



Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação

Instituto de Biociências

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Efeitos de características das cavernas sobre a comunidade de morcegos cavernícolas no cárste da Bodoquena, Mato Grosso do Sul

Aléxia Murgi



Campo Grande

novembro 2024

Efeitos de características das cavernas sobre a comunidade de morcegos cavernícolas no cárste da Bodoquena, Mato Grosso do Sul

Aléxia Murgi

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia, pelo Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Orientador: Dr. Erich Fischer

Co-orientadora: Dra. Livia Medeiros Cordeiro

Banca avaliadora

Dra. Jennifer de Sousa Barros

Bat Conservation Internacional, Austin, Texas, EUA

jbarros@batcon.org

Dr. Marcelo Oscar Bordignon

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

marcelo.bordignon@ufms.br

Dra. Maria João Veloso da Costa Ramos Pereira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

mjrayka@gmail.com

Dr. Paulo Estefano Dineli Bobrowiec

Instituto Tecnológico Vale, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

paulobobro@gmail.com

“para a pequena defensora dos animais...”

Agradecimentos

Um trabalho como este, envolvendo capturas em campo e prospecção de cavernas, não teria sido possível sem o apoio de diversas instituições, pesquisadores e proprietários rurais. Minha paixão pela relação entre a fauna e as cavernas iniciou-se na graduação, quando conheci o fascinante mundo subterrâneo. Me vinculei ao laboratório do Dr. Erich Fischer, onde iniciamos projetos de pesquisa sobre a quiroptero fauna cavernícola do Mato Grosso do Sul, e até aqui já foi uma jornada e tanto! Sou muito grata aos meus orientadores: Prof. Dr. Erich Fischer e Dra. Livia Medeiros Cordeiro por todos os anos de orientação, aprendizado, parceria em campo e sobretudo, amizade. Ao ICMBio (SISBIO e CECAV), IMASUL (Gerência de Unidade de Conservação – GUC), IPHAN e prefeitura de Bonito pelas autorizações e licenças de coleta nas cavernas. À FUNDECT, pela bolsa de estudos e projeto de pesquisa cedidos, imprescindível para o desenvolvimento de todas as etapas da pesquisa. À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, pela estrutura e apoio. Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação e a todos os professores que ofereceram disciplinas cruciais para o meu aprendizado em ecologia, pelas conversas, orientações e cafezinhos. Ao Grupo de Espeleologia Serra da Bodoquena, por fornecer equipamentos e os mapas topográficos das cavernas estudadas, além de orientações durante as saídas de campo. À Ciclo Azul Meio Ambiente e Sustentabilidade, representada por Livia Cordeiro e Juliana Terra, pelo apoio ao projeto e pelo alojamento da equipe durante o campo. Às “morcegas”, membros do laboratório de ecologia de Chiroptera: Adriana Acero, Carolina Barbosa, Carolina Santos, Hellen Dias, Mariana Tiemi, Priscila Pacheco e Raphaela Icassatti, por toda a ajuda, seja em campo, na triagem dos materiais ou no dia-a-dia do laboratório. Ao Davidson Nogueira, pela confecção do mapa da área de estudo. Aos colegas de fora do laboratório que auxiliaram em campo: Davi Cordeiro, Dr. Fernando Paiva, Fernando Ribeiro Paiva (Fernandinho), Juliana Terra, Márcio Meneghelli e Patrícia Kutika. Aos estagiários Danielle Maldonado e Angel Gabriel pela ajuda em laboratório. À Secretaria de Meio Ambiente de Bonito pelo acesso às Grutas Nossa Senhora Aparecida e Gruta do Lago Azul. Aos proprietários rurais e de atrativos turísticos que permitiram o acesso às cavernas estudadas, em especial Vânia e Neco Sanábria, Sr. Antônio, Sr. Domingos Macedo, Drica e Tuta, Sr. Daniel, Sr. Doralino, Sr. Israel, Sr. Rodrigo, Sr. José Manuel, Sr. Milton, Sra. Ivete e Sr. Antônio. Por fim, agradeço a todas as pessoas do meu

convívio social que estiveram ao meu lado durante a trajetória acadêmica, não conseguirei citar todos, mas dou agradecimento especial a minha mãe Angelita, aos meus avôs, aos meus irmãos e aos meus padrinhos, ao Andrés, meu morcególogo favorito, obrigada por me ajudar na etapa final do trabalho e por me apresentar a bioacústica, aos espeleo-amigos e amigos que estiveram presentes durante as etapas do projeto, sempre vibrando com as novidades. E não poderia deixar de lado todos os representantes da ordem Chiroptera, por serem animais encantadores que me despertam imensa paixão!

Índice

Resumo	9
Abstract	10
Introdução	11
Métodos	14
<i>Região de estudo</i>	14
<i>Capturas de morcegos</i>	16
<i>Medidas das cavernas</i>	17
<i>Preparação e identificação do material em laboratório</i>	18
Figura 1. Localização das 17 cavernas amostradas na região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.	19
Tabela 1. Esforço de captura de morcegos em redes de neblina (m ² h) em 17 cavernas na região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.	20
<i>Análise de dados</i>	21
Resultados	22
<i>Fauna de morcegos cavernícolas</i>	22
Figura 2. Espécies registradas em cavernas na Serra da Bodoquena: A - <i>Peropteryx macrotis</i> ; B - <i>Natalus macrourus</i> ; C - <i>Desmodus rotundus</i> ; D - <i>Glossophaga soricina</i> ; E - <i>Anoura caudifer</i> ; F - <i>Platyrrhinus lineatus</i> ; G - <i>Sturnira lilium</i> ; H - <i>Carollia perspicillata</i> ; I - <i>Chrotopterus auritus</i> ; J - <i>Phyllostomus hastatus</i> ; K - <i>Tonatia bidens</i> ; L - <i>Micronycteris microtis</i> ; M - <i>Micronycteris sanborni</i> ; N - <i>Lonchophylla dekeyseri</i> ; O - <i>Myotis nigricans</i> .	24
Tabela 2. Número de indivíduos capturados por espécie com registro para sexo e idade (J = jovens, A = adultos) em 17 cavernas na Serra da Bodoquena.	25
Figura 3. Curva de acumulação de espécies em função do número de cavernas, para morcegos cavernícolas da região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.	26
Figura 4. Curvas de ranking-abundância com respeito ao número de cavernas ocupadas (A) e ao total de indivíduos capturados (B), pertencentes a 15 espécies de morcegos registradas em 17 cavernas na região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.	27
<i>Efeito das características das cavernas sobre a comunidade de morcegos</i>	28
Tabela 3. Riqueza de espécies de morcegos, abundância de indivíduos relativa ao esforço de captura, e características da entrada e do interior de 17 cavernas estudadas na região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul. E = exposta; NE = não-exposta; D = descendente; H = horizontal.	30
Tabela 4. Efeitos das características das cavernas sobre a abundância, riqueza, e composição de espécies de morcegos cavernícolas na Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul (coeficientes de determinação múltiplos: abundância = 0,64; riqueza = 0,52; composição de espécies = 0,70; GLM <i>stepwise</i>). Negrito indica valores significativos.	31
Figura 5. Variação da abundância de morcegos cavernícolas em função de características estruturais das cavernas na região da Serra da Bodoquena.	32

Figura 6. Variação da riqueza de espécies de morcegos cavernícolas em função da largura da entrada das cavernas na Serra da Bodoquena.	33
Figura 7. Variação da composição de espécies de morcegos cavernícolas (eixo 1 da ordenação por NMDS) em função das características das cavernas na região da Serra da Bodoquena.	34
Discussão	35
Literatura citada	44
Apêndice 1. Características das cavernas amostradas na Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.	52
Apêndice 2. Espécies de morcegos registradas em três estudos na região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.	57

Resumo

Cavernas são parte importante dos ecossistemas terrestres por conterem comunidades biológicas ricas e peculiares, principalmente quando há aporte de matéria orgânica trazida por morcegos habitantes. Neste estudo, descrevo a fauna de morcegos cavernícolas na região cárstica da Serra da Bodoquena, assim como o efeito de características físicas das cavernas sobre a abundância, a riqueza e a composição de espécies de morcegos. Foram amostradas 17 cavernas que abrangeram a variação estrutural das cavernas da região. Capturamos os morcegos com redes de neblina dispostas nas entradas das cavernas, e medidas físicas das cavernas foram tomadas ou obtidas através de mapas disponíveis. Foram capturados 361 indivíduos de 15 espécies e quatro famílias. Cada caverna apresentou entre duas e oito espécies de morcegos ($4,8 \pm 1,79$; média $\pm$ DP). Cavernas em altitudes mais baixas, contendo salões mais altos, e entradas mais estreitas e protegidas apresentaram mais indivíduos. A riqueza de espécies diminuiu com o aumento da largura da entrada, e a composição de espécies por caverna foi influenciada pela altitude, largura da entrada, altura máxima, exposição da entrada, e extensão da caverna. Os resultados sustentam grande diversidade de morcegos cavernícolas na Serra da Bodoquena, e a ocupação diferencial das cavernas pelas espécies de morcegos conforme características internas e externas. Os resultados aportam amplo conhecimento da fauna de morcegos cavernícolas da região, e podem contribuir para o planejamento de ações de conservação na Serra da Bodoquena.

Palavras-chave: abrigo, Cerrado, Chiroptera, comunidades, diversidade

Abstract

Caves are an important part of terrestrial ecosystems because they contain rich and unique biological communities, especially when there is input of organic matter brought by inhabiting bats. In this study, I describe the fauna of cave bats in the karst region of Serra da Bodoquena, as well as the effects of physical characteristics of caves on the abundance, richness, and composition of bat species. I sampled 17 caves that covered the structural variation of caves in the region, and mistnetted bat individuals at the cave entrances. Physical measurements of the caves were taken in the field or obtained from available maps. A total of 361 individuals from 15 species and four families were recorded. Each cave contained between two and eight species of bats (4.8 ± 1.79 ; mean $\pm$ SD). Caves at lower elevations, containing higher rooms, and narrower and more protected entrances contained an increased abundance of bats. Bat species richness decreased with increasing entrance width, and bat species composition per cave was influenced by altitude, entrance width, maximum height, entrance exposure, and cave length. The results support a high diversity of cave bats in the Serra da Bodoquena, as well as a differential occupation of caves by bat species according to their internal and external characteristics. The results provide broad knowledge of the cave bat fauna in the region, and can contribute to the planning of conservation actions in the Serra da Bodoquena.

Keywords: Cerrado, Chiroptera, communities, diversity, roost

Introdução

Cavidades naturais subterrâneas fazem parte da paisagem de diversas regiões da Terra, exercendo influência direta na hidrologia local e no funcionamento dos ecossistemas, ainda assim, são raramente abordadas em planos de conservação regionais (Medellín et al. 2017). No Brasil há registros de mais de vinte mil cavernas, cujos dados estão disponíveis em bases espeleológicas do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (ICMBio) e do Cadastro Nacional de Cavernas da Sociedade Brasileira de Espeleologia (CNC-SBE). Entretanto, é estimado que esse número corresponda a menos de 5% do total de cavernas existentes no Brasil, dada a potencialidade de descobrimento de novas cavidades em regiões ainda pouco exploradas (Piló 2013). Cerca de 70% das cavernas brasileiras ocorrem em relevo calcário, que também é chamado de relevo cárstico ou, simplesmente, cárste (Ford e Williams 1989).

O ambiente cavernícola é caracterizado pela ausência permanente de luz e por apresentar temperatura relativamente estável, semelhante à temperatura média anual do seu exterior (Domínguez-Villar et al. 2013; Poulson e White 1969). Nesse ambiente habitam vários grupos de organismos, entre eles, invertebrados e vertebrados, classificados como troglóbios ou troglóxenos (Racovitza 1907). Os troglóbios são aqueles que apresentam morfologia e fisiologia adaptadas para completar todo o ciclo de vida no interior das cavernas, sem a necessidade de buscar recursos no meio epígeo. Esse grupo inclui invertebrados e vertebrados como besouros, aracnídeos, dípteros, colêmbolas, onicóforos e peixes (Zampaulo e Prous 2022). Animais cujo ciclo de vida depende de ambos os ambientes, subterrâneo e externo, são classificados como troglóxenos. Os morcegos que utilizam cavernas são troglóxenos, com traços de história de vida, como estrutura social e comportamento reprodutivo fortemente associados ao uso de abrigos subterrâneos, selecionados conforme características físicas, espaço, e

microclima requeridos pelas espécies (Kunz 1982, Barros et al. 2020, Vargas-Mena et al. 2020). Os morcegos são os únicos mamíferos que utilizam cavernas como abrigo permanente, e uma única caverna pode servir como habitat para até milhões de indivíduos (Kunz 1982; Betke et al. 2008). Uma das principais fontes de energia para os animais troglóbios é o guano dos morcegos e suas eventuais carcaças, dessa forma, os morcegos podem ser considerados engenheiros de ecossistemas subterrâneos (Piló et al. 2023).

