto digitiforme e piramidal no duodeno e predominantemente digitiforme no jejuno, com algumas em formato de zigue-zague; o lúmen apresentou tamanho variável individualmente; e as criptas de Lieberkühn foram retilíneas e não-ramificadas ao longo desses dois segmentos. Ao longo das criptas foram observadas muitas figuras de mitose e células de Paneth na base. Não foram observadas glândulas de Brünner no duodeno (Figura 6G).

As camadas submucosa e as musculares circular e longitudinal exibiram uma disposição uniforme ao longo do intestino delgado. Na submucosa observou-se uma fina camada de tecido conjuntivo frouxo, com algumas regiões mais largas atravessadas por vasos sanguíneos. As camadas musculares estavam organizadas em circular interna e longitudinal externa, interconectadas em alguns pontos pelo plexo mioentérico. A camada serosa é quase imperceptível, porém, foi possível distinguir a fina camada de mesotélio em algumas secções. Não foram observados nódulos linfáticos dispersos entre as camadas estruturais desses órgãos. Em alguns indivíduos, coletados tanto no período seco quanto no período chuvoso, a região do íleo foi identificada por meio da presença de grandes placas de Peyer (Figura 6H, K e L).

A estrutura tecidual do intestino grosso foi caracterizada pela presença de criptas de Lieberkühn retilíneas e não-ramificadas, na camada mucosa. Pregas circulares estiveram presentes em alguns locais da mucosa em todos os animais. As camadas submucosas e musculares circular e longitudinal exibiram um aspecto mais espessado, em relação às do intestino delgado. A submucosa também foi mais espessa nos pontos de formação das pregas circulares e nos locais com passagem de vasos sanguíneos. As camadas musculares foram mais desenvolvidas e foi possível visualizar o plexo mioentérico entre as duas subcamadas. A camada serosa foi imperceptível nos cortes analisados. Nódulos linfáticos dispersos foram evidentes na parede de alguns cortes (Figura 6I e J).

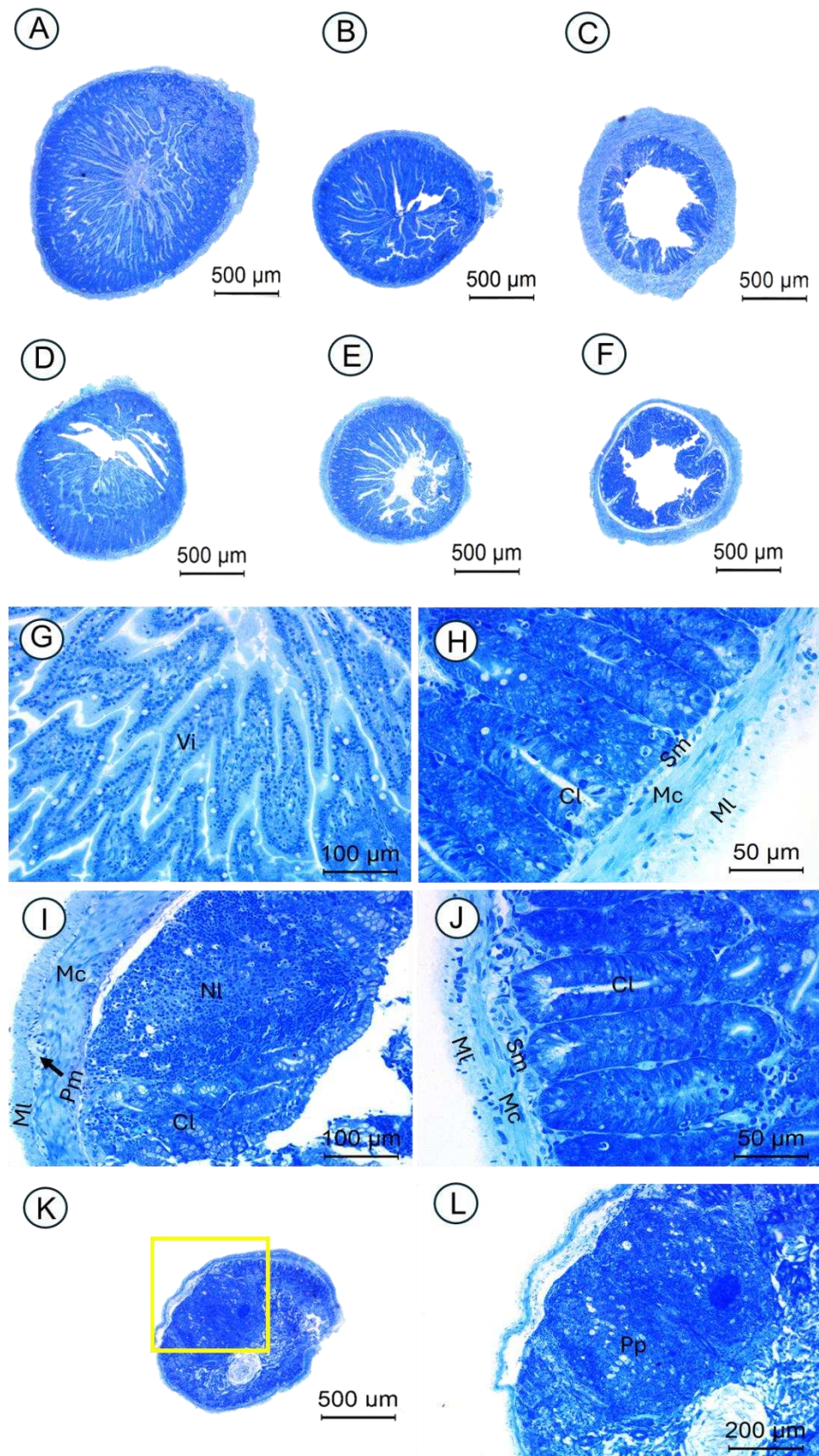


Figura 6. Fotomicrografias de cortes histológicos do intestino de *Lonchophylla mordax*, corados com Azul de toluidina. Segmentos intestinais de um indivíduo coletado na estação seca (A-C), e de um

indivíduo coletado na estação chuvosa (D-E). Duodeno (A e D); jejuno (B e E); intestino grosso (C e F). Vilosidades em ziguezague no duodeno (G); região basal da mucosa do intestino delgado, exibindo criptas e as camadas submucosa e musculares (H); nódulo linfático no intestino grosso (I); camadas do intestino grosso, evidenciando as criptas na mucosa (J); porção final do intestino delgado (íleo), evidenciando a placa de Peyer (K); detalhe de uma placa de Peyer (L). Vi: vilosidades; Cl: criptas de Lieberkühn; Sm: submucosa; Mc: muscular circular; Ml: muscular longitudinal; Pm: plexo mioentérico; Nl: nódulo linfático; Pp: placa de Peyer.

Células caliciformes foram AB/PAS-positivas em todos os segmentos intestinais; a frequência de células caliciformes reativas foi menor no intestino delgado e aumentou progressivamente em direção ao intestino grosso. A localização dessas células se deu tanto ao longo das vilosidades quanto nas criptas, em todos os segmentos intestinais. Além disso, a borda em escova também foi reativa nos segmentos do intestino delgado (Figura 7A – D).

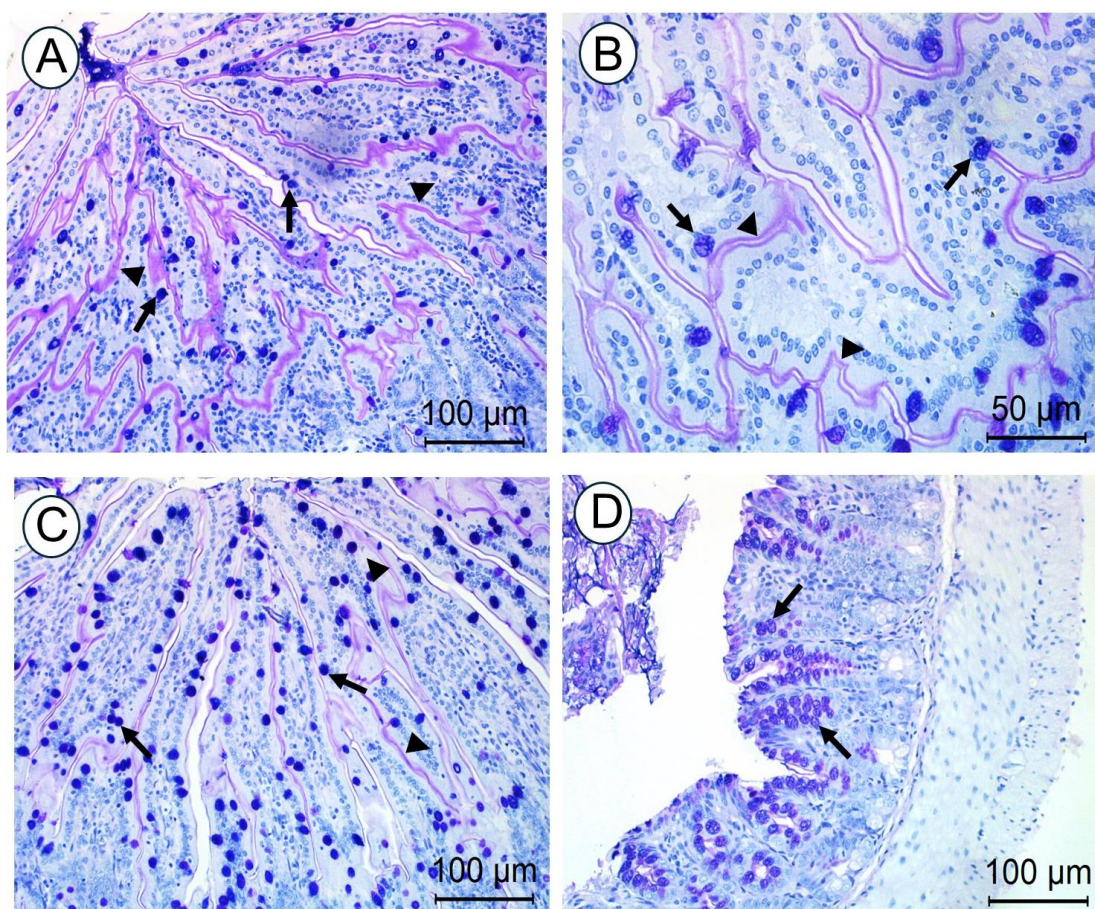


Figura 7. Fotomicrografias de cortes histológicos dos intestinos delgado e grosso de *Lonchophylla mordax*, corados pela técnica de Alcian Blue – AB conjugado com Ácido Periódico de Schiff – PAS. Duodeno (A e B); jejuno (C); e intestino grosso (D). Setas indicam células caliciformes AB/PAS-positivas e cabeças de seta indicam a borda estriada PAS-positiva.

- **Histometria gastrointestinal**

O tamanho das camadas e estruturas teciduais da mucosa, mensuradas na análise morfométrica, revelou variações consistentes entre os diferentes segmentos analisados do trato digestório de *L. mordax*, tanto nas medidas absolutas quanto nas medidas relativas (Tabelas 1 e 2 – Material suplementar). Os valores absolutos apresentaram um padrão histométrico esperado em morcegos, enquanto os valores relativos permitiram visualizar o ajuste proporcional das estruturas teciduais com as camadas e com a biometria da espécie.

No estômago, a espessura da parede total foi de $1000,92 \pm 288,27 \mu\text{m}$; desses, 55% foi ocupado pela mucosa e 40% pela camada muscular total, e na mucosa as fossetas ocuparam 60% dessa camada, sendo aproximadamente igual à proporção das glândulas (colo + base). Na camada muscular, o músculo oblíquo foi o mais espesso, constituindo 26,27% da muscular total, enquanto a submucosa foi a camada mais fina (Figura 8).

No intestino delgado, o duodeno e o jejuno apresentaram medidas semelhantes, porém proporcionais ao tamanho dos seus diâmetros. A parede total apresentou espessuras de $460,99 \pm 231,92 \mu\text{m}$ no duodeno e $423,53 \pm 152,32 \mu\text{m}$ no jejuno. A proporção de vilosidades foi em média 98,02% no duodeno e de 85,62% no jejuno em relação à camada mucosa. As criptas resultaram em média 37,54% e 40,03%, respectivamente. As camadas submucosa e musculares tiveram espessuras mais homogêneas e mais delgadas para os dois segmentos (Figura 8).

No intestino grosso, a espessura da parede total foi de $373,96 \pm 93,39 \mu\text{m}$ e a mucosa resultou em $236,60 \pm 85,35 \mu\text{m}$. As medidas apresentaram uma maior variabilidade em relação a profundidade das criptas e a espessura da mucosa, devido algumas criptas serem de tamanhos diferentes, com alguns cortes apresentando nódulos linfáticos e pregas circulares, ocupando 50,83% da mucosa. A camada muscular total foi aproximadamente o dobro da espessura da muscular total do intestino delgado, ocupando 34,54% da parede total, enquanto a submucosa não se mostrou discrepante em relação aos outros segmentos.

As pregas circulares, que são dobramentos da mucosa com a submucosa, apresentaram uma espessura média de $254,95 \pm 108,39 \mu\text{m}$ (Figura 8).

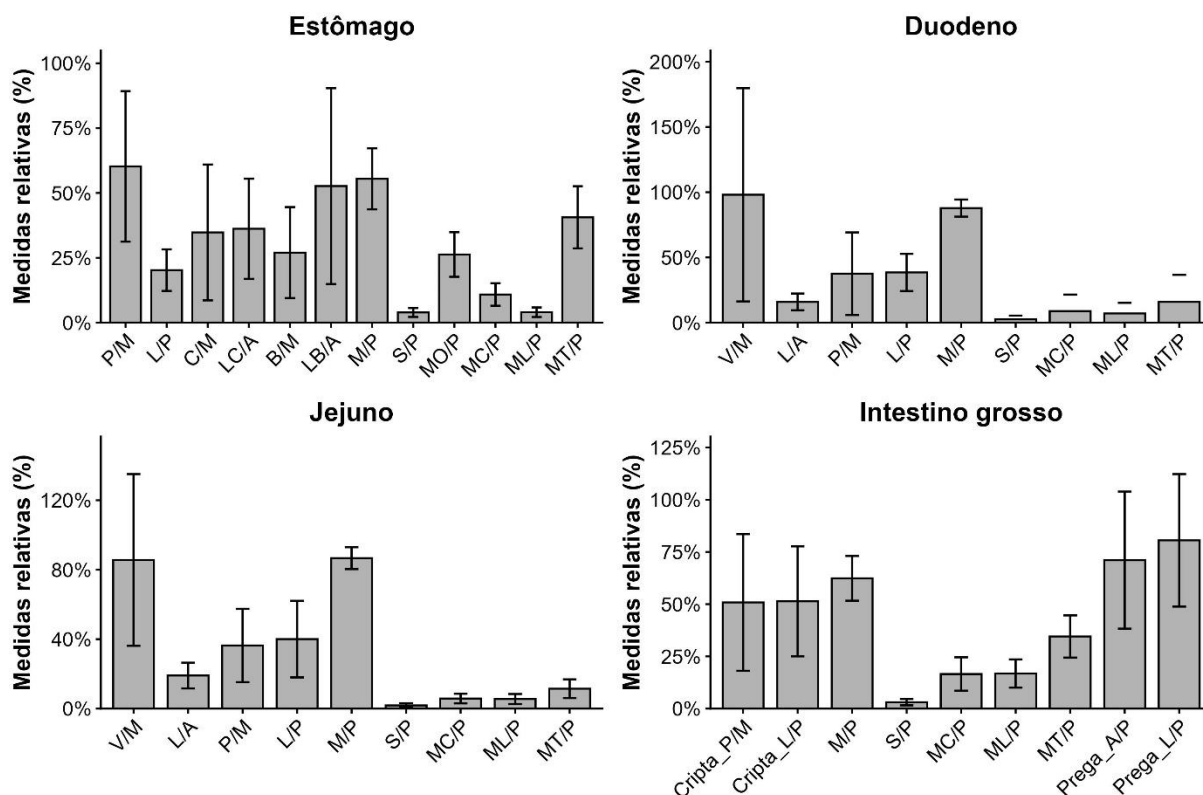


Figura 8. Medidas relativas (%) das camadas e estruturas teciduais dos órgãos digestivos do morcego *Lonchophylla mordax*. Legenda: P/M: profundidade da fosseta/altura da mucosa; L/P: largura da fosseta/profundidade da fosseta; CM: profundidade do colo glandular/altura da mucosa; LC/A: largura do colo glandular/profundidade do colo; BM: profundidade da base glandular/altura da mucosa; LB/A: largura da base glandular/profundidade da base; M/P: mucosa/parede total; S/P: submucosa/parede total; MO/P: muscular oblíqua/parede total; MC/P: muscular circular/parede total; ML/P: muscular longitudinal/parede total; MT/P: muscular total/parede total; V/M: altura das vilosidades/mucosa; L/A: largura das vilosidades/altura das vilosidades; P/M e Cripta_P/M: profundidade das criptas/mucosa; L/P e Cripta_L/P: largura das criptas/profundidade das criptas; Prega_A/P: altura da prega circular/parede total; Prega_L/P: largura da prega circular/parede total.

