

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em biologia Animal – PPGBA

Fabiana das Dôres Reis

**INTERAÇÕES ENTRE MORCEGOS E FLORES EM UMA FLORESTA SECA
DA REGIÃO NEOTROPICAL**

Diamantina

2024

Fabiana das Dôres Reis

**INTERAÇÕES ENTRE MORCEGOS E FLORES EM UMA FLORESTA SECA
DA REGIÃO NEOTROPICAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. André Rodrigo Rech

Diamantina

2024

Catálogo na fonte - Sisbi/UFVJM

R375i Reis, Fabiana das Dôres

2024 INTERAÇÕES ENTRE MORCEGOS E FLORES EM UMA FLORESTA
SECA DA REGIÃO NEO-TROPICAL [manuscrito] / Fabiana
das Dôres Reis. --
Diamantina,
2024. 57
p. : il.

Orientador: Prof. André Rodrigo Rech.

Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) --
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e
Mucuri, Programa de PósGraduação em Biologia
Animal, Diamantina, 2024.

1. Interação morcego-planta da mata seca. 2.
Florestas de mata seca. 3. Efeitos da sazonalidade
em morcegos. 4. Rede de interação morcego-flor. I.
Rech, André Rodrigo . II.
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e
Mucuri.

III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFVJM com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Este produto é resultado do trabalho conjunto entre o bibliotecário Rodrigo Martins Cruz/CRB6-2886 e a equipe do setor Portal/Diretoria de Comunicação Social da UFVJM

FABIANA DAS DÔRES REIS

**"INTERAÇÕES ENTRE MORCEGO E FLORES EM UMA FLORESTA SECA DA
REGIÃO NEOTROPICAL"**

Dissertação apresentada ao
MESTRADO EM BIOLOGIA ANIMAL,
nível de MESTRADO como parte dos
requisitos para obtenção do título de
MESTRA EM BIOLOGIA ANIMAL

Orientador (a): Prof. Dr. André Rodrigo
Rech

Data da aprovação : 27/02/2024

Documento assinado digitalmente
 **ANDRÉ RODRIGO RECH**
Data: 29/02/2024 07:43:44-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof.Dr. ANDRÉ RODRIGO RECH - UFVJM

Documento assinado digitalmente
 **CAMILA SILVEIRA DE SOUZA**
Data: 07/03/2024 03:05:13-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof.Dr.ª CAMILA SILVEIRA DE SOUZA - UNIMONTES

Documento assinado digitalmente
 **LUIZ ALBERTO DOLABELA FALCÃO**
Data: 06/03/2024 15:24:51-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof.Dr. LUIZ ALBERTO DOLABELA FALCÃO- UNIMONTES

Documento assinado digitalmente
 **ANDREA CRISTINA THOMA**
Data: 15/03/2024 10:48:13-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr.ª ANDREA CRISTINA THOMA - UFVJM

Dr.ª LORENA BUENO VALADÃO MENDES - UFVJM

Documento assinado digitalmente
 **LORENA BUENO VALADÃO MENDES**
Data: 15/03/2024 15:01:04-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

DIAMANTINA

À minha família que é minha base e sempre me apoiou...

" A ciência traz ao homem a incerteza de uma certeza "

Adan Fernandes da Silva

DEDICATÓRIA

Chegou a hora de agradecer a cada um que fez parte desta caminhada junto comigo. Hoje, ao concluir esta importante etapa da minha jornada acadêmica, quero expressar minha imensa gratidão a todos que estiveram ao meu lado, apoiando e incentivando meu caminho até aqui.

Agradeço primeiramente a Deus por não me abandonar durante minha caminhada, à minha mãe, Benedita, e ao meu pai, José Adilson, *in memoriam*, por todo amor, apoio e sabedoria que eles me transmitiram ao longo da vida. Seu legado continua a me inspirar e me guiar.

À minha família, que sempre foi minha base sólida, meu porto seguro e minha fonte inesgotável de amor e apoio, dedico toda minha gratidão. Sem o amor e suporte de vocês, esta conquista não seria possível. Aos meus filhos, Gustavo e Lara, que mesmo sem compreenderem completamente a importância deste momento, sempre estiveram presentes com seu carinho, paciência e alegria, tornando cada dia mais especial. Ao meu marido Eliel, por compreender e apoiar minhas horas de estudo e pesquisa, por ser meu companheiro incondicional e por compartilhar comigo as alegrias e desafios deste percurso acadêmico.

A todos os amigos do laboratório que de alguma forma me ajudaram a chegar até aqui. Em especial ao Luís que mesmo distante me ajudou, me acalmou nos momentos de desespero te agradeço imensamente, a Cinthia e a Gisele que sempre me apoiaram em todos os momentos.

Ao André, que me estendeu a mão no momento mais difícil desta jornada, expresso minha profunda gratidão. Sua ajuda foi inestimável e fez toda a diferença. Muito obrigado por estar ao meu lado.

A todos vocês, meu mais profundo agradecimento. Compartilho esta conquista com cada um que fez parte da minha jornada, e espero retribuir todo amor e apoio que recebi ao longo do caminho.

Com carinho,

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de pós-graduação em Biologia Animal (PPGBA), a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), a empresa de fomento Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao CAFESIN-MULTIFLOR e os projetos de financiamento que mantém o laboratório funcionando: FAPEMIG APQ-00932-21, APQ-03100-21, RED-00253-16, APQ-02806-22, APQ-03364-21, APQ-01151-22, APQ-01822-21 CNPq 311665/2022-5, 400904/2019-5, 423939/2021-1 CAPES Finantial Code 001, CAPES 88887.837988/2023-00.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
3 RESUMO.....	15
4 ABSTRACT.....	17
5 INTRODUÇÃO	18
6 MATERIAIS E MÉTODOS	24
6.1 Área de estudo	24
6.2 Captura de animais	26
6.3 Coleta e identificação de pólen.....	27
6.4 Análise estatística	28
7 RESULTADOS.....	31
8 DISCUSSÃO.....	38
9 AGRADECIMENTOS	45
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
11 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
12 AGRADECIMENTOS	57

1 INTRODUÇÃO GERAL

As interações entre morcegos e flores em florestas secas da região Neotropical representam um tema fascinante e complexo na Biologia da Polinização, e tem despertado o interesse de pesquisadores devido à sua importância ecológica e evolutiva (Falcão 2015, Cordero-Schmidt *et al.* 2021). A região Neotropical abriga uma grande diversidade de morcegos e plantas, e as interações entre eles desempenham um papel crucial na manutenção da biodiversidade e na estruturação dos ecossistemas (Ramírez-Fráncel *et al.* 2022). Estudos sobre a polinização por morcegos têm revelado adaptações surpreendentes das flores, bem como estratégias de forrageamento e comportamento dos morcegos que contribuem para a compreensão da evolução entre esses organismos (Moreira-Hernández *et al.* 2021). A polinização por morcegos desempenha um papel fundamental na reprodução de muitas espécies de plantas nativas, incluindo aquelas de importância econômica e cultural para as comunidades locais e está intrinsecamente ligada à dinâmica e conservação desses ecossistemas (Roque *et al.* 2023). Em áreas sazonalmente secas, como a Caatinga, plantas polinizadas por morcegos podem representar cerca de 13% da diversidade regional (Machado 2004). Além disso, várias plantas constituem uma parte significativa da dieta de várias espécies de morcegos, não apenas para subfamílias especializadas como Glossophaginae e Lonchophyllinae (Quinche *et al.* 2023), mas

também para diversos morcegos frugívoros e omnívoros não especializados que utilizam recursos florais para complementar sua alimentação (Sazima 1999).

As Matas Secas Neotropicais são importante ambientes florestais sazonais, e encontram-se igualmente ameaçadas pelas mudanças no uso da terra, exploração madeireira, alterações climáticas, incêndios e desmatamento (Miles *et al.* 2006, Sunderland *et al.* 2015, Patriarca *et al.* 2019). Ambientes com peculiaridades marcantes como as Matas Secas precisam de profundo entendimento ecológico para serem restaurados, de forma que a pesquisa sobre interações nesses ambientes pode ser decisiva para assegurar o sucesso de iniciativas de recuperação e restauração. As Matas Secas do Brasil estão distribuídas principalmente nos domínios do Cerrado e da Caatinga (Espírito-Santo *et al.* 2009). A região Norte de Minas Gerais é considerada uma área de grande importância biológica devido à presença de zonas de transição entre os domínios Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica fazendo parte do chamado "Polígono das Secas" (Brandão & Gavilanes 1994). Compreendem áreas de vegetação florestal dominadas por espécies decíduas específicas, com temperatura média anual igual ou superior a 25°C e pluviosidade média entre 500 e 2000 mm, apresentando três ou mais meses com precipitação inferior a 100 mm (Sánchez-Azofeifa *et al.* 2005). Atualmente, estima-se

que esses ecossistemas abranjam uma extensão de 1.048.700 km², com mais da metade localizada na América do Sul e cerca de 90% sob alguma forma de ameaça (Miles *et al.* 2006). Apesar de sua prevalência, as Matas Secas continuam a ser um dos ambientes mais ameaçados e menos estudados globalmente, enfrentando ameaças potencialmente até maiores do que as florestas úmidas (Santos *et al.* 2011, 2023, Gillespie *et al.* 2012, Aide *et al.* 2013).

Do outro lado da interação, os morcegos da família Phyllostomidae são diversos e desempenham funções ecológicas essenciais. Eles atuam na manutenção dos serviços ecossistêmicos sendo responsáveis pela polinização de várias espécies de plantas, dispersão de sementes e controlam populações de invertebrados, além de serem excelentes bioindicadores da fragmentação e perturbação de comunidades animais (Fenton *et al.* 1992, Cunto & Bernard 2012). Geralmente buscam flores grandes, robustas, com coloração monótona (branca ou verde), odor forte, com flores geralmente localizadas em galhos ou troncos de árvores, tubulares ou radialmente simétricas, com quantidades relativamente grandes de néctar e pólen, com antese noturna ou crepuscular (Tschapka & Dressler 2002). No entanto estudos relatam que a visitação de morcegos e a polinização de flores podem ocorrer em flores mesmo sem essas características (Vogel *et al.* 2005).

À medida que se descrevem redes interativas de morcegos e plantas tenta-se entender como essas comunidades são montadas e os processos subjacentes. Na região Neotropical, a interação morcego-flor parece formar redes generalizadas com flores não restritivas que permitem a visitação de uma grande variedade de animais (Cordero-Schmidt *et al.* 2021, Queiroz *et al.* 2021, González-Gutiérrez *et al.* 2022), no entanto, as Matas Secas seguem desconhecidas quanto as interações com morcegos que as flores de suas espécies estabelecem.

Neste contexto, esta dissertação visa contribuir para o entendimento das interações entre morcegos e flores em florestas secas da região Neotropical, fornecendo informações relevantes para a conservação da biodiversidade e o manejo sustentável desses ecossistemas. Através da investigação detalhada das espécies de morcegos e plantas presentes nessas áreas, esperamos ampliar o conhecimento sobre as estratégias de polinização, a dinâmica das interações e os potenciais impactos das atividades humanas sobre esses processos fundamentais. Esta dissertação se desenvolve a seguir no formato de um artigo científico apresentado como capítulo.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDE, T. M., M. L. CLARK, H. R. GRAU, D. LÓPEZ-CARR, M. A. LEVY, D. REDO, M. BONILLA-MOHENO, G. RINER, M. J. ANDRADE-NÚÑEZ, and M. MUÑIZ. 2013. Deforestation and Reforestation of Latin America and the Caribbean (2001–2010). *Biotropica* 45: 262–271.
- ALMEIDA-NETO, M., P. GUIMARÃES, P. R. GUIMARÃES JR, R. D. LOYOLA, and W. ULRICH. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos* 117: 1227–1239.
- ALMEIDA-NETO, M., and W. ULRICH. 2011. A straightforward computational approach for measuring nestedness using quantitative matrices. *Environmental Modelling & Software* 26: 173–178.
- AVILA-CABADILLA, L. D., K. E. STONER, J. M. NASSAR, M. M. ESPÍRITO-SANTO, M. Y. ALVAREZ-AÑORVE, C. I. ARANGUREN, M. HENRY, J. A. GONZÁLEZ-CARCACÍA, L. A. DOLABELA FALCÃO, and G. A. SANCHEZ-AZOFEIFA. 2014. Phyllostomid Bat Occurrence in Successional Stages of Neotropical Dry Forests D. Russo (Ed.). *PLoS ONE* 9: e84572.
- BAKER, H. G. 1961. The Adaptation of Flowering Plants to Nocturnal and Crepuscular Pollinators. *The Quarterly Review of Biology*. Available at: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/403276> [Accessed February 2, 2024].
- BECKETT, S. J. 2016. Improved community detection in weighted bipartite networks. *Royal Society Open Science* 3: 140536.
- BERNARD, E., and M. B. FENTON. 2003. Bat Mobility and Roosts in a Fragmented Landscape in Central Amazonia, Brazil. *Biotropica* 35: 262–277.
- BLÜTHGEN, N., F. MENZEL, and N. BLÜTHGEN. 2006. Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology* 6: 9.
- BOBROWIEC, P. E. D. 2003. PADRÃO ALIMENTAR DE MORCEGOS FRUGÍVOROS EM ÁREAS ALTERADAS NA AMAZÔNIA CENTRAL.
- BOBROWIEC, P. E. D., L. DOS S. ROSA, J. GAZARINI, and T. HAUGAASEN. 2014. Phyllostomid Bat Assemblage Structure in Amazonian Flooded and Unflooded Forests. *Biotropica* 46: 312–321.
- BORGES, R. M., H. SOMANATHAN, and A. KELBER. 2016. Patterns and Processes in Nocturnal and Crepuscular Pollination Services. *The Quarterly Review of Biology*. Available at: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/689481> [Accessed February 2, 2024].