Devido à grande riqueza de espécies da ordem Chiroptera e às diferenças de história de vida entre suas linhagens, a composição e a estrutura das comunidades de morcegos são sensíveis a mudanças ambientais e podem ser usadas como modelos para inferir processos e padrões gerais do estado de conservação e efeitos de alterações ambientais (Medellín et al. 2017). As características e a disponibilidade de abrigos diurnos representam dimensões importantes do nicho ecológico das espécies de morcegos. Os morcegos podem ser classificados em quatro categorias de acordo com seu hábito de uso das cavernas (Arita 1993): espécies onde o principal abrigo são as cavernas – preferencialmente cavernícolas; espécies que são frequentemente encontradas tanto em cavernas quanto em outros tipos de abrigo – usualmente cavernícolas; espécies que já foram registradas em cavernas, mas têm preferência por outros abrigos – ocasionalmente cavernícolas; e espécies que não possuem registro em cavernas – não cavernícolas. No Brasil, 81 espécies de morcegos foram registradas em cavernas, sendo 58 espécies em 128 cavernas no Cerrado, 48 espécies em 118 cavernas na Mata Atlântica, 34 espécies em 78 cavernas na Caatinga e 31 espécies em 205 cavernas na Amazônia (Barros e Bernard 2023).

Além de características estruturais e climáticas, a ocupação de cavernas por diferentes espécies de morcegos pode ser influenciada por interações interespecíficas,

características da paisagem externa, e disponibilidade de fontes de recursos nas proximidades dos abrigos. Portanto, tanto as características internas das cavernas como aquelas do ambiente externo são esperadas influenciar a composição e a estrutura das comunidades de morcegos cavernícolas (Pinto e Keitt 2008, Klingbeil e Willig 2009, Medellín et al. 2017, Barros et al. 2020, Vargas-Mena et al. 2020).

Regiões neotropicais com grande disponibilidade de cavernas, como as formações cársticas, tendem a apresentar maior riqueza de morcegos (Furey & Racey 2016). Por serem abrigos estáveis, as cavernas propiciam a manutenção de populações em longo prazo. Cavernas maiores tendem a abrigar colônias mais numerosas com mais espécies de morcegos, uma vez que a complexidade estrutural leva ao aumento da diversidade de microhabitats, favorecendo espécies com diferentes requerimentos ambientais (Arrhenius 1921; Brunet & Medellín 2001). Em paisagens cársticas no Rio Grande do Norte, Vargas-Mena et al. (2022) encontraram aumento da riqueza de espécies de morcegos em cavernas maiores, bem como em paisagens com maior conectividade. Neste mesmo estudo, a composição de espécies foi afetada pela densidade demográfica humana e a criação de gado, com um possível efeito dessas variáveis sobre a riqueza e o tamanho das colônias. Em cavernas no Cerrado, a maioria das espécies apresentou diminuição da abundância com o aumento da temperatura média da caverna (Barros et al. 2020). Os autores encontraram também que certas espécies de morcego apresentaram maior afinidade com paisagens preservadas do que com paisagens degradadas.

A Serra da Bodoquena se destaca por estar distante de outras regiões cársticas do Brasil ou de outros afloramentos calcários com alguma incidência de cavernas, que se desenvolvem em tamanhos relativamente pequenos (Sallun-Filho et al. 2004). A única unidade de proteção integral da região é o Parque Nacional da Serra da Bodoquena

(PNSB), implantado com objetivo de preservar parte do maciço calcário. A Serra da Bodoquena também é conhecida internacionalmente como um destino turístico, onde se destaca a cidade de Bonito como a capital do ecoturismo nacional (Lobo e Moretti 2008). Entretanto, problemas por mudanças de uso do solo têm sido comuns na região, com disputas territoriais, processos de erosão e degradação do solo, erosão hídrica, contaminação de lençóis freáticos, entre outros (Ribeiro 2017).

Os ecossistemas subterrâneos são frágeis e altamente vulneráveis às alterações ambientais que ocorrem na superfície, o que prejudica o estabelecimento dos seus componentes com elevado grau de endemismo, principalmente os troglóbios e troglótenos obrigatórios (Trajano e Bessi 2017). Tendo em vista a importância de políticas para o desenvolvimento sustentável da região da Serra da Bodoquena, com a conservação de ambientes ricos em biodiversidade, é necessária maior compreensão dos processos ecológicos locais, onde os morcegos representam um grupo chave. Os objetivos desse trabalho foram descrever a diversidade e a composição de espécies de morcegos cavernícolas da Serra da Bodoquena, e avaliar como as características dos abrigos subterrâneos influenciam a abundância, a riqueza, e a composição de espécies de morcegos cavernícolas da região.

Métodos

Região de estudo

A Serra da Bodoquena está localizada no extremo sul do bioma Cerrado, em região de transição para os domínios fitogeográficos do Chaco, Pantanal, e Mata Atlântica. O clima regional é do tipo Aw de Köppen-Geiger (Kottek et al. 2006), com período úmido de outubro a abril, e período seco entre maio e setembro. A temperatura média anual é de 21°C (1°C $\pm$) e a precipitação média anual, entre 1300 e 1700 mm. O relevo

compreende um conjunto de planaltos de formação neoproterozóica que possuem entre 550 e 570 milhões de anos e margeiam a planície de inundação do Pantanal (Boggiani 1999). A origem remonta à ruptura do supercontinente Rodínia e formação de oceano entre as placas continentais, onde houve deposição de conchas calcárias de organismos marinhos. Após cerca de 20 milhões de anos, a colisão das placas continentais elevou o terreno e formou-se o conjunto de serras com rochas calcárias que conferem a topografia cárstica da Serra da Bodoquena (Boggiani 1999). A altitude do planalto varia de 350 a 800 m, composto por calcários calcíticos da formação Bocaina, além de rochas carbonáticas e terrígenas. O ponto mais alto do planalto é caracterizado por granitos intrusivos (Sallun-Filho et al. 2004). As planícies que circundam o planalto são bastante diferenciadas. A fronteira oeste tem relevo acidentado com altitude que varia entre 150 e 450 m, composta por rochas granítico-gnaisses. A borda leste apresenta declive suave em transição para a planície de inundação do rio Miranda. Ao sul do planalto, a orla é formada por terras baixas com 200 a 400 m de altitude, desenvolvidas sob a formação Cerradinho, mármore do Grupo Cuiabá ou arenitos da formação Aquidauana. Ao Norte, o planalto da Serra da Bodoquena sofre transição para planícies aluviais com 80 e 250 m de altitude (Sallun-Filho et al. 2004).

A vegetação original predominante é composta por florestas estacionais semidecíduais e decíduais, submontanas ou aluviais, além de campos, brejos, e fisionomias savânicas (Campanili e Prochnow 2006). A principal porção preservada corresponde às duas áreas do Parque Nacional da Serra da Bodoquena (PNSB), que juntas abrangem aproximadamente 76.000 ha (área norte = 27.793 ha, e área sul = 48.688 ha). O PNSB, criado em 2000, visa proteger ecossistemas naturais de alta importância ecológica, como relictos da Mata Atlântica e florestas decíduais e semidecíduais.

Capturas de morcegos

Foi considerado como universo amostral todo o conjunto de cavernas registradas na região da Serra da Bodoquena, conforme a base de dados geoespaciais de cavernas do Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas (ICMBio). Foram selecionadas 17 cavernas amostrais (Figura 1) (para descrição, ver Apêndice 1) com base na facilidade de acesso, na autorização por proprietários e/ou instituições gestoras, e buscando incluir um conjunto representativo da amplitude de variação de características físicas das cavernas da região. Das 17 cavernas, 10 delas foram amostradas uma vez, enquanto sete cavernas foram amostradas duas vezes, uma na estação seca (julho-agosto) e outra na estação úmida (janeiro-fevereiro) (Tabela 1). As amostragens foram realizadas por meio de capturas em redes de neblina dispostas próximas às entradas das cavernas, abertas entre 1800 e 2100 h em noites sem lua, uma vez que a luminosidade pode influenciar a atividade dos morcegos (Saldaña-Vázquez e Munguía-Rosas 2013). A área de redes abertas por noite variou entre as cavernas (Tabela 1), conforme características e tamanho da abertura para o ambiente externo. Para evitar recapturas na mesma noite, os morcegos capturados foram mantidos em sacos de pano até o final do período de amostragem (2100 h); aos indivíduos cativos por mais de uma hora foi ministrado oralmente água ou solução de água com açúcar (< 5%) com auxílio de seringa hipodérmica. Ao final da amostragem, os indivíduos foram soltos no mesmo local da captura, exceto alguns exemplares coletados como material testemunho e para confirmação da identificação das espécies. Como critério bioético, não foram coletadas fêmeas grávidas ou lactantes. Adicionalmente às capturas em redes de neblina, em dias ou horários diferentes, as partes acessíveis do interior das cavernas foram inspecionadas visualmente para observação de morcegos abrigados.

Para descrição das colônias e auxílio na identificação das espécies, foram registrados o sexo, a idade, o comprimento do antebraço, e a massa dos indivíduos capturados. A idade foi determinada conforme ossificação das metáfises, através da análise de comprimento das placas cartilaginosas epifisárias (Wilkinson e Brunet-Rossinni 2009), o comprimento do antebraço foi medido com paquímetro ($\pm 0,1$ mm), e a massa medida com auxílio de dinamômetro portátil (± 1 g). Adicionalmente, as fêmeas foram inspecionadas quanto a presença de feto por palpação do abdômen. Quanto ao estágio de desenvolvimento, os indivíduos foram classificados em: filhotes, quando carregados pela mãe; jovens, com base na pelagem juvenil e presença visível de placas cartilaginosas epifisárias entre as metáfises (articulações não ossificadas); adultos, indivíduos que apresentavam pouca ou nenhuma presença de cartilagem nas metáfises. Para as fêmeas, foram estabelecidas as categorias: não reprodutiva, sem prenhez detectável por meio de palpação abdominal e pelagem uniforme ao redor da região mamária; grávida, com prenhez detectada por meio da palpação abdominal e sem secreção de leite nas mamas; lactante, sem prenhez detectada, porém com secreção de leite e ausência de pelagem ao redor dos mamilos; pós-lactante, sem prenhez detectada, sem secreção de leite, porém com acentuada ausência de pelos na região mamária.

Medidas das cavernas

Para a obter os dados de medidas estruturais das cavidades e suas características físicas, foram utilizados os mapas topográficos disponibilizados pelo Grupo de Espeleologia Serra da Bodoquena - GESB. Na ausência de mapeamento, a caverna foi percorrida em toda a sua extensão acessível. Para cada caverna foram registradas: a altura e a largura da entrada ($\pm 0,5$ m); a altitude (m) da entrada com auxílio de GPS; a exposição da entrada, considerada “exposta” ou “não exposta”, quando a abertura estava descoberta

ou coberta por vegetação florestal, respectivamente; a inclinação a partir da entrada para o interior, classificada como horizontal-ascendente ou vertical-descendente; a extensão máxima (m) de desenvolvimento da caverna ao longo da sua parte acessível; a altura máxima (m) do teto na porção afótica; o número de ramificações do desenvolvimento interno das cavernas; e a presença ou ausência de corpos d'água subterrâneos.

Preparação e identificação do material em laboratório

Os exemplares de morcegos coletados tiveram eutanásia realizada com o uso de anestésico barbitúrico de ação rápida, o tiopentato de sódio 0,1% - ou tiopental. Com o uso de seringa 0,1mL, foi realizada a injeção intracraniana do anestésico e os exemplares foram sistematicamente montados em decúbito dorsal com a cavidade oral mantida aberta por meio de palito de madeira. A seguir foi realizada a fixação com injeção de formaldeído 10% (formol) na cavidade abdominal. Os exemplares foram então fixados em via úmida de formaldeído 10% durante 48 horas, e após esse período preservados em álcool 70%. Quando se fez necessário para confirmação de identificação, o crânio foi extraído através da abertura bucal por rebatimento da pele, e limpo com o uso de larvas de *Dermestes maculatus* (Coleoptera), sendo numerados e acondicionados em vidros com algodão. A identificação das espécies foi feita com base na literatura taxonômica corrente e auxílio de taxonomistas. Todos os exemplares foram depositados na Coleção Zoológica da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (ZUFMS) como material testemunho.