- **Índices gastrointestinal-somáticos e morfometria linear intestinal**

A comparação das médias pelo teste t resultou em diferença significativa para alguns parâmetros digestivos. O peso intestinal e o peso intestinal relativo – PIR foram maiores na estação seca ($p = 0,00243$; $p = 0,001531$). Em contraste, o peso estomacal, o comprimento estomacal e o comprimento estomacal relativo – CER foram maiores na estação chuvosa ($p = 0,003769$, $p = 0,004644$ e $p = 0,005259$, respectivamente). Não foram observadas diferenças significativas para o peso corporal, comprimento corporal, comprimento intestinal, comprimento intestinal relativo – CIR e para o peso estomacal relativo – PER entre os indivíduos das diferentes estações ($p > 0,05$) (Figura 9; Tabela 3 – Material suplementar).

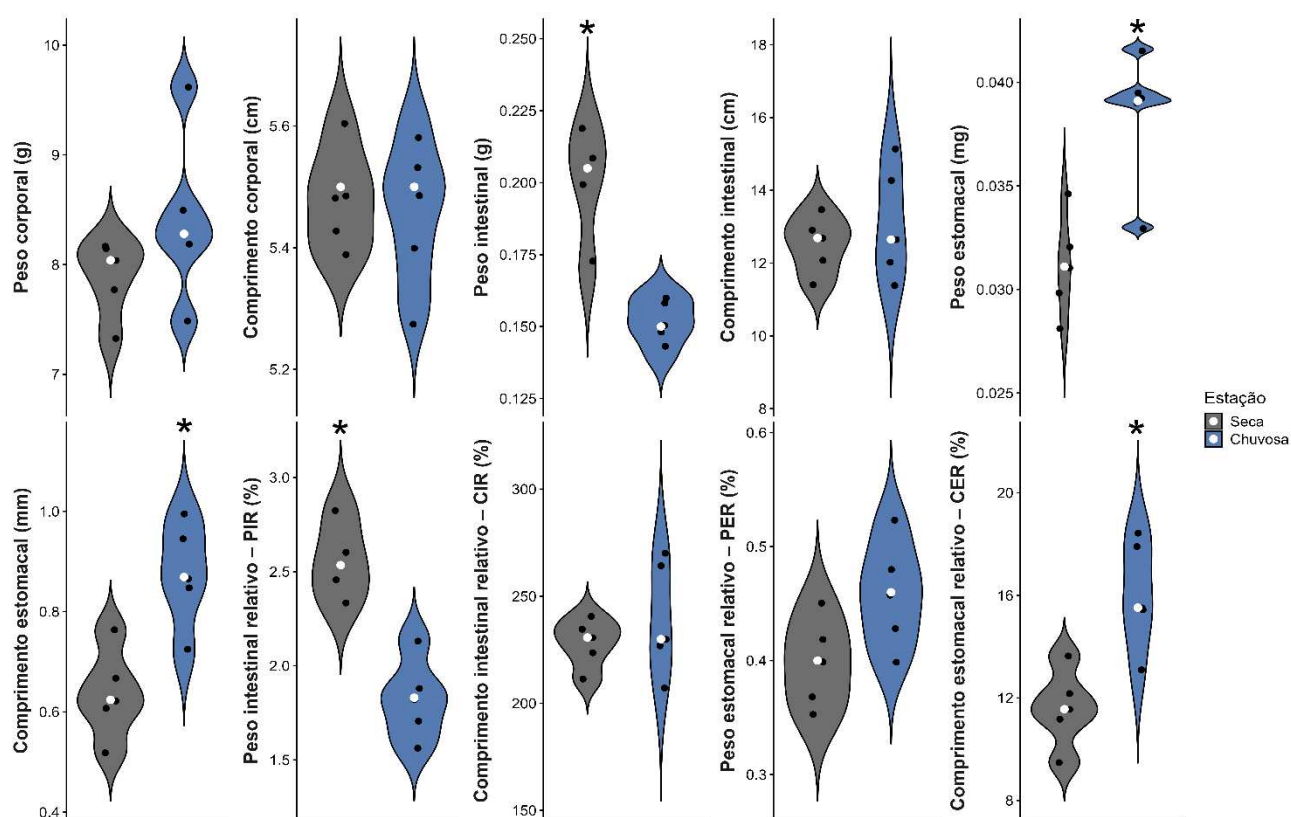


Figura 9. Gráficos de violino representando a distribuição dos parâmetros biométricos de peso, comprimento e índices gastrointestinal-somáticos de *Lonchophylla mordax*, em cada estação. Os pontos pretos representam os indivíduos amostrados e o ponto central branco indica a mediana, para melhor visualização da distribuição dos dados. *: indica diferença significativa pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

Como o peso intestinal foi significativamente maior na estação seca, embora o comprimento não tenha diferido entre as estações, avaliamos a possível influência de

parâmetros morfométricos lineares sobre as medidas alométricas que obtiveram significância estatística. As variáveis analisadas — diâmetro médio, perímetro, área total, raio, área nominal e volume — não apresentaram diferenças significativas entre as estações seca e chuvosa, entre os segmentos intestinais, nem na interação entre esses fatores sobre as variáveis ($p > 0,05$) (Figura 10; Tabela 4 – Material suplementar).

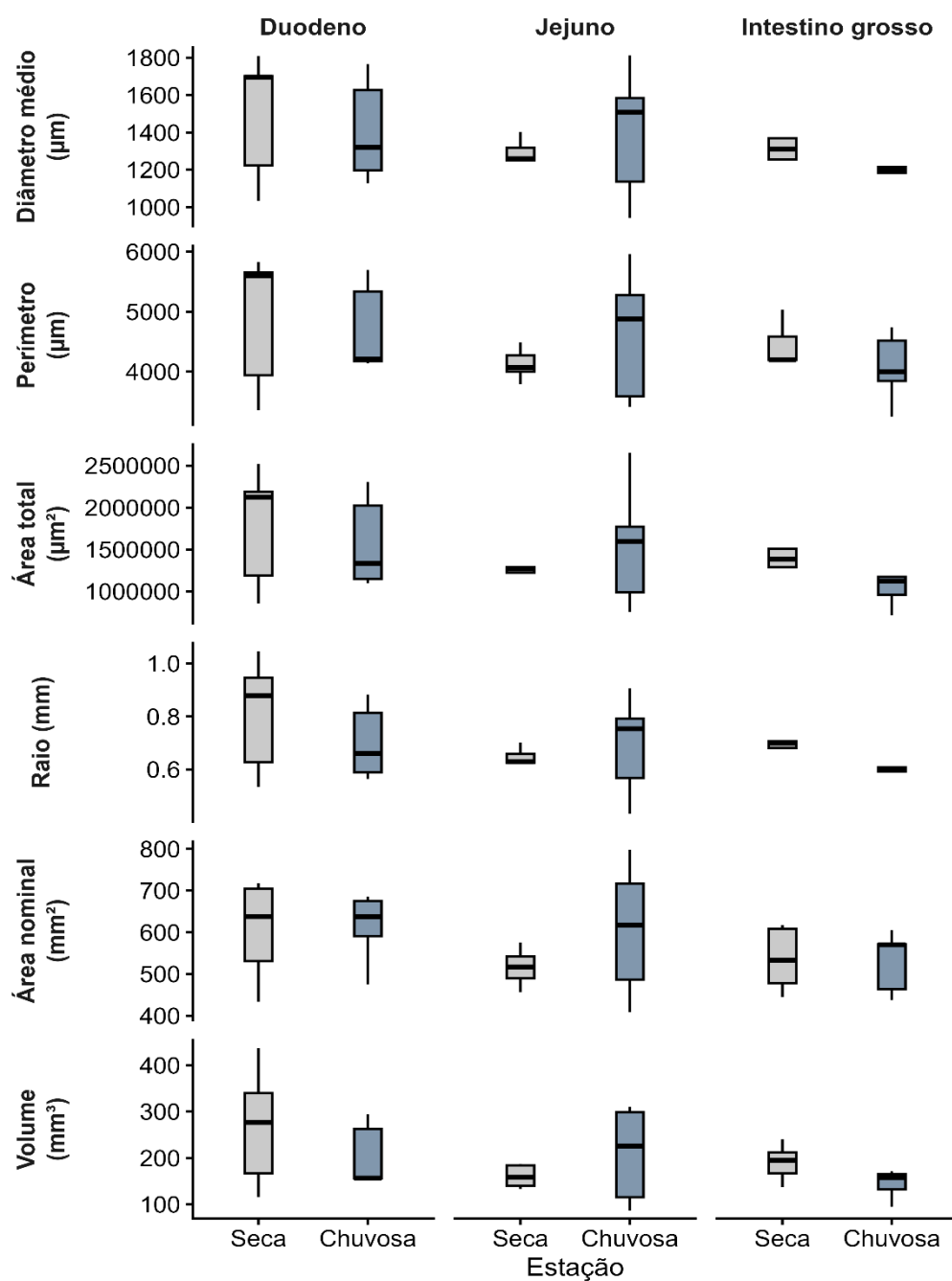


Figura 10. Medidas morfométricas lineares obtidas dos segmentos intestinais (duodeno, jejuno e intestino grosso) de *Lonchophylla mordax*, comparados entre as estações seca e chuvosa.

Discussão

- **Morfologia e histometria gastrointestinal**

A morfologia externa do estômago de *L. mordax* indica uma relação com a sua dieta; o formato tubular é característico de morcegos nectarívoros, nos quais o néctar é rapidamente esvaziado para o intestino. Além disso, com o aumento do volume ingerido e a inclusão de recursos mais sólidos e fibrosos, o estômago pode se distender, assumindo um formato mais saculiforme.

A anatomia estomacal seguiu o padrão esperado para os morcegos, assemelhando-se ao de outras espécies do gênero *Lonchophylla* e a outros nectarívoros, como *Glossophaga soricina*. O vestíbulo cárdico é uma porção dilatada do segmento mais distal do esôfago, na transição para o estômago, a sua presença está associada ao controle da passagem do alimento e à prevenção do refluxo gastroesofágico, onde se localiza o esfíncter esofágico inferior. Nesses animais, a ingestão de grandes volumes de néctar e de outros alimentos permite uma melhor acomodação na região do vestíbulo, antes de entrar no estômago. Como os morcegos nectarívoros possuem o comportamento de visitarem muitas flores por noite, a passagem do néctar para o estômago pode ser feita de maneira mais regulada, impedindo o refluxo.

A língua dos morcegos do gênero *Lonchophylla* é diferente da dos morcegos da subfamília Glossophaginae; nesses animais, o néctar passa para a cavidade bucal através de sulcos laterais da língua, enquanto é mantida estendida, provavelmente sem a necessidade de empurrar o alimento contra o fundo da boca para deglutir. O néctar passa diretamente para o esôfago, sem intervalos entre cada deglutição. À medida que mais néctar é ingerido, o aumento do volume desse alimento indica a necessidade de ser deglutido mais rapidamente. Ao se aproximar do estômago, um grande volume de alimento pode ser acomodado no vestíbulo cárdico, devido a suas características anatômicas, para não passar bruscamente para o estômago.

Uma função semelhante ao vestíbulo cárdico pode ser atribuída ao ceco fúndico, permitindo armazenamento temporário durante o processo digestivo. Alimentos líquidos, como néctar, podem passar rapidamente pelo processo digestivo no estômago. Como boa parte do seu

conteúdo é constituído por água, esta pode ser absorvida parcialmente pela mucosa gástrica e os açúcares completam a sua digestão e absorção no intestino delgado; enquanto os alimentos sólidos podem ser direcionados ao corpo do estômago para que sejam misturados aos sucos gástricos, para sua digestão mais lenta.

O tubo pilórico apresenta formato conservado, possivelmente relacionado ao controle do esvaziamento gástrico e fluxo mais rápido para o duodeno, conforme a consistência dos alimentos. O formato alongado permite que grandes volumes de alimento, como pólen e insetos, sejam esvaziados mais lentamente para o duodeno, por outro lado pode favorecer um fluxo mais rápido de néctar, dado ao seu estado mais fluído.

O padrão anatômico do estômago encontrado em *L. mordax* também está presente em outros nectarívoros, como *Lonchophylla robusta*, *G. soricina* e *Anoura geoffroyi* (Rouk e Glass, 1970; Forman, 1971; 1972; Rouk, 1973).

Em nível histológico, o estômago apresentou a organização estrutural típica dos mamíferos. Na mucosa, as glândulas gástricas incluem fossetas e o colo e a base glandulares, onde se localizam células produtoras de muco, ácido clorídrico e pepsinogênio (Soybel, 2005). Foi observado o mesmo padrão de organização descrito por Rouk e Glass (1970): cárdia e tubo pilórico com fossetas relativamente mais profundas, associadas à maior produção de muco, enquanto no ceco fúndico/corpo predominam glândulas mais profundas, relacionadas à digestão. O arranjo das camadas submucosa, musculares e serosa também seguiu o padrão descrito para morcegos, independentemente da dieta (Scillitani et al., 2007; Strobel et al., 2015; Aylward et al., 2019).

A análise morfométrica revelou maior proporção das camadas mucosa e muscular na parede estomacal, com destaque para o músculo oblíquo. A muscular espessa favorece movimentos de mistura dos alimentos, além da distensão do órgão. O músculo oblíquo, exclusivo desse órgão, exerce papel central na digestão mecânica dos alimentos (Chaudhry et al., 2024). Apesar das diferenças regionais no comprimento das fossetas e das glândulas, a proporção aproximada entre esses componentes demonstra que a produção de muco e sucos digestivos é igualmente relevante para a digestão de *L. mordax*, especialmente considerando sua dieta diversificada.

As regiões do estômago apresentam funções específicas no processo digestivo: todas as regiões do estômago produzem uma secreção de muco e bicarbonato, para a formar a barreira protetora contra o lúmen ácido. Porém, enquanto o fundo/corpo secretam, com maior

frequência, os sucos gástricos para desintegrar o alimento e digerir macromoléculas, a cárdia e principalmente o piloro atuam mais na liberação de muco (Soybel, 2005).

A ausência de distinção externa entre o intestino delgado e o grosso em *L. mordax* evidencia a simplificação anatômica do trato digestório em morcegos. Um intestino mais curto contribui para reduzir o peso corporal. O aparelho digestório curto está diretamente relacionado com o hábito alimentar, digestão e absorção dos alimentos ingeridos, e diminui o tempo de passagem do alimento, acelerando o processo digestivo e absorptivo (Caviedes-Vidal et al., 2008; Karasov et al., 2011).

A ausência de glândulas de Brünner pode refletir a sua inexistência nessa espécie ou a sua localização mais cranial no duodeno, não tendo sido alcançada nos cortes realizados desse segmento.