- BRANDÃO, M., and M. GAVILANES. 1994. Composição Florística das áreas recobertas pela Caatinga na área mineira da SUDENE. *Informe Agropecuário* 17: 20–33.
- BROWN, S., and A. E. LUGO. 1990. Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. *Plant Soil* 124: 53–64.
- CARAS, T., and C. KORINE. 2009. Effect of vegetation density on the use of trails by bats in a secondary tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 25: 97–101.
- CARREIRA, L. M. M., and O. M. BARTH. 2003. Atlas de Pólen da vegetação de canga da Serra de Carajás (Pará, Brasil). Museu Paraense Emílio Goeldi.
- CARVAJAL NIETO, P., S. MEDINA BENAVIDES, A. BERNAL-RIVERA, C. CALVACHE-SÁNCHEZ, and T. VELÁSQUEZ-ROA. 2022. Interacciones murciélago-flor en el Bosque Seco Tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Biota* 24: e1079.
- CASTILLO-FIGUEROA, D. 2020. Why bats matters: A critical assessment of bat-mediated ecological processes in the Neotropics. *European Journal of Ecology* 6: 77–101.
- CASTRO-LUNA, A. A., I. J. SOSA, and G. CASTILLO-CAMPOS. 2007. Quantifying phyllostomid bats at different taxonomic levels as ecological indicators in a disturbed tropical forest. *Acta Chiropterologica* 9: 219–228.
- CELY-GÓMEZ, M. A., D. CASTILLO-FIGUEROA, M. A. CELY-GÓMEZ, and D. CASTILLO-FIGUEROA. 2019. Diet of dominant frugivorous bat species in an oil palm landscape from Colombian Llanos: implications for forest conservation and recovery. *Therya* 10: 149–153.
- CHIARELLO, A. G., L. DE S. AGUIAR, R. CERQUEIRA, F. R. MELO, F. H. RODRIGUES, and V. M. F. SILVA. 2008. Mamíferos ameaçados de extinção no Brasil. *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção* 2: 680–880.
- CISNEROS, L. M., M. E. FAGAN, and M. R. WILLIG. 2015. Season-specific and guild-specific effects of anthropogenic landscape modification on metacommunity structure of tropical bats. *Journal of Animal Ecology* 84: 373–385.
- CORDERO-SCHMIDT, E., E. BARBIER, J. C. VARGAS-MENA, P. P. OLIVEIRA, F. DE A. R. SANTOS, R. A. MEDELLÍN, B. R. HERRERA, and E. M. VENTICINQUE. 2017. Natural history of the Caatinga endemic Vieira's flower bat, *Xeronycteris vieirai*. *Acta Chiropterologica* 19: 399–408.
- CORDERO-SCHMIDT, E., P. K. MARUYAMA, J. C. VARGAS-MENA, P. PEREIRA OLIVEIRA, F. DE ASSIS R. SANTOS, R. A. MEDELLÍN, B. RODRIGUEZ-HERRERA, and E. M.

- VENTICINQUE. 2021. Bat–flower interaction networks in Caatinga reveal generalized associations and temporal stability. *Biotropica* 53: 1546–1557.
- CORTÉS-FLORES, J., K. B. HERNÁNDEZ-ESQUIVEL, A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, and G. IBARRA-MANRÍQUEZ. 2017. Flowering phenology, growth forms, and pollination syndromes in tropical dry forest species: Influence of phylogeny and abiotic factors. *American Journal of Botany* 104: 39–49.
- CUNTO, G. C., and E. BERNARD. 2012. Neotropical Bats as Indicators of Environmental Disturbance: What is the Emerging Message? *Acta Chiropterologica* 14: 143–151.
- DINIZ, U. M., and L. M. D. S. AGUIAR. 2023a. Spatiotemporal trends in floral visitation and interaction networks reveal shifting niches for bats in a Neotropical savanna. *Journal of Animal Ecology* 92: 1442–1455.
- DINIZ, U. M., and L. M. DE S. AGUIAR. 2023b. The interplay between spatiotemporal overlap and morphology as determinants of microstructure suggests no ‘perfect fit’ in a bat-flower network. *Sci Rep* 13: 2737.
- DINIZ, U. M., N. L. S. FISCHER, and L. M. S. AGUIAR. 2022. Changing the main course: strong bat visitation to the ornithophilous mistletoe *Psittacanthus robustus* (Loranthaceae) in a Neotropical savanna. *Biotropica* 54: 478–489.
- DIRZO, R., H. S. YOUNG, H. A. MOONEY, and G. CEBALLOS eds. 2011. Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation. Island Press/Center for Resource Economics, Washington, DC Available at: <http://link.springer.com/10.5822/978-1-61091-021-7> [Accessed February 2, 2024].
- DOBAT, K., and T. PEIKERT-HOLLE. 1985. Blossoms and bats. *Kramer*.
- DORMANN, C. F., B. GRUBER, and J. FRÜND. 2008. Introducing the bipartite Package: Analysing Ecological Networks. 8.
- DURÃES, M. C. O., N. D. L. P. SALES, S. D. NETO, and M. A. P. FIGUEIREDO. 2014. Levantamento florístico do estrato arbóreo de três fragmentos de floresta ciliar como subsídio à recomposição da vegetação do Rio Cedro, Montes Claros – MG. *Ciênc. Florest.* 24: 47–58.
- ESPÍRITO-SANTO, M. M., A. C. SEVILHA, F. C. ANAYA, R. BARBOSA, G. W. FERNANDES, G. A. SANCHEZ-AZOFEIFA, A. SCARIOT, S. E. DE NORONHA, and C. A. SAMPAIO. 2009. Sustainability of tropical dry forests: Two case studies in southeastern and central Brazil. *Forest Ecology and Management* 258: 922–930.
- FALCÃO, L. A. D. 2015. Morcegos em Florestas Tropicais Secas Brasileiras.

- FALCÃO, L., L. ALFARO-ALVARADO, G. FERNANDES, L. LEITE, F. NEVES, and P. CUEVAS-REYES. 2010. Comunidad de murciélagos filostómidos asociada a *Caryocar brasiliense* Camb.(Caryocaraceae). *Brenesia* 73–74: 150–153.
- FALCÃO, L., M. ESPÍRITO-SANTO, L. LEITE, R. GARRO, L. AVILA CABADILLA, and K. STONER. 2014. Spatiotemporal variation in phyllostomid bat assemblages over a successional gradient in a tropical dry forest in southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 30.
- FENTON, M. B., L. ACHARYA, D. AUDET, M. B. C. HICKEY, C. MERRIMAN, M. K. OBRIST, D. M. SYME, and B. ADKINS. 1992. Phyllostomid Bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as Indicators of Habitat Disruption in the Neotropics. *Biotropica* 24: 440–446.
- FISCHER, E., M. SILVEIRA, R. L. MUNIN, G. CAMARGO, C. F. SANTOS, M. J. R. PEREIRA, W. FISCHER, and A. ERIKSSON. 2018. Bats in the dry and wet Pantanal. *Hystrix It. J. Mamm.* 29: 11–17.
- FLEMING, T. H. 1986. Opportunism versus specialization: the evolution of feeding strategies in frugivorous bats. In A. Estrada and T. H. Fleming (Eds.) *Frugivores and seed dispersal. Tasks for vegetation science.* pp. 105–118, Springer Netherlands, Dordrecht. Available at: https://doi.org/10.1007/978-94-009-4812-9_11 [Accessed February 2, 2024].
- FLEMING, T. H., C. GEISELMAN, and W. J. KRESS. 2009. The evolution of bat pollination: a phylogenetic perspective. *Annals of Botany* 104: 1017–1043.
- FOX, J., S. WEISBERG, D. ADLER, D. BATES, G. BAUD-BOVY, S. ELLISON, D. FIRTH, M. FRIENDLY, G. GORJANC, and S. GRAVES. 2012. Package ‘car.’ Vienna: R Foundation for Statistical Computing 16.
- GARDNER, A. L., and J. L. PATTON. 2007. *Mammals of South America, volume 2: rodents.* University of Chicago Press.
- GIBBS, P. E., R. GRIBEL, and A. L. QUEIRÓZ. 1999. Flowering phenology and pollination biology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 15: 247–263.
- GILLESPIE, T. W., B. LIPKIN, L. SULLIVAN, D. R. BENOWITZ, S. PAU, and G. KEPPEL. 2012. The rarest and least protected forests in biodiversity hotspots. *Biodivers Conserv* 21: 3597–3611.

- GONZÁLEZ-GUTIÉRREZ, K., J. H. CASTAÑO, J. PÉREZ-TORRES, and H. R. MOSQUERA-MOSQUERA. 2022. Structure and roles in pollination networks between phyllostomid bats and flowers: a systematic review for the Americas. *Mamm Biol* 102: 21–49.
- GREGORIN, R., and V. TADDEI. 2002. Chave artificial para a identificação de molossídeos brasileiros (Mammalia, Chiroptera). *Mastozoologia Neotropical* 9.
- HEITHAUS, E. R., P. A. OPLER, and H. G. BAKER. 1974. Bat Activity and Pollination of *Bauhinia Pauletia*: Plant-Pollinator Coevolution. *Ecology* 55: 412–419.
- HENRY, M., and K. E. STONER. 2011. Relationship between Spatial Working Memory Performance and Diet Specialization in Two Sympatric Nectar Bats. *PLOS ONE* 6: e23773.
- HERNÁNDEZ-CONRIQUE, D., J. F. ORNELAS, J. G. GARCÍA-FRANCO, and C. F. VARGAS. 2007. Nectar Production of *Calliandra longipedicellata* (Fabaceae: Mimosoideae), an Endemic Mexican Shrub with Multiple Potential Pollinators. *Biotropica* 39: 459–467.
- HSIEH, T. C., K. H. MA, and A. CHAO. 2016. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution* 7: 1451–1456.
- ICMBIO/MMA. 2018. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II - Mamíferos. II. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (Org.), Brasília.
- JONES, G., D. S. JACOBS, T. H. KUNZ, M. R. WILLIG, and P. A. RACEY. 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered Species Research* 8: 93–115.
- KLINGBEIL, B. T., and M. R. WILLIG. 2010. Seasonal differences in population-, ensemble- and community-level responses of bats to landscape structure in Amazonia. *Oikos* 119: 1654–1664.
- KNEITEL, J. M., and J. M. CHASE. 2004. Trade-offs in community ecology: linking spatial scales and species coexistence. *Ecology Letters* 7: 69–80.
- KUNZ, T. H. ed. 1982. *Ecology of Bats*. Springer US, Boston, MA Available at: <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4613-3421-7> [Accessed January 31, 2024].
- KUNZ, T. H., E. BRAUN DE TORREZ, D. BAUER, T. LOBOVA, and T. H. FLEMING. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223: 1–38.
- LACERDA, A. E. B. DE, M. KANASHIRO, and A. M. SEBBENN. 2008. Effects of Reduced Impact Logging on genetic diversity and spatial genetic structure of a *Hymenaea*

- courbaril population in the Brazilian Amazon Forest. *Forest Ecology and Management* 255: 1034–1043.
- LEAL, I. R., A. V. LOPES, I. C. MACHADO, and M. TABARELLI. 2018. Interações planta-animal na Caatinga: visão geral e perspectivas futuras. *Ciência e Cultura* 70: 35–40.
- LEWINSOHN, T. M., P. INÁCIO PRADO, P. JORDANO, J. BASCOMPTE, and J. M. OLESEN. 2006. Structure in plant–animal interaction assemblages. *Oikos* 113: 174–184.
- LOBO, J. A., M. QUESADA, K. E. STONER, E. J. FUCHS, Y. HERRERÍAS-DIEGO, J. ROJAS, and G. SABORÍO. 2003. Factors affecting phenological patterns of bombacaceous trees in seasonal forests in Costa Rica and Mexico. *American Journal of Botany* 90: 1054–1063.
- MACHADO, I. C. 2004. Floral Traits and Pollination Systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest. *Annals of Botany* 94: 365–376.
- MEDELLÍN, R. A., M. EQUIHUA, and M. A. AMIN. 2000. Bat Diversity and Abundance as Indicators of Disturbance in Neotropical Rainforests. *Conservation Biology* 14: 1666–1675.
- MELHEM, T., M. CRUZ-BARROS, A. CORRÊA, H. WATANABE, M. CAPELATO, and V. GONÇALVES-ESTEVES. 2003. Variabilidade polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). *Bol Inst Bot. Boletim do Instituto de Botânica* 16: 10–104.
- MELLO, M. A. R., G. M. FELIX, R. B. P. PINHEIRO, R. L. MUYLEAERT, C. GEISELMAN, S. E. SANTANA, M. TSCHAPKA, N. LOTFI, F. A. RODRIGUES, and R. D. STEVENS. 2019. Insights into the assembly rules of a continent-wide multilayer network. *Nat Ecol Evol* 3: 1525–1532.
- MELLO, M. A. R., F. M. D. MARQUITTI, P. R. GUIMARÃES, E. K. V. KALKO, P. JORDANO, and M. A. M. DE AGUIAR. 2011. The Missing Part of Seed Dispersal Networks: Structure and Robustness of Bat-Fruit Interactions A. Traveset (Ed.). *PLoS ONE* 6: e17395.
- MILES, L., A. C. NEWTON, R. S. DEFRIES, C. RAVILIOUS, I. MAY, S. BLYTH, V. KAPO, and J. E. GORDON. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33: 491–505.
- MMA, D. O. 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção: Portaria N 444, de 17 de dezembro de 2014. *Diário Oficial da União—Seção* 1245: 121–126.
- MONTEIRO, B. L. [UNESP. 2020. Polinizadores e os sistemas de polinização no campo rupestre: revisão e implicações para a conservação de serviços ecossistêmicos. Available at: <http://hdl.handle.net/11449/194330> [Accessed February 2, 2024].

- MORA-BELTRÁN, C., and H. F. LÓPEZ-ARÉVALO. 2018. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-33642018000200129&lng=es&nrm=iso&tlng=en. *Therya* 9: 129–136.
- MOREIRA-HERNÁNDEZ, J. I., C. A. CALDERÓN-ACEVEDO, and N. MUCHHALA. 2021. Fur, Wings, and Flowers: Development and Progress on Nectarivorous Bat Research in the Last 50 Years. *In* 50 Years of Bat Research. pp. 135–149, Springer, Cham. Available at: https://link-springer-com.ez36.periodicos.capes.gov.br/chapter/10.1007/978-3-030-54727-1_9 [Accessed February 2, 2024].
- MORENO-VALDEZ, A., W. E. GRANT, and R. L. HONEYCUTT. 2000. A simulation model of Mexican long-nosed bat (*Leptonycteris nivalis*) migration. *Ecological Modelling* 134: 117–127.
- MORRISON, D. W. 1978. Lunar phobia in a neotropical fruit bat, *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Animal Behaviour* 26: 852–855.
- MURPHY, P. G., and A. E. LUGO. 1986. Ecology of Tropical Dry Forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 67–88.
- MUSCARELLA, R., and T. H. FLEMING. 2007. The Role of Frugivorous Bats in Tropical Forest Succession. *Biological Reviews* 82: 573–590.
- OKSANEN, J., F. G. BLANCHET, M. FRIENDLY, R. KINDT, P. LEGENDRE, D. MCGLINN, P. R. MINCHIN, R. B. O'HARA, G. L. SIMPSON, and P. SOLYMOS. 2019. Package 'vegan.' Community ecology package, version 2.
- O'SHEA, T. J., P. M. CRYAN, D. T. S. HAYMAN, R. K. PLOWRIGHT, and D. G. STREICKER. 2016. Multiple mortality events in bats: a global review. *Mammal Review* 46: 175–190.
- PATRIARCA, C., M. BAKO, A. BRANTHOMME, T. S. FRESCINO, F. F. HADDAD, A. H. HAMID, A. MARTUCCI, H. O. CHOUR, P. L. PATTERSON, N. PICARD, M. C. REEVES, R. T. REYNOLDS, M. SACANDE, K. SHONO, B. SPARROW, F. STOLLE, N. WINKLER-RATHONYI, D. ZHANG, and F. ZIADAT. 2019. Trees, forests and land use in drylands: The first global assessment. FAO Forestry Paper No. 184. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 184 p. Available at: <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/60715> [Accessed February 2, 2024].
- PEZZINI, F. F., B. D. RANIERI, D. O. BRANDÃO, G. W. FERNANDES, M. QUESADA, M. M. ESPÍRITO-SANTO, and C. M. JACOBI. 2014. Changes in tree phenology along natural regeneration in a seasonally dry tropical forest. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* 148: 965–974.