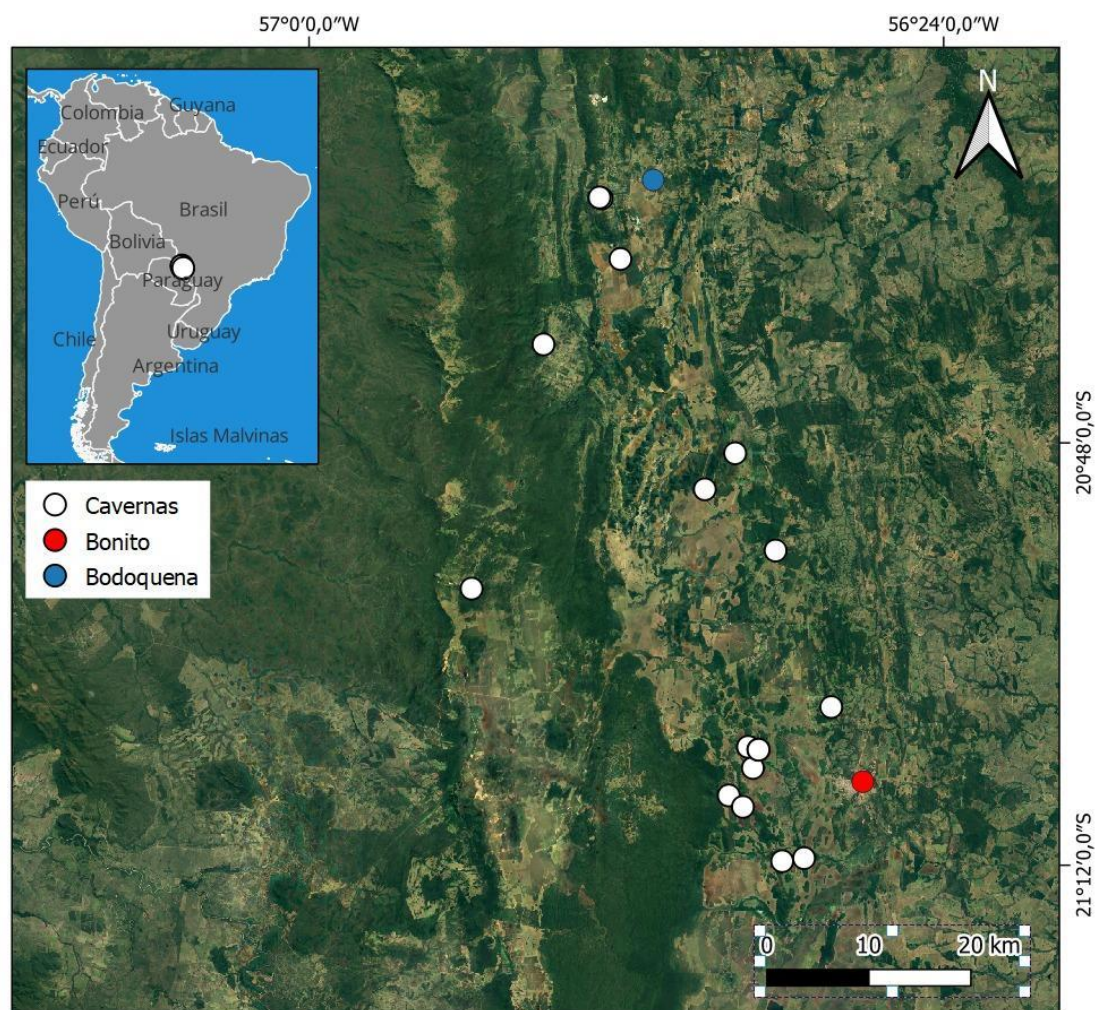


Figura 1. Localização das 17 cavernas amostradas na região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.

Tabela 1. Esforço de captura de morcegos em redes de neblina (m² h) em 17 cavernas na região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul. Com “*” = cavernas amostradas mais de uma vez.

Cavernas	Esforço de captura (m ² h)								
	2021		2022		2023				
	mar	set	nov	dez	jan	fev	mar	jul	set
Abismo do Vampiro							31		
Catedral*							47		47
Fadas*	16	16							
Lago Azul				78					
Mezanino*						62		62	
Mimoso*			47						94
Campo Novo					47				
Forever*						94			47
Jaraguá						47			
Manoel Cardoso*							31		31
Nascente do Salobra*							31		47
N. Sra. Aparecida				47					
Pulchra*						78			78
Santa Tereza							31		
São Miguel						94			
Terra Celestial						47			
Dom Bosco						47			

Análise de dados

Para avaliar a acumulação de espécies com o aumento do número de cavernas amostradas foi utilizada análise de rarefação, e a completude da fauna de morcegos cavernícolas amostrada na Serra da Bodoquena foi estimada com base no estimador Chao-1 (Bootstrap percentis, 9999 repetições); ambas análises realizadas com o programa Past 4.03 (Hammer et al. 2001). Para avaliar o efeito das características das cavernas (variáveis preditoras) sobre a abundância de morcegos, a riqueza de espécies, e a composição de espécies (variáveis resposta), foram utilizados Modelos Lineares Generalizados (GLM) e procedimento de exclusão de variáveis em etapas (*backward stepwise*) para seleção de modelos finais, com auxílio do programa Systat 11. As etapas consistem da retirada de variáveis uma-a-uma com base no nível de significância das correlações parciais ($\alpha > 0,15$ para exclusão), recalculadas a cada etapa entre a variável resposta e as variáveis preditoras, a partir do modelo global inicial. Esse procedimento leva a simplificação de modelos e restringe a inclusão de duas ou mais preditoras fortemente correlacionadas, sendo aplicável na ausência de critérios prévios para a escolha de variáveis.

Para cada caverna, o esforço de captura foi calculado pela multiplicação da área das redes de neblina (m^2) pelo tempo (h) em que elas ficaram abertas. A abundância relativa de morcegos por caverna foi calculada como o total de indivíduos capturados dividido pelo esforço de captura ($N/m^2 \cdot h^{-1}$), e a riqueza por caverna considerada como o número de espécies observadas durante as capturas em redes de neblina. Para estimar diferenças de composição de espécies entre cavernas foi utilizada ordenação por Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) e índice de similaridade de Bray-Curtis, utilizando a proporção de capturas entre as espécies por caverna como medida de abundância relativa. Os valores dos eixos 1 e 2 da ordenação foram então

utilizados como variáveis resposta nos modelos (GLM) para avaliar efeitos das características das cavernas sobre a composição de espécies de morcegos.

Resultados

Fauna de morcegos cavernícolas

Ao todo foram capturados 361 indivíduos pertencentes a 15 espécies e quatro famílias: Phyllostomidae (12 espécies), Emballonuridae (1), Vespertilionidae (1), e Natalidae (1) (Figura 2, Tabela 2). Dentre os filostomídeos, sete subfamílias foram representadas: Phyllostominae (3), Micronycterinae (2), Stenodermatinae (2), Glossophaginae (2), Lonchophyllinae (1), Desmodontinae (1) e Carollinae (1). A curva de acumulação de espécies mostrou inclusão significativa da fauna de morcegos cavernícolas da região, com potencial de registro de novas espécies com aumento de cavernas amostradas (Figura 3). O valor estimado de Chao-1 foi 15 espécies, com Intervalo de Confiança (95%) entre 15 e 21 espécies, indicando que o conjunto de espécies registradas contemplou entre 70 e 100% das espécies cavernícolas esperadas para a região.

As espécies mais frequentes foram *Glossophaga soricina*, *Platyrrhinus lineatus* (14 cavernas), *Chrotopterus auritus* e *Desmodus rotundus* (11); Quatro espécies ocorreram em apenas uma caverna – *Micronycteris sanborni*, *Myotis nigricans*, *Phyllostomus hastatus* e *Tonatia bidens* (Figura 4A). *Desmodus rotundus* foi a espécie mais abundante (118 capturas), seguida por *Glossophaga soricina* (64) e *Platyrrhinus lineatus* (58). As espécies menos capturadas foram *Sturnira lilium*, *Myotis nigricans*, *Tonatia bidens* (2), e *Micronycteris sanborni* (1) (Figura 4B). Os indivíduos capturados de *Desmodus rotundus* foram principalmente adultos (89%) e machos (72%). Para as demais espécies também foi registrada maior proporção de indivíduos adultos, e a proporção de fêmeas foi mais alta ou semelhante a de machos, exceto *Micronycteris*

microtis e *Myotis nigricans*, representadas apenas por indivíduos jovens (Tabela 2).

Foram registradas fêmeas grávidas de *Platyrrhinus lineatus* (11), *Glossophaga soricina* (8), *Desmodus rotundus* (6), *Carollia perspicillata* (3), *Chrotopterus auritus* (1), *Natalus macrourus* (1), *Phyllostomus hastatus* (1), e *Sturnira lilium* (1).

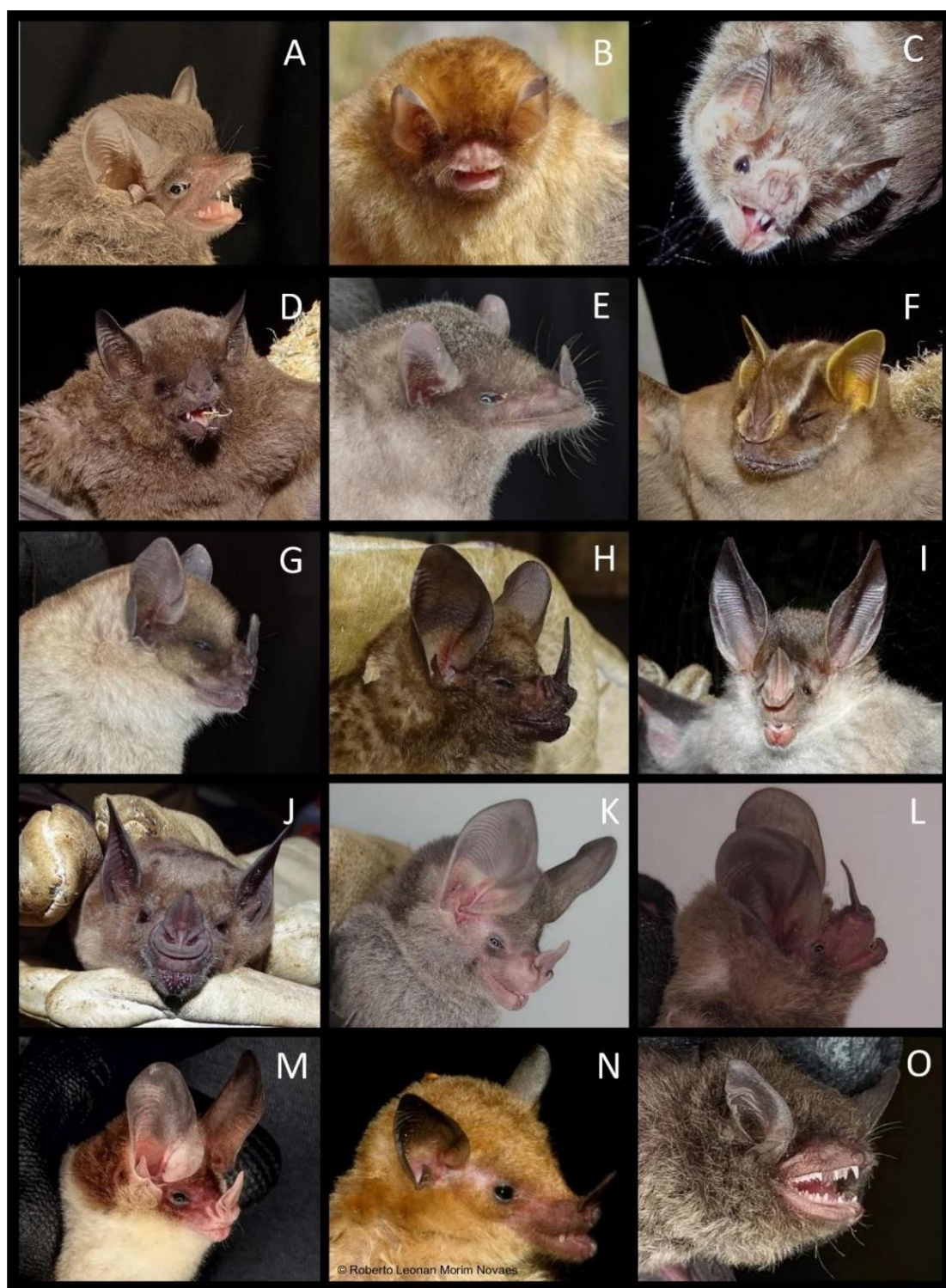


Figura 2. Espécies registradas em cavernas na Serra da Bodoquena: A - *Peropteryx macrotis*; B - *Natalus macrourus*; C - *Desmodus rotundus*; D - *Glossophaga soricina*; E - *Anoura caudifer*; F- *Platyrrhinus lineatus*; G - *Sturnira lilium*; H - *Carollia perspicillata*; I - *Chrotopterus auritus*; J - *Phyllostomus hastatus*; K - *Tonatia bidens*; L - *Micronycteris microtis*; M - *Micronycteris sanborni*; N - *Lonchophylla dekeyseri*; O - *Myotis nigricans*.