Diversas espécies de morcegos com diferentes hábitos alimentares — como o nectarívoro *Dryadonycteris capixaba*, o frugívoro *Artibeus planirostris*, os insetívoros *Molossus rufus* e *Pipistrellus pipistrellus* e o hematófago *Diphylla ecaudata* — apresentam padrão intestinal semelhante ao descrito para *L. mordax*, dividido em duodeno, jejuno, íleo e intestino grosso, este último sendo indiferenciado macroscopicamente. Glândulas de Brünner foram registradas em espécies frugívoras, como em *A. planirostris* e na junção gastroduodenal de *Sturnira lilium*, o que pode significar relação com o consumo de frutas ou diferenças filogenéticas (Forman, 1971; Strobel et al., 2015; Aylward et al., 2019; Silva et al., 2020; Geronimo et al., 2023; Cardoso et al., 2023).

Apesar da simplicidade anatômica, o arranjo histológico da mucosa revela especializações típicas de morcegos nectarívoros para compensar a redução do tamanho intestinal. O formato das vilosidades — incluindo padrões em zigue-zague — aumenta a superfície de contato com os alimentos, permitindo uma melhor digestão final pelas enzimas da borda em escova, aumentando o tempo de passagem e otimizando a digestão e/ou a absorção direta de nutrientes, como aminoácidos, monossacarídeos e gorduras.

Nas espécies de morcegos nectarívoros, o formato das vilosidades se assemelha ao de espécies frugívoras e onívoras. As vilosidades piramidais e digitiformes são adaptações para aumentar a área absorptiva intestinal e ocupam grande parte do lúmen (Camacho et al., 2024). Além disso, a absorção pode ocorrer em conjunto com a via paracelular, reduzindo custos energéticos (Brun et al., 2014; Price et al., 2015).

A elevada proporção do tamanho das vilosidades em relação à mucosa, no duodeno e jejuno, é condizente com os seus formatos e contribui, igualmente, para as adaptações da

mucosa à dieta de néctar, pólen e insetos. Quanto maior a altura dos vilos, maior é a quantidade e disponibilidade de enterócitos, isso eleva o número de enzimas e transportadores da borda em escova para a digestão e absorção dos açúcares, aminoácidos e outros nutrientes, aumentando a taxa de absorção e diminuindo o tempo de retenção alimentar. Portanto, o tamanho e a abundância das vilosidades são uma forma de compensação do intestino curto para maximizar a assimilação de nutrientes.

Já foi registrada variação no tamanho das vilosidades entre 300 e 1000 μm em morcegos nectarívoros, e em torno de 900 μm em padrões em ziguezague (Gadelha-Alves et al., 2008; Silva, 2022; Camacho et al., 2024).

As criptas de Lieberkühn apresentaram morfologia semelhante à descrita em morcegos e mamíferos em geral. As glândulas estão relacionadas à secreção de muco e suco entérico, contendo água e eletrólitos que protege a mucosa e ajuda digestão e absorção dos nutrientes. A renovação epitelial, evidenciada pela presença de figuras de mitose, também tem um papel central nas criptas. As altas e numerosas vilosidades requerem uma fonte constante de produção de novas células, devido ao seu desgaste contínuo pela abrasão dos alimentos. A quantidade numerosa de criptas é equilibrada com a abundância de vilosidades.

A contínua produção de células, para renovar os enterócitos das vilosidades, ocorrem por processos de apoptose e descamação do epitélio e reposição de novas células (Starck, 2005). Nos mamíferos, a proliferação de células nas criptas segue um balanço com a quantidade de células perdidas nas pontas das vilosidades. Esse equilíbrio permite o desenvolvimento de respostas plásticas no intestino de acordo com a sua demanda funcional; assim, a taxa de proliferação diminui quando o órgão tem maior atividade digestiva e aumenta nos períodos de inatividade (Starck, 2005).

As camadas submucosa e musculares seguiram o padrão histológico e morfométrico semelhante para mamíferos. Os componentes da submucosa fazem parte da estrutura de suporte físico e nutricional do epitélio. Uma vez que a mucosa é uma camada espessa e apresenta a sua lâmina própria, a camada de tecido conjuntivo da submucosa se mostra delgada e uniforme ao longo do intestino. A estrutura muscular uniforme está relacionada a uma menor intensidade de atividade muscular, pois neste local os alimentos são impulsionados mais lentamente para uma melhor eficiência no processo de digestão e absorção. Ademais, a dieta semilíquida tem seu deslocamento favorecido, não necessitando de forte peristaltismo intestinal.

Quanto as suas funções, as duas camadas de músculo fazem movimentos alternados, em que a longitudinal contrai e a circular relaxa para o intestino dilatar (Bruhin-Feichter et al., 2012).

A presença de placas de Peyer em porções do íleo, em ambas as estações, está relacionada à atividade imunológica para proteção do organismo contra patógenos presentes nos alimentos ingeridos. O íleo corresponde ao segmento final do intestino delgado e o mais próximo do intestino grosso, assim, a presença estratégica das placas de Peyer representa uma barreira imunológica contra a microbiota presente no local de formação das fezes, o qual apresenta grandes populações de bactérias. Enquanto o refluxo do conteúdo fecal para o íleo é impedido pela válvula ileocecal, as placas de Peyer reforçam o monitoramento imunológico no intestino delgado.

A presença dessas estruturas já foi reportada em várias espécies de morcegos, incluindo nectarívoros, insetívoros, frugívoros e hematófagos, enquanto para outras espécies apenas agregados de tecido linfóide foram observados na junção íleo/cólon (Forman, 1974; Gadelha-Alves et al., 2008; Strobel et al., 2015; Souza, 2021).

O intestino grosso apresentou estrutura tecidual semelhante entre os indivíduos, com camadas musculares mais espessas e maior abundância de células caliciformes, refletindo especializações para lubrificação do conteúdo fecal e dilatação do órgão.

A alta densidade de células caliciformes se deve a uma maior exigência de muco para lubrificação das fezes e para amenizar a abrasividade que pode ser provocada pelo alto conteúdo de grãos de pólen e exoesqueletos de insetos. O padrão de frequência das células caliciformes seguiu uma variação típica no intestino, em que a abundância dessas células aumentou em direção ao intestino grosso. O papel dessas células é produzir um muco lubrificante e protetor, intensificando-se nas porções mais distais do intestino à medida que o bolo alimentar é digerido e as fezes são formadas (Gustafsson e Johansson, 2022).

As camadas musculares, mais espessas que no intestino delgado, refletem uma maior atividade muscular de peristaltismo, favorecendo a expulsão das fezes mais rapidamente, o que reduz a interferência do peso desse conteúdo sobre o voo.

A presença de pregas circulares reflete uma adaptação à passagem das fezes; como o comprimento do intestino grosso é reduzido nesses animais, volumes fecais maiores podem dilatar a parede intestinal e as pregas auxiliam na distensão reversível da mucosa.

Muitos estudos não relatam a presença de pregas circulares nos morcegos, estando restrita a poucas espécies, como no frugívoro *A. planirostris*, no insetívoro *Myotis myotis*, no

onívoro *Phyllostomus hastatus* e no nectarívoro *Anoura caudifer* (Gadelha-Alves et al., 2008; Paksuz e Paksuz, 2015; Silva et al., 2020; Silva, 2022). Em espécies hematófagas, as quais possuem uma dieta restritamente líquida, essas pregas não foram observadas (Silva et al., 2020). Portanto, a sua presença correlaciona-se com o hábito alimentar, reforçando que a dieta de *L. mordax* não se baseia somente em néctar, mas também em um frequente consumo de alimentos sólidos.

- **Conteúdo estomacal**

A presença predominante de pólen e filamentos fibrosos no conteúdo estomacal e ausência de estômagos vazios, em ambas as estações, reforçam uma maior dependência de recursos florais e indicam que a espécie dispõe de uma oferta relativamente constante de alimento, mesmo diante das variações sazonais da Caatinga. A detecção de um fragmento de inseto no estômago sugere uma alimentação oportunista, e a inclusão desses itens na dieta revela a sua importância na complementação nutricional para morcegos nectarívoros.

Insetos fazendo parte da dieta desses animais, sugerem a importância das pregas longitudinais para aumentar a capacidade gástrica, fazendo com que o animal demore mais para captura de alimento, já que o tempo de digestão gástrica se torna mais lenta com a presença de quitina.

Os resultados foram semelhantes aos encontrados na literatura sobre *L. mordax* e outros filostomídeos nectarívoros, que apresentam adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais voltadas ao consumo de recursos florais ao longo do ano.

Em geral, nessas espécies, o rostro é alongado, a língua possui um sulco longitudinal lateral, as papilas filiformes são alongadas, e o intestino apresenta alta capacidade absorptiva por meio de longas vilosidades e absorção paracelular, além de um metabolismo rápido e eficiente na utilização da glicose dietética (Datzmann et al., 2010; Kelm et al., 2011; Brun et al., 2014; Tschapka et al., 2015; Muchhala e Tschapka, 2020).

Embora os insetos não sejam o recurso alimentar principal, no caso de *L. mordax*, sua dentição permite a manipulação e trituração de alimentos com componentes sólidos, como exoesqueletos de insetos, frutos e estruturas fibrosas, podendo ser considerado um insetívoro oportunista.

O rostro e a mandíbula alongados, combinados com um arco zigomático delicado, reduzem consideravelmente a força de mordida, limitando a captura de presas pequenas (Taddei

et al., 1983; Moratelli e Dias, 2015; Muchhala e Tschapka, 2020). Cordero-Schmidt (2020) relatou a inclusão de insetos na dieta de fêmeas na estação chuvosa; em contrapartida, o consumo observado na estação seca em uma análise fecal com a mesma população sugere ingestão ao longo do ano.

Apesar da adaptação ao consumo de néctar, a inclusão de insetos e pólen na dieta — seja por ingestão acidental ou oportunista — possui um elevado valor nutricional ao fornecer proteínas, vitaminas, lipídios e minerais, uma vez que o néctar é constituído principalmente por água e açúcares, como glicose e frutose (Brandenburg et al., 2009; Rodríguez-Peña et al., 2013).

- **Índices gastrointestinal-somáticos e morfometria intestinal**

A comparação dos parâmetros biométricos e dos índices digestivos revelou variação sazonal na massa e dimensão dos órgãos digestivos analisados, sugerindo que o morcego *L. mordax* desenvolveu ajustes funcionais em resposta às mudanças ambientais da Caatinga.

Na estação seca, a massa intestinal foi significativamente maior. Como a disponibilidade e qualidade dos alimentos tendem a ser menores nesse período, pode haver maior investimento tecidual no intestino para otimizar a absorção, conforme previsto pela teoria da digestão (Sibly, 1981). No entanto, não se pode descartar a influência do conteúdo alimentar no momento da coleta, refletindo possível maior retenção da digesta. Em morcegos, os intestinos relativamente curtos, associados a dietas baseadas em néctar, pólen e insetos, não requerem mudanças significativas no seu tamanho, porém, ajustes funcionais na taxa de digestão, atividade enzimática e aspectos estruturais podem ser alvos de plasticidade (Ayala-Berdon et al., 2018; Karasov et al., 2025).

Dados de dieta para a mesma população de *L. mordax* resultaram em uma maior heterogeneidade de espécies de pólen ingerido, maior conteúdo de fragmentos de exoesqueleto e fezes mais escuras, duras e pouco numerosas, na estação seca. Isso sugere que a espécie é mais generalista nessa estação, e ingere alimentos de menor qualidade, tornando o processo digestivo mais lento. Esses aspectos se correlacionam com a presença das pregas circulares no intestino grosso, as quais estavam recolhidas, podendo indicar que as fezes levaram mais tempo para se formar, aumentando o tempo de retenção, e fazendo com que as pregas permanecessem dobradas no momento da coleta.

Ambientes semiáridos, como a Caatinga, podem impor limitações hídricas aos animais na estação seca, aumentando a necessidade de conservação de água no intestino, tornando as

fezes mais secas (McGrosky et al., 2019; Duque-Correa et al., 2021). Esse fator pode ter contribuído para o maior peso intestinal observado nos indivíduos nessa estação.

Na estação chuvosa, as medidas significativamente maiores de peso e comprimento estomacal e o seu comprimento relativo refletem aumento das dimensões do estômago. Esse padrão pode estar associado à maior disponibilidade de recursos alimentares, especialmente de plantas quiropterófilas, permitindo maior ingestão de alimento.

A dieta de *L. mordax*, nessa estação, revelou uma maior proporção de pólen de cactáceas, misturados com alguns fragmentos de insetos, enquanto as fezes, de coloração mais clara, maior volume e maior umidade, corroboram com um maior consumo e fluxo alimentar no trato digestório. A dieta mais heterogênea, com pólen, insetos e néctar, pode ter reduzido o tempo de retenção, tanto pelo grande volume de alimento consumido — evidenciado pela grande quantidade de pólen intacto expelido nas fezes — quanto por uma possível melhor qualidade alimentar nesse período. Com a diminuição do tempo de passagem, os animais podem ter defecado com mais frequência, o que explica a posição igualmente dobrada das pregas circulares, no momento da coleta.

De acordo com esses dados, *L. mordax* provavelmente segue um modelo alimentar simples, nas circunstâncias sazonais da Caatinga, o qual prediz que: em condições de abundância de alimento, onde uma alta taxa de ingestão pode ser favorecida, a dieta deve ser mais seletiva; em situações de escassez, a alimentação deve ser mais ampla (MacArthur e Pianka, 1966; Charnov, 1976).

As análises intestinais foram feitas apenas em indivíduos machos, e estratégias diferentes ou graus mais acentuados de plasticidade podem ocorrer nas fêmeas, especialmente relacionadas aos estados reprodutivos. Períodos de gestação e lactação podem exigir uma maior ingestão alimentar, devido à sobrecarga energética imposta pelas atividades reprodutivas, podendo resultar em maior massa e tamanho dos órgãos digestivos e maior eficiência na digestão e absorção (Król et al., 2003; Zhang et al., 2016).

Apesar da ausência de diferença estatística nas medidas de diâmetro, perímetro, área total, área nominal, raio e volume, variações numéricas entre os segmentos e estações podem estar associadas aos dados de peso, comprimento e índices dos órgãos digestivos analisados. Todas as variáveis medidas para o duodeno e o intestino grosso tenderam a ser maiores na estação seca, o que pode ter contribuído para o maior peso intestinal obtido nessa estação. Isso pode ter ocorrido devido a um aumento no investimento tecidual e funcional desses órgãos, como uma possível maior produção de vilosidades e maior tamanho, e conseqüentemente uma

expansão no tamanho das criptas, e possível maior expressão de enzimas e transportadores, ampliando a área de superfície digestiva e absorptiva.

Esses aspectos podem ter sido afetados pela baixa qualidade dos alimentos no período de seca da Caatinga, para esses segmentos; no duodeno, para garantir uma maior eficiência digestiva/absortiva, de nutrientes mais escassos e de processamento mais complexo, e no intestino grosso, para a absorção máxima de água, devido à limitação hídrica característica dessa estação. Essas alterações podem estar relacionadas ao aumento no tempo de retenção do conteúdo alimentar e maior aproveitamento dos recursos disponíveis, indicando que *L. mordax* desenvolve uma estratégia de maximização da eficiência digestiva em condições limitantes.

Por outro lado, no período chuvoso, essa tendência pode ter ocorrido no jejuno, provavelmente para aumentar a eficiência absorptiva dos nutrientes nesse segmento. Todas as variáveis morfométricas foram superiores apenas nesse órgão, no período chuvoso, o que sugere uma adaptação para o aumento do conteúdo alimentar, somado ao tamanho maior do estômago. Como a disponibilidade alimentar é maior nessa estação, não só a dilatação desses órgãos é necessária, mas investir em um maior desenvolvimento tecidual no jejuno pode amplificar o processo digestivo-absortivo, diminuindo o tempo de passagem. No contexto dessa estação, *L. mordax* provavelmente investe em uma estratégia de maximização da taxa de ingestão e processamento rápido dos nutrientes, especificamente no jejuno.