- QUEIROZ, J. A., U. M. DINIZ, D. P. VÁZQUEZ, Z. M. QUIRINO, F. A. R. SANTOS, M. A. R. MELLO, and I. C. MACHADO. 2021. Bats and hawkmoths form mixed modules with flowering plants in a nocturnal interaction network. *Biotropica* 53: 596–607.
- QUINCHE, L. L., S. E. SANTANA, and A. RICO-GUEVARA. 2023. Morphological specialization to nectarivory in *Phyllostomus discolor* (Wagner, 1843) (Chiroptera: Phyllostomidae). *The Anatomical Record* 306: 2830–2841.
- RAMÍREZ-FRÁNCEL, L. A., L. V. GARCÍA-HERRERA, S. LOSADA-PRADO, G. REINOSO-FLÓREZ, A. SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, S. ESTRADA-VILLEGAS, B. K. LIM, and G. GUEVARA. 2022. Bats and their vital ecosystem services: a global review. *Integrative Zoology* 17: 2–23.
- RECH, A., K. AGOSTINI, P. OLIVEIRA, and I. MACHADO. 2014. *Biologia da Polinização*.
- REIS, I., M. K. PERES, L. S. GOULART, and A. A. B. DAROSCI. 2019. Registro de morcego ameaçado de extinção em área de mineração no Cerrado. *Tecnia* 4: 186–193.
- REIS, N. R. D. 2007. *Morcegos Do Brasil*. Reis.
- ROCCHINI, D. ET AL. 2017. Measuring β -diversity by remote sensing: A challenge for biodiversity monitoring. *Methods in Ecology and Evolution* 9.
- ROQUE, S. Q., L. A. D. FALCÃO, A. R. RECH, J. O. SILVA, P. S. OLIVEIRA, K. F. FERREIRA, and M. M. DO ESPÍRITO-SANTO. 2023. Reproductive biology of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) in preserved and degraded Cerrado areas in Brazil. *Botany* 101: 357–365.
- ROUBIK, D. W., and J. E. MORENO P. 1991. Pollen and spores of Barro Colorado Island [Panama]. *Pollen and spores of Barro Colorado Island [Panama]*. 36.
- RUIZ, A., M. SANTOS, P. J. SORIANO, J. CAVELIER, and A. CADENA. 1997. Relaciones Mutualísticas entre el Murciélago *Glossophaga longirostris* y las Cactáceas Columnares en la Zona Arida de La Tatacoa, Colombia¹. *Biotropica* 29: 469–479.
- SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A., M. QUESADA, J. P. RODRÍGUEZ, J. M. NASSAR, K. E. STONER, A. CASTILLO, T. GARVIN, E. L. ZENT, J. C. CALVO-ALVARADO, M. E. R. KALACSKA, L. FAJARDO, J. A. GAMON, and P. CUEVAS-REYES. 2005. Research Priorities for Neotropical Dry Forests¹. *Biotropica* 37: 477–485.
- SANTOS, J. C., I. R. LEAL, J. S. ALMEIDA-CORTEZ, G. W. FERNANDES, and M. TABARELLI. 2011. Caatinga: The Scientific Negligence Experienced by a Dry Tropical Forest. *Tropical Conservation Science* 4: 276–286.
- SANTOS, J. P. DE O., K. G. ABREU, J. R. E. S. ARAÚJO, V. F. DE O. SOUSA, M. L. A. DE MACÊDO, and E. DA N. TORRES. 2023. Pressões antrópicas em Floresta Tropical

- Sazonalmente Seca em área suscetível a desertificação no Nordeste do Brasil. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* 16: 1–14.
- SANTOS, L. W., M. F. B. COELHO, and F. R. PIRANI. 2009. Fenologia de *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. (Lythraceae) em Barra do Garças, Mato Grosso, Brasil. *Rev. bras. plantas med.* 11: 12–17.
- SANTOS, R. M. DOS, F. DE A. VIEIRA, M. FAGUNDES, Y. R. F. NUNES, and E. GUSMÃO. 2007. Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no norte de Minas Gerais, Brasil. *Rev. Árvore* 31: 135–144.
- SAZATORNIL, F. D., M. MORÉ, S. BENITEZ-VIEYRA, A. A. COCUCCI, I. J. KITCHING, B. O. SCHLUMPBERGER, P. E. OLIVEIRA, M. SAZIMA, and F. W. AMORIM. 2016. Beyond neutral and forbidden links: morphological matches and the assembly of mutualistic hawkmoth–plant networks. *Journal of Animal Ecology* 85: 1586–1594.
- SAZIMA, M. 1999. Bat-pollinated Flower Assemblages and Bat Visitors at Two Atlantic Forest Sites in Brazil. *Annals of Botany* 83: 705–712.
- SAZIMA, M., and I. SAZIMA. 1975. Quiropterofilia em *Lafoensia pacari* St. Hil. (Lythraceae), na Serra do Cipó, Minas Gerais. *Ciência e Cultura* 27: 405–416.
- SPERR, E. B., L. A. CABALLERO-MARTÍNEZ, R. A. MEDELLIN, and M. TSCHAPKA. 2011. Seasonal changes in species composition, resource use and reproductive patterns within a guild of nectar-feeding bats in a west Mexican dry forest. *Journal of Tropical Ecology* 27: 133–145.
- SRITONGCHUAY, T., and S. BUMRUNGSRI. 2016. Specialized and facultative nectar-feeding bats have different effects on pollination networks in mixed fruit orchards, in Southern Thailand. *J Poll Ecol* 19: 98–103.
- SRITONGCHUAY, T., A. C. HUGHES, and S. BUMRUNGSRI. 2019. The role of bats in pollination networks is influenced by landscape structure. *Global Ecology and Conservation* 20: e00702.
- STEWART, A. B., and M. R. DUDASH. 2017. Flower-visiting bat species contribute unequally toward agricultural pollination ecosystem services in southern Thailand. *Biotropica* 49: 239–248.
- STEWART, A. B., and M. R. DUDASH. 2018. Foraging strategies of generalist and specialist Old World nectar bats in response to temporally variable floral resources. *Biotropica* 50: 98–105.
- SUNDERLAND, T. ET AL. 2015. Global dry forests: a prologue. *International Forestry Review* 17: 1–9.

- TIMM, R., and R. LAVAL. 1998. A field key to the bats of Costa Rica. Occasional Publication Series, Center of Latin American Studies, The University of Kansas 22.
- TOBY PENNINGTON, R., D. E. PRADO, and C. A. PENDRY. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261–273.
- TREMLETT, C. J., M. MOORE, M. A. CHAPMAN, V. ZAMORA-GUTIERREZ, and K. S. -H. PEH. 2020. Pollination by bats enhances both quality and yield of a major cash crop in Mexico M. Pocock (Ed.). *Journal of Applied Ecology* 57: 450–459.
- TSCHAPKA, M., and S. DRESSLER. 2002. Chiropterophily: On bat-flowers and flower-bats. *Curtis's Botanical Magazine* 19: 114–125.
- VIZENTIN-BUGONI, J., P. K. MARUYAMA, V. J. DEBASTIANI, L. DA S. DUARTE, B. DALSGAARD, and M. SAZIMA. 2016. Influences of sampling effort on detected patterns and structuring processes of a Neotropical plant–hummingbird network. *Journal of Animal Ecology* 85: 262–272.
- VIZENTIN-BUGONI, J., P. K. MARUYAMA, C. S. DE SOUZA, J. OLLERTON, A. R. RECH, and M. SAZIMA. 2018. Plant-Pollinator Networks in the Tropics: A Review. *In* W. Dáttilo and V. Rico-Gray (Eds.) *Ecological Networks in the Tropics: An Integrative Overview of Species Interactions from Some of the Most Species-Rich Habitats on Earth*. pp. 73–91, Springer International Publishing, Cham. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-68228-0_6 [Accessed February 2, 2024].
- VOGEL, S., A. V. LOPES, and I. C. MACHADO. 2005. Bat pollination in the NE Brazilian endemic *Mimosa lewisii* : an unusual case and first report for the genus. *TAXON* 54: 693–700.
- VOIGT, C. C., and T. KINGSTON. 2015. *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*. Springer.
- VOIGT, C., D. KELM, B. B.J, and S. ORTMANN. 2009. Dietary analysis of plant-visiting bats. *In* pp. 593–609.
- WASER, N. M., L. CHITTKA, M. V. PRICE, N. M. WILLIAMS, and J. OLLERTON. 1996. Generalization in Pollination Systems, and Why it Matters. *Ecology* 77: 1043–1060.
- WILLMER, P. 2011. *Pollination and Floral Ecology*. *In* *Pollination and Floral Ecology*. Princeton University Press. Available at: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9781400838943/html> [Accessed February 3, 2024].
- ZAR, J. H. 2010. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall.

Capítulo 1- INTERAÇÕES ENTRE MORCEGOS E FLORES EM UMA FLORESTA SECA DA REGIÃO NEOTROPICAL

Fabiana das Dôres Reis¹, Luis Gustavo de Sousa Perugini¹, Cinthia Soares Novaes¹, Luiz Alberto Dolabela Falcão², Luiz Phillipe Dantas Soares¹, Ilmara Aparecida Oliveira Ferreira¹, Tiago Vinicius Fernandes¹, Danubia Natalina silva¹, Ana Carolina Pereira Machado¹, André Rodrigo Rech¹

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri¹

Diamantina, Minas Gerais, Brasil¹

Universidade Estadual de Montes Claros²

Montes Claros, Minas Gerais, Brasil²

3 RESUMO

Os morcegos são importantes polinizadores em ambientes florestais se destacando no provimento deste serviço ecossistêmico. Durante a estação seca as fontes nutricionais diminuem o que demandaria maior flexibilidade na dieta dos morcegos residentes em ambientes sazonais. Entender como a sazonalidade afeta as interações e o comportamento de forrageio ajuda a entender a diversidade e abundância de morcegos nestes ambientes. Investigamos durante quatro anos a interação morcego-planta em quatro Unidades de Conservação, no Sudeste do Brasil, em florestas tropicais secas. Hipotetizamos que a variação sazonal afetaria a disponibilidade recursos que se refletiria na dieta e uso do recurso pelos morcegos. Os animais foram capturados com redes de neblina identificados e o pólen foi coletado utilizando gelatina glicerizada. A identificação do pólen foi feita em laboratório e a rede foi montada utilizando a frequência de interação por indivíduo. Neste primeiro trabalho sobre as interações entre morcegos e plantas em uma Mata Seca

brasileira (TDF) verificamos a variação sazonal na estrutura das interações com diferenças na composição das interações entre as estações seca e chuvosa. Confirmamos a natureza generalizada das interações entre morcegos e plantas nas Matas Secas, assim como a alta flexibilidade alimentar dos morcegos. Destacamos maior sobreposição de nicho alimentar na estação seca e apesar da estabilidade da diversidade de morcegos seu comportamento de forrageio varia ao longo do ano. Ressaltamos que as guildas tróficas dos grandes frugívoros e onívoros dominaram o nicho de visitação floral na Mata Seca. Frugívoros e onívoros visitaram menos espécies de flores na estação chuvosa enquanto os nectarívoros tiveram comportamento oposto. Nossos resultados oferecem subsídios para a conservação de interações em florestas de Mata Seca e contribui para entender a ecologia trófica de morcegos Neotropicais.

Palavras Chaves: Guildas, Morcego-Planta, Rede de Interação, Mata Seca

4 ABSTRACT

Bats are important pollinators in forest environments, standing out in providing this ecosystem service. During the dry season, nutritional sources decrease, which would require greater dietary flexibility for resident bats in seasonal environments. Understanding how seasonality affects interactions and foraging behavior helps to comprehend the diversity and abundance of bats in these environments. Over four years, we investigated bat-plant interactions in four Conservation Units in Southeast Brazil's dry tropical forests. We hypothesized that seasonal variation would affect resource availability, which would be reflected in the bats' diet and resource use. The animals were captured using mist nets, identified, and pollen was collected using glycerinated gelatin. Pollen identification was performed in the laboratory, and the network was assembled using interaction frequency per individual. In this initial study on bat-plant interactions in a Brazilian Dry Forest (TDF), we observed seasonal variation in interaction structure with differences in interaction composition between the dry and rainy seasons. We confirmed the generalized nature of interactions between bats and plants in Dry Forests, as well as the high dietary flexibility of bats. We highlight greater dietary niche overlap in the dry season, and despite the stability of bat diversity, their foraging behavior varies throughout the year. We emphasize that the trophic guilds of large frugivores and

omnivores dominated the floral visitation niche in the Dry Forest. Frugivores and omnivores visited fewer flower species in the rainy season, while nectarivores exhibited the opposite behavior. Our results provide support for conserving interactions in Dry Forests and contribute to understanding the trophic ecology of Neotropical bats.

Keywords: bat-plant, Guilds, Interaction Network, dry forest

5 INTRODUÇÃO

Na região Neotropical, a polinização por vertebrados desempenha um papel crucial na reprodução de muitas espécies de plantas (Rech *et al.* 2014). Somente para a família Phyllostomidae (Gray, 1825) já são registradas interações com mais de 300 espécies de plantas, perdendo apenas para os beija-flores. Fica claro então o papel fundamental dos morcegos na polinização noturna de várias espécies de plantas (Dobat & Peikert-Holle 1985, Sazima 1999, Fleming *et al.* 2009). Os morcegos são um grupo diverso e com funções ecológicas essenciais. Eles são responsáveis pela polinização de várias espécies de plantas, dispersão de frutos e sementes, além de controlar populações de invertebrados (Ramírez-Fráncel *et al.* 2022). Morcegos são particularmente sensíveis a perturbações ambientais enfrentando múltiplas causas de mortalidade que podem diminuir suas populações em grande escala devido a distúrbios antropogênicos (Jones *et al.* 2009, Voigt & Kingston 2015, O'Shea *et al.* 2016). Além disso, são registrados como

excelentes bioindicadores de ambientes fragmentados e perturbação de comunidades animais (Fenton *et al.* 1992, Cunto & Bernard 2012). Muitas das espécies de plantas polinizadas por morcegos apresentam uma forte relevância ecológica e econômica (Kunz *et al.* 2011, Tremlett *et al.* 2020). Apesar da importância dos morcegos como polinizadores em ambientes florestais Neotropicas (Sazima 1999, Fischer *et al.* 2018) as Matas Secas Brasileiras são ainda completamente desconhecidas sobre as interações entre morcegos e plantas que nelas ocorrem. Mesmo em outros ambientes de Mata Seca do Neotrópico as interações entre morcegos e plantas permanecem pouco conhecidas (Carvajal Nieto *et al.* 2022).