Tabela 2. Número de indivíduos capturados por espécie com registro para sexo e idade (J = jovens, A = adultos) em 17 cavernas na Serra da Bodoquena. A abundância não corresponde ao número total do estudo.

Famílias	Fêmeas (N)		Machos (N)		Total (N)
Subfamílias	J	A	J	A	
Espécies					
Phyllostomidae					
Desmodontinae					
<i>Desmodus rotundus</i>	1	22	4	70	97
Glossophaginae					
<i>Glossophaga soricina</i>	4	30	14 ^a	11	59
<i>Anoura caudifer</i>	2	4	0	4	10
Stenodermatinae					
<i>Platyrrhinus lineatus</i>	1	29	2	20	52
<i>Sturnira lilium</i>	0	2	0	0	2
Carolliinae					
<i>Carollia perspicillata</i>	7	8	1	13	29
Phyllostominae					
<i>Chrotopterus auritus</i>	0	8	2	4	14
<i>Phyllostomus hastatus</i>	0	11	0	2	13
<i>Tonatia bidens</i>	0	1	0	0	1
Micronycterinae					
<i>Micronycteris microtis</i>	1	0	1	0	2
<i>Micronycteris sanborni</i>	0	1	0	0	1
Lonchophyllinae					
<i>Lonchophylla dekeyseri</i>	0	2	0	1	3
Emballonuridae					
<i>Peropteryx macrotis</i>	1	11	1	6	19
Natalidae					
<i>Natalus macrourus</i>	0	6	0	5	11
Vespertilionidae					
<i>Myotis nigricans</i>	0	0	2	0	2

^a Inclui dois filhotes machos capturados agarrados à mãe.

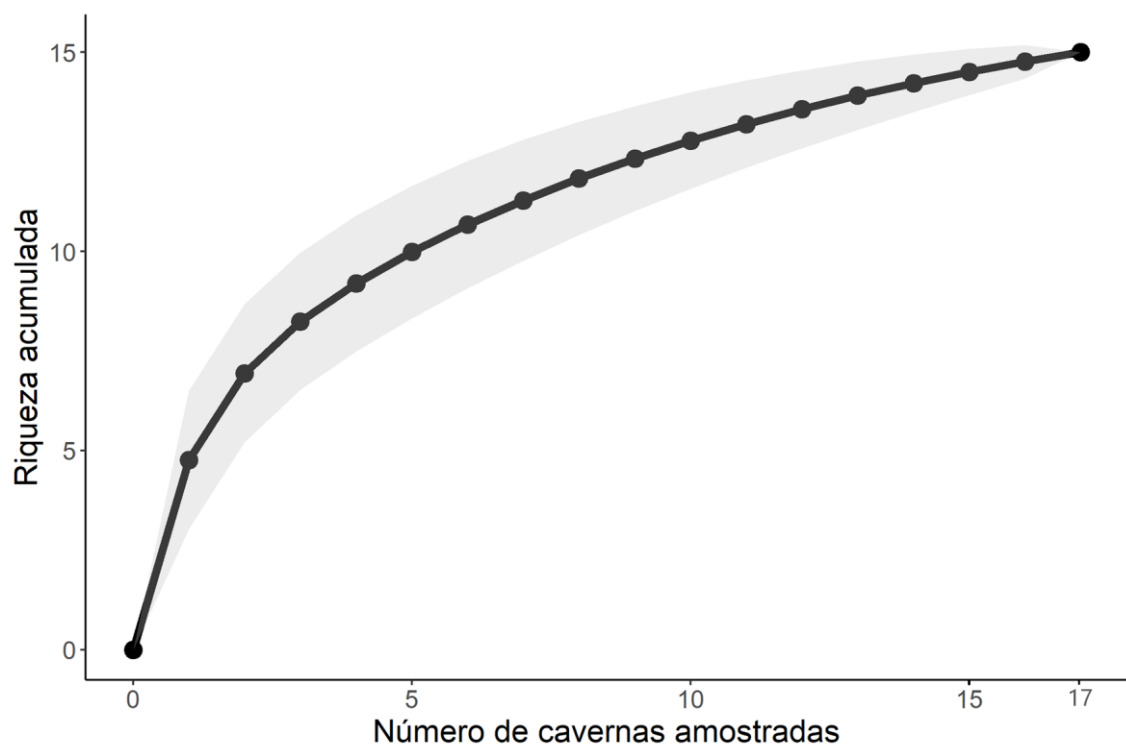


Figura 3. Curva de acumulação de espécies de morcegos cavernícolas em função do número cumulativo de cavernas amostradas na região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.

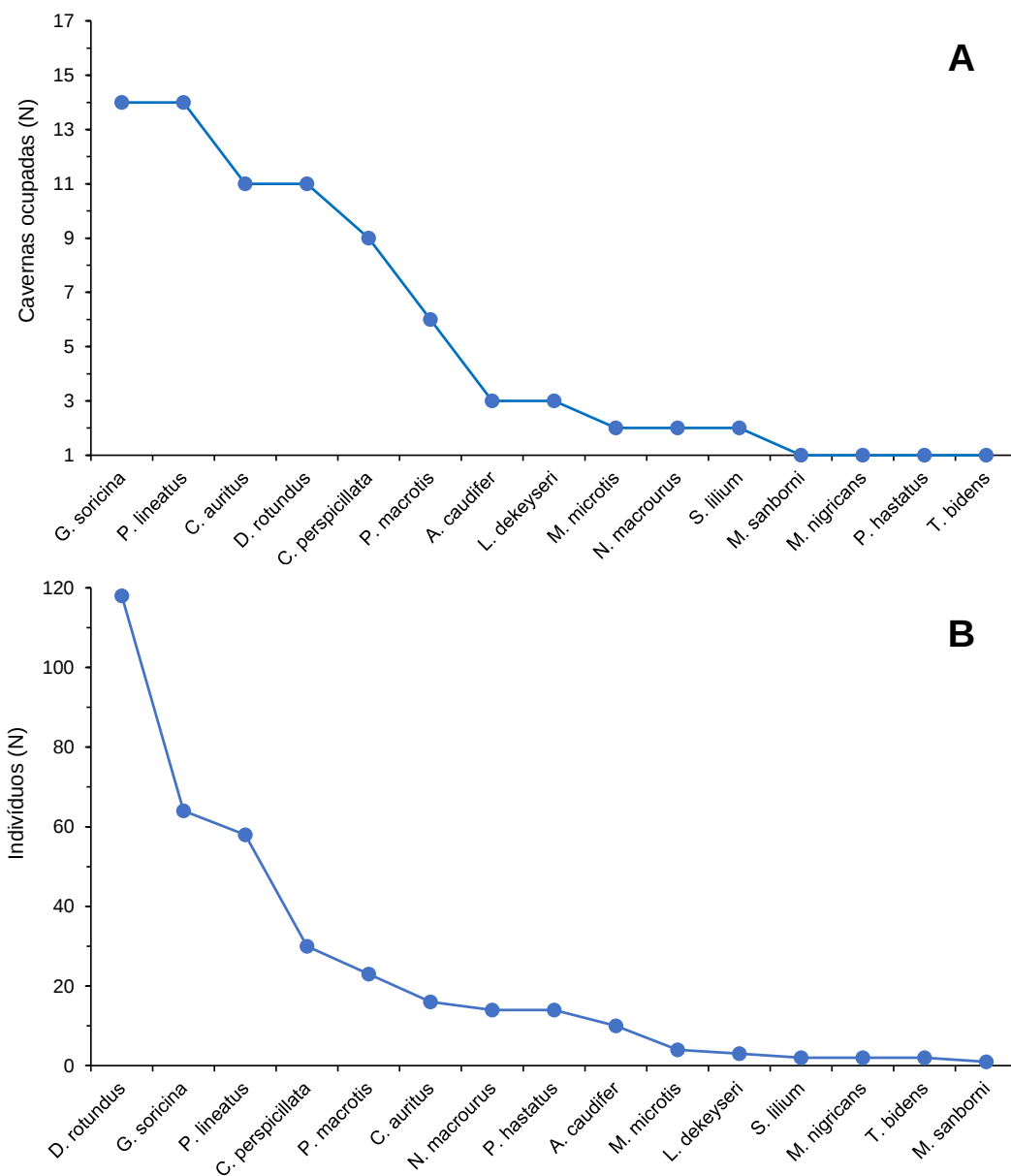


Figura 4. Curvas de ranking-abundância com respeito ao número de cavernas ocupadas (A) e ao total de indivíduos capturados (B), pertencentes a 15 espécies de morcegos registradas em 17 cavernas na região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.

Efeito das características das cavernas sobre a comunidade de morcegos

Nas cavernas estudadas foram registradas entre duas e oito espécies de morcegos ($4,8 \pm 1,79$; média $\pm$ DP), e a abundância relativa variou de 0,08 a 1,38 indivíduos.m⁻².h⁻¹ ($0,36 \pm 0,32$) (Tabela 3). A análise de ordenação (NMDS) em duas dimensões recuperou 84% da variação da composição de espécies entre as cavernas (stress = 0,173; r²-eixo1 = 0,51; r²-eixo2 = 0,33). Dentre as variáveis inseridas como preditoras nos modelos iniciais (GLM *stepwise*), a altitude da entrada das cavernas variou de 237 a 629 m ($426 \pm 100,0$ m), e as dimensões da entrada diferiram em até duas ordens de grandeza entre as cavernas; a altura variou de 0,3 a 18 m ($7,7 \pm 7,36$) e a largura variou de 0,4 a 60 m ($11,9 \pm 15,49$) (Tabela 3). Nove cavernas (53%) apresentaram a entrada exposta, e oito (47%) apresentaram a entrada coberta por vegetação florestal. Quanto à inclinação da entrada, 10 cavernas (59%) apresentaram entradas vertical-descendente, e sete (41%) horizontal-ascendente. A extensão de desenvolvimento da parte acessível das cavernas variou de 27 a 268 m ($119 \pm 74,4$), a altura máxima do salão interno variou de 2 a 60 m ($17 \pm 17,6$), e o número de ramificações internas variou de 1 a 16 ($5 \pm 4,3$) (Tabela 3).

Dentre as nove variáveis referentes às características das cavernas (Tabela 3), inseridas nos modelos iniciais (GLM *stepwise*) para avaliar efeitos sobre a riqueza, abundância e composição das espécies de morcegos, cinco apresentaram efeitos significativos (altitude, largura da entrada, altura máxima do salão, exposição da entrada e extensão) e uma (presença de água corrente) foi marginalmente não-significativa (Tabela 4). A abundância relativa foi negativamente relacionada com a altitude e a largura da entrada, e positivamente com a altura máxima do salão interno. Cavernas com a entrada exposta apresentaram menor abundância de morcegos do que cavernas com a entrada coberta por vegetação (Tabela 4, Figura 5). Com base nos coeficientes padronizados, a exposição da entrada e a altura máxima interna apresentaram efeitos

menos pronunciados sobre a abundância de morcegos do que a altitude e a largura da entrada. A riqueza de espécies foi negativamente influenciada apenas pela largura da entrada das cavernas (Tabela 4, Figura 6), e a composição de espécies variou em função da altitude, largura da entrada, exposição da entrada, altura máxima do salão, e extensão da caverna (Tabela 4, Figura 7).

Tabela 3. Riqueza de espécies de morcegos, abundância de indivíduos relativa ao esforço de captura, e características da entrada e do interior de 17 cavernas estudadas na região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul. E = exposta; NE = não-exposta; D = vertical-descendente; A = horizontal-ascendente.

Cavernas	Morcegos		Características da entrada					Características do interior			
	Riqueza (N)	Abundância relativa (N.m ⁻² .h ⁻¹)	Altitude (m)	Altura (m)	Largura (m)	Exposição	Tipo	Extensão (m)	Altura máxima (m)	Ramos (N)	Água corrente
Abismo do Vampiro	5	1,38	404	2,0	8,0	NE	D	70	26	2	não
Catedral	4	0,19	629	18,0	10,0	E	A	105	50	3	não
Fadas	4	0,64	306	0,8	1,8	NE	A	113	13	7	sim
Lago Azul	2	0,08	426	25,0	40,0	E	A	90	60	4	não
Mezanino	7	0,34	489	5,0	5,0	NE	D	268	3	10	não
Mimoso	3	0,14	440	5,0	13,0	NE	A	42	15	1	não
Dom Bosco	4	0,38	347	0,3	0,4	NE	D				não
Campo Novo	7	0,62	386	4,0	6,0	NE	D	148	5	5	não
Forever	7	0,28	556	8,0	8,0	E	D	95	10	12	não
Jaraguá	5	0,24	582	1,8	2,5	NE	D	250	25	3	não
Manoel Cardoso	8	0,37	305	1,6	1,5	NE	A	100	3	4	sim
Nascente do Salobra	5	0,44	237	5,0	7,3	E	A	42	3	2	sim
N. Sra. Aparecida	3	0,09	440	15,0	60,0	E	D	200	33	1	não
Pulchra	6	0,10	435	15,0	6,4	E	A	34	15	3	não
Santa Tereza	5	0,54	418	1,1	2,0	E	A	27	3	2	não
São Miguel	4	0,17	420	8,0	18,0	E	A	180	10	5	não
Terra Celestial	2	0,13	429	16,0	12,0	E	A	142	2	16	sim

Tabela 4. Efeitos das características das cavernas sobre a abundância, riqueza, e composição de espécies de morcegos cavernícolas na Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul (coeficientes de determinação múltiplos: abundância = 0,64; riqueza = 0,52; composição de espécies = 0,70; GLM *stepwise*). Negrito indica valores significativos.