- **Conclusões**

O trato digestório de *Lonchophylla mordax* possui adaptações morfológicas e morfométricas compatíveis com uma dieta predominantemente nectarívora. A variação sazonal na dieta, associada a inclusão de insetos e pólen, esteve relacionada a mudanças nos parâmetros gastrointestinal-somáticos, com valores mais elevados para a massa do intestino durante a estação seca, possivelmente relacionado a uma dieta mais generalista e de maior retenção intestinal, e aumento das dimensões estomacais no período chuvoso, associadas à maior abundância de alimento. Essas adaptações podem ainda indicar que a espécie responde a essas mudanças principalmente por meio de ajustes fisiológicos do trato digestório e menos por parâmetros estruturais.

Referências

- Ayala-Berdon, J.; Corona, C. G.; Martínez-Gómez, M. **Seasonal intake responses could reflect digestive plasticity in the nectar-feeding bat *Anoura geoffroyi***. *Mammalian Biology*, v. 93, n. 1, p. 118–123, 2018.
- Aylward, M. et al. **A comparative morphological and histological study of the gastrointestinal tract of four insectivorous bat species: *Asellia tridens*, *Chaerephon pumilus*, *Nycteris thebaica*, *Rhinopoma hardwickii***. *Journal of Morphology*, v. 280, n. 8, p. 1106–1117, 2019.
- Brandenburg, A. et al. **The sweetest thing: advances in nectar research**. *Current opinion in plant biology*, v. 12, n. 4, p. 486–490, 2009.
- Bruhin-Feichter, S. et al. **Connective tissue in gut development: a key player in motility and in intestinal desmosis**. *European Journal of Pediatric Surgery*, v. 22, n. 06, p. 445–459, 2012.
- Brun, A. et al. **High paracellular nutrient absorption in intact bats is associated with high paracellular permeability in perfused intestinal segments**. *Journal of Experimental Biology*, v. 217, n. 18, p. 3311–3317, 2014.
- Brun, A. et al. **Morphological bases for intestinal paracellular absorption in bats and rodents**. *Journal of morphology*, v. 280, n. 9, p. 1359–1369, 2019.
- Camacho, J. et al. **Sugar assimilation underlying dietary evolution of Neotropical bats**. *Nature ecology & evolution*, v. 8, n. 9, p. 1735–1750, 2024.
- Cardoso, N. N. et al. **Histological, histochemical and immunohistochemical aspects of the intestine and pancreas of bats of the Phyllostomidae family (Mammalia, Chiroptera)**. *Zoologischer Anzeiger*, v. 307, p. 10–17, 2023.
- Caviedes-Vidal, E. et al. **Paracellular absorption: a bat breaks the mammal paradigm**. *PLoS One*, v. 3, n. 1, p. e1425, 2008.
- Charnov, E. L. **Optimal foraging: attack strategy of a mantid**. *The American Naturalist*, v. 110, n. 971, p. 141–151, 1976.
- Chaudhry, S. R. et al. **Anatomy, abdomen and pelvis: stomach**. In: StatPearls [Internet]. Statpearls publishing, 2024.
- Cordero-Schmidt, E. et al. **Bat–flower interaction networks in Caatinga reveal generalized associations and temporal stability**. *Biotropica*, v. 53, n. 6, p. 1546–1557, 2021.
- Cordero-Schmidt, E. **Interactions, persistence and coexistence mechanisms of nectarivorous bats and the plants they feed on, in a seasonally dry tropical forest in Northeastern Brazil**. Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p. 1–160, 2020.

da Silva, J. M. C. et al. **The caatinga: Understanding the challenges.** In: Caatinga. Cham: Springer International Publishing, p. 3–19, 2017.

Datzmann, T.; Von Helversen, O.; Mayer, F. **Evolution of nectarivory in phyllostomid bats (Phyllostomidae Gray, 1825, Chiroptera: Mammalia).** BMC Evolutionary Biology, v. 10, n. 1, p. 165, 2010.

Díaz, M. M. et al. **Clave de identificación de los murciélagos neotropicales/Chave de identificação dos morcegos neotropicais.** Publicación Especial Nro 4, p. 207, 2021.

Duque-Correa, M. J. et al. **Mammalian intestinal allometry, phylogeny, trophic level and climate.** Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 288, n. 1944, 2021.

Forman, G. L. **Gastric morphology in selected mormoopid and glossophagine bats as related to systematic problems.** Transactions of the Illinois State Academy of Science, v. 64, p. 273–282, 1971.

Forman, G. L. **Comparative morphological and histochemical studies of stomach of selected American bats.** The University of Kansas Science Bulletin, v. 49, p. 591–729, 1972.

Forman, G. L. **Structure of Peyer's patches and their associated nodules in relation to food habits of New World bats.** Journal of Mammalogy, v. 55, n. 4, p. 738–746, 1974.

Gadelha-Alves, R.; Rozensztranch, A. M. S.; Barbosa, O. R. **Comparative intestinal histomorphology of five species of phyllostomid bats (Phyllostomidae, Microchiroptera): ecomorphological relations with alimentary habits.** International Journal of Morphology, v. 26, p. 591–602, 2008.

Geronimo, E. et al. **Morphological aspects of the digestive tract of insectivorous bats of the species *Molossus rufus* (E. Geoffroy, 1805).** Acta Zoologica, v. 104, n. 4, p. 497–505, 2023.

Gustafsson, J. K.; Johansson, M. E. V. **The role of goblet cells and mucus in intestinal homeostasis.** Nature reviews Gastroenterology & hepatology, v. 19, n. 12, p. 785–803, 2022.

Karasov, W. H.; Kohl, K. D.; Caviedes-Vidal, E. **The dynamic gut: the vertebrate gastrointestinal tract and associated microbiome exhibit physiological flexibility and adaptations to diet.** Journal of Experimental Biology, v. 228, n. 14, p. jeb250395, 2025.

Karasov, W. H.; Martínez Del Rio, C.; Caviedes-Vidal, E. **Ecological physiology of diet and digestive systems.** Annual review of physiology, v. 73, n. 1, p. 69–93, 2011.

Kelm, D. H. et al. **High activity enables life on a high-sugar diet: blood glucose regulation in nectar-feeding bats.** Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 278, n. 1724, p. 3490–3496, 2011.

Król, E.; Johnson, M. S.; Speakman, J. R. **Limits to sustained energy intake VIII. Resting metabolic rate and organ morphology of laboratory mice lactating at thermoneutrality.** Journal of Experimental Biology, v. 206, n. 23, p. 4283–4291, 2003.

Kunz, T. H.; Anthony, E. L. P. **Age estimation and post-natal growth in the bat *Myotis lucifugus***. *Journal of Mammalogy*, v. 63, n. 1, p. 23–32, 1982.

Le Gall, M. et al. **Intestinal plasticity in response to nutrition and gastrointestinal surgery**. *Nutrition reviews*, v. 77, n. 3, p. 129–143, 2019.

MacArthur, R. H.; Pianka, E. R. **On optimal use of a patchy environment**. *The American Naturalist*, v. 100, n. 916, p. 603–609, 1966.

Machado, I. C.; Lopes, A. V. **Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest**. *Annals of Botany*, v. 94, n. 3, p. 365–376, 2004.

McGrosky, A. et al. **Gross intestinal morphometry and allometry in ruminants**. *Journal of morphology*, v. 280, n. 9, p. 1254–1266, 2019.

Moratelli, R.; Dias, D. **A new species of nectar-feeding bat, genus *Lonchophylla*, from the Caatinga of Brazil (Chiroptera, Phyllostomidae)**. *Zookeys*, v. 514, p. 73–91, 2015.

Muchhala, N.; Tschapka, M. **The ecology and evolution of nectar feeders**. In: Fleming, T. H.; Dávalos, L. M.; Mello, A. R. (Eds.). *Phyllostomid bats: A unique mammalian radiation*. University of Chicago Press, p. 273–294, 2020.

Paksuz, E. P.; Paksuz, S. **The morphology of the intestine of the greater mouse-eared bat, *Myotis myotis* (Borkhausen, 1797)**. *Global Veterinaria*, v. 14, n. 5, p. 686–692, 2015.

Potter, J. H. T. et al. **Dietary diversification and specialization in neotropical bats facilitated by early molecular evolution**. *Molecular Biology and Evolution*, v. 38, n. 9, p. 3864–3883, 2021.

Price, E. R. et al. **Digestive adaptations of aerial lifestyles**. *Physiology*, v. 30, n. 1, p. 69–78, 2015.

R Core Team (2024) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

Rodríguez-Peña, N. et al. **Nitrogen and amino acids in nectar modify food selection of nectarivorous bats**. *Journal of Animal Ecology*, v. 82, n. 5, p. 1106–1115, 2013.

Rouk, C. S. **Gastric morphology and adaptive radiation in the Phyllostomatidae**. Unpubl. Tese de Doutorado. Ph. D. dissert., Texas Tech Univ, 1973.

Rouk, C. S.; Glass, B. P. **Comparative gastric histology of five North and Central American bats**. *Journal of Mammalogy*, v. 51, n. 3, p. 455–472, 1970.

Scillitani, G. et al. **Lectin histochemistry of gastrointestinal glycoconjugates in the greater horseshoe bat, *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber, 1774)**. *Acta Histochemica*, v. 109, n. 5, p. 347–357, 2007.

Sibly, R. M. **Strategies of digestion and defecation.** In: Townsend, C.R., Calow, P. (Eds.), *Physiological Ecology: An Evolutionary Approach to Resource Use*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 109–139, 1981.

Silva, C. H. S. et al. **Comparative study on the small and large intestines of the bats *Artibeus planirostris* and *Diphylla ecaudata*: influence of food habits on morphological parameters.** *Acta Chiropterologica*, v. 22, n. 2, p. 435–448, 2020.

Silva, C. H. S. **Plasticidade digestiva, metabolismo energético e composição corporal no morcego *Anoura caudifer* (Phyllostomidae: Glossophaginae).** Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal de Viçosa, p. 10–80, 2022.

Sousa, A. F. R. **Morfofisiologia comparada do trato gastrointestinal de três espécies de morcegos com hábitos alimentares diferentes.** Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal de Viçosa, p. 78, 2021.

Soybel, D. I. **Anatomy and physiology of the stomach.** *Surgical Clinics*, v. 85, n. 5, p. 875–894, 2005.

Starck, J. M. **Structural flexibility of the digestive system of tetrapods: patterns and processes at the cellular and tissue level.** In: Starck, J. M. and Wang, T. (eds) *Physiological and ecological adaptations to feeding in vertebrates*. Science Publishers Inc., Enfield, p. 175–200, 2005.

Stoner, Kathryn E.; Timm, Robert M. **Seasonally dry tropical forest mammals: Adaptations and seasonal patterns.** In: *Seasonally Dry Tropical Forests*. Washington, DC: Island Press/Center for Resource Economics, p. 85–106, 2011.

Strobel, S. et al. **Histological and histochemical analysis of the gastrointestinal tract of the common pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus*).** *European Journal of Histochemistry: EJH*, v. 59, n. 2, p. 2477, 2015.

Szilagyi, G. **Diagnóstico ambiental do processo de desertificação no município de Lajes/RN.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brazil, p. 1–110, 2007.

Taddei, V. A.; Vizotto, L. D.; Sazima, I. V. A. N. **Uma nova espécie de *Lonchophylla* do Brasil e chave para identificação das espécies do gênero (Chiroptera, Phyllostomidae).** *Ciência e Cultura*, v. 35, n. 5, p. 625–629, 1983.

Tschapka, M.; Gonzalez-Terrazas, T. P.; Knörnschild, M. **Nectar uptake in bats using a pumping-tongue mechanism.** *Science advances*, v. 1, n. 8, p. e1500525, 2015.

Vázquez-Domínguez, G. **Plasticidad digestiva estacional del murciélago nectarívoro *Glossophaga soricina* (Phyllostomidae: Glossophaginae).** Tesis de Maestría presentada a la Universidad Nacional Autónoma de México, p. 9–40, 2016.

Zhang, Ji-Ying et al. **Plasticity in gastrointestinal morphology and enzyme activity in lactating striped hamsters (*Cricetulus barabensis*).** *Journal of Experimental Biology*, v. 219, n. 9, p. 1327–1336, 2016.

Zortéa, M. **Reproductive patterns and feeding habits of three nectarivorous bats (Phyllostomidae: Glossophaginae) from the Brazilian Cerrado.** *Brazilian Journal of Biology*, v. 63, n. 1, p. 159–168, 2003.

Material suplementar

Tabela 1. Medidas histométricas mensuradas para as camadas e estruturas teciduais dos órgãos digestivos (estômago, duodeno, jejuno e intestino grosso) do morcego *Lonchophylla mordax*

Estômago		Duodeno	
Profundidade da fosseta (μm)	291,40 \pm 107,40	Altura das vilosidades (μm)	310,84 \pm 87,62
Largura da fosseta (μm)	54,73 \pm 19,91	Largura média das vilosidades (μm)	45,99 \pm 14,12
Profundidade do colo da glândula (μm)	166,26 \pm 95,92	Profundidade das criptas (μm)	120,85 \pm 38,86
Largura do colo da glândula (μm)	48,92 \pm 18,52	Largura das criptas (μm)	42,50 \pm 10,40
Profundidade da base da glândula (μm)	143,80 \pm 110,56	Mucosa (μm)	445,68 \pm 205,48
Largura da base da glândula (μm)	48,22 \pm 19,56	Submucosa (μm)	6,35 \pm 2,26
Mucosa (μm)	549,58 \pm 209,70	Muscular circular (μm)	21,61 \pm 5,16
Submucosa (μm)	33,26 \pm 12,80	Muscular longitudinal (μm)	19,49 \pm 7,30
Muscular oblíqua (μm)	266,03 \pm 113,94	Muscular total (μm)	41,36 \pm 10,42
Muscular circular (μm)	108,67 \pm 51,95	Parede total (μm)	460,99 \pm 231,92
Muscular longitudinal (μm)	42,81 \pm 19,716		
Muscular total (μm)	410,40 \pm 167,65		
Parede total (μm)	1000,92 \pm 288,27		

Jejuno		Intestino grosso	
Altura das vilosidades (μm)	264,89 \pm 81,52	Profundidade das criptas (μm)	104,33 \pm 56,21
Largura média das vilosidades (μm)	47,70 \pm 16,83	Largura das criptas (μm)	40,80 \pm 8,07
Profundidade das criptas (μm)	112,99 \pm 32,78	Mucosa (μm)	236,60 \pm 85,35
Largura das criptas (μm)	40,02 \pm 8,19	Submucosa (μm)	11,00 \pm 4,31
Mucosa (μm)	374,83 \pm 149,86	Muscular circular (μm)	60,11 \pm 28,31
Submucosa (μm)	6,44 \pm 2,32	Muscular longitudinal (μm)	62,00 \pm 25,93
Muscular circular (μm)	22,13 \pm 7,21	Muscular total (μm)	126,37 \pm 39,70
Muscular longitudinal (μm)	20,20 \pm 6,91	Altura da prega circular (μm)	254,95 \pm 108,39
Muscular total (μm)	42,66 \pm 11,52	Largura da prega circular (μm)	291,76 \pm 113,03
Parede total (μm)	423,53 \pm 152,32	Parede total (μm)	373,96 \pm 93,39

Tabela 2. Medidas relativas das camadas e estruturas teciduais dos órgãos digestivos (estômago, duodeno, jejuno e intestino grosso) do morcego *Lonchophylla mordax*

Estômago		Duodeno	
P/M (%)	60,24 ± 29,00	V/M (%)	98,02 ± 81,74
L/P (%)	20,25 ± 8,03	L/A (%)	15,87 ± 6,40
C/M (%)	34,79 ± 26,17	P/M (%)	37,54 ± 31,64
LC/A (%)	36,19 ± 19,32	L/P (%)	38,50 ± 14,27
B/M (%)	27,00 ± 17,53	M/P (%)	87,80 ± 6,57
LB/A (%)	52,65 ± 37,77	S/P (%)	2,51 ± 2,80
M/P (%)	55,47 ± 11,75	MC/P (%)	8,89 ± 12,60
S/P (%)	3,93 ± 1,73	ML/P (%)	7,07 ± 8,16
MO/P (%)	26,27 ± 8,61	MT/P (%)	15,88 ± 20,80
MC/P (%)	10,84 ± 4,35		
ML/P (%)	4,01 ± 1,833		
MT/P (%)	40,60 ± 11,99		
Jejuno		Intestino grosso	
V/M (%)	85,62 ± 49,44	Cripta_P/M (%)	50,83 ± 32,73
L/A (%)	19,05 ± 7,39	Cripta_L/P (%)	51,37 ± 26,33
P/M (%)	36,34 ± 21,14	M/P (%)	62,35 ± 10,72
L/P (%)	40,03 ± 22,02	S/P (%)	3,10 ± 1,51

M/P (%)	86,67 ± 6,29	MC/P (%)	16,56 ± 8,01
S/P (%)	1,86 ± 1,25	ML/P (%)	16,80 ± 6,75
MC/P (%)	5,83 ± 2,77	MT/P (%)	34,54 ± 10,11
ML/P (%)	5,55 ± 2,87	Prega_A/P (%)	71,06 ± 32,82
MT/P (%)	11,47 ± 5,38	Prega_L/P (%)	80,55 ± 31,70

Legenda: Estômago – P/M: profundidade da fosseta/altura da mucosa; L/P: largura da fosseta/profundidade da fosseta; CM: profundidade do colo da glândula/altura da mucosa; LC/A: largura do colo da glândula/profundidade do colo da glândula; BM: profundidade da base da glândula/altura da mucosa; LB/A: largura da base da glândula/profundidade da base da glândula; M/P: mucosa/parede total; S/P: submucosa/parede total; MO/P: muscular oblíqua/parede total; MC/P: muscular circular/parede total; ML/P: muscular longitudinal/parede total; MT/P: muscular total/parede total. Duodeno e Jejunó – V/M: altura das vilosidades/mucosa; L/A: largura das vilosidades/altura das vilosidades; P/M: profundidade das criptas/mucosa; L/P: largura das criptas/profundidade das criptas; M/P: mucosa/parede total; S/P: submucosa/parede total; MC/P: muscular circular/parede total; ML/P: muscular longitudinal/parede total; MT/P: muscular total/parede total. Intestino grosso – Cripta_P/M: profundidade das criptas/mucosa; Cripta_L/P: largura das criptas/profundidade das criptas; M/P: mucosa/parede total; S/P: submucosa/parede total; MC/P: muscular circular/parede total; ML/P: muscular longitudinal/parede total; MT/P: muscular total/parede total; Prega_A/P: altura da prega circular/parede total; Prega_L/P: largura da prega circular/parede total.