O estudo da polinização por morcegos e sua importância ecológica nos ecossistemas tropicais tem sido amplamente reconhecido e reafirmado (Stewart & Dudash 2017, Castillo-Figueroa 2020). À medida que as interações entre morcegos e plantas são descritas, busca-se compreender como essas comunidades são formadas. Como padrão emergente, na América Latina, a interação entre morcegos e flores parecem formar redes generalistas, com flores não restritivas que permitem a visitação de uma ampla variedade de animais (Cordero-Schmidt *et al.* 2017, Mora-Beltrán & López-Arévalo 2018, Queiroz *et al.* 2021, González-Gutiérrez *et al.* 2022).

No nível ecossistêmico, as mudanças na comunidade de morcegos podem ter consequências significativas nos serviços prestados por esses animais. Essas mudanças podem influenciar, por exemplo, o processo de sucessão ecológica em áreas degradadas, afetando a recuperação e a restauração do ambiente (Rech *et al.* 2014). É importante entender o papel dos morcegos na polinização e na manutenção da biodiversidade em ambientes altamente sazonais como as Matas Secas para implementar estratégias eficazes de conservação e manejo dessas áreas (Sánchez-Azofeifa *et al.* 2005, Stewart & Dudash 2017, Sritongchuay *et al.* 2019, Queiroz *et al.* 2021).

O mutualismo é um fenômeno significativo na ecologia amplamente observado em todo o Neotrópico (Mello *et al.* 2019). No entanto, é importante ressaltar que estudos detalhados dessas interações em nível de comunidades são escassos na literatura científica (Vizentin-Bugoni *et al.* 2018). Essa lacuna de pesquisa destaca a necessidade de uma maior investigação para compreender a dinâmica e a importância dessas relações mutualísticas para a biodiversidade e a ecologia dos ecossistemas neotropicais (Rocchini *et al.* 2017, Diniz & Aguiar 2023a, b). Compreender a importância dos morcegos como polinizadores nos trópicos, considerando sua importância para os ecossistemas, pode trazer *insights* para melhorar a compreensão das interações planta-polinizador de uma

maneira geral (Stewart & Dudash 2017, Sritongchuay *et al.* 2019, Queiroz *et al.* 2021).

Além disso, analisar as interações planta-polinizador possibilita explorar o papel de diferentes variáveis ecológicas nas comunidades e para além de descrever sua montagem, inferir sobre como funcionam os processos subjacentes a esses padrões (Monteiro 2020).

As Florestas Tropicais Sazonalmente Secas, que são geralmente menores em tamanho do que as florestas úmidas (Murphy & Lugo 1986) abrigam uma grande diversidade de formas de vida ocorrendo diversos registros de polinização por morcegos nesses ambientes (Heithaus *et al.* 1974, Lobo *et al.* 2003, Dirzo *et al.* 2011, Cortés-Flores *et al.* 2017). A Produtividade Primária nessas florestas é menor em comparação com as florestas tropicais, devido aos processos ecológicos fortemente sazonais, com maior crescimento ocorrendo apenas durante a estação chuvosa (Toby Pennington *et al.* 2000). Essa disponibilidade sazonal de recursos influencia a dinâmica dos nichos e a coexistência das espécies (Kneitel & Chase 2004). Estudos demonstram que tanto as florestas secas quanto as florestas tropicais úmidas exibem altos níveis de dependência entre os parceiros mutualistas (Leal *et al.* 2018). Na Caatinga, outro ambiente sazonalmente seco, o número de espécies de plantas polinizadas por morcegos é especialmente elevado em comparação com outros biomas e isso pode ser explicado

devido a algumas características climáticas (Machado 2004). As altas temperaturas e a baixa umidade podem dificultar a floração e reduzir a frequência de visitas dos polinizadores nestes ambientes, a floração noturna aparece como alternativa para atenuar os efeitos da evapotranspiração (Baker 1961, Borges *et al.* 2016). No entanto, sabemos ainda muito pouco sobre como essas variações drásticas na disponibilidade de recursos interferem no padrão interativo de plantas e polinizadores, especialmente os noturnos. Neste sentido, ao estudar as interações entre morcegos e flores das Matas Secas no nível de comunidade estamos adentrando uma camada interativa até então não explorada neste tipo de ambiente florestal brasileiro.

Os morcegos tendem a se adaptar e modificar suas preferências alimentares durante a estação seca, quando geralmente os recursos alimentares são escassos, os (Bobrowiec 2003, Sperr *et al.* 2011). Devido a sua flexibilidade alimentar os morcegos podem buscar fontes alternativas para consumo em locais com dinâmica e disponibilidade dos recursos temporários (Fleming 1986, Ruiz *et al.* 1997, Moreno-Valdez *et al.* 2000, Sperr *et al.* 2011). Além disso, a disponibilidade de frutas pode variar ao longo do ano, levando os morcegos com dietas amplas a se alimentar de diferentes espécies de plantas em diferentes épocas (Cisneros *et al.* 2015). Portanto, a sazonalidade poderia

desempenhar um papel fundamental na determinação na dieta dos morcegos de mata seca, influenciando suas escolhas alimentares e estratégias de busca por recursos (Medellín *et al.* 2000, Fleming *et al.* 2009) e diferenciando as guildas tróficas de morcegos, o que está entre nossos objetivos de avaliação nesse estudo.

O padrão interativo de morcegos pode ser afetado também pelo estágio sucessional no qual a vegetação se encontre (Muscarella & Fleming 2007) . Sabemos que morcegos tendem a visitar flores mais expostas no alto da vegetação e que variáveis estruturais da paisagem influenciam sua comunicação e a composição de espécies muda ao longo da sucessão (Kunz 1982, Diniz & Aguiar 2023a). O estágio sucessional das florestas é conhecido por influenciar a estrutura vegetativa, tornando-se em geral mais complexo à medida que a sucessão avança (Brown & Lugo 1990). A diversidade e abundância de morcegos pode ser influenciada pela estrutura do habitat, incluindo a composição e configuração da paisagem, (Klingbeil & Willig 2010, Henry & Stoner 2011, Falcão 2015). Desta forma seria plausível esperar que também o padrão interativo de morcegos e plantas mudasse ao longo da sucessão ecológica, no entanto, essa dimensão ecológica da interação nunca foi avaliada em áreas de florestas secas.

O objetivo deste trabalho é, portanto, analisar como estão estruturadas as redes de interações sazonais morcego-planta de quatro unidades de conservação em ambientes secos brasileiros e como a sazonalidade e os estágios sucessionais afetam a dinâmica de uso dos recursos. Nossa hipótese é que quantidade de morcegos visitantes florais seria maior na estação chuvosa período em que há maior disponibilidade de recursos florais nestes ambientes, influenciando a dinâmica de nicho nas populações consumidoras (Cordero-Schmidt *et al.* 2021). Além disso hipotetizamos que haveriam variações entre os estágios sucessionais devido á heterogeneidade e composição de espécies de cada estágio na paisagem com maiores interações em estágios com maiores disponibilidades de recursos(Souza *et al.* 2018, Diniz & Aguiar 2023a).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Área de estudo

Realizamos esse estudo em quatro Unidades de Conservação de Proteção Integral localizadas na região norte do Estado de Minas Gerais-Sudeste do Brasil (Parque Estadual da Mata Seca, Parque Estadual da Lagoa do Cajueiro, Reserva Biológica do Jaíba, e Reserva Biológica da Serra Azul - ver Figura 1). Esta região abriga diferentes tipos de vegetação com predominância de florestas tropicais secas inserida em um ecótono entre Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica (Sánchez-Azofeifa *et al.* 2005). O clima predominante é classificado como Aw segundo o sistema de Köppen com uma estação seca bem definida de abril a setembro quando a maioria das plantas perde mais de 90% de suas folhas (Pezzini *et al.* 2014). A precipitação média anual varia entre 700 e 2.000

mm e a temperatura média anual é de 25 °C (Sánchez-Azofeifa *et al.* 2005). As áreas de estudo foram utilizadas para a pecuária antes da criação das áreas protegidas, de modo que sua vegetação é composta por mosaicos florestais em diferentes estágios de sucessão secundária. Atualmente, essas áreas estão inseridas em uma matriz antrópica sob forte influência agrícola, como a fruticultura, já que a região possui o maior perímetro irrigado da América Latina – o Projeto Jaíba (Espírito-Santo *et al.* 2009). Essas florestas têm um dossel descontínuo com vegetação composta principalmente por manchas esparsas de árvores curtas e arbustos. Algumas áreas também foram utilizadas como pastagem por tempo indeterminado e abandonadas em meados da década de 1980 (década de 1970 no caso do Parque Estadual da Mata Seca). Em cada uma das áreas protegidas que analisamos foram selecionados três locais dentre os diferentes estágios de sucessão ecológica (inicial, intermediário e tardio) somando 12 locais de amostragem, sendo quatro em cada estágio. A diferenciação entre esses três estágios sucessionais foi feita com base na estrutura vertical (altura do dossel e número de camadas de copa) e horizontal (densidade e área basal de árvores) da vegetação. As áreas em estágio sucessional inicial eram anteriormente utilizadas como pastagens por pelo menos 20 anos, antes de serem abandonadas e incorporadas às áreas protegidas, entre 1998 e 2000. Essas florestas apresentam um dossel descontínuo, com árvores baixas e arbustos esparsos. Já as florestas em estágio intermediário possuem duas camadas verticais distintas: a primeira é formada por árvores decíduas de crescimento rápido, que criam um dossel fechado; a segunda camada contém lianas, árvores maduras tolerantes à sombra e indivíduos jovens. Essas áreas também foram pastagens, mas foram abandonadas na década de 1980 (ou 1970, no caso do Parque Estadual da Mata Seca). Por fim, as florestas em estágio sucessional tardio apresentam três camadas verticais: a primeira é composta por árvores de grande porte, formando um dossel relativamente fechado; a segunda camada contém árvores jovens de

diferentes idades e tamanhos; e a terceira camada é dominada por espécies herbáceas e arbustivas típicas do sub-bosque. Nessas áreas, não há registros de desmatamento nos últimos 50 anos. A distância média entre os locais de amostragem dentro do mesmo estágio sucessional foi de 31 km, variando de um mínimo de 10 km a um máximo de 50 km (Fenton *et al.* 1992).

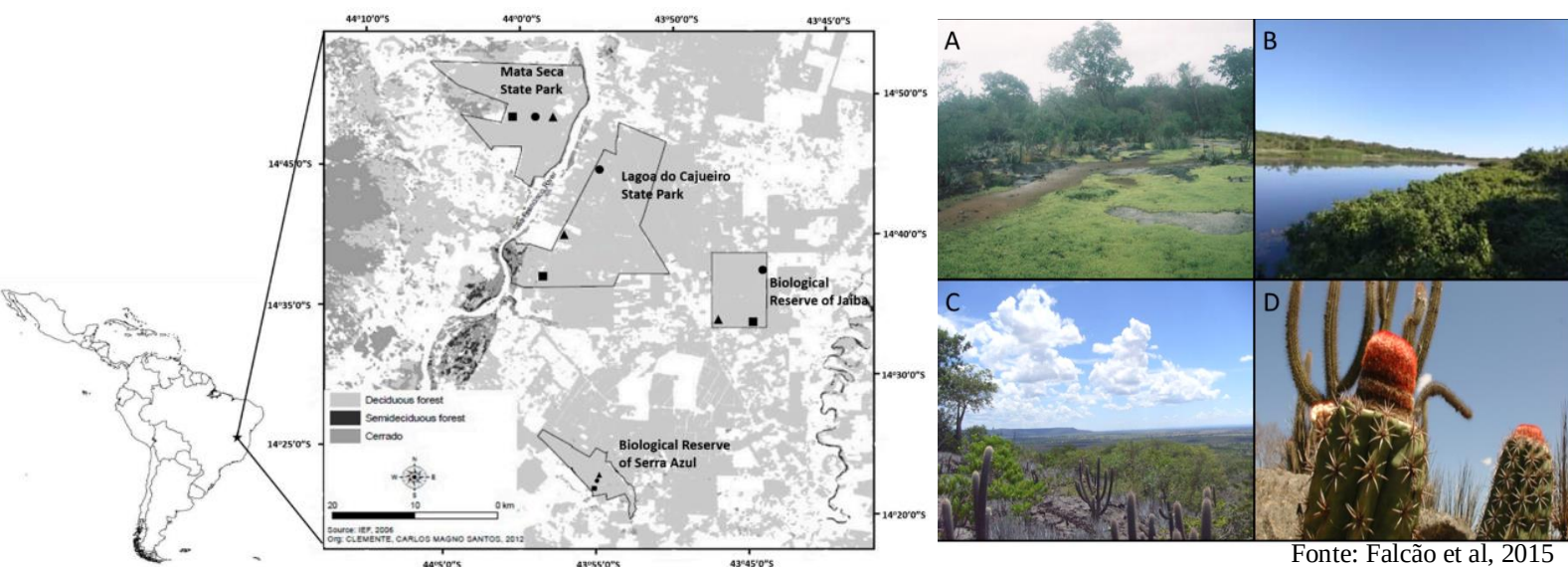


Figura 1. Localização e limites do Parque Estadual da Mata Seca (A), Parque Estadual da Lagoa do Cajueiro (B), Reserva Biológica da Serra Azul (C), e Reserva Biológica do Jaíba (D) no norte de Minas Gerais, sudeste do Brasil, onde foram coletadas as amostras utilizadas neste estudo.