Modelo	Efeitos	Coeficiente	Erro padrão	Coeficiente padronizado	p
Abundância	Altitude	-0.003	0.001	-0.766	0,007
	Largura da entrada	-0.016	0.005	-0.752	0,009
	Altura máxima do salão	0.011	0.005	0.591	0,047
	Exposição da entrada	0.227	0.068	0.687	0,006
Riqueza	Altitude	-0.008	0.003	-0.433	0,306
	Largura da entrada	-0.079	0.019	-0.678	0,014
	Exposição da entrada	0.770	0.320	0.420	0,249
	Corpo d'água	1.139	0.441	0.501	0,126
Composição de espécies (NMDS 1)	Altitude	0.003	0.001	1.313	0,003
	Largura da entrada	0,016	0,004	1,226	0,003
	Altura máxima do salão	-0,012	0,003	-1,135	0,003
	Exposição da entrada	0,142	0,050	0,757	0,020
	Corpo d'água	-0,123	0,058	-0,513	0,063
	Extensão	-0,002	0,001	-0,949	0,006

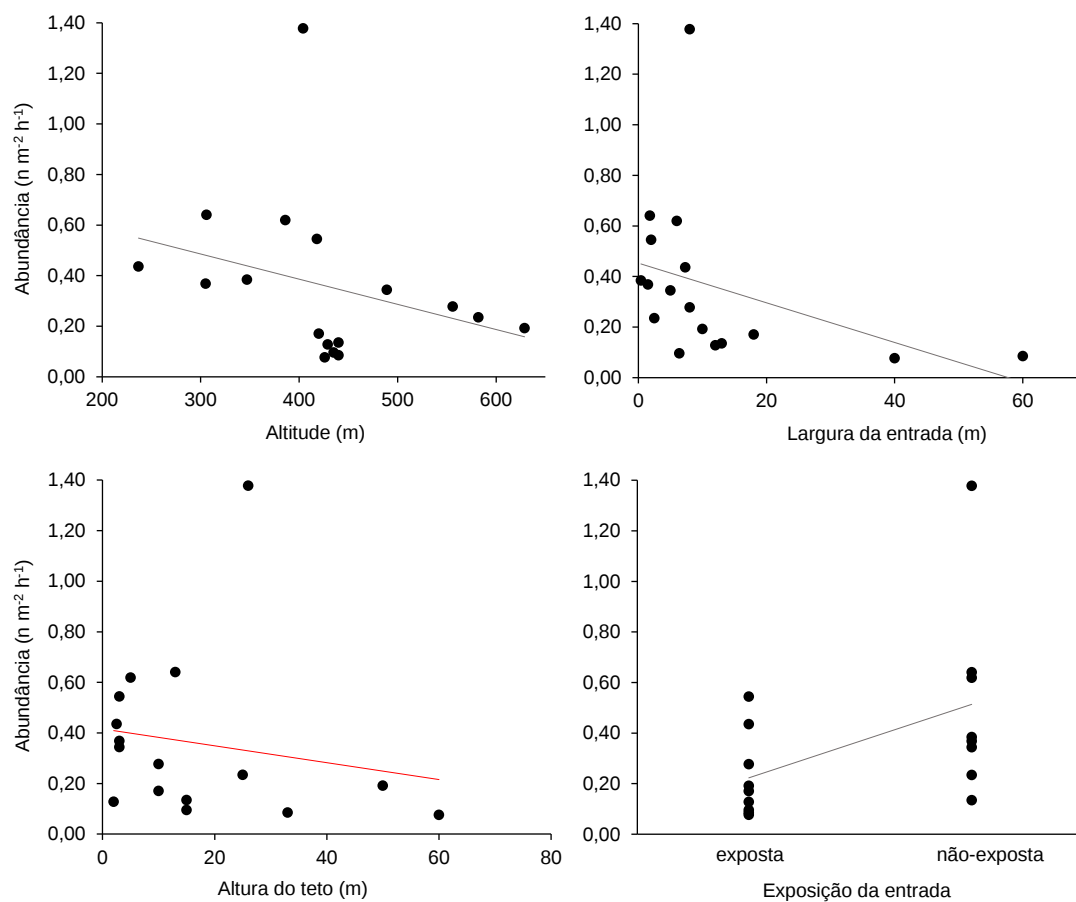


Figura 5. Variação da abundância de morcegos cavernícolas em função de características estruturais das cavernas na região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.

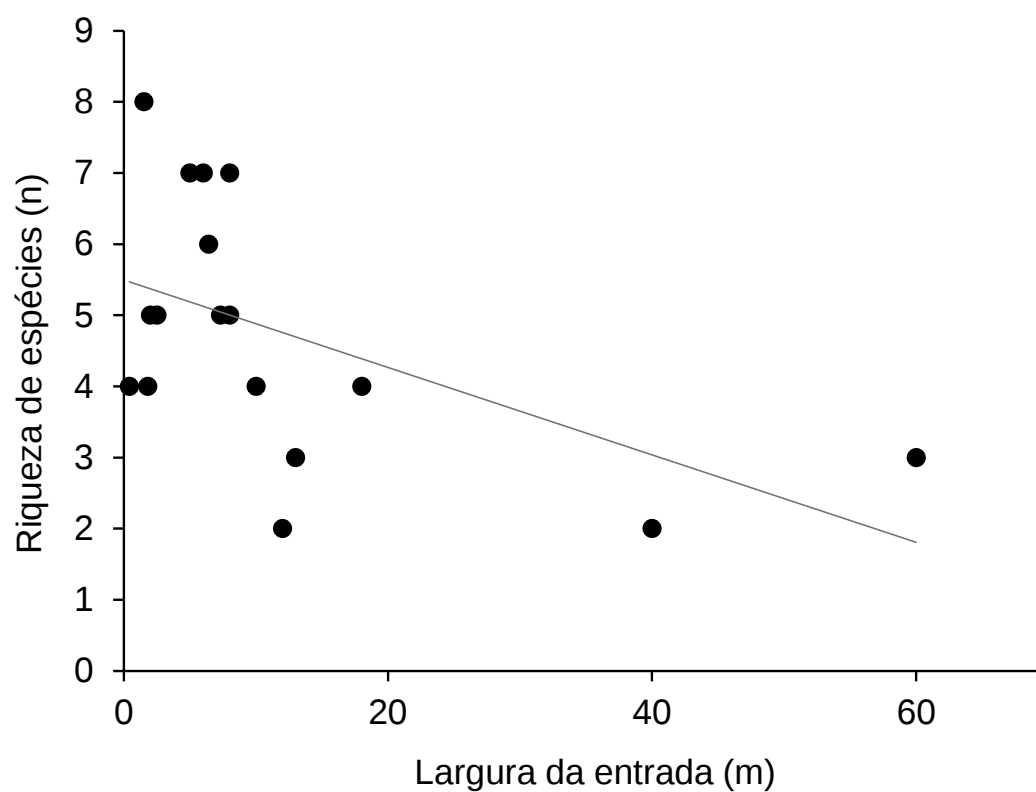


Figura 6. Variação da riqueza de espécies de morcegos cavernícolas em função da largura da entrada das cavernas na região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.

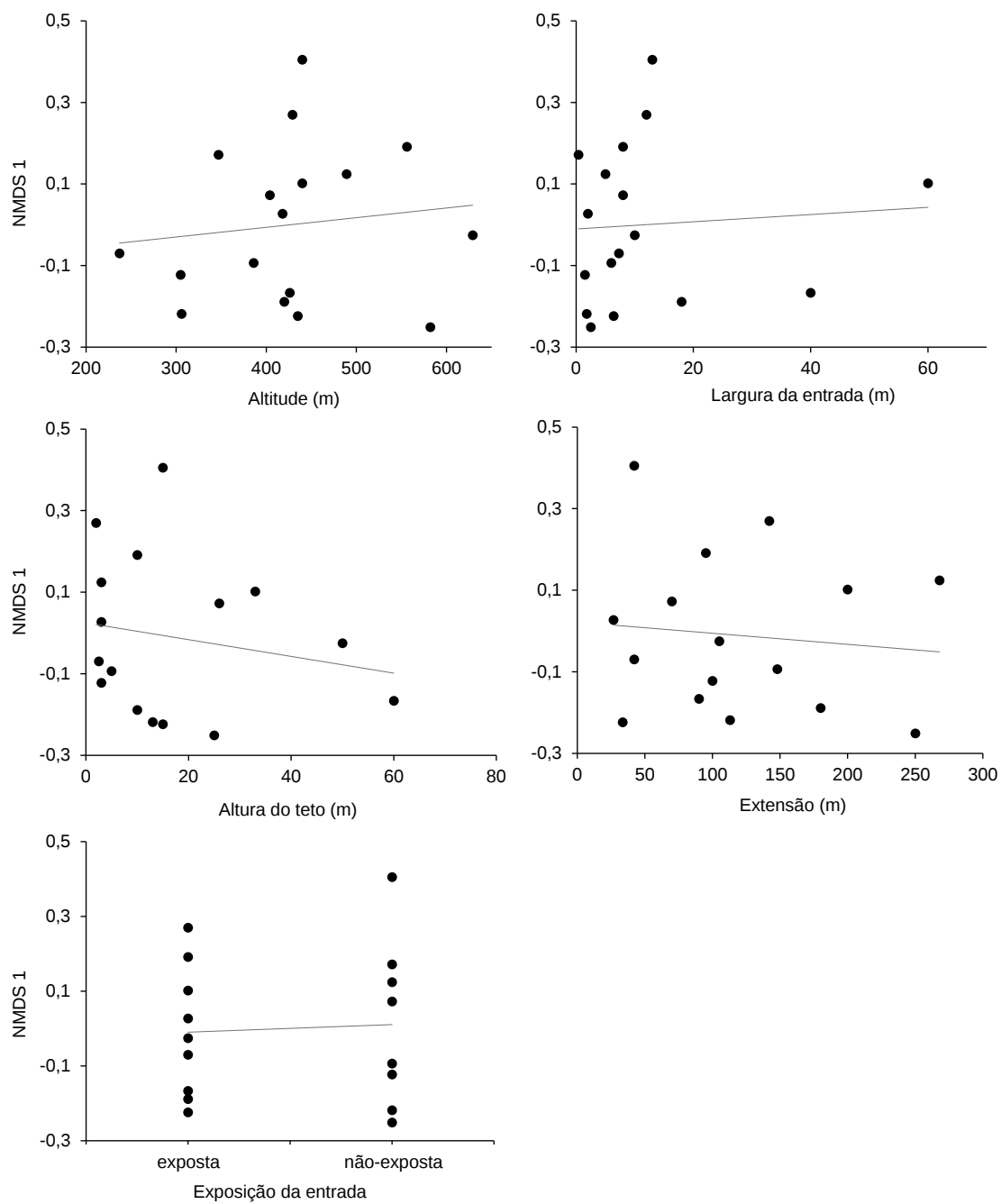


Figura 7. Variação da composição de espécies de morcegos cavernícolas (eixo 1 da ordenação por NMDS) em função das características das cavernas na região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.