Tabela 3. Dados biométricos corporais e digestivos e índices gastrointestinal-somáticos obtidos do morcego *Lonchophylla mordax*, nas estações seca e chuvosa. Os valores estão expressos como média \pm desvio padrão

Parâmetros	Estação seca	Estação chuvosa
Peso corporal (g)	7,89 \pm 0,35 ^a	8,41 \pm 0,77 ^a
Comprimento corporal (cm)	5,48 \pm 0,08 ^a	5,46 \pm 0,11 ^a
Peso intestinal (g)	0,20 \pm 0,02 ^a	0,15 \pm 0,01 ^b
Comprimento intestinal (cm)	12,51 \pm 0,80 ^a	13,09 \pm 1,57 ^a
Peso estomacal (mg)	31,16 \pm 2,43 ^a	38,46 \pm 3,22 ^b
Comprimento estomacal (mm)	6,36 \pm 0,89 ^a	8,77 \pm 1,06 ^b
Peso intestinal relativo – PIR (%)	2,55 \pm 0,22 ^a	1,82 \pm 0,22 ^b
Comprimento intestinal relativo – CIR (%)	228,16 \pm 11,33 ^a	239,68 \pm 26,78 ^a
Peso estomacal relativo – PER (%)	0,40 \pm 0,04 ^a	0,46 \pm 0,05 ^a
Comprimento estomacal relativo – CER (%)	11,60 \pm 1,51 ^a	16,08 \pm 2,16 ^b

Letras diferentes (a, b) indicam diferenças significativas obtidas pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

Tabela 4. Medidas morfométricas lineares obtidas dos segmentos intestinais duodeno, jejuno e intestino grosso, comparados entre as estações seca e chuvosa, no morcego *Lonchophylla mordax*

	Parâmetros	Estação seca	Estação chuvosa
Duodeno	Diâmetro médio (μm)	1.492,52 \pm 313,41	1.407,533 \pm 254,24
	Perímetro (μm)	4.876,86 \pm 1.044,20	4.711,73 \pm 685,38
	Área total (μm^2)	1.776.804 \pm 651.311	1.581.468 \pm 501.555
	Raio (mm)	0,81 \pm 0,20	0,70 \pm 0,13
	Área nominal (mm^2)	604,95 \pm 110,70	612,74 \pm 78,55
	Volume (mm^2)	267,30 \pm 119,17	204,27 \pm 63,72
Jejuno	Diâmetro médio (μm)	1.275,18 \pm 92,34	1.396,27 \pm 322,14
	Perímetro (μm)	4.125,09 \pm 247,39	4.622,13 \pm 1.003,33
	Área total (μm^2)	1.269.354 \pm 160.969	1.553.628 \pm 681.983
	Raio (mm)	0,64 \pm 0,05	0,69 \pm 0,18
	Área nominal (mm^2)	516,01 \pm 42,57	605,49 \pm 146,51
	Volume (mm^2)	160,41 \pm 23,77	207,33 \pm 95,01
Intestino grosso	Diâmetro médio (μm)	1.311,03 \pm 163,59	1.180,05 \pm 122,14
	Perímetro (μm)	4.292,41 \pm 546,99	4.069,44 \pm 542,63
	Área total (μm^2)	1.414.332 \pm 349.937	1.030.288 \pm 265.044
	Raio (mm)	0,69 \pm 0,07	0,59 \pm 0,06
	Área nominal (mm^2)	536,41 \pm 71,35	529,57 \pm 68,40
	Volume (mm^2)	190,18 \pm 38,65	144,35 \pm 30,53

CAPÍTULO 3

“Glicemia e perfil metabólico de *Lonchophylla mordax* na Caatinga: variabilidade energética e dinâmica sazonal de ambientes semiáridos”

Carlos Henrique de Souza Silva^{1*}, Marianna Araújo Alves de Souza¹, Leandro Silva Valente¹,
Sirlene Rodrigues Sartori¹, Oswaldo Pinto Ribeiro Filho¹

¹Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil

*Autor para correspondência: carlos.souza@ufv.br

Resumo

Altas taxas metabólicas e elevado gasto energético, observados nos mamíferos, são características típicas de morcegos, principalmente nectarívoros. Nos ambientes sazonais da Caatinga, o morcego *Lonchophylla mordax* enfrenta desafios metabólicos associados à sua dieta e a manutenção dos níveis glicêmicos e de reservas energéticas. Foram investigados os efeitos das variações sazonais nos valores glicêmicos e de reservas de glicogênio hepático e muscular, e índices corporais, nessa espécie. Foram capturados 32 indivíduos (18 machos e 14 fêmeas) no município de Lajes – Rio Grande do Norte, entre as estações seca e chuvosa, para a avaliação dos níveis glicêmicos por meio de glicosímetro. Uma subpopulação de dez indivíduos machos foi eutanasiada para determinação do glicogênio hepático e muscular e aferição dos índices hepatossomático, lipossomático e viscerossomático. Os níveis glicêmicos oscilaram entre 31 e 309 mg/dL na estação seca, e entre 42 e 236 mg/dL, na chuvosa. O glicogênio hepático apresentou alta variabilidade, com mediana de 3,30 $\mu\text{mol glucosyl units g}^{-1}$ na estação seca e 10,89 $\mu\text{mol glucosyl units g}^{-1}$ na chuvosa. O glicogênio muscular mostrou-se homogêneo entre as estações. Os índices corporais foram estáveis e sem diferença estatística. A alta variabilidade individual na glicemia e no glicogênio sugere influência do estado alimentar recente e do sucesso de forrageamento, com maior estabilidade na chuvosa. Os índices corporais mantiveram-se estáveis, indicando estabilidade estrutural. Os dados reforçam a dependência de açúcares do néctar e a adaptação da espécie à sazonalidade da Caatinga.

Palavras-Chave: Glicogênio; Fígado; Glicose sanguínea; Dieta; Morcegos; Sazonalidade.

Introdução

Os morcegos representam um dos grupos de mamíferos com as maiores taxas metabólicas e gasto energético devido ao estilo de vida aéreo (Austad e Fischer, 1991). Dentre esses animais, as espécies que consomem néctar obtêm uma fonte altamente energética dos açúcares, sendo de rápida disponibilização para sustentar o trabalho muscular (Rodríguez-Peña et al., 2016). O comportamento de ingestão alimentar desses animais se baseia na detecção de odores vindos de fontes florais e da busca ativa da localização de flores utilizando a ecolocalização (Schnitzler e Denzinger, 2024). Ao aproximar-se da fonte, o morcego paira sobre a flor e extrai o néctar; dessa forma, os músculos do voo exigem uma grande demanda de energia (Voigt e Winter, 1999).

As estratégias metabólicas que evoluíram nos morcegos nectarívoros incluem a flexibilidade alimentar, a eficiência na absorção e a rápida oxidação dos açúcares ingeridos. Esses animais podem desenvolver preferências por néctares concentrados em glicose e frutose, de forma que sejam diretamente absorvidos, tanto por transportadores específicos quanto passivamente por via paracelular (Caviedes-Vidal et al., 2008; Rodríguez-Peña et al., 2016; Rocha et al., 2019). Além disso, a glicose absorvida pode ser prontamente destinada para os músculos do voo, enquanto o animal realiza o forrageamento, abastecendo o seu gasto energético. Em geral, as fibras musculares de contração rápida utilizam a glicose como substrato energético em exercícios intensos, enquanto as fibras de contração lenta oxidam ácidos graxos em exercícios lentos e de baixa intensidade (Kelm et al., 2011; Rogers et al., 2019).

Os morcegos nectarívoros investem pouco nas reservas de glicogênio hepático e muscular, e no tecido adiposo, dependendo diariamente da ingestão de glicose da dieta (Voigt e Speakman, 2007). Esses animais são altamente vulneráveis ao jejum de curto-prazo e podem enfrentar desafios na manutenção das suas condições fisiológicas e nutricionais em razão das oscilações sazonais na oferta de recursos alimentares e na sua qualidade (Amaral et al., 2019), podendo interferir diretamente sobre a alocação de reservas energéticas.

Em florestas tropicais sazonalmente secas, como a Caatinga, o néctar é o recurso floral mais abundante, principalmente na estação chuvosa, embora certas espécies de plantas possam florir durante a estação seca (Machado e Lopes, 2004). A irregularidade das chuvas afeta diretamente o padrão reprodutivo e de produção floral nas plantas da caatinga, produzindo cenários diferentes em cada período do ano de recursos explorados pelos morcegos (Machado et al., 1997; Meiado et al., 2012; Neves et al., 2022). O comportamento alimentar desses animais

é influenciado diretamente pela dinâmica sazonal e heterogeneidade ambiental dos seus habitats, refletindo nas suas estratégias de manutenção energética.

O morcego *Lonchophylla mordax* (Phyllostomidade: Lonchophyllinae) é a segunda espécie de nectarívoro mais abundante na caatinga, explorando diferentes espécies de plantas ao longo do ano, de acordo com a sua disponibilidade. A espécie desempenha uma função-chave nesses ecossistemas como polinizadora de diversas espécies de plantas, contribuindo para a manutenção desses ambientes, extremamente ameaçados pelas ações antrópicas (Vogel et al., 2005; Moratelli e Dias, 2015; Rocha et al., 2019; Cordero-Schimidt et al., 2021).

As reservas energéticas já analisadas em outras espécies de nectarívoros mostra alterações relacionadas mais ao fígado e um padrão geral semelhante no baixo armazenamento de glicogênio e gordura corporal (Amaral et al., 2019; Castro et al., 2021). Em *L. mordax*, essas características têm sido pouco exploradas e podem ajudar a compreender a dinâmica e as estratégias fisiológicas empregadas por essa espécie em um ambiente altamente sazonal.

Esse estudo foi realizado para investigar se as variações sazonais no habitat de *L. mordax* pode repercutir em diferenças nos seus valores glicêmicos, de reservas energéticas de glicogênio, e índices digestivos, a fim de detectar eventuais efeitos na dinâmica e adaptabilidade da espécie na caatinga.

Material e métodos

- **Área de estudo e captura dos animais**

Este estudo foi conduzido no município de Lajes, no estado do Rio Grande do Norte, em uma área de caatinga hiperxerófila, a qual apresenta forte sazonalidade — a estação seca se entende de agosto a dezembro e a estação chuvosa de janeiro a julho (Szilagyi, 2007) — e muitos afloramentos de rochas calcáreas. Foram capturados 32 indivíduos (18 machos e 14 fêmeas) do morcego *Lonchophylla mordax*, nas estações seca (entre novembro e dezembro de 2024) e chuvosa (entre março e maio de 2025), sendo 16 em cada estação. As capturas e experimentos com os animais foram autorizados pelo ICMBio/IBAMA (SISBio nº 86042) e pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFV - CEUA (nº 22/2023).

Foram instaladas entre três e cinco redes de neblina, em dez pontos caracterizados como habitat da espécie. As redes ficaram abertas desde 17:40 a 18:00h e foram fechadas desde 00:00 a 2:40h, dependendo do número de indivíduos necessários. Os morcegos capturados foram

acondicionados em bolsas de tecido de algodão e, a partir de então, foram identificados com chave taxonômica (Díaz et al., 2021), pesados com um dinamômetro de mola (Pesola®, precisão: 0,2 g; capacidade: 300 g) e mediu-se o comprimento do antebraço com paquímetro digital (precisão: 0,02 mm; capacidade: 150 mm). O estágio adulto foi determinado após a observação do fechamento das epífises com as diáfises do quarto dedo (Kunz e Anthony, 1982).

Os indivíduos capturados foram anilhados com colar de plástico flexível, alimentados com uma solução de água com sacarose a 15% e soltos em seu local de captura.

- **Determinação da glicemia**

Para a determinação da glicemia, os morcegos (n = 13 na estação seca e 16 na chuvosa) foram confinados em bolsas de contenção por no mínimo 1h. Após isso, uma pequena punção foi feita na veia braquial (Smith et al., 2010; Watsa et al., 2023), por meio de seringa de insulina (0,5 mL), e algumas gotas de sangue foram colocados em fitas reagentes, as quais foram lidas em um dispositivo eletrônico (glicosímetro – G-Tech Free®). O sangue foi rapidamente estancado com uma pressão aplicada no local com o auxílio de algodão.

- **Glicogênio hepático e muscular**

Para as análises de dosagem de glicogênio e composição bromatológica, foram coletados dez animais machos e adultos não-reprodutivos (cinco em cada estação). A eutanásia foi realizada em campo, por meio de anestesia prévia, utilizando-se 2 mL do inalante isoflurano 100% (Isoflurano Syntec®), conforme protocolos internacionais para quirópteros (Bat world sanctuary, 2020; Approved euthanasia methods for bats, 2020). Após isso, os animais foram submetidos ao deslocamento cervical e dissecados por incisão longitudinal, para remoção dos órgãos abdominais.

O fígado e um fragmento de músculo peitoral foram removidos e armazenados em gelo seco em campo e, posteriormente, mantidos em ultrafreezer a -80 °C, em laboratório. Os tecidos foram pesados em balança eletrônica e foram dissolvidos em hidróxido de potássio (KOH a 30%) por 24 h. Após isso, a extração do glicogênio foi feita tornando a solução alcoólica a 99% e por separação gravimétrica a 2000 rpm.

A leitura do glicogênio foi feita por método colorimétrico (Carroll et al., 1956; Srivastava e Krishna, 2010), em que unidades de glicose das amostras foram liberadas após

reação com reagente de antrona e a absorbância foi determinada a 620 nm. Os valores foram convertidos em μmol de unidades glicosil por g de tecido ($\mu\text{mol glicosyl units g}^{-1}$).