6.2 Captura de animais

A coleta foi feita em 72 noites. Em cada noite de amostragem montamos 10 redes de neblina ao nível do solo (12 m×2,5 m, poliéster, malha: 16 mm) em possíveis rotas de voo dos morcegos dentro da floresta (Falcão *et al.* 2014). As redes foram abertas ao pôr do sol e permaneceram abertas por 5 h sendo verificadas a cada 30 minutos para coleta dos morcegos presos a rede. Todos os morcegos foram marcados com um anel metálico no antebraço numerado individualmente (Anilhas Capri™, São Paulo, Brasil), para evitar

recaptura, e soltos no mesmo local de captura. O estudo incluiu seis noites de amostragem por parcela (três na estação seca e três na chuvosa a cada dois meses) de 2007 a 2008 no Parque Estadual da Mata Seca e de 2012 a 2013 nas demais unidades de conservação. A amostragem sempre foi realizada em noites de lua nova ou crescente para minimizar os efeitos da fobia lunar (Morrison 1978). Os animais capturados foram identificados no campo usando chaves dicotômicas e descrições taxonômicas (Timm & Laval 1998, Gregorin & Taddei 2002, Reis 2007). Cada indivíduo foi classificado em uma das seguintes guildas: frugívora, nectarívora, onívora, com base no principal item da dieta descrito no Brasil (Reis 2007). Utilizamos a classificação de (Gardner & Patton 2007) para famílias, subfamílias e gêneros de morcegos.

6.3 Coleta e identificação de pólen

Os morcegos foram removidos da rede de neblina e colocados em sacos de pano limpos para posterior coleta de pólen. Coletamos amostras de pólen do pelo nas asas, pernas e uropatágio de cada morcego capturado usando um único cubo de gelatina glicerizada (3–4 mm) por indivíduo, que posteriormente foi montado em lâminas de microscópio de vidro. A gelatina foi preparada com glicerina e fenol para preservação e safranina para coloração (Voigt *et al.* 2009). Para evitar contaminação entre as amostras, limpamos a mesa de trabalho, mãos e pinças com álcool após o manuseio de cada

morcego e lavamos cada saco de pano antes de reutilizá-lo com outro morcego. Identificamos pólen sob um microscópio de luz (ampliação 400–1000x, Leica DM500) até o nível taxonômico de maior resolução possível por meio de comparação com coleções de referência. Para identificar os tipos polínicos, utilizamos catálogos de pólen para referência adicional (Roubik & Moreno P 1991, Carreira & Barth 2003, Melhem *et al.* 2003). Neste trabalho as frequências de interação representaram o número de indivíduos de morcegos que transportavam pólen de espécies vegetais, pois não consideramos a quantidade total de grãos de pólen encontrados em cada visitante floral individual, mas sim a presença ou ausência de pólen no indivíduo (Sazatornil *et al.* 2016).

6.4 Análise estatística

Calculamos o esforço amostral multiplicando as noites de amostragem pelo tempo de exposição e número de redes abertas (rede*horas). Calculamos a diversidade binomial observada e estimada e o estimador Chao 1 do pacote iNEXT foi utilizado para estimar a riqueza de binômios/interações dos dados observados (Hsieh *et al.* 2016, Vizentin-Bugoni *et al.* 2016). Construímos uma rede geral incluído todas as amostras, três redes para os estágios sucessionais (Inicial, Intermediário e Tardio) e para comparação de sazonalidade foram construídas duas redes (períodos seco e chuvoso). Calculamos quatro métricas de rede: (1) conectância, a proporção de links observados dentre os possíveis na rede; (2)

especialização complementar (H2') que mede como as espécies restringem suas interações daquelas esperadas aleatoriamente com base na disponibilidade de parceiros (Blüthgen *et al.* 2006); (3) aninhamento usando o índice NODF, bem como sua extensão quantitativa wNODF (Almeida-Neto *et al.* 2008, Almeida-Neto & Ulrich 2011), que quantifica como as interações de espécies especializadas são subconjuntos das interações de espécies mais generalistas nas redes; (4) modularidade quantitativa (Qw) (Beckett 2016), que quantifica a tendência das espécies em formar subgrupos de espécies em interação mais intensa entre si do que com as demais da rede (Vizentin-Bugoni *et al.* 2018). Para avaliar a importância dessas métricas no nível de rede, comparamos os valores observados com os gerados por modelos nulos. Para NODF, usamos o modelo r1 do pacote vegan que é apropriado para métricas binárias (Oksanen *et al.* 2019). Para H2', wNODF e Qw, usamos o modelo nulo vaznull do pacote bipartite que restringe o tamanho da rede, o número total de interações e a conectividade (Dormann *et al.* 2008). Consideramos uma métrica significativa quando maior que 95% dos valores simulados dos modelos nulos ($p < 0,05$). Também avaliamos dois índices no nível de espécie a partir da rede de interação para os morcegos: (1) grau, que é o número de espécies de morcegos com as quais cada espécie de planta interagiu; (2) especialização no nível de espécie d',

que quantifica como as frequências de interação de uma determinada espécie de morcegos se desviam em relação à disponibilidade de planta na rede, definida por seus totais marginais (Blüthgen *et al.* 2006) e a média do peso de cada espécie foi calculada para avaliar a correlação entre estas métricas. Na análise de correlação simples utilizando o índice de dissimilaridade (Bray-Curtis), foram consideradas as variáveis de grau, especialização e peso para avaliar a sobreposição de nicho. Primeiramente, os valores dessas variáveis foram calculados para cada indivíduo. Em seguida, o índice de dissimilaridade Jaccard foi aplicado para comparar a similaridade com base nessas variáveis. Dessa forma, a análise permitiu avaliar de forma quantitativa a sobreposição de nicho com base nos graus, especialização e peso, fornecendo insights importantes sobre a inter-relação entre os indivíduos. Os cálculos de todos os índices relacionados à rede foram realizados com o pacote Bipartite versão 2.13 (Dormann *et al.* 2008).

As análises de riqueza e abundância de espécies em função das estações, nos três estágios sucessionais, foram realizadas utilizando regressão linear. As variáveis dependentes foram transformadas usando log10 e o gráfico dos resíduos observado em cada modelo. O teste de significância de cada modelo foi realizado através de análise de variância, utilizando a função Anova do pacote car, em ambiente R (Fox *et al.* 2012).

Quando significativas as diferenças entre os níveis de cada variável independente foram testadas através de teste de Tukey (Zar 2010). A diferença na composição da comunidade foi testada através de uma análise permutacional de variância (PERMANOVA), realizada com base em 10000 permutações através do pacote Vegan em ambiente R (Oksanen *et al.* 2019). De acordo com as significâncias observadas, foram realizadas comparações múltiplas para cada variável independente através do pacote RVAdeMemoire (Hervé 2018). Foram realizadas análises para avaliar a homogeneidade de dispersões multivariadas entre as variáveis com base nas distâncias dos centroids empregando a função betadisper. Em seguida, foi realizado um teste de permutação com a função permutest, permitindo comparações pareadas entre os grupos. Adicionalmente, uma análise de variância (ANOVA) foi realizada para avaliar a significância dos resultados. Utilizamos a função vegdist para avaliar similaridade de Bray-Curtis para cada estação e cada estágio sucessional. A similaridade foi dessa forma utilizada como uma medida de sobreposição entre as dietas (nichos alimentares).

7 RESULTADOS

Coletamos 148 morcegos todos pertencentes à família Phyllostomidae, dos 148 morcegos coletados 112 (75%) continham pólen em suas amostras, 89 morcegos na estação seca e 23 na chuvosa. Os frugívoros *Artibeus planirostris* (Spix, 1823) (Figura

2), com um total de 77 indivíduos, sendo 22% das amostras sem pólen e *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758) com um total de 30 indivíduos, sendo 33% das amostras sem pólen foram os mais abundantes. Além deles, três espécies de morcegos nectarívoros, *Glossophaga soricina* (Pallas, 1766), (n=9, 2 indivíduos sem pólen), *Lonchophylla dekeyseri* (Taddei, Vizotto & Sazima, 1983), (n=1 com ou sem pólen) e *Lonchophylla mordax* (Thomas, 1903), (n=1 com ou sem pólen) também foram amostrados. Dos 112 morcegos coletados com pólen, 79% ocorreram na estação seca e 21% na estação chuvosa (Figura 3). No total, foram registrados 19 tipos polínicos (material suplementar). *Pseudobombax gradiflorum* (Malvaceae) (Figura 2), foi o tipo polínico mais frequente representando 44% das interações, seguida por *Hymenaea courbaril* (Fabaceae) com 20% das interações (Figura 2).



Bárbara A.L.Coelho

FIGURA 2- Ilustração do morcego mais abundante da rede o frugívoro *Artibeus planirostris* e as plantas mais visitadas entre as estações *Lafoensia pacari* (A) na estação chuvosa e *Pseudobombax gradiflorum* (B) na estação seca .

O estágio de sucessão inicial foi no qual obtivemos o menor número de capturas e interações. Já os estágios intermediário e Tardio não diferiram na frequência de interações, nem na diversidade de plantas e morcegos. No entanto, *Chrotopterus aurita* (Peters, 1856), *Uroderma bilobatum* (Peters, 1866) e *Lonchophylla mordax* foram capturados apenas no estágio intermediário enquanto o *Plathyrrinus lineatus* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1810) e o nectarívoro *Lonchophylla dekeyseri* classificado como ameaçado pela Lista Vermelha da IUCN e pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil (Chiarello *et al.* 2008, MMA 2014, ICMBIO/MMA 2018, Reis *et al.* 2019)) faziam parte da comunidade do estágio tardio. Entre as estações houve interação com as plantas *Astronium fraxinifolium*, *Vernonia* sp. e *Bauhinia longifolia* apenas na estação seca e os morcegos *Phyllostomus hastatus*, *Plathyrrinus lineatus*, *Phylloderma stenops*, *Uroderma bilobatum* foram capturados somente na estação seca. As plantas *Baccharis* sp, *Bauhinia pentandra*, e *Phaseolus vulgaris* e os morcegos *Lonchophylla dekeyseri*, *Lonchophylla mordax*, *Chrotopterus aurita* estiveram presentes apenas na estação chuvosa.

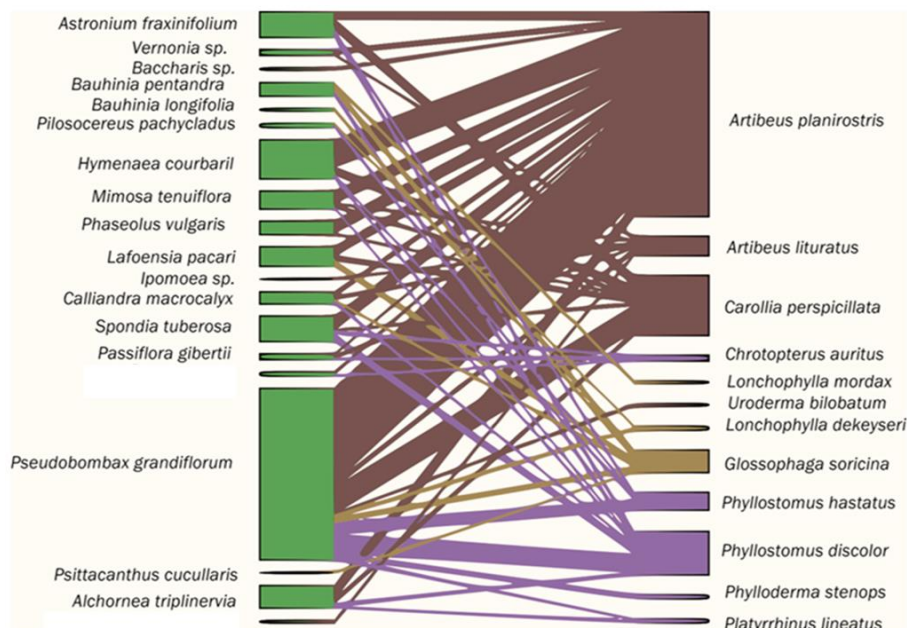


FIGURA 3- Rede geral de interação entre plantas e morcegos visitantes florais de uma região de floresta seca no Sudeste do Brasil. Cores separam as guildas: em marrom morcegos frugívoros, laranja nectarívoros e roxo onívoros e em verde os tipos polínicos. A espessura das linhas e das caixas indica a frequência de interação.

Avaliando a riqueza estimada tanto a utilizando Chao1 ($t=2.239$, $df=110.4$, $p=0.027$) quanto o estimador da diversidade de Shannon-Chao indicaram valores significativamente maiores no período chuvoso em comparação com o seco (Figura 3).

Para a estação chuvosa, a diversidade de Simpson foi de 9.447, com um estimador de 12.147 ($ep=2.828$) já para estação seca, a diversidade de Simpson foi de 3.120, com um valor estimado de 3.162 ($ep=0.390$) indicando que a diversidade de Simpson varia entre esses valores. Para a diversidade de Shannon o valor na estação chuvosa (11.434) também

foi maior que na seca (5.259), com um valor estimado de 18.003 ($ep=4.857$) e 5.454 ($ep=0.558$) respectivamente.

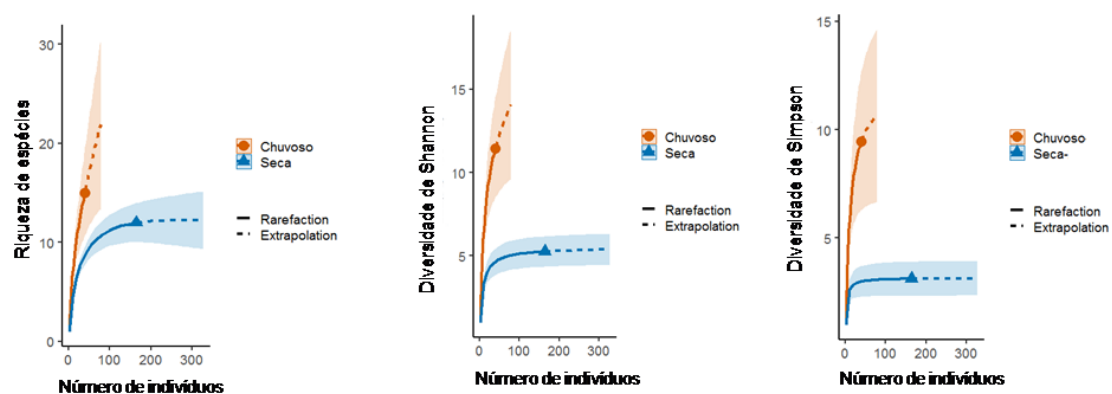


FIGURA 3- Estimativa de diversidade de espécies de morcegos visitantes florais entre as estações seca e chuvosa na região de floresta seca no Sudeste do Brasil

A rede geral foi composta por 168 interações entre morcegos e plantas se mostrando altamente generalizada com baixo valor de especialização e conectância e ausência de aninhamento ou modularidade (Tabela 1). Todas as redes tiveram baixo valor de conectância e apenas a rede do período seco se mostrou aninhada. Todas as redes foram razoavelmente bem amostradas, variando sua suficiência amostral entre 37% a 70% (Tabela 1). Não verificamos relação entre o grau, a especialização e o peso dos morcegos com as métricas das redes.

TABELA 1- Propriedades das redes de planta-morcego de uma região de floresta seca no norte de Minas Gerais, Brasil. QW (modularidade), NODF (aninhamento), WNODF (aninhamento ponderado), H2(especialização).