Discussão

Fauna de morcegos cavernícolas da Serra da Bodoquena

Quinze espécies de morcegos foram encontradas nas 17 cavernas estudadas na Serra da Bodoquena, o que corresponde a 18,5% das espécies de morcegos registradas em cavernas no Brasil (Barros e Bernard 2023). A riqueza máxima esperada de morcegos cavernícolas para a região da Serra da Bodoquena pode alcançar 21 espécies conforme limite superior do intervalo de confiança (95%) de Chao 1. Além das espécies reportadas aqui, *Anoura geoffroyi* (Phyllostomidae) e *Nyctinomops laticaudatus* (Molossidae) foram anteriormente encontradas em cavernas da região (Eriksson e Gonçalves 2010; Cordeiro et al. 2014), totalizando 17 espécies registradas em cavernas da Serra da Bodoquena; quantidade que corresponde a aproximadamente 30% das espécies de morcegos cavernícolas registradas em todo o domínio fitogeográfico do Cerrado (58 espécies registradas em 128 cavernas; Barros e Bernard 2023). Os resultados de riqueza observada e estimada, portanto, indicam que a região abriga grande quantidade de espécies de morcegos cavernícolas. Estudos disponíveis sobre a quiropterofauna em toda a região da Serra da Bodoquena reportam a ocorrência de 32 espécies de morcegos registradas em ambientes externos às cavernas (Camargo et al. 2009; Acero-Murcia et al. 2023; ver Apêndice 2 para nomes das espécies). O registro de *Micronycteris microtis* na Gruta Forever e Gruta Manoel Cardoso (presente estudo) constitui nova ocorrência para a região e para o estado de Mato Grosso do Sul (Fischer et al. 2015), assim como o primeiro registro dessa espécie em caverna na região. Portanto, considerando a ocorrência de 33 espécies de morcegos na região, mais da metade delas (17) utiliza cavernas, indicando que abrigos subterrâneos são recurso de grande importância para a manutenção da quiropterofauna da Serra da Bodoquena.

As espécies de morcegos cavernícolas na Serra da Bodoquena foram representadas principalmente pela família Phyllostomidae (80%), semelhante ao encontrado em outras regiões (e.g., Arnore 2008; Martins 2015; Pérez-Torres et al. 2015; Vargas-Mena et al. 2018). Assim como encontrado nesse estudo, o uso de cavernas também tem sido reportado para representantes das famílias Natalidae, Emballonuridae e Vespertilionidae em cavernas da Caatinga, Cerrado, Amazônia e Mata Atlântica (Barros et al. 2020; Rocha et al. 2013; Martins 2015; Torres e Bichuette 2024). Por outro lado, espécies de Mormoopidae e Furipteridae consideradas preferencialmente cavernícolas (Bredt et al. 1999; Arnore 2008; Sbragia e Cardoso 2008; Torres e Bichuette 2024) não foram registradas nesse estudo, ou em levantamentos anteriores em cavernas na Serra da Bodoquena (Camargo et al. 2009; Eriksson e Gonçalves 2010; Acero-Murcia 2023). Em geral, portanto, os resultados da Serra da Bodoquena indicam padrões semelhantes a outras regiões quanto à predominância de morcegos filostomídeos em cavernas, comparativamente a outras famílias.

Desmodus rotundus foi a espécie mais abundante nas cavernas estudadas, seguida por *Glossophaga soricina* e *Platyrrhinus lineatus*, e juntamente com *Chrotopterus auritus* foram as quatro espécies que ocorreram em maior quantidade de cavernas amostradas. Essas quatro espécies coocorreram em cinco cavernas, e 12 cavernas contiveram pelo menos três delas. A coabitação de cavernas por essas espécies pode ser facilitada por pertencerem a linhagens (subfamílias) e guildas alimentares diferentes (Munin et al. 2012; Denzinger e Schnitzler 2013), evitando sobreposição no uso de recursos disponíveis na paisagem circundante aos abrigos. *Chrotopterus auritus* também apresentou grande frequência de compartilhamento de abrigos (59% das cavernas estudadas) com *Peropteryx macrotis*, além de co-ocorrência com *Phyllostomus*

hastatus na Gruta do Mimoso (Cordeiro et al. 2014; presente estudo). O compartilhamento de abrigos entre essas espécies, e adicionalmente com *D. rotundus*, também foi registrado em cavernas na Venezuela (Ochoa e Ibanez 1985). Estudos na Guiana Francesa encontraram colônias de *Anoura caudifer* coabitando abrigos com *Carollia perspicillata* e *Micronycteris microtis* (Oprea et al. 2009), o mesmo ocorreu no presente estudo, com *A. caudifer*, *C. perspicillata* e *M. microtis* coabitando a Gruta Manoel Cardoso, e *A. caudifer* e *C. perspicillata* na Gruta Nascente do Salobra. A recorrência dessas espécies coabitando abrigos subterrâneos também é consistente com o fato de serem espécies pertencentes a guildas alimentares distintas.

Desmodus rotundus é a segunda espécie mais comumente encontrada em cavernas brasileiras, ocorrendo em 37% das cavernas estudadas, enquanto *G. soricina* ocupa a terceira posição, registrada em 34% das cavernas com dados sobre quirópteros (Barros e Bernard 2023). Embora muitos estudos reportem maior abundância de *D. rotundus* em cavernas do que em outros tipos de abrigo, a espécie tem sido considerada ocasionalmente cavernícola (Guimarães e Ferreira 2014). Na região da Serra da Bodoquena, entretanto, *D. rotundus* tem sido reportada exclusivamente em cavernas, conforme encontrado neste estudo e nos registros de monitoramento pela Agência Estadual de Defesa Sanitária Animal e Vegetal (IAGRO). *Platyrrhinus lineatus* e *G. soricina* são espécies consideradas cavernícolas oportunistas, com baixa frequência (5 a 10%) de ocorrência nas cavernas brasileiras (Guimarães e Ferreira 2014; Barros e Bernard 2023), contrastando com a alta frequência (> 80%) observada na Serra da Bodoquena (presente estudo). *Chrotopterus auritus* ocorreu em 65% das cavernas estudadas, indicando que a espécie pode ser preferencialmente cavernícola na Serra da Bodoquena, assim como apontado por Guimarães e Ferreira (2014).

Algumas espécies raras nas cavernas estudadas, com registro de poucos indivíduos e representadas por apenas uma classe de sexo ou idade, podem ser cavernícolas ocasionais, como *Tonatia bidens*, *Myotis nigricans*, e *Sturnira lilium*. Entretanto, *Lonchophylla dekeyseri* e *Micronycteris sanborni* também foram raras, mas são conhecidas por utilizarem cavernas no Cerrado (Barros e Bernard 2023). A baixa ocorrência dessas espécies nas cavernas estudadas pode estar associada a baixa densidade das populações na região da Serra da Bodoquena (Queiroz et al. 2024). Outras espécies pouco frequentes, mas consideradas essencialmente cavernícolas são *Natalus macrourus* e *Peropteryx macrotis*. Portanto, a grande disponibilidade de cavernas na Serra da Bodoquena deve contribuir criticamente para a manutenção de suas populações.

Efeitos das características das cavernas sobre as comunidades de morcegos

Os resultados mostraram que as características físico-estruturais das cavernas na Serra da Bodoquena influenciam a abundância, a riqueza e a composição das espécies de morcegos. Portanto, a disponibilidade de cavernas com características diferentes deve ser um fator determinante sobre a estrutura das comunidades locais de morcegos e, conseqüentemente sobre a metacomunidade regional. Embora efeitos da estrutura das cavernas sobre as colônias de morcegos têm sido reportados em diferentes regiões (Arita 1996; Brunet e Medellín 2001; Bücs et al. 2012; Bu et al. 2015; Oliveira et al. 2018; Barros et al. 2020; Vargas-Mena et al. 2020; Smith et al. 2021; Baniya et al. 2023), poucos estudos abordam padrões diferentes de ocupação de espécies de morcegos ocorrendo de forma simpátrica em cavernas.

Na região da Serra da Bodoquena, cavernas em baixas altitudes, com entradas estreitas cobertas por vegetação florestal e salões internos mais altos apresentaram

maior abundância de morcegos. A abundância de morcegos em cavernas do Brasil apresenta picos a 200 e 800 m de altitude, entretanto o efeito da altitude é complexo por depender de outras variáveis regionais (Oliveira 2018). Na região de estudo, a abundância de morcegos diminui com o aumento da altitude entre cavernas que ocorreram em uma faixa de 300 a 600 m de altitude, uma resposta em direção oposta à encontrada para essa mesma faixa de altitude quando analisadas cavernas em ampla escala geográfica (Oliveira 2018). As partes altas na região da Serra da Bodoquena, muitas vezes, correspondem a porções de solos rasos e afloramentos rochosos cobertos por vegetação baixa e menor biomassa do que em áreas baixas, onde os solos são mais profundos e cobertos por florestas altas e densas (Zavala 2014). Portanto, a maior biomassa e produtividade primária em áreas baixas deve proporcionar maior disponibilidade de recursos para as espécies de morcegos, influenciando a preferência por abrigos em altitudes baixas. Adicionalmente, as porções mais altas do relevo estão mais expostas a ventos e temperaturas baixas, condições que podem ser desfavoráveis à algumas espécies de morcegos (Kunz 1982). A menor exposição e amplitude da entrada também podem proporcionar maior proteção contra predadores e maior estabilidade das condições de temperatura e umidade no interior das cavernas, influenciando positivamente a seleção desses abrigos pelos morcegos (Barros 2020). A presença de salões internos mais altos pode facilitar a mobilidade e aumento da proteção contra predadores não voadores, além de possivelmente proporcionar maior conforto térmico, levando ao estabelecimento de colônias maiores (Ladle *et al.* 2012; Barros e Bernard 2023).

Cavernas maiores proporcionam maior potencial de divisão do uso do espaço por espécies diferentes, além de geralmente possuírem maior diversidade de microestruturas e substratos usados por diferentes espécies, influenciando positivamente

a riqueza de morcegos abrigados (Brunet et al. 2001, Barros et al. 2020). Entretanto, a variação da riqueza de espécies de morcegos não respondeu ao comprimento ou espaço interno das cavernas na Serra da Bodoquena. Por exemplo, a Gruta Manoel Cardoso foi a caverna com mais espécies registradas ($n = 8$), embora apresente pouco desenvolvimento horizontal e número de ramificações inferior à média das cavernas estudadas. Em parte, a ausência de efeito do espaço interno da caverna sobre a riqueza de morcegos pode estar relacionada à grande disponibilidade de cavidades subterrâneas na região de estudo (Sallum-Filho 2004; ICMBio/CECAV 2024), de modo que a ocupação por morcegos pode ser amplamente distribuída entre as cavernas ao invés de concentrada em poucos abrigos. O aumento da riqueza em cavernas com entradas mais estreitas indica que muitas espécies de morcegos cavernícolas da região selecionam cavernas menos expostas ao meio hipógeo, provavelmente por apresentarem menor incidência de luz e menor troca de calor e umidade com o meio externo (Lundberg e McFarlane 2009; Otálora-Ardila et al. 2019). Logo, a maioria das espécies de morcegos cavernícolas da Serra da Bodoquena parece convergir quanto à seleção de cavernas com entradas estreitas e temperatura mais estável, influenciando a riqueza e a abundância de morcegos nesses abrigos. Por outro lado, diferentes espécies de morcegos parecem apresentar respostas distintas frente a outras características das cavernas, o que pode contribuir para a ausência de efeito das demais variáveis estudadas sobre a riqueza de espécies. Entretanto, outros fatores não estudados aqui poderiam influenciar a riqueza, como a presença de sífões no interior da caverna, a litologia dominante, e a paisagem circundante (Barros et al. 2020; Vargas-Mena et al. 2020).

A composição de espécies de morcegos nas cavernas estudadas foi influenciada por cinco fatores mensurados, indicando a substituição e/ou adição-subtração de espécies ao longo dos gradientes de altitude, largura e exposição da entrada, altura

interna máxima, e extensão da parte acessível das cavernas. A mudança de composição de espécies ao longo desses gradientes indica que diferentes espécies de morcegos realizam a seleção diferencial dos abrigos subterrâneos, possivelmente devido a diferenças de história de vida entre elas, como comportamento social e reprodutivo, aspectos morfológicos e fisiológicos, e hábitos alimentares (Hill e Smith 1984; Avila-Cabadilla et al. 2009; Reis et al. 2017). Adicionalmente, podem ocorrer antagonismos entre determinadas espécies para coabitação de abrigos, e compatibilidade entre outras espécies, como possivelmente ocorre entre *D. rotundus*, *G. soricina*, *P. lineatus*, e *C. auritus*. Embora faltem estudos para entender os mecanismos que determinam variações da composição de espécies de morcegos entre cavernas de uma região, o efeito de características dos abrigos sobre a composição de espécies indica que a manutenção da fauna de morcegos cavernícolas na Serra da Bodoquena depende da conservação da diversidade de cavidades subterrâneas.