- **Índices corporais**

A fim de inferir sobre o investimento em massa de órgãos, como forma de utilização adequada de energia corporal, foram calculados os seguintes índices: Hepatossomático – IHS, Viscerossomático – IVS e Lipossomático – ILS. Os índices foram calculados com base nas seguintes fórmulas e expressos em porcentagem:

$$\text{IHS} = \frac{\text{peso do fígado}}{\text{peso corporal}} \times 100 \qquad \text{ILS} = \frac{\text{peso da gordura interescapular}}{\text{peso corporal}} \times 100$$

$$\text{IVS} = \frac{\text{peso das vísceras}}{\text{peso corporal}} \times 100$$

- **Análise estatística**

Os valores glicêmicos, do glicogênio hepático e muscular, e dos índices corporais foram subdivididos para cada estação (seca e chuvosa). Após o teste de normalidade dos dados, a comparação entre os grupos foi realizada por meio do teste de Mann-Whitney, considerando um intervalo de confiança de 95% ($p < 0,05$). Foi utilizado o *software* R (R Core Team, 2024), pacote ggplot2, para a realização dos testes estatísticos. Os dados biométricos estão representados como mediana e intervalo interquartil (IQR).

Resultados

- **Glicemia**

Os valores de glicemia em *L. mordax* revelaram uma ampla variação em ambas as estações. Durante a estação seca, oscilaram entre 31 e 309 mg/dL, enquanto na chuvosa variaram entre 42 e 236 mg/dL. Entretanto, o teste de Mann-Whitney não indicou diferença estatisticamente significativa entre as distribuições de glicemia nas duas estações ($W = 96$, $p = 0,7422$), sugerindo que a espécie não apresentou uma variação sazonal acentuada, sob as

condições ambientais. Contudo, na estação chuvosa houve uma menor variância entre os indivíduos ($101,19 \pm 52,36$ mg/dL), enquanto na seca os valores foram mais dispersos ($121,25 \pm 93,72$ mg/dL). Essa alta variabilidade dos dados reduziu o poder estatístico (Figura 1).

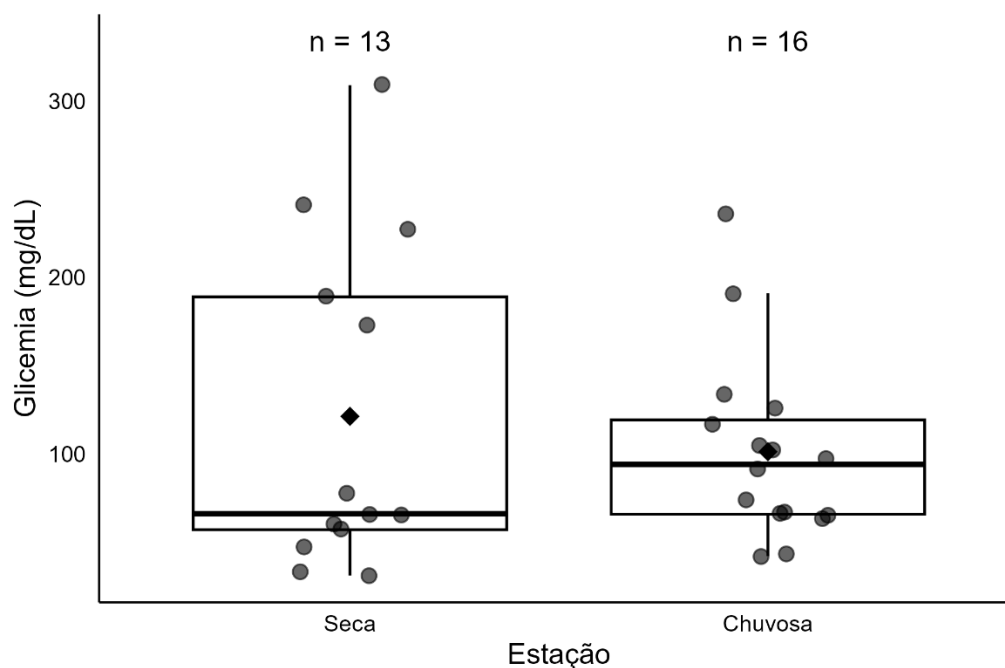


Figura 1. Boxplot com pontos individuais sobrepostos evidenciando a distribuição dos valores de glicemia entre as estações seca e chuvosa em *Lonchophylla mordax*, indicando maior dispersão nos dados da estação seca.

- **Glicogênio hepático e muscular**

As concentrações de glicogênio no fígado e no músculo peitoral resultaram em uma alta variabilidade entre os indivíduos avaliados, em ambas as estações. O glicogênio hepático, na estação seca, resultou em uma mediana de $3,30 \mu\text{mol glucosyl units g}^{-1}$ (IQR = 236,78) e $10,89 \mu\text{mol glucosyl units g}^{-1}$ (IQR = 18,49), na chuvosa. Dois indivíduos da estação seca apresentaram valores acima de $200 \mu\text{mol glucosyl units g}^{-1}$, elevando a média; a comparação entre estações não foi significativa (teste de Mann–Whitney, $W = 14$, $p = 0.84$).

Os níveis de glicogênio muscular não diferiram entre as estações ($W = 16$, $p = 0,55$), apresentando mediana de $2,64 \mu\text{mol glucosyl units g}^{-1}$ (IQR = 7,32) na estação seca e $1,85 \mu\text{mol glucosyl units g}^{-1}$ (IQR = 10,59) na chuvosa (Figura 2).

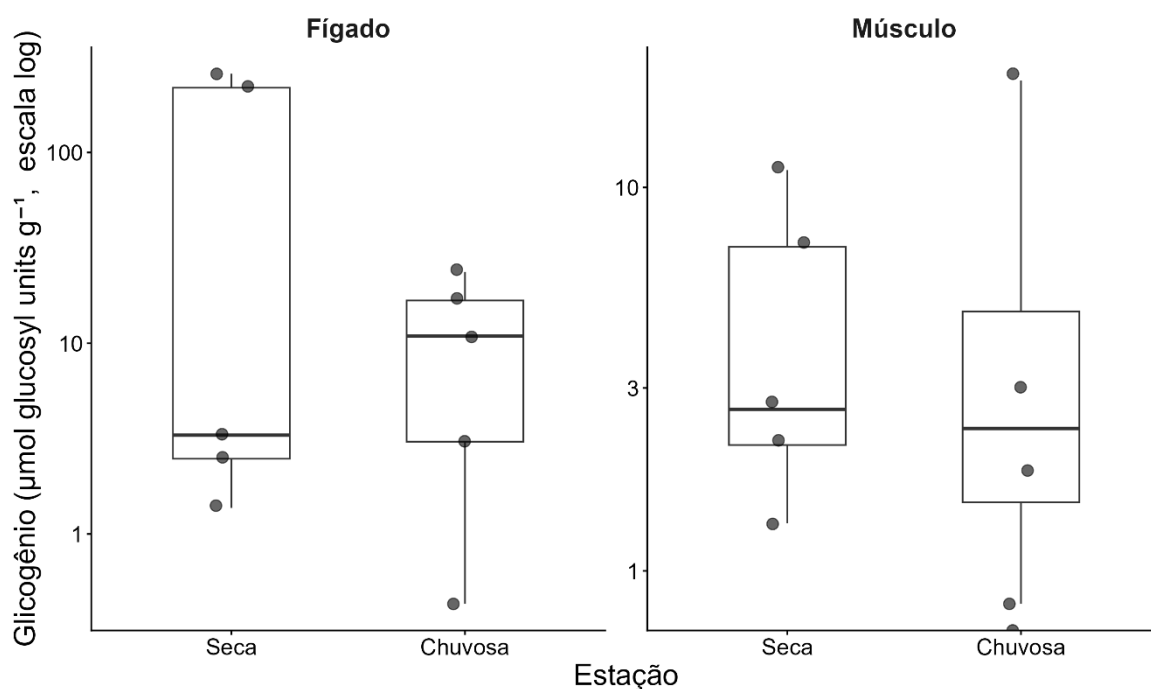


Figura 2. Concentração de glicogênio extraído do fígado e do músculo peitoral de *Lonchophylla mordax*, convertidos em μmol de unidades glicosil por g de tecido (μmol glicosyl units g^{-1}). Os valores comparados entre as estações seca e chuvosa não obtiveram diferença significativa ($p < 0,05$). Para a representação gráfica, os dados foram transformados para escala logarítmica, para melhor visualização da distribuição dos valores (pontos cinzas).

• Índices corporais

Os valores da mediana da relação entre o peso do fígado e o peso corporal (índice hepatossomático – IHS) foram de 2,48 % (IQR = 0,56) na estação seca e 2,36 % (IQR = 0,61) na estação chuvosa.

O índice lipossomático (ILS) apresentou mediana de 0,81 % (IQR = 0,50) na estação seca e 0,38 % (IQR = 1,18) na estação chuvosa. Os depósitos de gordura variaram individualmente em ambas as estações; entretanto, dois indivíduos da estação chuvosa apresentaram acúmulos visivelmente maiores, embora a mediana geral tenha sido maior nos indivíduos da estação seca.

O índice viscerossomático (IVS) apresentou mediana de 12,39 % (IQR = 5,13) nos animais da estação seca e 13,97 % (IQR = 4,31) nos indivíduos da estação chuvosa.

O teste de Mann–Whitney não indicou diferença estatisticamente significativa entre as estações seca e chuvosa para o IHS ($W = 8$, $p = 0,402$), ILS ($W = 8,5$, $p = 0,463$) e IVS ($W = 16$, $p = 0,548$) (Figura 3).

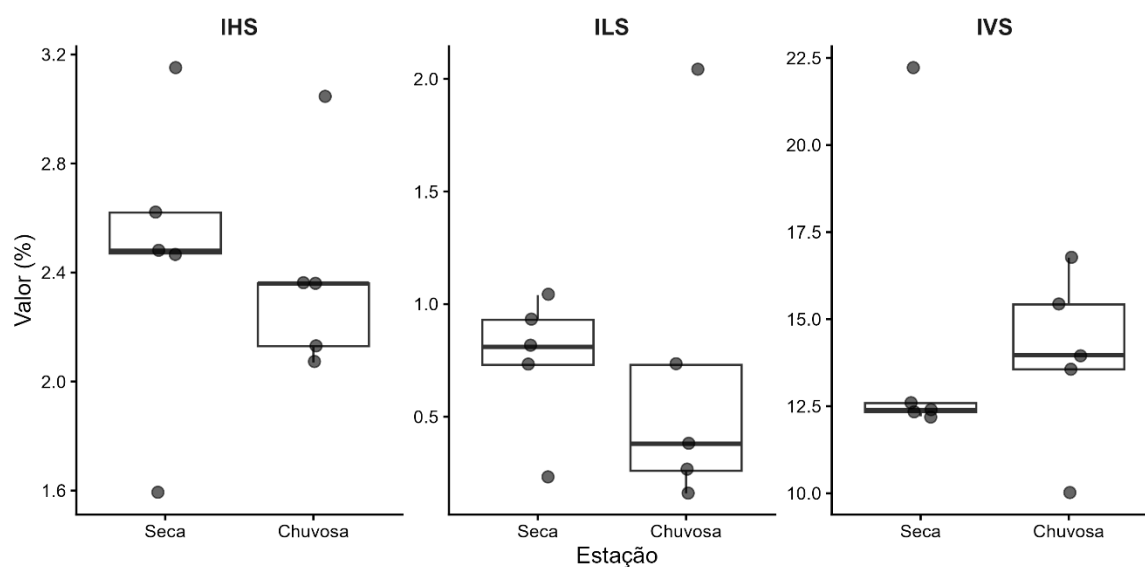


Figura 3. Porcentagens dos índices corporais hepatossomático (IHS), lipossomático (ILS) e viscerossomático (IVS), obtidos a partir do peso do fígado, das vísceras e da gordura interescapular, respectivamente, em relação ao peso corporal do morcego *Lonchophylla mordax*. Os pontos cinzas indicam a distribuição dos valores reais.

Discussão

• Glicemia

A glicemia avaliada no morcego *L. mordax* resultou em valores muito variáveis entre os indivíduos de ambas as estações, e vários fatores podem ter contribuído para essas oscilações. Nos animais da estação seca, a variabilidade dos níveis de glicose sanguínea foi maior, podendo refletir alimentação recente, diferenças individuais no estado nutricional ou variações no gasto energético. Os indivíduos capturados na estação chuvosa podem ter enfrentado condições semelhantes, entretanto, a variabilidade menor nos dados pode indicar uma tendência mais uniforme nas condições fisiológicas dessa população. Esses fatos sugerem uma oferta de recursos alimentares presentes em ambas as estações analisadas, mas provavelmente influenciados por diferenças na qualidade, abundância e distribuição espacial, e pela variabilidade individual no forrageamento e condição fisiológica dos animais.

A variação na glicemia observada no período seco pode ter resultado de um maior gasto energético durante a procura de fontes alimentares mais dispersas. Com o início da noite, os morcegos nectarívoros deixam os abrigos em busca de alimento, após o jejum diurno, e a glicemia se encontra em níveis baixos até que o animal encontre uma fonte alimentar. Com a redução da densidade de plantas em floração e a sua localização mais difícil, nesse período, o gasto energético durante o forrageamento aumenta. Os animais capturados em pontos estratégicos, como em locais de ocorrência de *Ruellia asperula*, podem ter fornecido uma quantidade relevante de néctar, aumentando conseqüentemente a glicemia nesses indivíduos.

Com a escassez de chuvas, os recursos alimentares podem se tornar mais esparsos, restringindo-se a algumas espécies que florescem nessa época, geralmente próximas a áreas úmidas ou de cursos d'água temporários (Borchert, 1994; Neves et al., 2022). A espécie *R. asperula* apresenta essas características e, apesar de ser polinizada por aves, costuma ser explorada por *L. mordax* durante os períodos de estiagem (Cordero-Schmidt et al., 2021). Os animais que enfrentam mudanças sazonais nas suas fontes alimentares tendem a se dispersar para além das bordas dos seus habitats, aumentando o seu deslocamento (Klingbeil e Willig, 2010).

Na estação chuvosa, a tendência menos variável nos níveis glicêmicos pode estar relacionada à maior densidade de plantas em floração, conseqüentemente maior abundância de recursos florais, e de fácil localização. Nesse período, os indivíduos podem ter encontrado fontes de alimento mais facilmente e com distribuição mais próximas aos abrigos, reduzindo o gasto energético e economizando a concentração de reservas corporais de glicogênio e gordura. Após o jejum diurno, a maior disponibilidade de alimento pode ter contribuído para uma melhor homeostase glicêmica, com menos variações nos seus níveis. Isso permite uma melhor condição fisiológica nesses animais e maior oportunidade para investimento na atividade reprodutiva.

Os morcegos nectarívoros consomem grandes volumes de néctar ricos em frutose e glicose, especialmente provenientes de cactáceas, oferecendo um recurso abundante na estação chuvosa (Baker et al., 1998). Espécies de cactáceas quiropterófilas do gênero *Pilosocereus* formam extensas comunidades nos habitats de *L. mordax*, locais com predominância de afloramentos rochosos utilizados como abrigo; essas condições podem favorecer a permanência de colônias próximas às fontes de alimento (Cordero-Schmidt et al., 2021; Domingos-Melo et al., 2023).

O horário de captura dos indivíduos pode ter influenciado os valores glicêmicos registrados, uma vez que morcegos capturados próximo ao anoitecer provavelmente se

encontravam em jejum ou iniciando suas atividades de forrageamento. Valores glicêmicos mais baixos podem refletir o estado alimentar desses indivíduos antes da ingestão de néctar. Por outro lado, níveis glicêmicos mais elevados registrados ao longo da noite podem refletir ingestão de néctar imediatamente antes da captura.

No período seco, as floradas ocorrem em menor quantidade, e o néctar produzido é mais concentrado, devido à escassez de água no solo, o que leva a sua desidratação e tornando-o concentrado, isto é, com maior quantidade de açúcar. Já no período chuvoso, ocorre o contrário, o néctar contém maior quantidade de água, diluindo os açúcares nele presente.