Redes	Morcegos	Plantas	Interações	conectância	QW	NODF	WNODF	H2
Rede geral	12	21	168	0.24*	0.18	44.36	28.52	0.18*
Chuvoso	8	15	34	0.22*	0.44	23.78	10.01	0.32
Seco	9	15	138	0.32*	0.13	70.96*	54.42	0.42
Inicial	6	9	21	0.31*	0.23	46.2	36.4	0,19
Intermediário	3	6	53	0,36*	0.20	51,1	30,5	0,20
Tárdio	11	16	51	0,25*	0.23	48,9	26,0	0,22

A composição das interações amostradas diferiu entre as estações seca e chuvosa (teste permutação, $R^2 = 0.509$, $F = 7.679$, $p = 0.001$). Na estação seca foram coletados morcegos pertencentes à nove espécies e na chuvosa oito espécies. Tanto na estação seca como na chuvosa a espécie *Artibeus planirostris* foi a mais abundante, porém não houve diferença significativa na riqueza e na abundância entre as estações. As redes dos períodos secos e chuvosos apresentaram padrão interativo contrastante, com a rede seca bem similar à rede geral. A rede do período chuvoso foi a que apresentou a menor suficiência amostral, e consequentemente apresentou a maior diversidade de espécies de plantas

(n=17) com relação a estação seca (n=12). Para os estágios sucessionais não foram encontradas diferenças na composição da comunidade com relação a nenhuma das variáveis. Com relação a beta diversidade o resultado da análise de homogeneidade de dispersões multivariadas mostrou que há uma diferença significativa entre as estações ($p=0.003$). Os dois primeiros eixos da Análise de Coordenadas Principais (PCoA), nos permitem visualizar a distribuição das observações em relação aos centróides das estações (Figura 4).

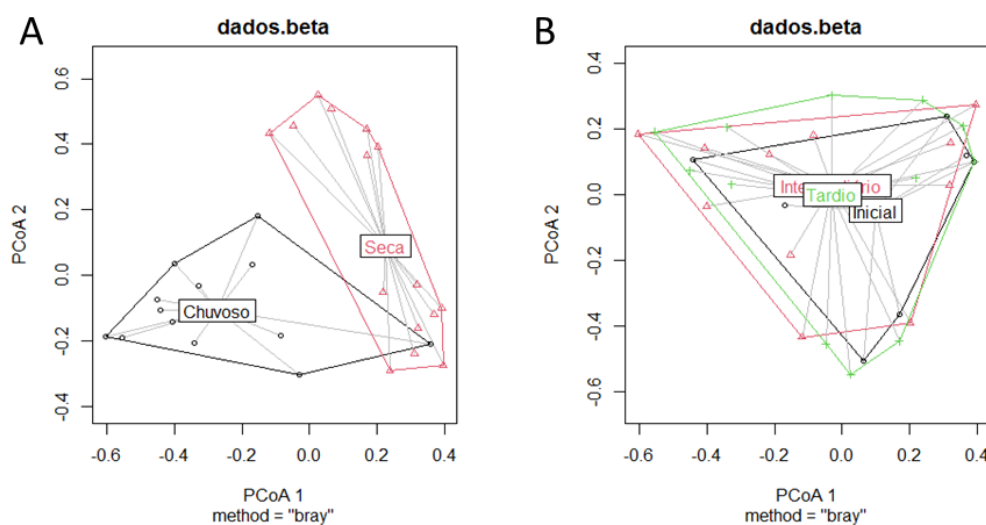


FIGURA 4: Análise de homogeneidade de dispersões utilizando o centroid, (A) entre as estações e (B) entre os estágios sucessionais.

O índice de sobreposição de nicho evidencia a maior dissimilaridade entre os nichos ecológicos na estação chuvosa (0.957) com relação a estação seca (0.889) (Figura 5).

Valores elevados de sobreposição de nicho sugerem que as condições ecológicas e as interações entre as espécies são semelhantes em ambas as estações.

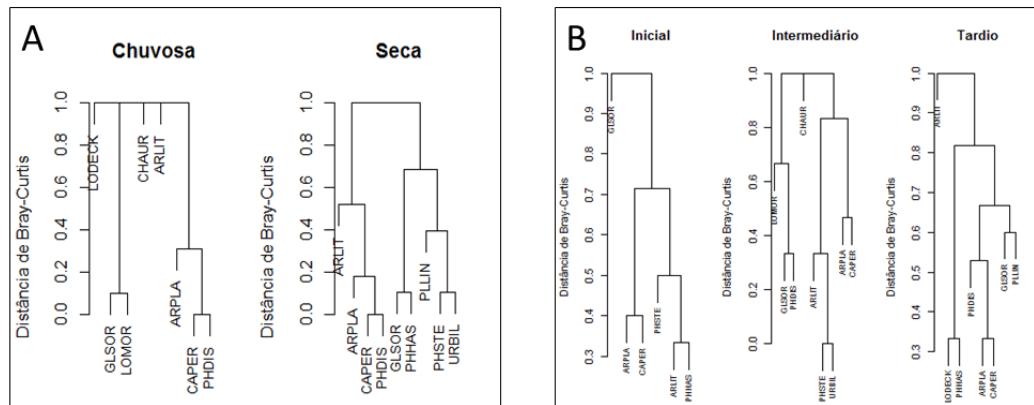


FIGURA 5: Análise de sobreposição de nicho utilizando o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis, (A) entre as estações e (B) entre os estágios sucessionais.

8 DISCUSSÃO

Nosso estudo representa a primeira pesquisa a investigar as interações entre morcegos e plantas em florestas de mata seca brasileiras (TDF). Nossos resultados apontam que a variação sazonal exerce uma influência significativa na estrutura dessas interações em ambientes de mata seca. Confirmamos a natureza generalizada das interações entre morcegos e plantas, assim como a alta flexibilidade alimentar destes animais. Demonstramos uma marcante mudança nas espécies de morcegos envolvidas na polinização e nas estruturas das interações ao longo das estações (Mello *et al.* 2011,

Cordero-Schmidt *et al.* 2021, Queiroz *et al.* 2021, González-Gutiérrez *et al.* 2022)

apresentando maior sobreposição de nicho alimentar na estação seca.

Apesar da estabilidade da diversidade de morcegos ao longo do ano, o comportamento de busca por alimento dos morcegos variou entre as estações seca e chuvosa. É importante ressaltar que as outras guildas tróficas, como os grandes frugívoros e onívoros, não apenas desempenham papéis relevantes nas redes de polinização da Mata Seca (Sritongchuay & Bumrungsri 2016, Mello *et al.* 2019, González-Gutiérrez *et al.* 2022) mas, em nossas descobertas, foram predominantes no tempo e no espaço. Observamos que houve uma redução nas interações entre frugívoros e onívoros durante a estação chuvosa, enquanto nos nectarívoros foi observado o oposto. Isso sugere que apenas na estação chuvosa há recursos suficientes para permitir que os morcegos nectarívoros sejam residentes, enquanto na estação seca eles podem ter que migrar sazonalmente em busca de recursos alimentares.

A rede morcego-planta da floresta de mata seca no sudeste do Brasil se mostrou muito generalizada, apresentando altos níveis de sobreposição de interação, o que reflete na baixa especialização e conectância e falta de aninhamento e modularidade. Além disso, acreditamos que o maior volume de interações na estação seca juntamente com o padrão

aninhado se dê em função da plasticidade dos morcegos oportunistas que na falta de outros alimentos como frutos optam pelo néctar. A maioria de espécies que registramos nas Matas Secas de Minas Gerais foi de generalistas que podem se adaptar muito bem a ambientes alterados, utilizando-os para forragear e empoleirar-se, o que também contribuiu para a não diferenciação das interações entre as áreas em diferentes estágios de sucessão (Fleming 1986, Castro-Luna et al. 2007, Cordero-Schmidt et al. 2017, Cely-Gómez et al. 2019, Castillo-Figueroa 2020).

Rede generalistas conferem resiliência tanto para plantas quanto para polinizadores e os padrões de interação generalizados aqui observados indicam que as interações morcego planta podem ser bem adequadas à plasticidade dos morcegos de mata seca (Waser *et al.* 1996, Cordero-Schmidt *et al.* 2021, Diniz & Aguiar 2023a). Além disso, elas podem também refletir o nível de conservação geral da paisagem, que apesar de preservada encontra-se em recuperação e possui amplas áreas em diferentes estágios de sucessão. Outros estudos já demonstraram que morcegos de regiões secas são visitantes florais altamente generalistas (Queiroz *et al.* 2021). Nossa rede é composta por mais frugívoros e onívoros do que nectarívoros e isso explica a generalização das interações. Morcegos generalistas podem usar oportunisticamente várias fontes de néctar

e pólen de acordo com a disponibilidade de diferentes plantas com flores, em contraste com morcegos especialistas que permanecem leais a poucas plantas com períodos de floração mais longos (Stewart & Dudash 2018).

O presente estudo revelou uma predominância de frugívoros como *Artibeus planirostris* e *Carollia perspicillata* encontrados na América do Sul, incluindo o Brasil com grande importância na polinização e dispersão de sementes. Os Glossophaginae e Lonchophyllinae são grupos de morcegos altamente especializados na coleta de néctar devido à sua especialização morfológica no comprimento rostral e redução da dentição (Dobat & Peikert-Holle 1985, Tschapka & Dressler 2002, Fleming *et al.* 2009, Willmer 2011) no entanto, foram pouco frequentes nesta área. A distribuição desigual dos morcegos entre as estações seca (79%) e chuvosa (21%) sugere uma influência sazonal nas interações entre morcegos e plantas (Diniz & Aguiar 2023a). Como esperado, o período chuvoso apresentou maior diversidade de interações. O aumento da disponibilidade de recursos durante o período chuvoso pode estar promovendo uma maior diversidade de interações entre os morcegos, refletindo a importância sazonal desses recursos para a ecologia e comportamento dos morcegos. Apesar da similaridade na composição florística em florestas de mata seca (Santos *et al.* 2007, Durães *et al.* 2014) a

composição diferiu entre as estações. Esta diferença pode ser influenciada por fatores sazonais, tais como variações na disponibilidade de recursos alimentares e na temperatura influenciando a presença e a distribuição das espécies de morcegos entre as estações. Outros estudos também apresentaram diferenças na composição de espécies de morcegos entre as estações (Sperr *et al.* 2011, Bobrowiec *et al.* 2014, Diniz & Aguiar 2023a). A comparação entre os períodos seco e chuvoso revelou diferenças nas propriedades das redes, sugerindo uma resposta dinâmica das interações às variações sazonais (Lewinsohn *et al.* 2006).

A análise de beta diversidade revelou uma diferenciação significativa entre as estações, indicando uma estruturação das comunidades de morcegos e plantas em resposta às variações sazonais. A similaridade na riqueza e abundância de espécies de morcegos entre os períodos seco e chuvoso indica uma relativa estabilidade da comunidade apesar da variação ao longo do ano, o que sugere que boa parte dos morcegos registrados, com exceção dos nectarívoros, sejam residentes na área.

O maior número de interações na estação seca aconteceu entre os morcegos e as plantas *Pseudobombax gradiflorum* e *Hymenaea courbaril*. O gênero *Pseudobombax* possui espécies consideradas intimamente relacionadas aos morcegos por possuírem

flores grandes, com antese noturna, em formato de pincel e com muito néctar com pico de floração na estação seca (Gibbs *et al.* 1999, Lobo *et al.* 2003). A *Hymenaea courbaril*, conhecida popularmente como jatobá, obteve bastante interação na estação seca principalmente com frugívoros, essa espécie é arbórea tropical, polinizada principalmente por morcegos glossófagos desempenha um papel importante na regeneração de áreas degradadas (Lacerda *et al.* 2008). Já na estação chuvosa as espécies mais visitadas foram *Lafoensia pacari* (Lythraceae) seguida de *Calliandra macrocalyx*. A espécie *Lafoensia pacari* conhecida popularmente como mangaba brava (Sazima & Sazima 1975, Santos *et al.* 2009) é uma espécie arbustiva com características quiropterófilas tendo a família Phyllostomidae um papel importante na sua polinização (Sazima & Sazima 1975, Diniz *et al.* 2022, Diniz & Aguiar 2023a). O gênero *Calliandra* apresenta antese noturna e filetes longos, roxos opacos e um disco nectarífero visível (Vogel, 1990). Várias espécies deste gênero já foram registradas sendo visitadas por morcegos (Vogel *et al.* 2005, Hernández-Conrique *et al.* 2007).

Nossos achados não revelaram diferenças entre os três estágios sucessionais, sugerindo que os morcegos têm a capacidade de forragear em longas distâncias (Carvajal Nieto *et al.* 2022), tornando os estágios sucessionais uma variável menos influente nessa

comunidade. A similaridade na composição da paisagem pode ser atribuída à forma como os morcegos utilizam a área, transitando ativamente por diferentes locais em busca de alimentos ou abrigo. Os morcegos tendem a utilizar zonas estruturalmente mais simples como rotas de voo, o que reduz os custos energéticos de deslocamento e os riscos de lesões (Bernard & Fenton 2003, Caras & Korine 2009). Além disso, os morcegos podem concentrar suas atividades de forrageio em ambientes com maior disponibilidade de recursos. Portanto, estabelecer relações entre as estruturas de habitat para um grupo animal que utiliza o ambiente de maneira tão diversificada é uma tarefa desafiadora e, as diferenças, se existirem podem aparecer apenas em uma escala maior, ou seja, entre áreas mais distantes (Falcão *et al.* 2010, 2014, Avila-Cabadilla *et al.* 2014). Estudos sugerem que a abundância de morcegos frugívoros está mais relacionada com a composição do habitat, enquanto a configuração da paisagem pode afetar a abundância de morcegos nectarívoros (Klingbeil & Willig 2010, Henry & Stoner 2011, Falcão 2015). Dado que os frugívoros, tiveram um papel proeminente nas interações na Mata Seca. O fato de necessitarem de uma demanda energética mais elevada por possuírem um tamanho maior e serem oportunistas, podem incorporar amplos itens em sua dieta, levando a explorar áreas de forrageio mais extensas e variadas.

Em conclusão, os padrões de interação apresentados aqui, indicam que as interações morcego-planta são fortemente afetadas pela sazonalidade e podem ser bem adaptadas às condições ambientais variáveis nas regiões de mata seca. A forte influência da sazonalidade nas interações entre morcegos e plantas destaca a dinâmica delicada desses ecossistemas e a complexidade das relações tróficas que ocorrem ao longo do ano. Conservar esses ambientes não apenas beneficia os morcegos e as plantas, mas promove a resiliência ecológica, a sustentabilidade ambiental e, em última análise, beneficia todos os organismos que dependem dos serviços prestados por esses ecossistemas.