Conclusões e perspectivas

Os resultados mostram a grande riqueza da fauna de morcegos cavernícolas na região cárstica da Serra da Bodoquena, com forte predominância de morcegos filostomídeos, padrão semelhante a outras regiões nos Neotrópicos. Entretanto, mais estudos são importantes para acessar a riqueza de morcegos cavernícolas da Serra da Bodoquena, onde existem 272 cavernas catalogadas, com estimativa da existência de mais de 2.000 em toda a região (Piló e Auler 2013), e até o presente apenas 26 cavernas foram amostradas quanto a fauna de morcegos (Murgi 2021 – não publicado). Logo, existe grande potencial para aumento do número de espécies. Diferente do encontrado em outras partes, o espaço interno das cavernas não influenciou a riqueza de morcegos habitantes, provavelmente devido à grande disponibilidade de abrigos subterrâneos na

região, que teria um efeito de diluição do uso de abrigos ao invés de concentração em poucas cavernas. Entretanto, cavernas em baixas altitudes com entradas estreitas e protegidas por vegetação tendem a apresentar maior riqueza e abundância de morcegos. Essas características, portanto, devem ser levadas em conta para proteção da fauna de morcegos e dos ecossistemas subterrâneos da Serra da Bodoquena. Porém, a conservação de cavernas que contemplem todo o gradiente de variação estrutural dessas cavidades parece ser fundamental para manutenção das comunidades de morcegos, e pode ser um aspecto crítico para conservação das espécies pouco abundantes e/ou ameaçadas de extinção, como *Natalus macrourus* e *Lonchophylla dekeyseri* (ICMBio 2024).

Literatura citada

- Acero-Murcia AC, Provete DB, Fischer E. 2023. Morcegos da Serra da Bodoquena. Campo Grande, MS. Editora UFMS, 50 p.
- Arnone IS. 2008. Estudo da comunidade de morcegos na área cárstica do Alto Ribeira-São Paulo. Uma comparação com 1980. Dissertação, Universidade de São Paulo.
- Arita HT. 1993. Conservation biology of the cave bats of Mexico. *Journal of Mammalogy* 74: 693-702.
- Arita HT. 1996. The conservation of cave-roosting bats in Yucatan, Mexico. *Biological Conservation* 76: 177–185.
- Arrhenius O. 1921. Species and area. *Journal of Ecology* 9: 95-99.
- Avila-Cabadilla LD, Stoner KE, Henry M, Añorve, MYA. (2009). Composition, structure and diversity of phyllostomid bat assemblages in different successional stages of a tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*, 258(6): 986-996.
- Baniya S, Neupane K, Thaker M, Goswami VR, & Ramachandran V. 2023. Springing into caves: the dynamics of cave roost use by bats in the Central Himalayas of Nepal. *Research Square*. Preprint.
- Barros JS, Bernard E, Ferreira RL. 2020. Ecological preferences of neotropical cave bats in roost site selection and their implications for conservation. *Basic and Applied Ecology* 45: 31-41.
- Barros JS, Bernard E. 2023. Big family, warm home, and lots of friends: *Pteronotus* large colonies affect species richness and occupation inside caves. *Biotropica*, 55(3): 605-616.
- Barros JS, Bernard E. 2023. Species richness, occurrence and rarity of bats in Brazilian caves. *Austral Ecology* 48: 2144-2170.

- Betat AR, Serrano JL, Escarlate-Tavares F. 2021. Quiroptero fauna cavernícola do Distrito Federal. Programa de Iniciação Científica, UniCEUB.
- Betke M, Hirsh DE, Makris NC, McCracken GF, Procopio M, Hristov NI, Tang S, Bagchi A, Reichard JD, Horn JW, Crampton S, Cleveland CJ, Kunz TH. 2008. Thermal imaging reveals significantly smaller Brazilian free-tailed bat colonies than previously estimated. *Journal of Mammalogy* 89: 18-24.
- Boggiani PC. 1999. Geologia da Bodoquena. In E. Scremin-Dias, V. J. Pott, R. C. Hora, & P. R. Souza (Eds.), *Nos jardins submersos da Bodoquena: Guia para identificação de plantas aquáticas de Bonito e região* (pp. 10-23). ECOA-Ecologia e Ação.
- Boggiani PC. 2004. Paisagens cársticas da Serra da Bodoquena (MS). In V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, & B. B. Brito-Neves (Eds.), *Geologia do Continente Sul-Americano* (pp. 423-433). Beca.
- Bredt A, Uieda W, Magalhães ED. 1999. Morcegos cavernícolas da região do Distrito Federal, centro-oeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera). *Revista Brasileira de Zoologia* 16: 731-770.
- Brunet AK, Medellín RA. 2001. The species–area relationship in bat assemblages of tropical caves. *Journal of Mammalogy* 82: 1114-1122.
- Bu Y, Wang Y, Zhang C, Liu W, Zhou H, Yu Y e Niu H. 2015. Geographical distribution, roost selection, and conservation state of cave-dwelling bats in China. *Mammalia*, vol. 79, no. 4: 409-417. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2014-0008>
- Bücs S, Jere C, Csősz I, Barti L, & Szodoray-Parádi F. 2012. Distribution and conservation status of cave-dwelling bats in the Romanian Western Carpathians. *Vespertilio*: 16. p. 97-113.
- Campanili M, Prochnow M. 2006. Mata Atlântica: uma rede pela floresta. Brasília: Rede de ONGs da Mata Atlântica.

- Camargo G, Fischer E, Gonçalves F, Fernandes G, Ferreira S. 2009. Morcegos do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Chiroptera Neotropical* 15: 417-424.
- Cordeiro LM, Borghezan R, Trajano E. 2014. Subterranean biodiversity in the Serra da Bodoquena karst area, Paraguay river basin. *Biota Neotropica* 14: 1-28.
- Denzinger A, Schnitzler, HU. 2013. Bat guilds, a concept to classify the highly diverse foraging and echolocation behaviors of microchiropteran bats. *Frontiers in physiology*. 4: 164.
- Domínguez-Villar D, Fairchild IJ, Baker A, Carrasco RM, Pedraza J. 2013. Reconstruction of cave air temperature based on surface atmosphere temperature and vegetation changes: Implications for speleothem palaeoclimate records. *Earth and Planetary Science Letters* 369-370, 158-168.
- Eriksson A, Gonçalves F. 2010. Síntese do conhecimento da fauna de morcegos cavernícolas na Serra da Bodoquena. *O Carste* 22: 39-42.
- Esbérard CE, Motta JA, Perigo C. 2005. Morcegos cavernícolas da Área de Proteção Ambiental (APA) Nascentes do Rio Vermelho, Goiás. *Revista brasileira de Zoociências* 7: 311-325.
- Foley JA, Defries R, Asner GP. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309: 570-574.
- Ford D, Williams P. 1989. *Karst geomorphology and hydrology*. London: Unwin Hyman.
- Furey NM, Racey PA. 2016. Conservation ecology of cave bats. In P. A. Racey (Ed.), *Bats in the Anthropocene: Conservation of bats in a changing world* (pp. 463-500).
- Gillieson DS. 2021. *Caves: processes, development, and management*. John Wiley & Sons.

- Gonçalves F, Fischer E, Dirzo R. 2017. Forest conversion to cattle ranching differentially affects taxonomic and functional groups of Neotropical bats. *Biological Conservation* 210: 343-348.
- Gregorin R, Mendes LDF. 1999. Sobre quirópteros (Emballonuridae, Phyllostomidae, Natalidae) de duas cavernas da Chapada Diamantina, Bahia. *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre, (86): 121-124.
- Guimarães MM, Ferreira RL. 2014. Morcegos cavernícolas do Brasil: novos registros e desafios para conservação. *Revista Brasileira de Espeleologia* 2: 1-33.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 9 pp.
- Hill JE, Smith JD. 1984. Bats: a natural history. Ed: Natural History Museum Publications (ISBN-10: 0565008773).
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). 2024. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (ICMBio/CECAV). Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE). Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>>. Acesso em: 15 de novembro de 2024.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). 2024. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br/>. Acesso em: 15 de Nov. de 2024.
- Klingbeil BT, Willig MR. 2009. Guild-specific responses of bats to landscape composition and configuration in fragmented Amazonian rainforest. *Journal of Animal Ecology* 43: 203-213.
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15: 259-263.

- Kunz TH. 1982. Roosting ecology of bats. In T. H. Kunz (Ed.), *Ecology of Bats* (pp. 1-55). Plenum Press.
- Ladle RJ, Firmino, JV, Malhado, AC, Rodríguez-Durán A. 2012. Unexplored diversity and conservation potential of Neotropical hot caves. *Conservation Biology*, 26(6): 978-982.
- Lino A, Fonseca C, Rojas D, Fischer E, Ramos-Pereira MJ. 2019. A meta-analysis of the effects of habitat loss and fragmentation on genetic diversity in mammals. *Mammalian Biology* 94: 69-76.
- Lino AC, Ferreira E, Fonseca C, Fischer E, Ramos-Pereira MJ. 2021. Species-genetic diversity correlation in phyllostomid bats of the Bodoquena plateau, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 30: 1-27.
- Lobo HAS, Moretti EC. 2008. Ecoturismo: As práticas na natureza e a natureza das práticas em Bonito, MS. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo* 2: 43-71.
- Lundberg J, McFarlane DA. 2009. Bats and bell holes: The microclimatic impact of bat roosting, using a case study from Runaway Bay Caves, Jamaica. *Geomorphology*, 106(1-2), p 78-85.
- Martins MA. 2015. Morcegos cavernícolas em uma área de Cerrado no sudeste do Brasil: composição de espécies e uso de abrigo. Tese de doutorado, Instituto de Biologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Medellín RA, Wiederholt R, Lopez-Hoffman L. 2017. Conservation relevance of bat caves for biodiversity and ecosystem services. *Biological Conservation* 211: 45-50.

- Munin, RL, Fischer, E, Gonçalves, F. 2012. Food habits and dietary overlap in a phyllostomid bat assemblage in the Pantanal of Brazil. *Acta Chiropterologica*, 14(1): 195-204.
- MungiaNúñez-Novas MS, León YM, Mateo J, Dávalos LM. 2016. Records of the cave-dwelling bats (Mammalia: Chiroptera) of Hispaniola with an examination of seasonal variation in diversity. *Acta Chiropterologica* 18: 269-279.
- Ochoa J. 1985. El murciélago carnívoro *Chrotopterus auritus* (Peters). *Natura* 77: 30-32.
- Ochoa GJ, Ibanez C. 1985. Distributional status of some bats from Venezuela.
- Oliveira HFM, Oprea M, Dias RI. 2018. Distributional patterns and ecological determinants of bat occurrence inside caves: a broad scale meta-analysis. *Diversity*, 10(3), p 49.
- Oprea M, Aguilar L, Wilson DE. 2009. Anoura caudifer (Chiroptera: Phyllostomidae). *Mammalian Species*, n. 844, p. 1-8.
- Otálora-Ardila A, Torres JM, Barbier E, Pimentel NT, Leal, ES, Bernard E. 2019. Thermally-assisted monitoring of bat abundance in an exceptional cave in Brazil's Caatinga drylands. *Acta Chiropterologica*, 21(2), p 411-423.
- Pena-Cuéllar E, Stoner KE, Avila-Cabadilla LD, Martínez-Ramos M, Estrada A. 2012. Phyllostomid bat assemblages in different successional stages of tropical rain forest in Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 21: 1381-1397.
- Pérez-Torres J, Estrada-Villegas S, Martínez-Medina D, Ríos-Blanco M, Peñuela-Salgado M, Martínez-Luque L. 2015. Macaregua: the cave with the highest bat richness in Colombia. *Check List*, 11: 1-6.
- Piló LB, Auler A. 2013. Introdução à Espeleologia. In *Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental* (pp. 7-23). ICMBio.

- Piló LB, Callux A, Scherer R, Bernard E. 2023. Bats as ecosystem engineers in iron ore caves in the Carajás National Forest, Brazilian Amazonia. PLoS ONE 18: e0267870.
- Pinto N, Keitt TH. 2008. Scale-dependent responses to forest cover displayed by frugivore bats. Oikos 117: 1725-1731.
- Poulson TL, White WB. 1969. The cave environment. Science 165: 971-980.
- Queiroz, RI, Santos, CF, Nogueira, MR, Fischer, E. 2024. The southern geographic range of *Micronycteris sanborni* (Chiroptera, Phyllostomidae). Mammalia Journal.
- Racovitza EG. 1907. Essai sur les problèmes biospéologiques. Archives de Zoologie Expérimentale et Générale 6: 371-488.
- Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP, Bernardi IP. 2017. História natural dos morcegos brasileiros: chave de identificação de espécies. Technical Books Editora. ISBN: 978-85-61368-55-5. 416p.
- Ribeiro AFN. 2017. Desafios e conflitos na produção do espaço no município de Bonito/MS: agricultura, turismo e apropriação da natureza. 182 f. Tese de Doutorado, Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados.
- Rocha PAD, Mikalauskas JS, Bocchiglieri A, Feijó JA, Ferrari SF. 2013. An update on the distribution of the Brazilian funnel-eared bat, *Natalus macrourus* (Gervais, 1856) (Mammalia, Chiroptera), with new records from the Brazilian Northeastern. Check List. 9(3): 675-679.
- Saldaña-Vázquez R, Munguía-Rosas M. 2013. Lunar phobia in bats and its ecological correlates: A meta-analysis. Mammalian Biology 78: 216-219.