Morcegos nectarívoros iniciam suas atividades de alimentação logo após o pôr do sol (Pedrozo et al., 2018; Barbier et al., 2023; Albuquerque-Lima et al., 2024), e a disponibilidade de recursos florais ao longo da noite pode influenciar diretamente a variação na glicemia. No caso de *Pilosocereus* spp., a antese inicia-se por volta das 18h e permanece disponível durante grande parte da noite, enquanto plantas polinizadas por aves ou abelhas podem apresentar certa flexibilidade na oferta de néctar e pólen em horários noturnos (Rocha et al., 2019; Cordero-Schimidt et al., 2021).

O nível mais baixo de glicemia encontrado neste estudo foi 31 mg/dL e o mais alto foi 309 mg/dL, ambos na estação seca, evidenciando uma elevada variação individual nessa população. A glicemia de jejum em nectarívoros está entre 3 mmol/L (54 mg/dL) em *Glossophaga soricina* e 5 mmol/L (90 mg/dL) em *Anoura caudifer*. Após se alimentar, a glicose alcança valores elevados (até mais que 400 mg/dL), e geralmente decai após os primeiros 30 a 90 min (Kelm et al., 2011; Castro et al., 2021). A hiperglicemia, após a ingestão de uma solução rica em açúcares, é momentânea, à medida em que a oxidação das moléculas de glicose e frutose prontamente converte em energia para abastecer o trabalho muscular durante o forrageamento (Kelm et al., 2011; Rodriguez-Peña et al., 2016).

O aumento dos valores glicêmicos, detectados após as capturas, significa que o animal fez uma refeição recente, isto é, a absorção de glicose e frutose são rápidas, esses açúcares vão estar presentes na corrente sanguínea em um intervalo de tempo curto.

Após os animais iniciarem as atividades de forrageamento, o jejum diurno em que se encontravam leva a uma necessidade de obter energia para os tecidos e órgãos, podendo resultar da quebra do glicogênio hepático e sua rápida disponibilização no sangue para manter os níveis de açúcares necessário para a homeostase do animal. Após obter a primeira refeição, cessa a glicogenólise hepática e os níveis de açúcares são mantidos pelo alimento capturado.

Entretanto, a elevada variabilidade observada, especialmente na estação seca, provavelmente reflete a alternância entre períodos de jejum e ingestão recente de néctar.

O glicogênio hepático só é disponibilizado quando há necessidade de aumento de glicose circulante, para manter o animal em estado de conforto.

A glicogenólise hepática contribui para liberação de glicose para o sangue em certos morcegos frugívoros, sustentando o seu metabolismo até 48h de jejum (Pinheiro et al., 2006). Nos nectarívoros, a glicose proveniente da dieta é rapidamente absorvida e destinada para os músculos em atividade e o excedente de glicose pode ser convertido em glicogênio e gordura, embora esses animais invistam pouco nessas reservas. Essas espécies são vulneráveis ao jejum superior a 24h, o que demanda uma alta dependência de recursos florais a cada noite (Voigt e Speakman, 2007; Brun et al., 2014; Castro et al., 2021).

Além do glicogênio, a gordura corporal pode ser mobilizada para fornecer glicose para as células, principalmente durante o início da alimentação. A oxidação dos lipídeos pode disponibilizar energia durante exercícios de menor intensidade, quando os animais estão iniciando o forrageamento. Posteriormente, a glicose da dieta pode ter substituído as vias lipídicas e levado ao aumento da glicose.

Considerando o padrão de glicemia, glicogênio hepático e de gordura dos nectarívoros, a glicemia avaliada provavelmente foi exógena em relação aos maiores valores detectados.

Portanto, a ausência de diferença estatística nos valores glicêmicos entre as estações, associada à elevada variabilidade ambiental, sugere que a glicemia em *L. mordax* não reflete um estado fisiológico estável, mas um sistema dinâmico que depende da ingestão recente de alimento e do comportamento de forrageamento. Durante a estação seca, a maior dispersão dos recursos alimentares pode aumentar o esforço de busca e contribuir para uma maior variabilidade nos níveis glicêmicos, enquanto na estação chuvosa, recursos florais mais previsíveis e abundantes favorecem condições fisiológicas mais homogêneas. Esse padrão glicêmico evidencia uma estratégia metabólica baseada no uso imediato da glicose, em resposta à variabilidade ambiental da Caatinga.

- **Glicogênio hepático e muscular**

As concentrações de glicogênio hepático e do músculo peitoral em *L. mordax* apresentaram uma alta variabilidade em ambas as estações, refletindo diferenças metabólicas individuais. O glicogênio hepático mostrou maior variação e maior concentração do que o

músculo peitoral, possivelmente devido ao seu papel central no armazenamento dessa reserva energética e disponibilização para os tecidos.

Na estação seca, os valores de glicogênio hepático exibiram a maior variabilidade, com indivíduos possuindo valores acima de 200 $\mu\text{mol glucosyl units g}^{-1}$, e outros com valores inferiores a 5 $\mu\text{mol glucosyl units g}^{-1}$, evidenciando uma possível heterogeneidade fisiológica para esses animais. A extrema discrepância nos valores de glicogênio hepático pode refletir diferenças comportamentais no forrageamento e disponibilidade de alimento; alguns indivíduos podem obter melhores condições do ambiente para encontrar alimento, se beneficiar de informações sobre espaço e localização do alimento transferidas entre grupos, ou se mover para outros abrigos próximos às fontes de alimentação durante o período de seca, retornando à colônia principal em épocas mais favoráveis. No caso dos valores mais baixos de glicogênio, indivíduos forrageando isoladamente e realizando longas viagens entre as fontes de alimento e o abrigo podem ter levado a valores muito reduzidos.

No morcego nectarívoro *A. caudifer*, a concentração de glicogênio hepático pode variar entre 25 e 40 mg/g de tecido, o que equivale a uma média de 250 $\mu\text{mol glucosyl units g}^{-1}$ (Castro et al., 2021). O investimento no armazenamento de glicogênio é pequeno em morcegos nectarívoros (Amaral et al., 2019), contudo, sendo *L. mordax* uma espécie menor (9 g), esses valores podem ter sido influenciados por variação intraespecífica e pela dinâmica ambiental e estação de coleta, na Caatinga.

Como os morcegos nectarívoros dependem predominantemente da glicose da dieta para abastecer os músculos do voo, a necessidade de acúmulo de glicogênio ou de mobilização é menor. Os indivíduos capturados na estação seca podem ter acumulado menos glicogênio, devido a menor previsibilidade de alimentos existente nessa estação. Enquanto aqueles que apresentaram valores altos podem reforçar a hipótese de variação individual no sucesso de forrageamento, significando que um excedente de glicose permitiu o acúmulo de reserva maior.

Além disso, como os nectarívoros não consomem somente néctar, o qual é uma fonte majoritária de açúcares, a inclusão de pólen e insetos pode fornecer certas quantidades de carboidratos, aminoácidos e lipídeos que podem ser convertidos em glicose e armazenados como glicogênio. Após o término do forrageamento, a glicose consumida durante a noite foi utilizada no período de alimentação, sobrando pouco substrato para sintetizar reservas, entretanto, ao retornam para os abrigos, os morcegos podem produzir novas moléculas de glicogênio por meio de gliconeogênese.

No período seco, a disponibilidade de alimento torna-se menor, devido a presença de outros morcegos nectarívoros, levando a uma competição por alimento, o que faz com que as reservas de alguns indivíduos fiquem em níveis baixos.

Nos indivíduos avaliados na estação chuvosa, as concentrações de glicogênio hepático sofreram menos variações, embora tenham resultado em torno de 10 $\mu\text{mol glucosyl units g}^{-1}$. Esses valores, juntamente com os níveis glicêmicos, apresentaram uma menor variabilidade, sugerindo uma correlação; isso indica que os animais encontraram uma maior estabilidade dos recursos alimentares, mantendo a glicemia e o glicogênio hepático equilibrados. Os valores baixos, comparado a outros nectarívoros, reforçam um padrão que pode ser típico da espécie, principalmente por viver em ambientes de Caatinga, mas com tendência a maior estabilidade no período de chuvas.

O glicogênio hepático é a principal reserva energética dos mamíferos com potencial de mobilização rápida, especialmente durante exercícios de alta intensidade (Rogers et al., 2019). Os morcegos nectarívoros possuem uma alta taxa metabólica, exigindo uma fonte de energia de rápida disponibilização para os músculos; os carboidratos ingeridos a partir do néctar são oxidados pelos músculos do voo durante todo o seu forrageamento, e as pequenas reservas de glicogênio podem ser depletadas em até 50% a cada noite (Voigt e Speakman, 2007; Kelm et al., 2011). Quando esses animais estão em jejum, sejam durante o dia ou no início do forrageamento, eles utilizam os ácidos graxos da gordura corporal para o fornecimento de energia (Suarez e Welch, 2017).

O glicogênio muscular não obteve grandes variações, apresentando valores semelhantes entre as estações, podendo indicar que é uma reserva energética menor e rapidamente depletada pelos músculos esqueléticos. A variabilidade encontrada nessa reserva de glicogênio também pode refletir uma diferença interespecífica de *L. mordax*, reforçando que a espécie pode depender mais da glicose da dieta para abastecer os músculos do voo.

Quando esses morcegos consomem o néctar, a glicose absorvida pode ser direcionada para os músculos utilizarem como fonte de energia durante o voo. O sucesso de forrageamento, incluindo o aumento da ingestão de alimento e de melhor qualidade, pode permitir a síntese de uma pequena reserva no músculo, principalmente nos momentos de descanso, durante o dia, e de intervalo entre as saídas para se alimentar. Essa reserva pode ser mobilizada em situação de emergência, quando há escassez de alimento, ou ser menos utilizada pelo músculo se a ingestão de glicose for alta, a qual se torna a principal fonte de energia para o voo.

Comparado a outros nectarívoros, o glicogênio muscular em *G. soricina* alcançou valores de 148 $\mu\text{mol glucosyl units g}^{-1}$, após alimentação com frutas e soluções de sacarose a 25%, tendo uma redução de até 22% após 18h de jejum. Em *A. caudifer*, foram encontrados valores entre 11 e 70 $\mu\text{mol glucosyl units g}^{-1}$, evidenciando uma extrema variação, em condições ambientais e de laboratório (Amaral et al., 2019, Castro et al., 2021; Silva, 2022).

A reserva de glicogênio muscular é menor que a hepática e utilizada somente para a atividade muscular, além de contribuir na redução do peso corporal. Em geral, o metabolismo nos músculos peitorais tem uma dependência maior na oxidação de gorduras e da ingestão de glicose (Yacoe et al., 1982).

O padrão de reservas de glicogênio hepática e muscular em *L. mordax*, indica que esses animais podem utilizar essas reservas apenas como segurança metabólica transitória. Como esses animais investem pouco nessas reservas, estas podem ser utilizadas no início do forrageamento ou serem mais depletadas em situações de escassez de alimento, até que a glicose da dieta assumo o papel de principal fonte energética, principalmente para os músculos. Além disso, em ambientes sazonais como a Caatinga, essa estratégia pode ser vantajosa ao reduzir o custo de transporte associado ao acúmulo de reservas, indicando que esses animais são bem adaptados à dinâmica desses ambientes, principalmente pela oferta quase constante de recursos florais.

- **Índices corporais**

A avaliação dos índices corporais não indicou diferença significativa entre as estações seca e chuvosa, sugerindo uma condição fisiológica relativamente estável em relação à proporção de massa dos órgãos nos indivíduos de *L. mordax* ao longo do período amostrado. A baixa variabilidade nos valores observadas nesses índices pode refletir a manutenção da condição corporal mesmo diante das variações ambientais características da caatinga.

A ausência de variação significativa entre as estações sugere que os indivíduos analisados mantiveram uma proporção relativamente constante da massa hepática ao longo do ano. Esse dado pode ser correlacionado com as concentrações de glicogênio, sugerindo a estabilidade morfológica do órgão, mesmo diante da variabilidade bioquímica interna. Esse padrão reforça as estratégias energéticas observadas em morcegos nectarívoros, que dependem predominantemente da glicose proveniente da dieta para sustentar suas elevadas demandas

metabólicas. Dessa forma, a necessidade de acumular grandes reservas energéticas é reduzida, o que contribui para minimizar o peso corporal durante o voo (Kelm et al., 2011).

O índice hepatossomático (IHS) é frequentemente utilizado como um indicador da condição fisiológica e da atividade metabólica do fígado, estando associado ao armazenamento e mobilização de reservas energéticas, como glicogênio e lipídeos. Em mamíferos, entretanto, esse índice tende a apresentar variações relativamente discretas em função dessas características, sendo mais fortemente influenciado pelo estado nutricional e pela mobilização de reservas energéticas.

Em alguns vertebrados, o IHS pode variar de acordo com fatores como sexo, idade, sazonalidade ou condição fisiológica (Rodrigues et al., 2017).

Apesar de todos os indivíduos analisados terem sido machos não reprodutivos, fêmeas grávidas ou em fase de lactação podem apresentar maiores demandas energéticas, resultando em maior ingestão de alimento e maior disponibilidade de substratos para síntese de reservas energéticas. Assim, pequenas alterações individuais no IHS poderiam ser observadas nessas condições.

O índice lipossomático também apresentou alta variabilidade individual em ambas as estações, o que pode indicar que o acúmulo de gordura corporal depende principalmente do estado nutricional e do sucesso de forrageamento de cada indivíduo. Em morcegos nectarívoros, as reservas lipídicas geralmente não são amplamente acumuladas; entretanto, diferenças podem ocorrer em função do sexo, estado reprodutivo ou composição da dieta (Silva, 2022).

Apesar do investimento relativamente limitado em reservas lipídicas, a oxidação de lipídeos corporais desempenha papel importante durante períodos de jejum e no início do forrageamento, estando associada a atividades metabólicas de menor intensidade (Voigt & Speakman, 2007; Suarez & Welch, 2017; Rogers et al., 2019).

Embora a gordura subcutânea do tecido adiposo branco não tenha sido avaliada diretamente, a variabilidade observada no acúmulo de tecido adiposo marrom, especialmente na região interescapular, pode refletir não apenas diferenças na ingestão de alimento, mas também a mobilização dessas reservas para termogênese e utilização do torpor como estratégias para enfrentar mudanças sazonais no ambiente.

Morcegos tropicais, como o nectarívoro *G. soricina*, podem utilizar torpor diário como mecanismo de conservação energética quando a disponibilidade de recursos é limitada, contribuindo para o equilíbrio do balanço energético. A termogênese mediada pela oxidação de lipídios do tecido adiposo marrom pode substituir o tremor muscular e geralmente ocorre

durante o despertar do estado de torpor (Cannon & Nedergaard, 2004; Geiser, 2004; Kelm & von Helversen, 2007).

Por fim, a ausência de diferença significativa no índice viscerossomático sugere uma relativa estabilidade na massa dos órgãos internos entre as estações, indicando que esses tecidos provavelmente não constituem alvos principais de alterações sazonais na dieta. Entretanto, não se pode descartar que mudanças individuais na massa de órgãos específicos, como intestino e rins, ocorram em resposta a suas funções diretamente relacionadas à digestão, absorção de nutrientes e regulação hídrica.

Conclusões

O morcego nectarívoro *Lonchophylla mordax* apresentou uma alta variabilidade individual, principalmente nos níveis glicêmicos e nas concentrações de glicogênio hepático e muscular, tanto na estação seca quanto na chuvosa. A ausência de diferença significativa nos índices corporais revela uma estabilidade estrutural ao longo das estações. Ocorre uma elevada adaptação à dinâmica sazonal dos ambientes semiáridos, por meio da flexibilidade alimentar, de forma que a glicemia e o armazenamento de glicogênio dependem do sucesso de forrageamento e condições individuais. Apesar do pouco investimento em reservas energéticas, esses animais necessitam diariamente dos açúcares da dieta e dependem da integridade desses ambientes para sobreviver.

Referências

Albuquerque-Lima, S.; Lopes, A. V.; Machado, I. C. **Reproductive isolation between two sympatric bat-pollinated *Bauhinia* (Leguminosae)**. *Journal of Plant Research*, v. 137, n. 1, p. 65–77, 2024.