9 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Dr. Carlos D´Apolito (UFAC) que colaborou na identificação polínica, à bióloga Bárbara A.L. Coelho pela valiosa contribuição na elaboração das ilustrações presentes neste trabalho, a empresa de fomento Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao CAFESIN-MULTIFLOR e os projetos de financiamento que mantém o laboratório funcionando: FAPEMIG APQ-00932-21, APQ-03100-21, RED-00253-16, APQ-02806-22, APQ-03364-21, APQ-01151-22, APQ-

01822-21 CNPq 311665/2022-5, 400904/2019-5, 423939/2021-1 CAPES Financial Code

001

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDE, T. M., M. L. CLARK, H. R. GRAU, D. LÓPEZ-CARR, M. A. LEVY, D. REDO, M. BONILLA-MOHENO, G. RINER, M. J. ANDRADE-NÚÑEZ, and M. MUÑIZ. 2013. Deforestation and Reforestation of Latin America and the Caribbean (2001–2010). *Biotropica* 45: 262–271.
- ALMEIDA-NETO, M., P. GUIMARÃES, P. R. GUIMARÃES JR, R. D. LOYOLA, and W. ULRICH. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos* 117: 1227–1239.
- ALMEIDA-NETO, M., and W. ULRICH. 2011. A straightforward computational approach for measuring nestedness using quantitative matrices. *Environmental Modelling & Software* 26: 173–178.
- AVILA-CABADILLA, L. D., K. E. STONER, J. M. NASSAR, M. M. ESPÍRITO-SANTO, M. Y. ALVAREZ-AÑORVE, C. I. ARANGUREN, M. HENRY, J. A. GONZÁLEZ-CARCACÍA, L. A. DOLABELA FALCÃO, and G. A. SANCHEZ-AZOFEIFA. 2014. Phyllostomid Bat Occurrence in Successional Stages of Neotropical Dry Forests D. Russo (Ed.). *PLoS ONE* 9: e84572.
- BAKER, H. G. 1961. The Adaptation of Flowering Plants to Nocturnal and Crepuscular Pollinators. *The Quarterly Review of Biology*. Available at: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/403276> [Accessed February 2, 2024].
- BECKETT, S. J. 2016. Improved community detection in weighted bipartite networks. *Royal Society Open Science* 3: 140536.
- BERNARD, E., and M. B. FENTON. 2003. Bat Mobility and Roosts in a Fragmented Landscape in Central Amazonia, Brazil. *Biotropica* 35: 262–277.
- BLÜTHGEN, N., F. MENZEL, and N. BLÜTHGEN. 2006. Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology* 6: 9.
- BOBROWIEC, P. E. D. 2003. PADRÃO ALIMENTAR DE MORCEGOS FRUGÍVOROS EM ÁREAS ALTERADAS NA AMAZÔNIA CENTRAL.

- BOBROWIEC, P. E. D., L. DOS S. ROSA, J. GAZARINI, and T. HAUGAASEN. 2014. Phyllostomid Bat Assemblage Structure in Amazonian Flooded and Unflooded Forests. *Biotropica* 46: 312–321.
- BORGES, R. M., H. SOMANATHAN, and A. KELBER. 2016. Patterns and Processes in Nocturnal and Crepuscular Pollination Services. *The Quarterly Review of Biology*. Available at: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/689481> [Accessed February 2, 2024].
- BRANDÃO, M., and M. GAVILANES. 1994. Composição Florística das áreas recobertas pela Caatinga na área mineira da SUDENE. *Informe Agropecuário* 17: 20–33.
- BROWN, S., and A. E. LUGO. 1990. Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. *Plant Soil* 124: 53–64.
- CARAS, T., and C. KORINE. 2009. Effect of vegetation density on the use of trails by bats in a secondary tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 25: 97–101.
- CARREIRA, L. M. M., and O. M. BARTH. 2003. Atlas de Pólen da vegetação de canga da Serra de Carajás (Pará, Brasil). Museu Paraense Emílio Goeldi.
- CARVAJAL NIETO, P., S. MEDINA BENAVIDES, A. BERNAL-RIVERA, C. CALVACHE-SÁNCHEZ, and T. VELÁSQUEZ-ROA. 2022. Interacciones murciélago-flor en el Bosque Seco Tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Biota* 24: e1079.
- CASTILLO-FIGUEROA, D. 2020. Why bats matters: A critical assessment of bat-mediated ecological processes in the Neotropics. *European Journal of Ecology* 6: 77–101.
- CASTRO-LUNA, A. A., I. J. SOSA, and G. CASTILLO-CAMPOS. 2007. Quantifying phyllostomid bats at different taxonomic levels as ecological indicators in a disturbed tropical forest. *Acta Chiropterologica* 9: 219–228.
- CELY-GÓMEZ, M. A., D. CASTILLO-FIGUEROA, M. A. CELY-GÓMEZ, and D. CASTILLO-FIGUEROA. 2019. Diet of dominant frugivorous bat species in an oil palm landscape from Colombian Llanos: implications for forest conservation and recovery. *Therya* 10: 149–153.
- CHIARELLO, A. G., L. DE S. AGUIAR, R. CERQUEIRA, F. R. MELO, F. H. RODRIGUES, and V. M. F. SILVA. 2008. Mamíferos ameaçados de extinção no Brasil. *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção* 2: 680–880.
- CISNEROS, L. M., M. E. FAGAN, and M. R. WILLIG. 2015. Season-specific and guild-specific effects of anthropogenic landscape modification on metacommunity structure of tropical bats. *Journal of Animal Ecology* 84: 373–385.

- CORDERO-SCHMIDT, E., E. BARBIER, J. C. VARGAS-MENA, P. P. OLIVEIRA, F. DE A. R. SANTOS, R. A. MEDELLÍN, B. R. HERRERA, and E. M. VENTICINQUE. 2017. Natural history of the Caatinga endemic Vieira's flower bat, *Xeronycteris vieirai*. *Acta Chiropterologica* 19: 399–408.
- CORDERO-SCHMIDT, E., P. K. MARUYAMA, J. C. VARGAS-MENA, P. PEREIRA OLIVEIRA, F. DE ASSIS R. SANTOS, R. A. MEDELLÍN, B. RODRIGUEZ-HERRERA, and E. M. VENTICINQUE. 2021. Bat–flower interaction networks in Caatinga reveal generalized associations and temporal stability. *Biotropica* 53: 1546–1557.
- CORTÉS-FLORES, J., K. B. HERNÁNDEZ-ESQUIVEL, A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, and G. IBARRA-MANRÍQUEZ. 2017. Flowering phenology, growth forms, and pollination syndromes in tropical dry forest species: Influence of phylogeny and abiotic factors. *American Journal of Botany* 104: 39–49.
- CUNTO, G. C., and E. BERNARD. 2012. Neotropical Bats as Indicators of Environmental Disturbance: What is the Emerging Message? *Acta Chiropterologica* 14: 143–151.
- DINIZ, U. M., and L. M. D. S. AGUIAR. 2023a. Spatiotemporal trends in floral visitation and interaction networks reveal shifting niches for bats in a Neotropical savanna. *Journal of Animal Ecology* 92: 1442–1455.
- DINIZ, U. M., and L. M. DE S. AGUIAR. 2023b. The interplay between spatiotemporal overlap and morphology as determinants of microstructure suggests no ‘perfect fit’ in a bat-flower network. *Sci Rep* 13: 2737.
- DINIZ, U. M., N. L. S. FISCHER, and L. M. S. AGUIAR. 2022. Changing the main course: strong bat visitation to the ornithophilous mistletoe *Psittacanthus robustus* (Loranthaceae) in a Neotropical savanna. *Biotropica* 54: 478–489.
- DIRZO, R., H. S. YOUNG, H. A. MOONEY, and G. CEBALLOS eds. 2011. Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation. Island Press/Center for Resource Economics, Washington, DC Available at: <http://link.springer.com/10.5822/978-1-61091-021-7> [Accessed February 2, 2024].
- DOBAT, K., and T. PEIKERT-HOLLE. 1985. Blossoms and bats. *Kramer*.
- DORMANN, C. F., B. GRUBER, and J. FRÜND. 2008. Introducing the bipartite Package: Analysing Ecological Networks. 8.
- DURÃES, M. C. O., N. D. L. P. SALES, S. D. NETO, and M. A. P. FIGUEIREDO. 2014. Levantamento florístico do estrato arbóreo de três fragmentos de floresta ciliar como subsídio à recomposição da vegetação do Rio Cedro, Montes Claros – MG. *Ciênc. Florest.* 24: 47–58.

- ESPÍRITO-SANTO, M. M., A. C. SEVILHA, F. C. ANAYA, R. BARBOSA, G. W. FERNANDES, G. A. SANCHEZ-AZOFEIFA, A. SCARIOT, S. E. DE NORONHA, and C. A. SAMPAIO. 2009. Sustainability of tropical dry forests: Two case studies in southeastern and central Brazil. *Forest Ecology and Management* 258: 922–930.
- FALCÃO, L. A. D. 2015. Morcegos em Florestas Tropicais Secas Brasileiras.
- FALCÃO, L., L. ALFARO-ALVARADO, G. FERNANDES, L. LEITE, F. NEVES, and P. CUEVAS-REYES. 2010. Comunidad de murciélagos filostómidos asociada a *Caryocar* brasiliense Camb.(Caryocaraceae). *Brenesia* 73–74: 150–153.
- FALCÃO, L., M. ESPÍRITO-SANTO, L. LEITE, R. GARRO, L. AVILA CABADILLA, and K. STONER. 2014. Spatiotemporal variation in phyllostomid bat assemblages over a successional gradient in a tropical dry forest in southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 30.
- FENTON, M. B., L. ACHARYA, D. AUDET, M. B. C. HICKEY, C. MERRIMAN, M. K. OBRIST, D. M. SYME, and B. ADKINS. 1992. Phyllostomid Bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as Indicators of Habitat Disruption in the Neotropics. *Biotropica* 24: 440–446.
- FISCHER, E., M. SILVEIRA, R. L. MUNIN, G. CAMARGO, C. F. SANTOS, M. J. R. PEREIRA, W. FISCHER, and A. ERIKSSON. 2018. Bats in the dry and wet Pantanal. *Hystrix It. J. Mamm.* 29: 11–17.
- FLEMING, T. H. 1986. Opportunism versus specialization: the evolution of feeding strategies in frugivorous bats. *In* A. Estrada and T. H. Fleming (Eds.) *Frugivores and seed dispersal. Tasks for vegetation science.* pp. 105–118, Springer Netherlands, Dordrecht. Available at: https://doi.org/10.1007/978-94-009-4812-9_11 [Accessed February 2, 2024].
- FLEMING, T. H., C. GEISELMAN, and W. J. KRESS. 2009. The evolution of bat pollination: a phylogenetic perspective. *Annals of Botany* 104: 1017–1043.
- FOX, J., S. WEISBERG, D. ADLER, D. BATES, G. BAUD-BOVY, S. ELLISON, D. FIRTH, M. FRIENDLY, G. GORJANC, and S. GRAVES. 2012. Package ‘car.’ Vienna: R Foundation for Statistical Computing 16.
- GARDNER, A. L., and J. L. PATTON. 2007. *Mammals of South America, volume 2: rodents.* University of Chicago Press.
- GIBBS, P. E., R. GRIBEL, and A. L. QUEIRÓZ. 1999. Flowering phenology and pollination biology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 15: 247–263.

- GILLESPIE, T. W., B. LIPKIN, L. SULLIVAN, D. R. BENOWITZ, S. PAU, and G. KEPPEL. 2012. The rarest and least protected forests in biodiversity hotspots. *Biodivers Conserv* 21: 3597–3611.
- GONZÁLEZ-GUTIÉRREZ, K., J. H. CASTAÑO, J. PÉREZ-TORRES, and H. R. MOSQUERA-MOSQUERA. 2022. Structure and roles in pollination networks between phyllostomid bats and flowers: a systematic review for the Americas. *Mamm Biol* 102: 21–49.
- GREGORIN, R., and V. TADDEI. 2002. Chave artificial para a identificação de molossídeos brasileiros (Mammalia, Chiroptera). *Mastozoologia Neotropical* 9.
- HEITHAUS, E. R., P. A. OPLER, and H. G. BAKER. 1974. Bat Activity and Pollination of *Bauhinia Pauletia*: Plant-Pollinator Coevolution. *Ecology* 55: 412–419.
- HENRY, M., and K. E. STONER. 2011. Relationship between Spatial Working Memory Performance and Diet Specialization in Two Sympatric Nectar Bats. *PLOS ONE* 6: e23773.
- HERNÁNDEZ-CONRIQUE, D., J. F. ORNELAS, J. G. GARCÍA-FRANCO, and C. F. VARGAS. 2007. Nectar Production of *Calliandra longipedicellata* (Fabaceae: Mimosoideae), an Endemic Mexican Shrub with Multiple Potential Pollinators. *Biotropica* 39: 459–467.
- HSIEH, T. C., K. H. MA, and A. CHAO. 2016. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution* 7: 1451–1456.
- ICMBIO/MMA. 2018. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II - Mamíferos. II. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (Org.), Brasília.
- JONES, G., D. S. JACOBS, T. H. KUNZ, M. R. WILLIG, and P. A. RACEY. 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered Species Research* 8: 93–115.
- KLINGBEIL, B. T., and M. R. WILLIG. 2010. Seasonal differences in population-, ensemble- and community-level responses of bats to landscape structure in Amazonia. *Oikos* 119: 1654–1664.
- KNEITEL, J. M., and J. M. CHASE. 2004. Trade-offs in community ecology: linking spatial scales and species coexistence. *Ecology Letters* 7: 69–80.
- KUNZ, T. H. ed. 1982. *Ecology of Bats*. Springer US, Boston, MA Available at: <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4613-3421-7> [Accessed January 31, 2024].