- Sallun Filho W, Karmann I, Boggiani PC. 2004. Paisagens cársticas da Serra da Bodoquena (MS), pp. 423-433 in: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., & Brito-Neves, B. B. (Eds.), *Geologia do Continente Sul-Americano*. Beca.
- Sbragia IA, Cardoso A. 2008. Quiroptero fauna (Mammalia: Chiroptera) cavernícola da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Chiroptera Neotropical* 14: 360-365.
- Smith LM, Doonan TJ, Sylvia AL, & Gore JA. 2021. Characteristics of caves used by wintering bats in a subtropical environment. *Journal of Fish and Wildlife Management*, 12(1), 139-150.
- Sodhi NS, Brook BW, Bradshaw CJ. 2009. Causes and consequences of species extinctions. In *The Princeton Guide to Ecology* (pp. 514-520). Princeton University Press.
- Souza CM, Shimbo JZ, Rosa MR, Parente LL, Alencar AA, Rudorff BFT, Azevedo T. 2020. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with landsat archive and earth engine. *Remote Sensing* 12: 2735.
- Steffen W, Richardson K, Rockstram J, Cornell SE, Fetzer I, Bennett EM, Meyers B. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347, 1259855.
- Torres DF., Bichuette ME. 2024. Iron Islands: The importance of iron caves in the eastern Amazon for bat conservation. *Austral Ecology* 49: e13550.
- Trajano E. 1985. Ecologia de populações de morcegos cavernícolas em uma região cárstica do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 2: 255-320.
- Trajano E, Bessi R. 2017. A classificação Schiner-Racovitza dos organismos subterrâneos: uma análise crítica, dificuldades para aplicação e implicações para conservação. *Espeleo-tema*, 28: 87-102.

- Vargas-Mena JC, Cordero-Schmidt E, Medeiros Bento D, Rodriguez-Herrera B, Medellín RA, Venticinque EM. 2018. Diversity of cave bats in the Brazilian tropical dry forest of Rio Grande do Norte state. *Mastozoología Neotropical* 25: 199-212.
- Vargas-Mena JC, Cordero-Schmidt E, Rodriguez-Herrera B, Medellín RA, Bento DM, Venticinque EM. 2020. Inside or out? Cave size and landscape effects on cave-roosting bat assemblages in Brazilian Caatinga caves. *Journal of Mammalogy* 20(10): 1-12.
- Wilkinson GS, Brunet-Rossinni AK. 2009. Methods for age estimation and the study of senescence in bats. In: *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Johns Hopkins University Press. p. 315-325.
- Wilkinson L. 2004. *Systat 11 Software*, University of Illinois, USA.
- Zampaulo RA, Prous X. 2022. *Fauna cavernícola do Brasil*. Editora Rupestre.
- Zavala, CBR. *A Vegetação em Gradiente Topográfico na Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biologia Geral/Bioprospecção, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Apêndice 1. Características das cavernas amostradas na Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.

Gruta do Mimoso – Localizada a cerca de 30 km de Bonito, a Gruta do Mimoso é uma caverna turística que iniciou suas operações em 2022. É caracterizada como uma caverna permanentemente alagada. Foi utilizada uma rede de 12 x 2,6 m de comprimento na entrada da cavidade.

Gruta Nossa Senhora Aparecida – Localizada a cerca de 13 km de Bonito, a Gruta Nossa Senhora Aparecida faz parte do Monumento Natural da Gruta do Lago Azul (Decreto n. 10.394, Governo do MS). É caracterizada por possuir blocos de abatimentos de declive atenuado. Foi utilizada uma rede de 6 x 2,6 m de comprimento em sua entrada, localizada entre a mata e a grade de entrada.

Gruta do Lago Azul – Localizada a 21 km de Bonito, a Gruta do Lago Azul é uma caverna turística que faz parte do Monumento Natural da Gruta do Lago Azul (Decreto n. 10.394, Governo do MS). A gruta possui vários salões, sendo que o maior é o salão principal que dá acesso ao rio subterrâneo e onde ocorrem as atividades turísticas na seção seca, apresenta um grande declive com abatimentos no solo. Foi utilizada uma rede de 9 x 2,6 m entre a boca da caverna e a grade de entrada, e outra rede de 2 x 2,6 m na escadaria.

Gruta São Miguel – Localizada a 18 km de Bonito, a Gruta São Mateus é uma caverna turística em operação há mais de 10 anos. A gruta é caracterizada por ter galerias em condições vadosas e o teto apresenta inclinação de 40° (Rabelo e Genthner, 1999).

Possui um amplo salão. Foram utilizadas duas redes de 4 x 2,6 m em duas entradas diferentes.

Gruta Terra Celestial – Localiza-se em uma propriedade rural a 15 km de Bonito. A Gruta Terra Celestial é caracterizada como uma ressurgência de baixo fluxo, já que possui água jorrando de seu interior durante todo o ano, em baixa quantidade. A gruta apresenta um único corredor, com quebra corpos e fendas. Se situa em um fundo de vale e seu desenvolvimento é totalmente horizontal. A fazenda onde está inserida a cavidade desenvolve atividades de pecuária extensiva. Foi utilizada uma rede de 6 x 2,6 m no interior do primeiro salão.

Gruta Forever – Encontra-se na fazenda Lagoa Encantada, a cerca de 30 km de Bonito. A Gruta Forever é caracterizada por ter uma entrada em dolinamento de 7 m de profundidade. O seu interior apresenta vários salões. Não há ocorrência de corpos d'água. A fazenda desenvolvia atividades pecuárias até o ano de 2021, atualmente, foi convertida para plantações de monocultura. A cavidade se localiza na área de preservação permanente da propriedade. Foi utilizada uma rede de 6 x 2,6 m paralela a entrada da dolina e outra rede de 6 x 2,6 m perpendicular à sua entrada.

Gruta Pulchra – Localizada no Assentamento Campina 2, município de Bodoquena, a Gruta Pulchra desenvolve-se em calcários da Formação Corumbá. O acesso à caverna se dá por três entradas, sendo que a maior entrada possui 15 m de altura por 10 m de largura. Seu desenvolvimento é horizontal e não apresenta zona afótica. A paisagem ao redor da caverna apresenta criação extensiva de um pequeno rebanho bovino e criação

doméstica suína. Foi utilizada uma rede de 4 x 2,6 m e uma rede de 6 x 2,6 m, em entradas diferentes.

Gruta Jaraguá – Localizada próximo a cidade de Bonito, na estrada de acesso à Gruta do Lago Azul. A caverna Jaraguá se localiza no topo de um morro calcário, e pode ser acessada por uma pequena entrada caracterizada por um declive íngreme com desnível de aproximadamente 17 m de blocos de abatimento, os salões apresentam uma grande quantidade de espeleotemas. A paisagem do entorno é caracterizada por criação extensiva de animais. Foi utilizada uma rede de 4 x 2,6 m.

Gruta Dom Bosco – Localiza-se na fazenda Dom Bosco, a 8 km de Bonito. A Gruta Dom Bosco possui uma entrada pequena de cerca de 0,4 m de largura. A paisagem do entorno é composta por monocultura. Foi utilizada uma rede de 6 x 2,6 m próximo à entrada.

Gruta do Mezanino – Localizada a 30 km de Bodoquena. A entrada da Gruta do Mezanino está no topo de um morro, próximo a uma lavra de fosfato. Próximo à entrada há um declive que leva a boca da caverna, e seu desenvolvimento é horizontal. O interior da caverna é labiríntico e apresenta quebra corpos. A paisagem do entorno é composta por lavra de fosfato e pecuária. Foi utilizada uma rede de 4 x 2,6 m.

Gruta Campo Novo – Localiza-se a 9 km de Bodoquena, próximo a estrada que dá acesso ao Assentamento Canaã. A entrada da Gruta Campo Novo está em uma encosta de morro calcário que sofreu detonações por dinamite na década de 1980. Apresenta

diversas galerias. Seu entorno é composto por atividades de mineração e criação de bovinos. Foi utilizada uma rede de 6 x 2,6 m paralela à entrada.

Gruta Santa Tereza – Localizada a 9km de Bonito, na fazenda Santa Tereza. A entrada da Gruta Santa Tereza está no topo de um morro calcário. Seu desenvolvimento é horizontal. O entorno da caverna é composto por monocultura extensiva. Foi utilizada uma rede de 4 x 2,6 m.

Gruta Manoel Cardoso – Localiza-se no Assentamento Campina, a 4,5 km de Bodoquena. A gruta Manoel Cardoso situa-se no fundo de uma grota que aflora na mata ciliar, sua entrada é pequena, os condutos são estreitos e apresentam declínio. O entorno é caracterizado por criação de gado em pequena escala, e criação de outros animais domésticos. Foi utilizada uma rede de 6 x 2,6 m.

Abismo do Vampiro – Localizado na fazenda Machadinho, distante 10 km de Bonito. O Abismo do Vampiro está no topo do morro, na face oposta à sede da fazenda. Seu desenvolvimento vertical é superior a 5 m. Abaixo da entrada há um amplo salão e existe a presença de blocos de abatimento. O entorno é composto por pecuária. Foi utilizada uma rede de 4 x 2,6 m paralela a entrada do abismo.

Gruta Nascente do Salobra – Está localizada no Assentamento Canaã, distante 20 km de Bodoquena. A Gruta Nascente do Salobra está presente em um relevo de fundo de vale e é caracterizada como uma ressurgência, a caverna faz parte de uma das nascentes do rio Salobra - o córrego Salobrinha. Esse vale faz a divisa entre o Assentamento Canaã e o Parque Nacional da Serra da Bodoquena. O rio subterrâneo apresenta uma variação no

nível d'água ao longo do ano, revelando um salão a mais na época seca. O entorno da cavidade é preservado por mata ciliar e floresta semidecídua. Foi utilizada uma rede de 4 x 2,6 m.

Caverna Catedral – Está localizada no Assentamento Guaicurus, na porção oeste do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, distante 43 km de Bonito. A caverna Catedral está localizada em um pequeno morro e se caracteriza por uma entrada com desmoronamentos. Seu interior é um amplo salão que apresenta zona afótica e gotejamentos. O entorno é preservado por floresta semidecídua. Foi utilizada uma rede de 6 x 2,6 m na entrada da cavidade.

Gruta das Fadas – Está localizada à 10 km da zona urbana do município de Bodoquena, em propriedade inserida no Assentamento Campina, onde se desenvolvem atividades de agricultura familiar. Das 40 cavernas conhecidas nesse assentamento, a Gruta das Fadas apresenta maior extensão. Esta caverna consiste em um sistema subterrâneo de origem fluvial inserido em rochas carbonáticas dolomíticas, formado por condutos superiores inativos e por galerias desenvolvidas no nível de base do rio subterrâneo. Foi utilizada uma rede de 2 x 2,6 m.

Apêndice 2. Espécies de morcegos registradas em três estudos na região da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.

Famílias	Presente estudo	Camargo et al. (2009)	Acero-Murcia (2023)
Subfamílias			
Espécies			
Phyllostomidae			
Carollinae			
<i>Carollia perspicillata</i>	X	X	X
Desmodontinae			
<i>Desmodus rotundus</i>	X	X	X
Glossophaginae			
<i>Anoura caudifer</i>	X		
<i>Glossophaga soricina</i>	X		X
Lonchophyllinae			
<i>Lonchophylla dekeyseri</i>	X		X
Micronycterinae			
<i>Micronycteris microtis</i>	X		
<i>Micronycteris sanborni</i>	X		
Phyllostominae			
<i>Chrotopterus auritus</i>	X	X	X
<i>Lophostoma silviculum</i>			X
<i>Lophostoma brasiliensis</i>			X
<i>Macrophyllum macrophyllum</i>		X	X
<i>Phyllostomus hastatus</i>	X		X
<i>Phyllostomus discolor</i>			X
<i>Tonatia bidens</i>	X		X
Stenodermatinae			
<i>Artibeus cinereus</i>			X
<i>Artibeus lituratus</i>		X	X
<i>Artibeus planirostris</i>		X	X
<i>Chiroderma doriae</i>			X
<i>Chiroderma villosus</i>			X
<i>Platyrrhinus lineatus</i>	X	X	X
<i>Platyrrhinus helleri</i>			X
<i>Pygoderma bilabiatum</i>			X
<i>Sturnira lilium</i>	X	X	X
<i>Vampyressa pusilla</i>		X	X
Emballonuridae			
<i>Peropteryx macrotis</i>	X		X
Molossidae			
<i>Cynomops abrasus</i>		X	X
<i>Molossus molossus</i>		X	
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>			X

Natalidae				
<i>Natalus macrourus</i>	X			
Noctilionidae				
<i>Noctilio leporinus</i>				X
Vespertilionidae				
<i>Eptesicus furinalis</i>				X
<i>Myotis nigricans</i>	X	X		X