Amaral, T. S. et al. **Low energy reserves are associated with fasting susceptibility in Neotropical nectar bats *Glossophaga soricina***. *Brazilian Journal of Biology*, v. 79, p. 165–168, 2019.

Approved euthanasia methods for bats. [vídeo]. [S.l.]: [s.n.], 2020. Disponível em: <https://www.exemplo.com/video-euthanasia>. Acessado em 16 de agosto de 2022.

Austad, S. N.; Fischer, K. E. **Mammalian aging, metabolism, and ecology: evidence from the bats and marsupials**. *Journal of Gerontology*, v. 46, n. 2, p. B47–B53, 1991.

Baker, H. G.; Baker, I.; Hodges, S. A. **Sugar composition of nectars and fruits consumed by birds and bats in the tropics and subtropics.** *Biotropica*, v. 30, n. 4, p. 559–586, 1998.

Barbier, E.; Pilatti, P.; Bernard, E. **Insights into the natural history of the nectar-feeding bat *Lonchophylla mordax* (Phyllostomidae), a Data Deficient species endemic to Brazil.** *Acta Chiropterologica*, v. 25, n. 1, p. 113–123, 2023.

Bat World Sanctuary. **Insectivorous bat euthanasia.** [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://batworld.org/insectivorous-bat-euthanasia/>. Acessado em 16 de Agosto de 2022.

Borchert, Rolf. **Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees.** *Ecology*, v. 75, n. 5, p. 1437–1449, 1994.

Brun, A. et al. **High paracellular nutrient absorption in intact bats is associated with high paracellular permeability in perfused intestinal segments.** *Journal of Experimental Biology*, v. 217, n. 18, p. 3311–3317, 2014.

Cannon, B.; Nedergaard, J. A. N. **Brown adipose tissue: function and physiological significance.** *Physiological reviews*, v. 84, n. 1, p. 277–359, 2004.

Carroll, N. V. et al. **The determination of glycogen in liver and muscle by use of anthrone reagent.** *Journal of Biological Chemistry*, v. 220, n. 2, p. 583–593, 1956.

Castro, D. L. J. et al. **Insulin and glucose regulation at rest and during flight in a Neotropical nectar-feeding bat.** *Mammalian Biology*, v. 101, n. 6, p. 987–996, 2021.

Caviedes-Vidal, E. et al. **Paracellular absorption: a bat breaks the mammal paradigm.** *PLoS One*, v. 3, n. 1, p. e1425, 2008.

Cordero-Schmidt, E. et al. **Bat–flower interaction networks in Caatinga reveal generalized associations and temporal stability.** *Biotropica*, v. 53, n. 6, p. 1546–1557, 2021.

Díaz, M. M. et al. **Clave de identificación de los murciélagos neotropicales/Chave de identificação dos morcegos neotropicais.** *Publicación Especial Nro 4*, p. 207, 2021.

Domingos-Melo, A. et al. **Bat pollination in the Caatinga: A review of studies and peculiarities of the system in the new world's largest and most diverse seasonally dry tropical forest.** *Flora*, v. 305, p. 152332, 2023.

Geiser, F. **Metabolic rate and body temperature reduction during hibernation and daily torpor.** *Annual Review of Physiology*, v. 66, n. 1, p. 239–274, 2004.

Kelm, D. H. et al. **High activity enables life on a high-sugar diet: blood glucose regulation in nectar-feeding bats.** *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 278, n. 1724, p. 3490–3496, 2011.

Kelm, D. H.; von Helversen, O. **How to budget metabolic energy: torpor in a small Neotropical mammal.** *Journal of Comparative Physiology. B, Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*, v. 177, n. 6, p. 667–677, 2007.

- Klingbeil, B. T.; Willig, M. R. **Seasonal differences in population-, ensemble-and community-level responses of bats to landscape structure in Amazonia.** *Oikos*, v. 119, n. 10, p. 1654–1664, 2010.
- Kunz, T. H.; Anthony, E. L. P. **Age estimation and post-natal growth in the bat *Myotis lucifugus*.** *Journal of Mammalogy*, v. 63, n. 1, p. 23–32, 1982.
- Machado, I. C. S.; Bbarros, L. M.; Sampaio, E. V. S. B. **Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil.** *Biotropica*, v. 29, n. 1, p. 57–68, 1997.
- Machado, I. C.; Lopes, A. V. **Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest.** *Annals of Botany*, v. 94, n. 3, p. 365–376, 2004.
- Meiado, M. **Diaspore of the caatinga: a review.** *Flora of the Caatingas of the São Francisco River: Natural History and Conservation.* Andrea Jakobsson Estúdio Editorial, p. 306–365, 2012.
- Moratelli, R.; Dias, D. **A new species of nectar-feeding bat, genus *Lonchophylla*, from the Caatinga of Brazil (Chiroptera, Phyllostomidae).** *Zookeys*, v. 514, p. 73–91, 2015.
- Neves, S. P. S. et al. **The roles of functional traits in canopy maintenance along a savanna/seasonally dry tropical forest gradient in northeastern Brazil.** *Flora*, v. 292, n. 152090, p. 152090, 2022.
- Pedrozo, A. R.; Gomes, L. A.; Uieda, W. **Feeding behavior and activity period of three Neotropical bat species (Chiroptera: Phyllostomidae) on *Musa paradisiaca* inflorescences (Zingiberales: Musaceae).** *Iheringia. Série Zoologia*, v. 108, p. e2018022, 2018.
- Pinheiro, E. C. et al. **Effect of fasting on carbohydrate metabolism in frugivorous bats (*Artibeus lituratus* and *Artibeus jamaicensis*).** *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, v. 143, n. 3, p. 279–284, 2006.
- R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** R Foundation for Statistical Computing. 2024. <https://www.R-project.org/>
- Rocha, E. A. et al. **Reproductive biology of columnar cacti: are bats the only protagonists in the pollination of *Pilosocereus*, a typical chiropterophilous genus?.** *Folia Geobotanica*, v. 54, n. 3, p. 239–256, 2019.
- Rodrigues, R. A.; Saturnino, K. C.; Fernandes, C. E. **Liver histology and histomorphometry in hybrid sorubim (*Pseudoplatystoma reticulatum* × *Pseudoplatystoma corruscans*) reared on intensive fish farming.** *Aquaculture Research*, v. 48, n. 9, p. 5083–5093, 2017.
- Rodriguez-Peña, N. et al. **Intestinal paracellular absorption is necessary to support the sugar oxidation cascade in nectarivorous bats.** *Journal of Experimental Biology*, v. 219, n. 6, p. 779–782, 2016.
- Rogers, E. J.; Sommers, A. S.; Mcguire, L. P. **Seasonal dynamics of lipid metabolism and energy storage in the Brazilian free-tailed bat.** *Physiological and Biochemical Zoology*, v. 92, n. 4, p. 386–395, 2019.

Schnitzler, H-U.; Denzinger, A. **Foraging strategies of echolocating bats. In: A Natural History of Bat Foraging.** Academic Press, p. 83–107, 2024.

Silva, C. H. S. **Plasticidade digestiva, metabolismo energético e composição corporal no morcego *Anoura caudifer* (Phyllostomidae: Glossophaginae).** Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal de Viçosa, p. 10–80, 2022.

Smith, C. S.; de Jong, C. E.; Field, H. E. **Sampling small quantities of blood from microbats.** *Acta Chiropterologica*, v. 12, n. 1, p. 255–258, 2010.

Srivastava, R. K.; Krishna, A. **Melatonin modulates glucose homeostasis during winter dormancy in a vespertilionid bat, *Scotophilus heathi*.** *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v. 155, n. 3, p. 392–400, 2010.

Suarez, R. K., Welch Jr., K. C. **Sugar metabolism in hummingbirds and nectar bats.** *Nutrients*, v. 9, n. 7, p. 743, 2017.

Szilagyi, G. **Diagnóstico ambiental do processo de desertificação no município de Lajes/RN.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brazil, p. 1–110, 2007.

Vogel, S.; Lopes, A. V.; Machado, I. C. **Bat pollination in the NE Brazilian endemic *Mimosa lewisii*: an unusual case and first report for the genus.** *Taxon*, v. 54, n. 3, p. 693–700, 2005.

Voigt, C. C.; Speakman, J. R. **Nectar-feeding bats fuel their high metabolism directly with exogenous carbohydrates.** *Functional ecology*, v. 21, n. 5, p. 913–921, 2007.

Voigt, C. C.; Winter, Y. **Energetic cost of hovering flight in nectar-feeding bats (Phyllostomidae: Glossophaginae) and its scaling in moths, birds and bats.** *Journal of Comparative Physiology B*, v. 169, n. 1, p. 38–48, 1999.

Watsa, M. et al. **Handling and sampling bats-ISL Peru.** 2023. dx.doi.org/10.17504/protocols.io.q26g7y7o9gwz/v1

Yacoe, M. E. et al. **Muscle enzyme profile, diet, and flight in South American bats.** *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, v. 242, n. 3, p. R189–94, 1982.

Conclusões gerais

- As mudanças sazonais na Caatinga influenciam a distribuição espacial, dieta, condição corporal e reprodução de *Lonchophylla mordax*, com maior dispersão e dieta mais generalista na estação seca, marcada pelo maior consumo de insetos. Por outro lado, houve maior agregação espacial da população, predominância de cactáceas, melhor condição corporal e maior atividade reprodutiva na estação chuvosa, evidenciando a plasticidade ecológica da espécie frente às variações ambientais;
- O trato digestório de *L. mordax* apresenta padrão morfológico e histométrico típico de morcegos nectarívoros, com variações sazonais nos parâmetros digestivo-somáticos, caracterizadas por maior massa intestinal na estação seca e maior dimensão estomacal na chuvosa, associadas à dieta mais ampla e à disponibilidade de recursos, respectivamente;
- Os parâmetros metabólicos de *L. mordax* apresentam alta variabilidade individual, sem diferenças significativas entre as estações para glicemia, glicogênio hepático e muscular e índices corporais, indicando estabilidade estrutural, baixa capacidade de armazenamento de reservas energéticas e dependência de açúcares do néctar. Houve influência do estado alimentar recente e do sucesso de forrageamento nas condições sazonais da Caatinga.

Anexo I



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 86042-3	Data da Emissão: 23/05/2024 06:33:42	Data da Revalidação*: 01/03/2025
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: CARLOS HENRIQUE DE SOUZA SILVA	CPF: 104.619.964-13
Título do Projeto: Mudanças espaço-temporais na dieta do morcego Lonchophylla mordax: alterações na morfologia digestiva, metabolismo energético, estresse e aspectos reprodutivos.	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DE VICOSA	CNPJ: 25.944.455/0001-96

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Captura dos animais, amostragem, anilhamento e fixação dos radiotransmissores e rastreamento.	07/2023	08/2026

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	Oswaldo Pinto Ribeiro Filho	Orientador	577.173.977-49	Brasileira
2	Sirlene Souza Rodrigues Sartori	Coorientadora	047.445.316-28	Brasileira
3	EMILIO CAMPOS ACEVEDO NIETO	Médico veterinário	045.799.106-21	Brasileira
4	Danielle Barbosa Morais	Coorientadora	060.014.066-00	Brasileira

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria ICMBio nº 748/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0860420320240523

Página 1/6



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA

Campus Universitário – Viçosa, MG, Brasil, 36570-900 – Telefone: (31) 3612-2315

CERTIFICADO

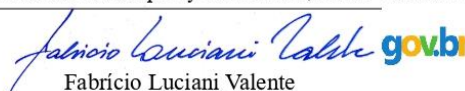
Certificamos que a proposta intitulada “**Mudanças espaço-temporais na dieta do morcego *Xeronycteris vieirai*: alterações na morfologia digestiva**”, registrada com o nº **22/2023**, sob a responsabilidade do Professor Oswaldo Pinto Ribeiro Filho do Departamento de Biologia Animal, encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 08/10/2008, do Decreto nº 6.899, de 15/07/2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - Concea, tendo sido prorrogado o certificado de aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Viçosa, em **26/06/2024**. Após a conclusão do projeto, o relatório final deverá ser submetido à CEUA para emissão de certificado definitivo.

Finalidade	Pesquisa
Vigência da autorização	3 anos
Nº da Solicitação ou Autorização SISBIO	86042
Atividades	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ; Captura de animais silvestres in situ; Observação e gravação de imagem ou som de táxon em UC federal; Marcação de animais silvestres in situ; Marcação de animais silvestres in situ; Marcação de animais silvestres in situ; Observação e gravação de imagem ou som em caverna; Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ;
Espécies/Grupos taxonômicos	Morcego - <i>Lonchophylla mordax</i>
Locais de realização das atividades	gruta Caverna do Trinta no município de Mossoró, no Rio Grande do Norte

CERTIFICATE

We certify that the proposition entitled “**Spatiotemporal changes in the diet of the bat *Xeronycteris vieirai*: changes in digestive morphology**”, registered with the number **22/2023**, under the responsibility of Professor Oswaldo Pinto Ribeiro Filho from the Department of Animal Biology is in accordance with the precepts of Law 11,7794, of 10/08/2008, Decree 6,899, of 07/15/2009, and the rules issued by Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – Concea, the certificate of approval by the Commission for Ethics in the Use of Animals (CEUA) of the Federal University of Viçosa, on **06/26/2024**, was extended. Upon completion of the project, the final report must be submitted to CEUA for the issuance of a definitive certificate.

Purpose	Research
Validity of authorization	3 years
# SISBIO requisition or authorization	86042
Activities	Collection/transport of biological samples in situ; Capture of wild animals in situ; Observation and recording of image or sound of taxon in federal UC; Marking of wild animals in situ; Marking of wild animals in situ; Marking of wild animals in situ; Observation and recording of image or sound in a cave; Collection/transport of wildlife specimens in situ;
Species/Taxonomic groups Southern Muriqui - Brachyteles arachnoides	Bat - <i>Lonchophylla mordax</i>
Locations of activities	Caverna do Trinta cave municipality of Mossoró, in Rio Grande do Norte


Fabricio Luciani Valente

Coordenador Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/UFV

Documento assinado digitalmente
FABRICIO LUCIANI VALENTE
Data: 27/05/2024 08:15:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Anexo II

De acordo com a Resolução 1000 de 11 de maio de 2012 do Conselho Federal de Medicina Veterinária, capítulo III, artigo 14º, que trata dos métodos aceitáveis de eutanásia, no anexo I - animais de laboratório (roedores e outros pequenos mamíferos), estão listados os anestésicos e a técnica de eutanásia, os quais são compatíveis com a metodologia que pretendemos utilizar na execução deste projeto.

<http://ts.cfmv.gov.br/manual/arquivos/resolucao/1000.pdf>

Na Resolução 301 de 8 de dezembro de 2012 do Conselho Federal de Biologia (CFBio), nos artigos 2º e 8º que tratam das normas de contenção, anexo II da Portaria 148/2012 que trata da contenção da fauna (anestésicos) de Chiroptera e anexo IV desta mesma portaria (coleta de fauna), estão de acordo com a metodologia proposta para a execução deste projeto.

<https://cfbio.gov.br/2012/12/28/resolucao-no-301-de-8-de-dezembro-de-2012/>

https://cfbio.gov.br/wp-content/uploads/2022/10/Por148_2012-ANEXOS.pdf

Anexo III

De acordo com o design experimental do presente projeto de pesquisa, o método de deslocamento cervical para eutanásia foi escolhido devido à impossibilidade de utilizar métodos que pudessem interferir fisiologicamente nas análises teciduais, no caso dos injetáveis, ou que possam oferecer riscos de lesões físicas nos pesquisadores, como a decapitação. Vale ressaltar que, como toda a experimentação foi feita em campo, o qual se situava a 140 km do laboratório, e considerando que morcegos nectarívoros possuem metabolismo acelerado, a sua transferência logo após as coletas poderia ocasionar a morte desses animais antes da eutanásia. Portanto, este método foi considerado o mais adequado devido a praticidade e rapidez em campo, além de exigir apenas um profissional para realizar, sendo a sua prática orientada pelo médico veterinário Emilio Campos Acevedo Nieto.