- KUNZ, T. H., E. BRAUN DE TORREZ, D. BAUER, T. LOBOVA, and T. H. FLEMING. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223: 1–38.
- LACERDA, A. E. B. DE, M. KANASHIRO, and A. M. SEBBENN. 2008. Effects of Reduced Impact Logging on genetic diversity and spatial genetic structure of a *Hymenaea* courbaril population in the Brazilian Amazon Forest. *Forest Ecology and Management* 255: 1034–1043.
- LEAL, I. R., A. V. LOPES, I. C. MACHADO, and M. TABARELLI. 2018. Interações planta-animal na Caatinga: visão geral e perspectivas futuras. *Ciência e Cultura* 70: 35–40.
- LEWINSOHN, T. M., P. INÁCIO PRADO, P. JORDANO, J. BASCOMPTE, and J. M. OLESEN. 2006. Structure in plant–animal interaction assemblages. *Oikos* 113: 174–184.
- LOBO, J. A., M. QUESADA, K. E. STONER, E. J. FUCHS, Y. HERRERÍAS-DIEGO, J. ROJAS, and G. SABORÍO. 2003. Factors affecting phenological patterns of bombacaceous trees in seasonal forests in Costa Rica and Mexico. *American Journal of Botany* 90: 1054–1063.
- MACHADO, I. C. 2004. Floral Traits and Pollination Systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest. *Annals of Botany* 94: 365–376.
- MEDELLÍN, R. A., M. EQUIHUA, and M. A. AMIN. 2000. Bat Diversity and Abundance as Indicators of Disturbance in Neotropical Rainforests. *Conservation Biology* 14: 1666–1675.
- MELHEM, T., M. CRUZ-BARROS, A. CORRÊA, H. WATANABE, M. CAPELATO, and V. GONÇALVES-ESTEVEZ. 2003. Variabilidade polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). *Bol Inst Bot. Boletim do Instituto de Botânica* 16: 10–104.
- MELLO, M. A. R., G. M. FELIX, R. B. P. PINHEIRO, R. L. MUYLEAERT, C. GEISELMAN, S. E. SANTANA, M. TSCHAPKA, N. LOTFI, F. A. RODRIGUES, and R. D. STEVENS. 2019. Insights into the assembly rules of a continent-wide multilayer network. *Nat Ecol Evol* 3: 1525–1532.
- MELLO, M. A. R., F. M. D. MARQUITTI, P. R. GUIMARÃES, E. K. V. KALKO, P. JORDANO, and M. A. M. DE AGUIAR. 2011. The Missing Part of Seed Dispersal Networks: Structure and Robustness of Bat-Fruit Interactions A. Traveset (Ed.). *PLoS ONE* 6: e17395.
- MILES, L., A. C. NEWTON, R. S. DEFRIES, C. RAVILIOUS, I. MAY, S. BLYTH, V. KAPOZ, and J. E. GORDON. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33: 491–505.

- MMA, D. O. 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção: Portaria N 444, de 17 de dezembro de 2014. Diário Oficial da União–Seção 1245: 121–126.
- MONTEIRO, B. L. [UNESP. 2020. Polinizadores e os sistemas de polinização no campo rupestre: revisão e implicações para a conservação de serviços ecossistêmicos. Available at: <http://hdl.handle.net/11449/194330> [Accessed February 2, 2024].
- MORA-BELTRÁN, C., and H. F. LÓPEZ-ARÉVALO. 2018. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-33642018000200129&lng=es&nrm=iso&tlng=en. *Therya* 9: 129–136.
- MOREIRA-HERNÁNDEZ, J. I., C. A. CALDERÓN-ACEVEDO, and N. MUCHHALA. 2021. Fur, Wings, and Flowers: Development and Progress on Nectarivorous Bat Research in the Last 50 Years. *In* 50 Years of Bat Research. pp. 135–149, Springer, Cham. Available at: https://link-springer-com.ez36.periodicos.capes.gov.br/chapter/10.1007/978-3-030-54727-1_9 [Accessed February 2, 2024].
- MORENO-VALDEZ, A., W. E. GRANT, and R. L. HONEYCUTT. 2000. A simulation model of Mexican long-nosed bat (*Leptonycteris nivalis*) migration. *Ecological Modelling* 134: 117–127.
- MORRISON, D. W. 1978. Lunar phobia in a neotropical fruit bat, *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Animal Behaviour* 26: 852–855.
- MURPHY, P. G., and A. E. LUGO. 1986. Ecology of Tropical Dry Forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 67–88.
- MUSCARELLA, R., and T. H. FLEMING. 2007. The Role of Frugivorous Bats in Tropical Forest Succession. *Biological Reviews* 82: 573–590.
- OKSANEN, J., F. G. BLANCHET, M. FRIENDLY, R. KINDT, P. LEGENDRE, D. MCGLINN, P. R. MINCHIN, R. B. O'HARA, G. L. SIMPSON, and P. SOLYMOS. 2019. Package 'vegan.' Community ecology package, version 2.
- O'SHEA, T. J., P. M. CRYAN, D. T. S. HAYMAN, R. K. PLOWRIGHT, and D. G. STREICKER. 2016. Multiple mortality events in bats: a global review. *Mammal Review* 46: 175–190.
- PATRIARCA, C., M. BAKO, A. BRANTHOMME, T. S. FRESCINO, F. F. HADDAD, A. H. HAMID, A. MARTUCCI, H. O. CHOUR, P. L. PATTERSON, N. PICARD, M. C. REEVES, R. T. REYNOLDS, M. SACANDE, K. SHONO, B. SPARROW, F. STOLLE, N. WINKLER-RATHONYI, D. ZHANG, and F. ZIADAT. 2019. Trees, forests and land use in drylands: The first global assessment. FAO Forestry Paper No. 184. Rome, Italy: Food and Agriculture

- Organization of the United Nations. 184 p. Available at:
<https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/60715> [Accessed February 2, 2024].
- PEZZINI, F. F., B. D. RANIERI, D. O. BRANDÃO, G. W. FERNANDES, M. QUESADA, M. M. ESPÍRITO-SANTO, and C. M. JACOBI. 2014. Changes in tree phenology along natural regeneration in a seasonally dry tropical forest. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* 148: 965–974.
- QUEIROZ, J. A., U. M. DINIZ, D. P. VÁZQUEZ, Z. M. QUIRINO, F. A. R. SANTOS, M. A. R. MELLO, and I. C. MACHADO. 2021. Bats and hawkmoths form mixed modules with flowering plants in a nocturnal interaction network. *Biotropica* 53: 596–607.
- QUINCHE, L. L., S. E. SANTANA, and A. RICO-GUEVARA. 2023. Morphological specialization to nectarivory in *Phyllostomus discolor* (Wagner, 1843) (Chiroptera: Phyllostomidae). *The Anatomical Record* 306: 2830–2841.
- RAMÍREZ-FRÁNCEL, L. A., L. V. GARCÍA-HERRERA, S. LOSADA-PRADO, G. REINOSO-FLÓREZ, A. SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, S. ESTRADA-VILLEGAS, B. K. LIM, and G. GUEVARA. 2022. Bats and their vital ecosystem services: a global review. *Integrative Zoology* 17: 2–23.
- RECH, A., K. AGOSTINI, P. OLIVEIRA, and I. MACHADO. 2014. *Biologia da Polinização*.
- REIS, I., M. K. PERES, L. S. GOULART, and A. A. B. DAROSCI. 2019. Registro de morcego ameaçado de extinção em área de mineração no Cerrado. *Tecnia* 4: 186–193.
- REIS, N. R. D. 2007. *Morcegos Do Brasil*. Reis.
- ROCCHINI, D. ET AL. 2017. Measuring β -diversity by remote sensing: A challenge for biodiversity monitoring. *Methods in Ecology and Evolution* 9.
- ROQUE, S. Q., L. A. D. FALCÃO, A. R. RECH, J. O. SILVA, P. S. OLIVEIRA, K. F. FERREIRA, and M. M. DO ESPÍRITO-SANTO. 2023. Reproductive biology of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) in preserved and degraded Cerrado areas in Brazil. *Botany* 101: 357–365.
- ROUBIK, D. W., and J. E. MORENO P. 1991. Pollen and spores of Barro Colorado Island [Panama]. *Pollen and spores of Barro Colorado Island [Panama]*. 36.
- RUIZ, A., M. SANTOS, P. J. SORIANO, J. CAVELIER, and A. CADENA. 1997. Relaciones Mutualísticas entre el Murciélago *Glossophaga longirostris* y las Cactáceas Columnares en la Zona Arida de La Tatacoa, Colombia¹. *Biotropica* 29: 469–479.
- SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A., M. QUESADA, J. P. RODRÍGUEZ, J. M. NASSAR, K. E. STONER, A. CASTILLO, T. GARVIN, E. L. ZENT, J. C. CALVO-ALVARADO, M. E. R.

- KALACSKA, L. FAJARDO, J. A. GAMON, and P. CUEVAS-REYES. 2005. Research Priorities for Neotropical Dry Forests¹. *Biotropica* 37: 477–485.
- SANTOS, J. C., I. R. LEAL, J. S. ALMEIDA-CORTEZ, G. W. FERNANDES, and M. TABARELLI. 2011. Caatinga: The Scientific Negligence Experienced by a Dry Tropical Forest. *Tropical Conservation Science* 4: 276–286.
- SANTOS, J. P. DE O., K. G. ABREU, J. R. E. S. ARAÚJO, V. F. DE O. SOUSA, M. L. A. DE MACÊDO, and E. DA N. TORRES. 2023. Pressões antrópicas em Floresta Tropical Sazonalmente Seca em área suscetível a desertificação no Nordeste do Brasil. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* 16: 1–14.
- SANTOS, L. W., M. F. B. COELHO, and F. R. PIRANI. 2009. Fenologia de *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. (Lythraceae) em Barra do Garças, Mato Grosso, Brasil. *Rev. bras. plantas med.* 11: 12–17.
- SANTOS, R. M. DOS, F. DE A. VIEIRA, M. FAGUNDES, Y. R. F. NUNES, and E. GUSMÃO. 2007. Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no norte de Minas Gerais, Brasil. *Rev. Árvore* 31: 135–144.
- SAZATORNIL, F. D., M. MORÉ, S. BENITEZ-VIEYRA, A. A. COCUCCI, I. J. KITCHING, B. O. SCHLUMPBERGER, P. E. OLIVEIRA, M. SAZIMA, and F. W. AMORIM. 2016. Beyond neutral and forbidden links: morphological matches and the assembly of mutualistic hawkmoth–plant networks. *Journal of Animal Ecology* 85: 1586–1594.
- SAZIMA, M. 1999. Bat-pollinated Flower Assemblages and Bat Visitors at Two Atlantic Forest Sites in Brazil. *Annals of Botany* 83: 705–712.
- SAZIMA, M., and I. SAZIMA. 1975. Quiropterofilia em *Lafoensia pacari* St. Hil. (Lythraceae), na Serra do Cipó, Minas Gerais. *Ciência e Cultura* 27: 405–416.
- SPERR, E. B., L. A. CABALLERO-MARTÍNEZ, R. A. MEDELLIN, and M. TSCHAPKA. 2011. Seasonal changes in species composition, resource use and reproductive patterns within a guild of nectar-feeding bats in a west Mexican dry forest. *Journal of Tropical Ecology* 27: 133–145.
- SRITONGCHUAY, T., and S. BUMRUNGSRI. 2016. Specialized and facultative nectar-feeding bats have different effects on pollination networks in mixed fruit orchards, in Southern Thailand. *J Poll Ecol* 19: 98–103.
- SRITONGCHUAY, T., A. C. HUGHES, and S. BUMRUNGSRI. 2019. The role of bats in pollination networks is influenced by landscape structure. *Global Ecology and Conservation* 20: e00702.

- STEWART, A. B., and M. R. DUDASH. 2017. Flower-visiting bat species contribute unequally toward agricultural pollination ecosystem services in southern Thailand. *Biotropica* 49: 239–248.
- STEWART, A. B., and M. R. DUDASH. 2018. Foraging strategies of generalist and specialist Old World nectar bats in response to temporally variable floral resources. *Biotropica* 50: 98–105.
- SUNDERLAND, T. ET AL. 2015. Global dry forests: a prologue. *International Forestry Review* 17: 1–9.
- TIMM, R., and R. LAVAL. 1998. A field key to the bats of Costa Rica. Occasional Publication Series, Center of Latin American Studies, The University of Kansas 22.
- TOBY PENNINGTON, R., D. E. PRADO, and C. A. PENDRY. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261–273.
- TREMLETT, C. J., M. MOORE, M. A. CHAPMAN, V. ZAMORA-GUTIERREZ, and K. S. -H. PEH. 2020. Pollination by bats enhances both quality and yield of a major cash crop in Mexico M. Pocock (Ed.). *Journal of Applied Ecology* 57: 450–459.
- TSCHAPKA, M., and S. DRESSLER. 2002. Chiropterophily: On bat-flowers and flower-bats. *Curtis's Botanical Magazine* 19: 114–125.
- VIZENTIN-BUGONI, J., P. K. MARUYAMA, V. J. DEBASTIANI, L. DA S. DUARTE, B. DALSGAARD, and M. SAZIMA. 2016. Influences of sampling effort on detected patterns and structuring processes of a Neotropical plant–hummingbird network. *Journal of Animal Ecology* 85: 262–272.
- VIZENTIN-BUGONI, J., P. K. MARUYAMA, C. S. DE SOUZA, J. OLLERTON, A. R. RECH, and M. SAZIMA. 2018. Plant-Pollinator Networks in the Tropics: A Review. *In* W. Dáttilo and V. Rico-Gray (Eds.) *Ecological Networks in the Tropics: An Integrative Overview of Species Interactions from Some of the Most Species-Rich Habitats on Earth*. pp. 73–91, Springer International Publishing, Cham. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-68228-0_6 [Accessed February 2, 2024].
- VOGEL, S., A. V. LOPES, and I. C. MACHADO. 2005. Bat pollination in the NE Brazilian endemic *Mimosa lewisii* : an unusual case and first report for the genus. *TAXON* 54: 693–700.
- VOIGT, C. C., and T. KINGSTON. 2015. Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World. Springer.
- VOIGT, C., D. KELM, B. B.J, and S. ORTMANN. 2009. Dietary analysis of plant-visiting bats. *In* pp. 593–609.

WASER, N. M., L. CHITTKA, M. V. PRICE, N. M. WILLIAMS, and J. OLLERTON. 1996. Generalization in Pollination Systems, and Why it Matters. *Ecology* 77: 1043–1060.

WILLMER, P. 2011. Pollination and Floral Ecology. *In* Pollination and Floral Ecology. Princeton University Press. Available at: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9781400838943/html> [Accessed February 3, 2024].

ZAR, J. H. 2010. Biostatistical Analysis. Prentice Hall.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, podemos concluir que as interações entre morcegos e plantas em florestas de mata seca brasileiras são fortemente influenciadas pela sazonalidade. A natureza generalizada das interações, a alta flexibilidade alimentar dos morcegos e as mudanças nas espécies de morcegos envolvidas na polinização ao longo das estações destacam a complexidade dessas relações ecológicas. Além disso, a predominância de frugívoros e onívoros na rede de interações sugere uma adaptação eficaz a ambientes alterados e reforça a necessidade de inclusão destas guildas em estudos futuros, contribuindo para a resiliência e estabilidade das interações morcego-planta.

12 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de pós-graduação em Biologia Animal (PPGBA), a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), a empresa de fomento Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao CAFESIN-MULTIFLOR e os projetos de financiamento que mantém o laboratório funcionando: FAPEMIG APQ-00932-21, APQ-03100-21, RED-00253-16, APQ-02806-22, APQ-03364-21, APQ-01151-22, APQ-01822-21 CNPq 311665/2022-5, 400904/2019-5, 423939/2021-1 CAPES Finantial Code 001